



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년07월22일
 (11) 등록번호 10-2002720
 (24) 등록일자 2019년07월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 H04L 25/02 (2006.01) H04L 1/00 (2006.01)
 H04L 27/20 (2006.01) H04L 27/26 (2006.01)
 (52) CPC특허분류
 H04L 25/025 (2013.01)
 H04L 1/0059 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2018-0003311
 (22) 출원일자 2018년01월10일
 심사청구일자 2018년01월10일
 (65) 공개번호 10-2019-0085329
 (43) 공개일자 2019년07월18일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020140046783 A

(73) 특허권자
 한국교통대학교산학협력단
 충청북도 충주시 대소원면 대학로 50
 (72) 발명자
 송창익
 충청북도 충주시 대소원면 대학로 50, 한국교통대학교 IT관 406호
 백승환
 충청북도 충주시 대소원면 대학로 50, 한국교통대학교 IT관 522호
 (74) 대리인
 김종선, 이형석

전체 청구항 수 : 총 9 항

심사관 : 김대성

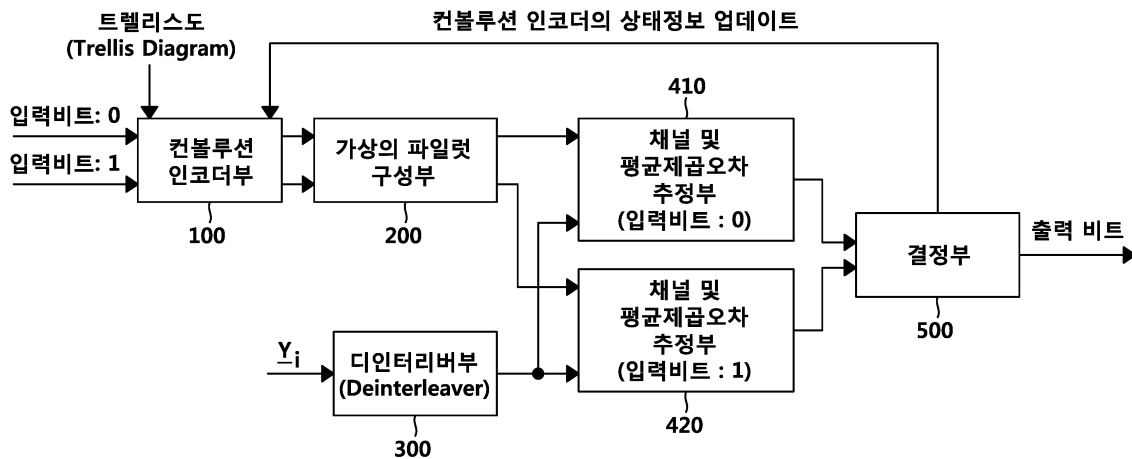
(54) 발명의 명칭 **상태 회귀 디코더 기반의 채널 추정 방법 및 장치**

(57) 요약

본 발명은 상태 회귀 디코더 기반의 채널 추정 방법에 관한 것으로서, 결정부로부터 수신된 컨볼루션 인코더의 상태(Convolution encoder state) 정보를 이용하여 입력 비트가 0인 경우에 대한 제1 출력 비트와 입력 비트가 1인 경우에 대한 제2 출력 비트를 각각 계산하는 단계, 상기 제1 출력 비트 및 제2 출력 비트를 입력 받아 변조

(뒷면에 계속)

대표도 - 도3



를 통해 각각 제1 가상의 파일럿 및 제2 가상의 파일럿을 구성하는 단계, i 번째(여기서, i 는 1부터 OFDM 심볼개수에 해당하는 자연수를 의미함) OFDM심볼에 대한 디인터리빙(deinterleaveing)을 수행하는 단계, 상기 수행된 디인터리빙 결과에 따른 출력 값을 상기 제1 가상의 파일럿 및 제2 가상의 파일럿을 기반으로 제1 채널 및 제2 채널을 추정하고, 제1 MSE(Mean Square Error, 평균제곱오차) 및 제2 MSE를 계산하는 단계 및 상기 결정부는 상기 계산된 제1 MSE와 제2 MSE를 비교하여 더 작은 경우의 입력 비트를 수신 비트로 결정하고, 결정된 수신 비트를 이용하여 상기 컨볼루션 인코더 상태 정보를 업데이트하기 위해 피드백하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 상태 회귀 디코더 기반의 채널 추정 방법이다.

(52) CPC특허분류

H04L 1/0071 (2013.01)

H04L 27/20 (2013.01)

H04L 27/2695 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711054913

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 정보보호핵심원천기술개발

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

기 여 율 1/1

주관기관 한밭대학교산학협력단

연구기간 2017.01.01 ~ 2017.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

상태 회귀 디코더 기반의 채널 추정 방법에 있어서,

결정부로부터 수신된 컨볼루션 인코더의 상태(Convolution encoder state) 정보를 이용하여 입력 비트가 0인 경우에 대한 제1 출력 비트와 입력 비트가 1인 경우에 대한 제2 출력 비트를 각각 계산하는 단계;

상기 제1 출력 비트 및 제2 출력 비트를 입력 받아 변조를 통해 각각 제1 가상의 파일럿 및 제2 가상의 파일럿을 구성하는 단계;

i번째(여기서, i는 1부터 OFDM 심볼개수에 해당하는 자연수를 의미함) OFDM심볼에 대한 디인터리빙(deinterleaveing)을 수행하는 단계;

상기 수행된 디인터리빙 결과에 따른 출력 값을 상기 제1 가상의 파일럿 및 제2 가상의 파일럿을 기반으로 제1 채널 및 제2 채널을 추정하고, 제1 MSE(Mean Square Error, 평균제곱오차) 및 제2 MSE를 계산하는 단계; 및

상기 결정부는 상기 계산된 제1 MSE와 제2 MSE를 비교하여 더 작은 경우의 입력 비트를 수신 비트로 결정하고, 결정된 수신 비트를 이용하여 상기 컨볼루션 인코더 상태 정보를 업데이트하기 위해 피드백하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 상태 회귀 디코더 기반의 채널 추정 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

가상의 파일럿을 구성하는 단계에서 변조 방식은,

BPSK 변조 방식과 코드율(code rate) 1/2을 이용하는 것을 특징으로 하는 상태 회귀 디코더 기반의 채널 추정 방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,

채널 추정 순서는 i번째 OFDM 심볼의 첫 번째 부반송파부터 마지막 부반송파까지 수행한 후 다음 i+1번째 OFDM 심볼로 넘어가는 것을 특징으로 하는 상태 회귀 디코더 기반의 채널 추정 방법.

청구항 4

입력 비트에 따른 출력 비트를 계산하는 컨볼루션 인코더부;

상기 출력 비트를 입력받아 가상의 파일럿을 구성하는 가상의 파일럿 구성부;

OFDM심볼에 대한 디인터리빙(deinterleaveing)을 수행하는 디인터리버부;

상기 가상의 파일럿 구성부와 상기 디인터리버부의 출력을 각각 입력 받아 채널을 추정하고, MSE(Mean Square Error, 평균제곱오차)를 계산하는 채널 및 MSE 추정부; 및

상기 채널 및 MSE 추정부의 출력을 이용하여 상기 MSE가 작은 입력 비트를 수신 비트로 결정하는 결정부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 상태 회귀 디코더 기반의 채널 추정 장치.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 컨볼루션 인코더부는,

상기 입력 비트를 0 또는 1로 하고, 경우에 따른 출력 비트를 각각 제1 출력 비트와 제2 출력 비트로 계산하는

것을 특징으로 하는 상태 회귀 디코더 기반의 채널 추정 장치.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 가상의 파일럿 구성부는,

상기 제1 출력 비트와 제2 출력 비트를 입력 받아 BPSK 변조를 통해 각각 제1 가상의 파일럿 및 제2가상의 파일럿을 구성하는 것을 특징으로 하는 상태 회귀 디코더 기반의 채널 추정 장치.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 채널 및 평균제곱오차 추정부는,

상기 수행된 디인터리빙 결과를 이용하여 상기의 제1 가상의 파일럿 및 제2 가상의 파일럿을 기반으로 채널을 추정하고, 각각의 제1 MSE 및 제2 MSE를 계산하는 것을 특징으로 하는 상태 회귀 디코더 기반의 채널 추정 장치.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 결정부는,

계산된 상기 제1 평균제곱오차와 상기 제2 평균제곱오차를 비교하여 더 작은 경우의 입력 비트를 수신 비트로 결정하는 것을 특징으로 하는 상태 회귀 디코더 기반의 채널 추정 장치.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 결정부는 상기 컨볼루션 인코더부의 상태 정보를 업데이트하여 피드백하는 피드백부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 상태 회귀 디코더 기반의 채널 추정 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 상태 회귀 디코더 기반 채널 추정 방법 및 이를 이용하는 시스템에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 무선 통신 시스템 IEEE 802.11p WAVE 차량 통신에서 고속 이동 중에 신호를 전송하는 경우 전송 성능을 향상시킬 수 있는 저 복잡도의 상태 회귀 디코더 기반의 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. 따라서 802.11과 와이파이는 동의어가 아니다.

[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 운전자의 안정성을 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 차

량 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] 다중 반송파 전송을 기본으로 하는 OFDM(orthogonal frequency division multiplexing) 전송 방식은 심벌(symbol) 축 및 부반송파(subcarrier) 축의 2차원으로 신호가 배치되는 구조를 가지며, 파일럿(pilot) 또한 상기 2차원 구조에 따라 배치된다. 그러므로, 다중경로 페이딩 특성의 채널을 추정하는데 있어서 다른 방식의 시스템에 비해 유리한 특징이 있다. 채널 추정 시, 파일럿이 많을수록 채널 추정 성능은 높아지지만, 상대적으로 데이터 신호의 개수가 적어지므로 할당될 수 있는 파일럿의 개수는 제한된다.
- [0009] 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.
- [0010] LS, STA, CDP 및 TRFI 등 기존의 802.11p (WAVE) 채널 추정 방식들은, 차량의 고속 이동에 따른 도플러 주파수 천이 효과 때문에 발생하는 채널의 변화를 추적하기 어렵고, 이러한 채널 추정의 부정확성은 데이터 복원의 신뢰성 감소로 이어지는 문제점이 있다.
- [0011] 또한 기존의 비터비(Viterbi) 디코더나 맵(MAP) 디코더를 이용한 반복적 채널 추정 기법은 LS, STA 및 CDP보다 우수한 성능을 제공하지만, 디코더와 프레임(Frame)로 동작하는 반복적 채널 추정 단계에서 발생하는 복잡도로 인해 시스템 지연현상이 발생한다. 이러한 시스템 지연은 통신 지연이 생명과도 연결되는 실제 WAVE 통신 환경에 적용하기 어려운 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0012] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제10-20110112565호(공개일자 2011.10.13.)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0013] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 본 발명은 상태 회귀 디코더 기반의 채널 추정 방식(State Feedback Decoder based Channel Estimation: SFDCE)을 제안하여 고속으로 이동하는 차량 간에도 신뢰성 있는 통신이 가능하도록 하는 것을 목적으로 한다.
- [0014] 기존의 WAVE에서 제안된 저 복잡도 채널 추정 기법 LS, CDP, TRFI 기법 보다 우수한 성능을 제공하며 기존의 반복적 채널 추정 및 복호 기법 대비 낮은 복잡도로 유사한 성능을 얻을 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0015] 본 발명에 따른 상태 회귀 디코더 기반의 채널 추정 방법에 있어서, 결정부로부터 수신된 컨볼루션 인코더의 상태(Convolution encoder state) 정보를 이용하여 입력 비트가 0인 경우에 대한 제1 출력 비트와 입력 비트가 1인 경우에 대한 제2 출력 비트를 각각 계산하는 단계, 상기 제1 출력 비트 및 제2 출력 비트를 입력 받아 변조를 통해 각각 제1 가상의 파일럿 및 제2 가상의 파일럿을 구성하는 단계, i번째(여기서, i는 1부터 OFDM 심볼개수에 해당하는 자연수를 의미함) OFDM심볼에 대한 디인터리빙(deinterleaveing)을 수행하는 단계, 상기 수행된 디인터리빙 결과에 따른 출력 값을 상기 제1 가상의 파일럿 및 제2 가상의 파일럿을 기반으로 제1 채널 및 제2 채널을 추정하고, 제1 MSE(Mean Square Error, 평균제곱오차) 및 제2 MSE를 계산하는 단계 및 상기 결정부는 상기 계산된 제1 MSE와 제2 MSE를 비교하여 더 작은 경우의 입력 비트를 수신 비트로 결정하고, 결정된 수신 비트를 이용하여 상기 컨볼루션 인코더 상태 정보를 업데이트하기 위해 피드백하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 상태 회귀 디코더 기반의 채널 추정 방법이다.

- [0016] 본 발명에 따르면 가상의 파일럿을 구성하는 단계에서 변조 방식은, BPSK 변조 방식과 코드율(code rate) 1/2을 이용하는 것을 특징으로 한다.
- [0017] 또한 본 발명에 따른 채널 추정 순서는 i번째 OFDM 심볼의 첫 번째 부반송과부터 마지막 부반송과까지 수행한 후 다음 i+1번째 OFDM심볼로 넘어가는 것을 특징으로 하는 상태 회귀 디코더 기반의 채널 추정 방법이다.
- [0018] 본 발명에 따른 상태 회귀 디코더 기반의 채널 추정 장치에 있어서, 입력 비트에 따른 출력 비트를 계산하는 컨볼루션 인코더부, 상기 출력 비트를 입력받아 가상의 파일럿을 구성하는 가상의 파일럿 구성부, OFDM심볼에 대한 디인터리빙(deinterleaveing)을 수행하는 디인터리버부, 상기 가상의 파일럿 구성부와 상기 디인터리버부의 출력을 각각 입력 받아 채널을 추정하고, MSE(Mean Square Error, 평균제곱오차)를 계산하는 채널 및 MSE 추정부 및 상기 채널 및 MSE 추정부의 출력을 이용하여 상기 MSE가 작은 입력 비트를 수신 비트로 결정하는 결정부를 포함하는 것을 특징으로 하는 상태 회귀 디코더 기반의 채널 추정 장치이다.
- [0019] 본 발명에 따른 컨볼루션 인코더부는, 상기 입력 비트를 0 또는 1로 하고, 경우에 따른 출력 비트를 각각 제1 출력 비트와 제2 출력 비트로 계산하는 것을 특징으로 한다.
- [0020] 또한 상기 가상의 파일럿 구성부는, 상기 제1 출력 비트와 제2 출력 비트를 입력 받아 BPSK 변조를 통해 각각 제1 가상의 파일럿 및 제2가상의 파일럿을 구성하는 것을 특징으로 하는 상태 회귀 디코더 기반의 채널 추정 장치이다.
- [0021] 상기 채널 및 평균제곱오차 추정부는, 상기 수행된 디인터리빙 결과를 이용하여 상기의 제1 가상의 파일럿 및 제2 가상의 파일럿을 기반으로 채널을 추정하고, 각각의 제1 MSE 및 제2 MSE를 계산하는 것을 특징으로 한다.
- [0022] 상기 결정부는, 계산된 상기 제1 평균제곱오차와 상기 제2 평균제곱오차를 비교하여 더 작은 경우의 입력 비트를 수신 비트로 결정하는 것을 특징으로 한다.
- [0023] 또한 상기 결정부는 상기 컨볼루션 인코더 상태 정보를 업데이트하여 피드백하는 피드백부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 상태 회귀 디코더 기반의 채널 추정 장치이다.
- [0024] 또한 상기 결정부는 상기 컨볼루션 인코더 상태 정보를 업데이트하여 피드백하는 피드백부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 상태 회귀 디코더 기반의 채널 추정 장치이다.

발명의 효과

- [0025] 상기와 같은 본 발명에 따르면, 종래의 WAVE에서 제안된 저 복잡도 채널 추정 기법 LS, CDP, TRFI 기법 보다 우수한 성능을 제공하며 종래의 반복적 채널 추정 및 복호 기법 대비 낮은 복잡도로 유사한 성능을 얻을 수 있다.
- [0026] 또한 본 발명에 따른 채널 추정 기법은 차량의 이동 속도가 증가 할수록 성능 이득 효과가 높다.

도면의 간단한 설명

- [0027] 도 1은 IEEE 802.11p 프레임(Frame) 구조이다.
- 도 2는 본 발명에 따른 상태 회귀 디코더 기반의 채널 추정 기법의 시스템 모델이다.
- 도 3은 본 발명에 따른 수신단 SFDCE(State Feedback Decoder based Channel Estimation) 채널 추정 기법을 이용한 장치의 블록도이다.
- 도 4는 본 발명에 따른 상태 회귀 디코더 기반의 채널 추정 방법의 흐름도이다.
- 도 5는 IEEE 802.11p 파일럿 구조 및 SFDCE 채널 추정 기법 진행 순서이다.
- 도 6은 시뮬레이션 채널 모델 mode 5이다.
- 도 7은 시뮬레이션 채널 모델 mode 7이다.
- 도 8은 시뮬레이션 결과 mode 5이다.
- 도 9는 시뮬레이션 결과 mode 7이다.
- 도 10은 본 발명에 따른 채널 추정 기법과 종래의 채널 추정 기법의 러닝 타임(Running Time)을 비교한 그래프

이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 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.
- [0029] 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.
- [0030] 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.
- [0031] IEEE 802.11p는 차량 이동 환경에서의 무선 액세스(wireless access in vehicular environments, WAVE)를 추가한 IEEE 802.11 표준의 승인된 수정판이다.
- [0032] 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.
- [0033] 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.
- [0034] 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.
- [0035] 특히 802.11p는 기존 WLAN(802.11a)와 DSRC (Direct Short Range Communications) 규격을 차량 환경에 적합하게 개량한 모델로 변조방식은 심볼당 64개의 부반송파를 갖는 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)을 사용한다.
- [0036] 기존 WLAN 대비 WAVE의 가장 큰 차이점은 기존 VANET (Vehicular ad-hoc network)기술과의 호환성을 유지하기 위해 대역폭을 20MHz에서 10MHz로 축소시킨 점이다. 또한 WAVE는 저지연(LL) 요구조건을 만족하기 위해 IEEE1609.3을 정의하여 기존의 TCP/IP 구조에서 발생하였던 인증 지연을 TCP/IP와 WSMP (WAVE Short Message Protocol)를 선택적으로 사용하는 Dual Networking 구조를 사용함으로써 지연을 최소화한다.
- [0037] IEEE 802.11p 물리 계층은 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)을 기반으로 한다. OFDM은 다중 반송파 전송 기법의 일종으로 직렬로 입력되는 고속 데이터 열을 다수의 부반송파에 실어 저속의 병렬 채널로 동시에 전송하는 변조 기법 또는 다중화 기법의 개념이다. OFDM 시스템을 사용하면 주파수 효율을 향상시키고, 다중 경로 페이딩 채널 환경을 완화시킬 수 있다.
- [0038] 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.
- [0039] 본 발명은 상태 회귀 디코더 기반의 채널 추정 방법 및 장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 WAVE에서 높은 신뢰성과 저 지연 특성을 동시에 만족시키는 복합적 채널 추정 및 데이터 복호 기법이다.
- [0040] 본 발명이 제안하는 기법은 도 1과 같이 기존의 IEEE 802.11p 프레임(Frame) 구조 내에서 이루어진다.
- [0041] IEEE 802.11p 패킷은 훈련 신호 부분과 송신 신호의 정보를 담고 있는 시그널(signal)부분, 데이터 부분으로 구성되어 있다. 훈련신호는 동일한 10개의 짧은 훈련 심볼(Short Training Symbol)과 2개의 긴 훈련 심볼(Long Training Symbol)로 구성된다. 또한 데이터 부분은 다수의 데이터 심볼(Data Symbol)로 구성된다.

- [0042] 수신단은 도 2와 같이 송신단에서 전송된 데이터 프레임의 프리앰프를 수신하여 FFT(Fast Fourier Transform, 고속 푸리에 변환) 수행 이후, 별도의 디맵핑(demapping)과정 없이, 본 발명에 따른 상태 회귀 디코더 기반의 채널 추정을 통하여 바로 수신 비트를 출력한다.
- [0043] 본 발명에서 채널 추정 기법에서 변조 방식은 BPSK(Binary Phase Shift Keying) 변조 방식과 코드율 1/2을 가정하면, 한번에 두 개의 부반송파씩 채널 추정을 수행한다. 또한 본 발명에 따른 SFDCE 수신기는 송신단과 동일한 컨볼루션 인코딩 과정을 여러 번 수행할 수 있다고 가정한다.
- [0044] 송신단은 CQI(Channel Quality Indicator) 레벨에 따라 코드율 (1/2, 2/3, 3/4)과 변조레벨 (BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM)을 결정할 수 있으며, 전송 비트율은 3Mbps에서 최대 27Mbps까지 지원 가능하다. 오류 정정 및 무선채널의 연접에러(burst error) 극복을 위하여 컨볼루션 인코더 혹은 길쌈부호기(convolutional encoder)와 비트 단위의 인터리버(interleaver)를 사용하며 수신단은 심볼 단위의 디인터리버(deinterleaver)와 SFDCE를 사용하여 신호를 복원한다.
- [0045] 위상 변조는 디지털 신호에 따라 반송파의 위상을 변화시켜 전송하는 방식으로 고속, 대용량의 데이터를 전달하는 변조 방식이다. 위상 변조는 한 비트를 하나의 위상 신호로 전송하는 BPSK와 두 비트를 하나의 위상 신호에 실어 전송하는 QPSK가 있다. 여기서 BPSK는 NRZ 레벨부호기, 곱 변조기를 통해 한 비트씩 변조되는 방식으로, 송수신기의 구조가 간단하고 전송 속도가 저속 방식이다.
- [0046] 도 3은 본 발명에 따른 상태 회귀 디코더 기반의 채널 추정 기법을 이용한 장치의 블록도를 나타내고 있으며, 도 5는 IEEE 802.11p 프레임 시간 주파수 격자에서 채널 추정 순서를 나타내며, OFDM 심볼의 첫 번째 부반송파부터 마지막 부반송파까지 수행 후 다음 OFDM 심볼로 넘어간다.
- [0047] 도 3에서 제안하는 상태 회귀 디코더 기반의 채널추정 방식(State Feedback Decoder based Channel Estimation: SFDCE)의 단계별 동작 원리를 이하 상세하게 설명한다.
- [0048] 도 4는 본 발명에 따른 상태 회귀 디코더 기반의 채널 추정 방법의 흐름도이다.
- [0049] 먼저 SFDCE 수신기의 컨볼루션 인코더(Convolution Encoder) 초기 상태를 0으로 기설정한다.
- [0050] 이전 부반송파 채널 추정 과정의 결정부로부터 컨볼루션 인코더의 상태 정보를 피드백 받은 후, 주어진 상태에서 입력 비트가 0인 경우와 1인 경우에 대한 출력 비트 $\{C_1^0, C_2^0\}$, $\{C_1^1, C_2^1\}$ 를 각각 계산하여 출력한다(S100).
- [0051] 상기와 같이 입력 비트가 0 및 입력 비트가 1인 경우 각각 계산하여 MSE가 적은 입력 비트를 수신 비트로 결정하여 보다 신뢰도 높은 채널 추정이 가능하다.
- [0052] 출력 비트는 입력 비트와 컨볼루션 인코더 상태 정보를 이용하여 트렐리스 도(Trellis Diagram)를 참조하여 계산할 수 있다.
- [0053] 계산된 출력 비트 $\{C_1^0, C_2^0\}$, $\{C_1^1, C_2^1\}$ 를 입력 받아 BPSK변조를 통해 입력비트가 0인 경우와 입력 비트가 1인 경우에 대한 가상의 파일럿을 $\{X_1^0, X_2^0\}$, $\{X_1^1, X_2^1\}$ 로 각각 구성된다(S200).
- [0054] 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 가상의 파일럿을 구성하는 단계에서 변조 방식은, BPSK 변조 방식과 코드율 (code rate) 1/2을 이용하는 것을 특징으로 한다. 다만 변조 방식 및 코드율을 한정하는 것은 아니며, 그 외 다른 변조 방식 이나 1/4 등 다른 코드율을 이용하여 채널을 추정할 수 있다. 다만 그에 따른 복잡도가 증가할 수 있다.
- [0055] 수신된 i번째 (여기서, i는 1부터 OFDM 심볼개수에 해당하는 자연수를 의미함) OFDM 심볼 Y_i 에 대하여 디인터리빙(deinterleaving)을 수행하여 $Y_i^{deinter}$ 를 얻을 수 있다(S300).
- [0056] 여기서 디인터리빙이란 인터리버로 재배열되어 출력된 신호를 원래의 순서로 바꾸는 과정을 의미한다.
- [0057] 코딩된 데이터는 인터리빙(interleaving) 과정을 거친다. 무선 채널 환경 등에서 페이딩 등 집중 비트 오류가 발생할 수 있는데 이 때 컨볼루션 인코더 만으로는 만족할 만한 오류를 보완할 수 없다. 따라서 이러한 집중적인 비트 오류는 인터리버를 사용하여 랜덤하게 분산 시킬 수 있다. 인터리버는 데이터 열의 순서를 일정 단위로 재배열 시킨다. 수신기의 끝단에서 인터리빙된 데이터는 디인터리버에 의해 원래의 순서로 재배열 된다. 그 결과 순간적인 잡음에 의해 데이터 열 중간의 비트가 손실되더라도 그 영향을 분산시켜 오류 정정 능력을 향상시

킨다.

- [0058] 가상의 파일럿 $\{X_{1,0}^0, X_{2,0}^0\}$ 와 $\{X_{1,1}^1, X_{2,1}^1\}$, OFDM심볼을 디인터리빙한 Y_i^{Deinter} 를 입력 받아 입력 비트가 0인 경우와 입력 비트가 1인 경우에 대하여 각각 채널 추정을 수행하여 $\{H_{1,0}^0, H_{2,0}^0\}$ 와 $\{H_{1,1}^1, H_{2,1}^1\}$ 를 추정한다.
- [0059] 그 후 추정된 채널 $\{H_{1,0}^0, H_{2,0}^0\}$ 및 $\{H_{1,1}^1, H_{2,1}^1\}$ 을 이전 OFDM 심볼의 채널 추정 결과 값과 비교하여 MSE(Mean Square Error, 평균제곱오차)를 계산하고(S400), 입력 받은 비트가 0인 경우와 1인 경우에 대하여 각각 MSE_0 와 MSE_1 을 구한다.
- [0060] 결정부는 계산된 각각의 평균제곱오차 MSE_0 와 MSE_1 를 비교하여 MSE가 더 작은 경우의 입력 비트를 수신 비트로 결정하고(S500) 컨볼루션 인코더의 상태를 업데이트하여 다음 부반송파 채널 추정 과정의 컨볼루션 인코더부로 피드백한다(S600).
- [0061] 이후 다음 두 개의 부 반송파에 대하여 동일한 과정을 반복하고 프레임의 마지막 부반송파에 이르면 종료한다.
- [0062] 본 발명에 따른 상태 회귀 디코더 기반의 채널 추정 장치에 있어서, 입력 비트에 따른 출력 비트를 계산하는 컨볼루션 인코더부(100), 상기 출력 비트를 입력받아 가상의 파일럿을 구성하는 가상의 파일럿 구성부(200), OFDM 심볼에 대한 디인터리빙(deinterleave)을 수행하는 디인터리버부(300), 상기 가상의 파일럿 구성부와 상기 디인터리버부의 출력을 각각 입력 받아 채널을 추정하고, MSE(Mean Square Error, 평균제곱오차)를 계산하는 채널 및 MSE 추정부(410 및 420) 및 상기 채널 및 MSE 추정부의 출력을 이용하여 상기 MSE가 작은 입력 비트를 수신 비트로 결정하는 결정부(500)를 포함하는 것을 특징으로 하는 상태 회귀 디코더 기반의 채널 추정 장치이다.
- [0063] 본 발명에 따른 컨볼루션 인코더부(100)는, 상기 입력 비트를 0 또는 1로 하고, 경우에 따른 출력 비트를 각각 제1 출력 비트와 제2 출력 비트로 계산하는 것을 특징으로 한다.
- [0064] 본 발명은 수신단에서 비터비 복호기(Viterbi decoder) 또는 맵 복호기(MAP decoder)를 이용하지 않고, 컨볼루션 인코더부(100)를 이용하여 복호화하는 것에 특징이 있다.
- [0065] 또한 상기 가상의 파일럿 구성부(200)는, 상기 제1 출력 비트와 제2 출력 비트를 입력 받아 BPSK 변조를 통해 각각 제1 가상의 파일럿 및 제2가상의 파일럿을 구성하는 것을 특징으로 하는 상태 회귀 디코더 기반의 채널 추정 장치이다.
- [0066] 상기 채널 및 MSE(Mean Square Error, 평균제곱오차) 추정부(410 및 420)는, 상기 수행된 디인터리빙 결과를 이용하여 상기의 제1 가상의 파일럿 및 제2 가상의 파일럿을 기반으로 채널을 추정하고, 각각의 제1 MSE 및 제2 MSE를 계산하는 것을 특징으로 한다.
- [0067] 상기 결정부(500)는, 계산된 상기 제1 MSE와 상기 제2 MSE를 비교하여 더 작은 경우의 입력 비트를 수신 비트로 결정하는 것을 특징으로 한다.
- [0068] 또한 상기 결정부(500)는 상기 컨볼루션 인코더 상태 정보를 업데이트하여 피드백하는 피드백부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 상태 회귀 디코더 기반의 채널 추정 장치이다.
- [0069] 도 6와 도 7은 본 발명에 따른 링크 레벨 시뮬레이션에 사용된 채널 모델을 나타낸다. 여기서, Mode 5와 Mode 7은 각각 고속도로 Non-LoS환경에서 상대속도 252km/h와 400km/h에서 채널 모델에 해당한다.
- [0070] 도 8과 도 9에서 볼 수 있듯이, 본 발명에 따른 채널 추정 기법은 mode 5 SNR=30dB에서 0.1% 패킷 에러율(Packet Error Rate, PER)을 만족하며, Mode 7은 SNR=30dB에서 1% PER을 만족한다.
- [0071] Mode에 관계없이 기존 저 복잡도 채널추정 기법(LS, STA, TRFI)대비 20dB이상의 송신 전력 이득을 얻을 수 있다. 또한 기존 높은 복잡도의 반복적 채널 추정 기법 VDA(Viterbi Decoded Aid Channel Estimation) 및 ICED(Iterative Channel Estimation Decoding)대비, Mode 5에서 보다 낮은 복잡도로 비슷한 성능을 제공할 수 있으며, Mode 7에서는 20dB가량의 송신 전력 이득을 얻을 수 있다. 따라서 본 발명에 따른 기법은 차량의 이동속도가 증가할수록 성능 이득 효과가 크다.
- [0072] 도 10는 VDA, ICED 및 본 발명에 따른 SFDCE 기법의 복잡도 분석을 위해 CPU 러닝 타임(Running Time)을 측정 한 것이다(시뮬레이션 환경: window 7 64비트, i7-6700 3.4GHz, 16GB RAM). 측정 결과 본 발명에 따른 PDCE기법이 종래의 VDA와 ICED보다 현저히 낮은 복잡도를 요구함에도 불구하고 더욱 우수한 성능을 제공함을 확인 할

수 있다.

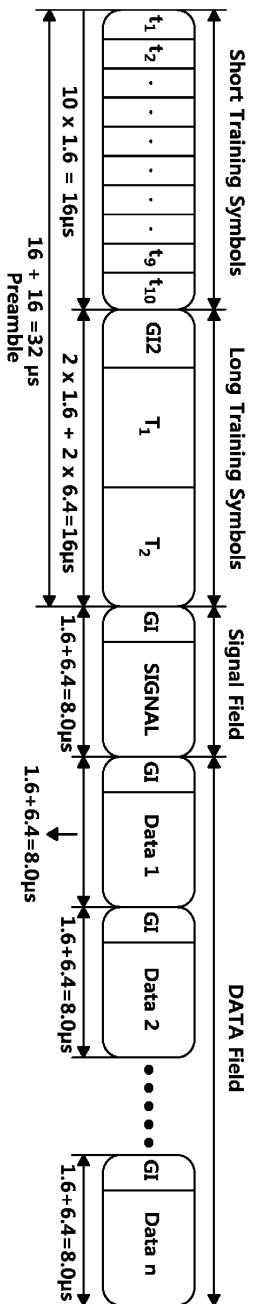
[0073] 이상에서 설명한 실시 예들은 그 일 예로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시 예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시 예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

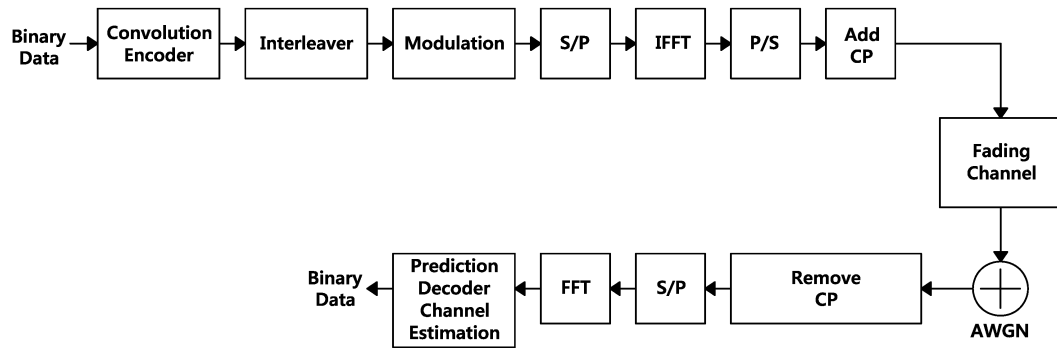
[0074] 100: 컨볼루션 인코더부
 200: 가상의 파일럿 구성부
 300: 디인터리버부
 410, 420: 채널 및 평균제곱오차 추정부
 500: 결정부

도면

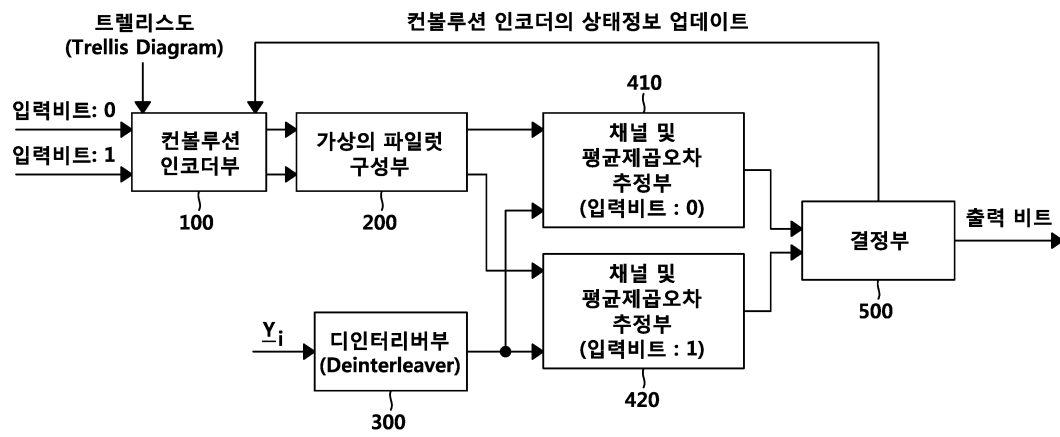
도면1



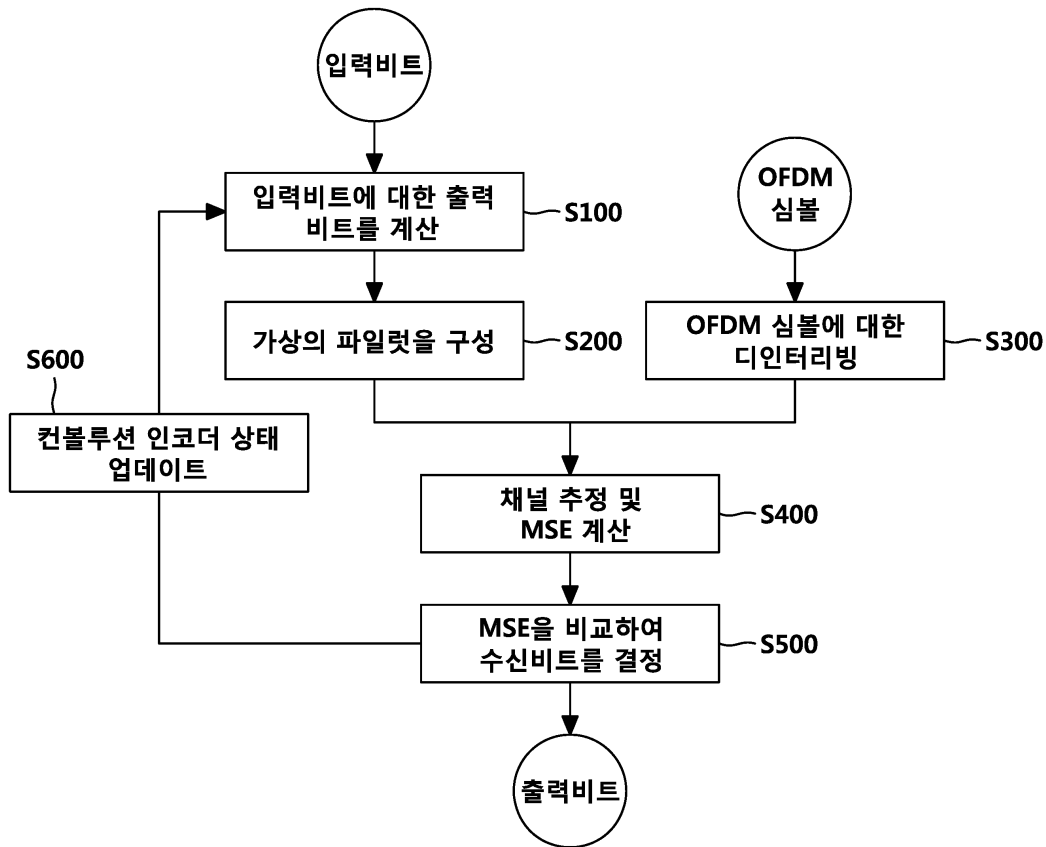
도면2



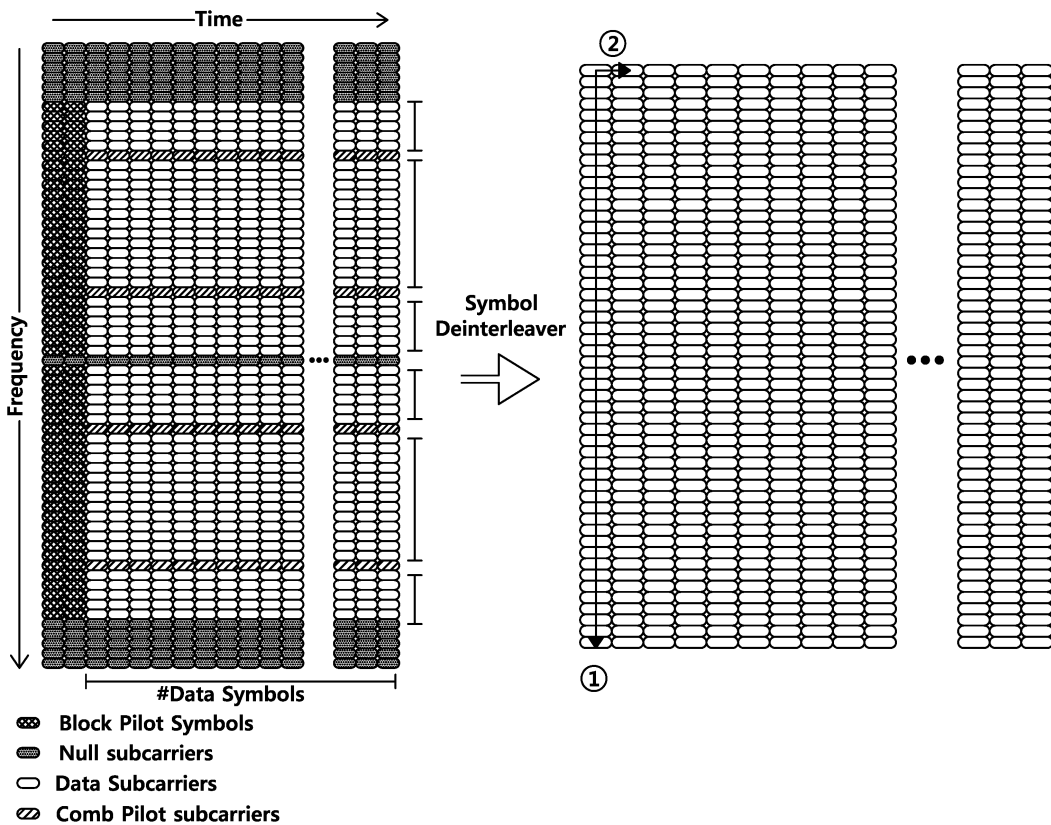
도면3



도면4



도면5



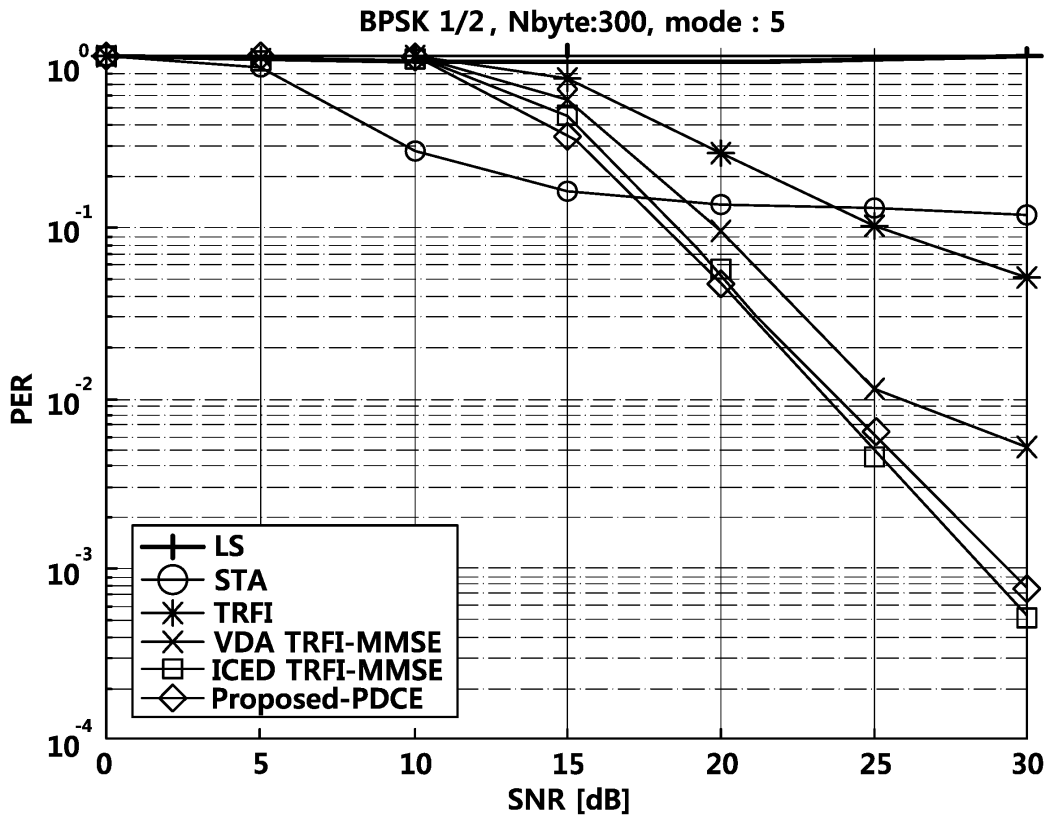
도면6

	Tap1	Tap2	Tap3	Tap4	Units
Power	0	-2	-5	-7	dB
Delay	0	200	433	700	ns
Doppler	0	689	-492	886	Hz
Profile	Static	HalfBT	HalfBT	HalfBT	

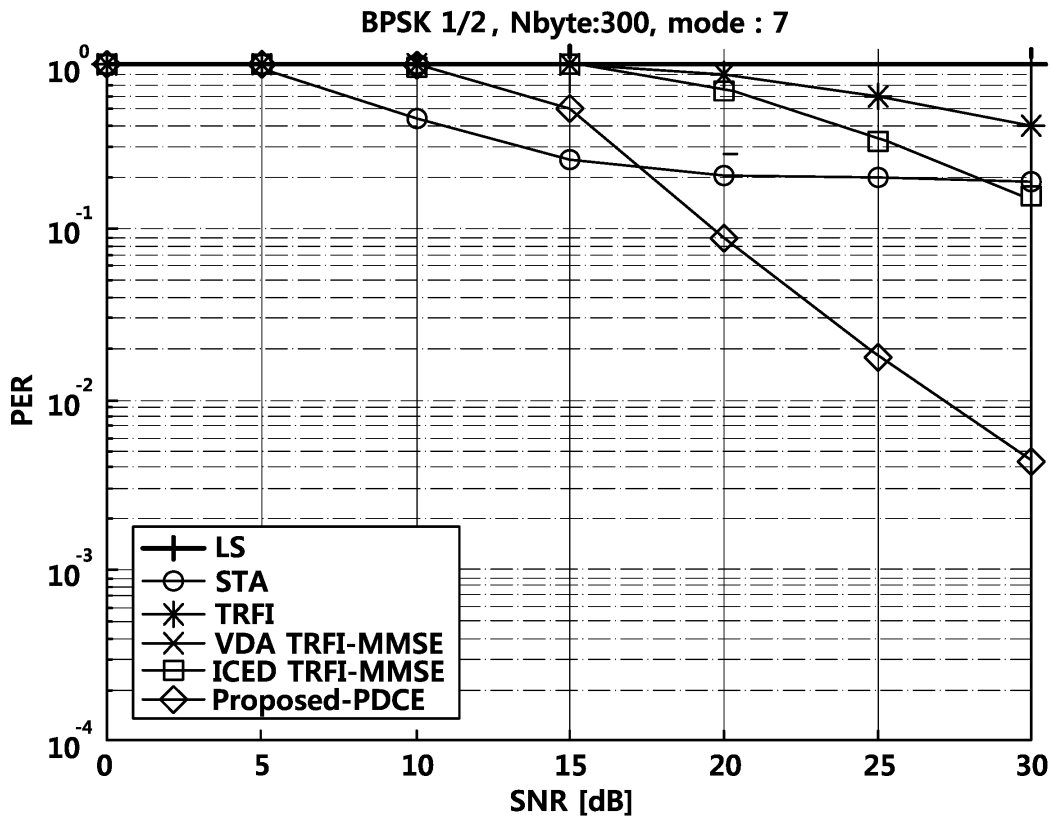
도면7

	Tap1	Tap2	Tap3	Tap4	Units
Power	0	-2	-5	-7	dB
Delay	0	200	433	700	ns
Doppler	0	2185	-2185	2185	Hz
Profile	Static	HalfBT	HalfBT	HalfBT	

도면8



도면9



도면10

