



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0070656
(43) 공개일자 2018년06월26일

- | | |
|---|--|
| (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 27/26 (2006.01) H04L 25/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H04L 27/2695 (2013.01)
H04L 25/0202 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-7013942
(22) 출원일자(국제) 2016년07월20일
심사청구일자 2018년05월16일
(85) 번역문제출일자 2018년05월16일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2016/067311
(87) 국제공개번호 WO 2018/014949
국제공개일자 2018년01월25일 | (71) 출원인
노키아 솔루션스 앤드 네트워크 오와이
핀란드 핀-02610 에스푸 카라포르티 3
(72) 발명자
베라르디넬리, 길베르토
덴마크 9000 올보르 질란스가테 21씨
프레데릭센, 프랭크
덴마크 9270 크라럽 호른백크베 4
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이시용 |
|---|--|

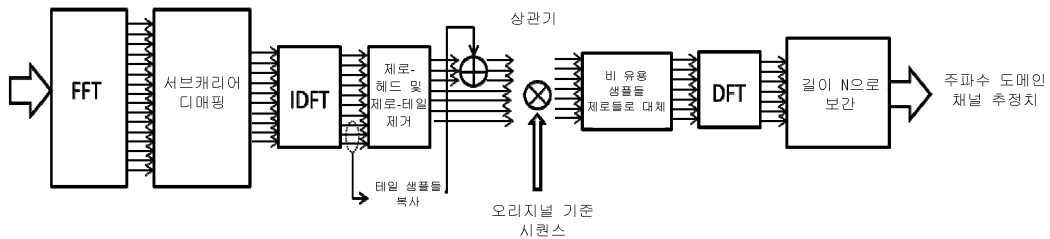
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 ZT DFT-s-OFDM을 위한 채널 추정

(57) 요약

ZT DFT-s-OFDM(zero-tail discrete Fourier transform spread orthogonal frequency division multiplexing)에 따라 변조된 신호가 채널을 통해 수신된다. 이 신호는 N 개의 샘플들을 포함하는 제1 시퀀스로 다운-샘플링되며, N은 사용된 서브캐리어들의 수에 대응한다. 제1 시퀀스로부터 제1 Nh 샘플들 및 마지막 Nt 샘플들이 제거되며, 이 제거에 의해, N-Nh-Nt의 길이를 갖는 제2 시퀀스가 획득된다. 제2 시퀀스는 길이 N-Nh-Nt를 갖는 기준 시퀀스와 상관되며, 상관의 결과에 기반하여, N 개의 사용된 서브캐리어들에 대해 채널의 주파수 응답이 추정된다.

대표도 - 도5



(72) 발명자

페데르센, 클라우스 인게만

덴마크 9000 올보르 레질 01 2. 살 브레킬드 알르
67

파주코스키, 카리 페카

핀란드 90240 오울루 푸란티 3

명세서

청구범위

청구항 1

방법으로서,

ZT DFT-s-OFDM(zero-tail discrete Fourier transform spread orthogonal frequency division multiplexing)에 따라 변조된 신호를 채널을 통해 수신하는 단계;

상기 신호를, N 개의 샘플들을 포함하는 제1 시퀀스로 다운-샘플링하는 단계;

상기 제1 시퀀스로부터 제1 N_h 샘플들 및 마지막 N_t 샘플들을 제거하는 단계 -상기 제거에 의해, $N-N_h-N_t$ 의 길이를 갖는 제2 시퀀스가 획득됨-;

길이 $N-N_h-N_t$ 를 갖는 기준 시퀀스와 상기 제2 시퀀스를 상관시키는 단계; 및

상기 상관의 결과에 기반하여, 상기 채널의 주파수 응답을 추정하는 단계

를 포함하는,

방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 제1 시퀀스로부터의 마지막 N_t 샘플들을 상기 제2 시퀀스의 제1 N_t 샘플들에 가산(adding)하는 단계

를 포함하는,

방법.

청구항 3

제1 항 또는 제2 항에 있어서,

상기 다운-샘플링하는 단계는,

수신된 신호를 주파수 도메인으로 변환하는 단계 -상기 변환에 의해, 변환된 신호가 획득됨-;

상기 변환된 신호에 대해 서브캐리어 디-매핑(de-mapping)을 수행하는 단계 -상기 수행에 의해, N 개의 샘플들을 포함하는 디-매핑된 신호가 획득되며, N은 사용된 서브캐리어들의 수에 대응함-;

상기 디-매핑된 신호를 시간 도메인으로 변환하는 단계 -상기 변환에 의해, N 개의 샘플들을 포함하는 상기 제1 시퀀스가 획득됨-

를 포함하는,

방법.

청구항 4

제1 항 내지 제3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 추정하는 단계는,

동일한 기준 시퀀스의 순환 시프트들로부터 획득되는, 상기 상관으로부터의 다수의 채널 응답들의 추정치를 획득하는 단계;

유용한 에너지를 제공하는 샘플들을 수집하고, 샘플들의 나머지를 제로(zero)들로 대체하는 단계 -상기 수집 및 대체에 의해, 길이 $N-N_t-N_h$ 의 제3 시퀀스가 획득됨-

상기 제3 시퀀스를 주파수 도메인으로 변환하는 단계 -상기 변환에 의해, 길이 $N-N_t-N_h$ 의 제4 시퀀스가 획득됨 -; 및

상기 제4 시퀀스를 길이 N 의 벡터로 보간하는 단계 -상기 보간에 의해, N 개의 사용된 서브캐리어들에 대해 주파수 응답의 추정치가 획득됨 -

를 포함하는,

방법.

청구항 5

제1 항 내지 제4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 기준 시퀀스는 다음의 기준 시퀀스 패밀리들: 자도프-추(Zadoff-Chu) 시퀀스들 및 m -시퀀스들 중 하나에 속하는,

방법.

청구항 6

프로세싱 디바이스에 대한 프로그램을 포함하는 컴퓨터 프로그램 제품으로서,

상기 프로그램이 상기 프로세싱 디바이스 상에서 실행될 때 제1 항 내지 제5 항 중 어느 한 항에 따른 단계들을 수행하기 위한 소프트웨어 코드 부분들을 포함하는,

컴퓨터 프로그램 제품.

청구항 7

제6 항에 있어서,

상기 컴퓨터 프로그램 제품은 상기 소프트웨어 코드 부분들이 저장되는 컴퓨터-판독가능 매체를 포함하는,

컴퓨터 프로그램 제품.

청구항 8

제6 항에 있어서,

상기 프로그램은 상기 프로세싱 디바이스의 내부 메모리에 직접적으로 로딩가능한,

컴퓨터 프로그램 제품.

청구항 9

장치로서,

적어도 하나의 프로세서 및 컴퓨터 프로그램 코드를 포함하는 적어도 하나의 메모리를 포함하며,

상기 적어도 하나의 메모리 및 상기 컴퓨터 프로그램 코드는, 상기 적어도 하나의 프로세서를 이용하여, 상기 장치로 하여금 적어도,

ZT DFT-s-OFDM(zero-tail discrete Fourier transform spread orthogonal frequency division multiplexing)에 따라 변조된 신호를 채널을 통해 수신하는 것;

상기 신호를, N 개의 샘플들을 포함하는 제1 시퀀스로 다운-샘플링하는 것;

상기 제1 시퀀스로부터 제1 N_h 샘플들 및 마지막 N_t 샘플들을 제거하는 것 -상기 제거에 의해, $N-N_h-N_t$ 의 길이를 갖는 제2 시퀀스가 획득됨 -;

길이 $N-N_h-N_t$ 를 갖는 기준 시퀀스와 상기 제2 시퀀스를 상관시키는 것; 및

상기 상관의 결과에 기반하여, 상기 채널의 주파수 응답을 추정하는 것

을 수행하게 하도록 구성되는,

장치.

청구항 10

제9 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 메모리 및 상기 컴퓨터 프로그램 코드는, 상기 적어도 하나의 프로세서를 이용하여, 상기 장치로 하여금 추가로,

상기 마지막 N_t 샘플들을 상기 제2 시퀀스의 제1 N_t 샘플들에 가산하는 것

을 수행하게 하도록 구성되는,

장치.

청구항 11

제9 항 또는 제10 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 메모리 및 상기 컴퓨터 프로그램 코드는, 상기 적어도 하나의 프로세서를 이용하여, 상기 장치로 하여금,

수신된 신호를 주파수 도메인으로 변환하는 것 -상기 변환에 의해, 변환된 신호가 획득됨-;

상기 변환된 신호에 대해 서브캐리어 디-매핑을 수행하는 것 -상기 수행에 의해, N 개의 샘플들을 포함하는 디-매핑된 신호가 획득되며, N 은 사용된 서브캐리어들의 수에 대응함-;

상기 디-매핑된 신호를 시간 도메인으로 변환하는 것 -상기 변환에 의해, N 개의 샘플들을 포함하는 상기 제1 시퀀스가 획득됨-

을 수행하게 하도록 구성되는,

장치.

청구항 12

제9 항 내지 제11 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 메모리 및 상기 컴퓨터 프로그램 코드는, 상기 적어도 하나의 프로세서를 이용하여, 상기 장치로 하여금,

동일한 기준 시퀀스의 순환 시프트들로부터 획득되는, 상기 상관으로부터의 다수의 채널 응답들의 추정치를 획득하는 것;

유용한 에너지를 제공하는 샘플들을 수집하고, 샘플들의 나머지를 제로들로 대체하는 것 -상기 수집 및 대체에 의해, 길이 $N-N_t-N_h$ 의 제3 시퀀스가 획득됨-;

상기 제3 시퀀스를 주파수 도메인으로 변환하는 것 -상기 변환에 의해, 길이 $N-N_t-N_h$ 의 제4 시퀀스가 획득됨-; 및

상기 제4 시퀀스를 길이 N 의 벡터로 보간하는 것 -상기 보간에 의해, N 개의 사용된 서브캐리어들에 대해 주파수 응답의 추정치가 획득됨-

을 수행하게 하도록 구성되는,

장치.

청구항 13

장치로서,

ZT DFT-s-OFDM(zero-tail discrete Fourier transform spread orthogonal frequency division multiplexing)에 따라 변조된 신호를 채널을 통해 수신하기 위한 수신 수단;

상기 신호를, N 개의 샘플들을 포함하는 제1 시퀀스로 다운-샘플링하기 위한 다운-샘플링 수단;

상기 제1 시퀀스로부터 제1 N_h 샘플들 및 마지막 N_t 샘플들을 제거하기 위한 제거 수단 -상기 제거에 의해, $N-N_h-N_t$ 의 길이를 갖는 제2 시퀀스가 획득됨-;

길이 $N-N_h-N_t$ 를 갖는 기준 시퀀스와 상기 제2 시퀀스를 상관시키기 위한 상관 수단; 및

상기 상관의 결과에 기반하여, 상기 채널의 주파수 응답을 추정하기 위한 추정 수단

을 포함하는,

장치.

청구항 14

제13 항에 있어서,

상기 마지막 N_t 샘플들을 상기 제2 시퀀스의 제1 N_t 샘플들에 가산하기 위한 가산 수단

을 더 포함하는,

장치.

청구항 15

제13 항 또는 제14 항에 있어서,

상기 다운-샘플링 수단은,

수신된 신호를 주파수 도메인으로 변환하기 위한 제1 변환 수단 -상기 변환에 의해, 변환된 신호가 획득됨-;

상기 변환된 신호에 대해 서브캐리어 디-매핑을 수행하기 위한 디-매핑 수단 -상기 수행에 의해, N 개의 샘플들을 포함하는 디-매핑된 신호가 획득되며, N 은 사용된 서브캐리어들의 수에 대응함-; 및

상기 디-매핑된 신호를 시간 도메인으로 변환하기 위한 제2 변환 수단 -상기 변환에 의해, N 개의 샘플들을 포함하는 상기 제1 시퀀스가 획득됨-

을 포함하는,

장치.

청구항 16

제13 항 내지 제15 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 추정 수단은,

동일한 기준 시퀀스의 순환 시프트들로부터 획득되는, 상기 상관으로부터의 다수의 채널 응답들의 추정치를 획득하기 위한 획득 수단;

유용한 에너지를 제공하는 샘플들을 수집하고, 샘플들의 나머지를 제로들로 대체하기 위한 수집 및 대체 수단 -상기 수집 및 대체에 의해, 길이 $N-N_t-N_h$ 의 제3 시퀀스가 획득됨-;

상기 제3 시퀀스를 주파수 도메인으로 변환하기 위한 제3 변환 수단 -상기 변환에 의해, 길이 $N-N_t-N_h$ 의 제4 시퀀스가 획득됨-; 및

상기 제4 시퀀스를 길이 N 의 벡터로 보간하기 위한 보간 수단 -상기 보간에 의해, N 개의 사용된 서브캐리어들에 대해 주파수 응답의 추정치가 획득됨-

을 포함하는,

장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 다가오는 5G(5th generation) 무선 시스템들에 대한 파형 설계 영역에 관한 것이다. 특히, 본 발명

은, ZT DFT-s-OFDM(zero-tail DFT-spread-OFDM) 변조를 위한 채널 추정에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 본 명세서에서 사용된 약어들에 대한 다음의 의미들이 적용된다:
- [0003] 5G 5세대(5th Generation)
- [0004] BS 기지국(Base Station)
- [0005] CP 순환 프리픽스(Cyclic Prefix)
- [0006] DFT 이산 푸리에 변환(Discrete Fourier Transform)
- [0007] DMRS 복조 기준 신호(Demodulation Reference Signal)
- [0008] GP 가드 기간(Guard Period)
- [0009] IFFT 역 고속 푸리에 변환(Inverse Fast Fourier Transform)
- [0010] LTE 롱 텀 에볼루션(Long Term Evolution)
- [0011] MSE 평균 제곱 오차(Mean Square Error)
- [0012] OFDM 직교 주파수 분할 멀티플렉싱(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
- [0013] PAPR 피크-대-평균 전력비(Peak-to-Average Power Ratio)
- [0014] RACH 랜덤 액세스 채널(Random Access Channel)
- [0015] RF 거부 인자(Rejection Factor)
- [0016] UE 사용자 장비(User Equipment)
- [0017] ZC 자도프-추(Zadoff-Chu)
- [0018] ZT 제로-테일(Zero-tail)
- [0019] ZT DFT-s-OFDM 신호들은 종래의 OFDM 및 DFT-s-OFDM 파형들의 인헨스먼트로서 최근에 제안되었으며, 여기서, CP(cyclic prefix)는 저전력 테일(low power tail)로 대체된다. 그러한 테일은, CP의 경우에 대해서와 같이 생성된 시간 심볼들에 첨부되는 것이 아니라, IFFT(Inverse Fast Fourier Transform)의 정상적인 출력으로서 획득된다. CP를 채택하는 파형들과 상이하게, ZT DFT-s-OFDM에서, 저전력 테일의 지속기간은 프레임 수비학(numerology)에서 정의될 필요가 없지만, 채널의 추정된 지연 확산에 따라 동적으로 세팅될 수 있다. 이는 시스템 설계를 단순화하는데, 그 이유는 그것이 채널 특성들로부터 라디오 수비학을 디커플링하여서, 이웃 셀들 간의 공존을 또한 개선시키기 때문이다. 게다가, 그것은 하드-코딩된 CP의 전송된 비효율성들을 극복하는 것을 가능하게 한다.
- [0020] ZT DFT-s-OFDM 신호는 또한, 짧은 저전력 헤드(short low power head)를 특징으로 한다. 저전력 테일이 채널의 측정된 지연 확산에 대처하는 것으로 의도되지만, 저전력 헤드는, IFFT 동작의 순환성(cyclicity)에 기인하여 테일의 마지막 샘플들에서의 전력 재성장(regrowth)을 방지하기 위해 삽입된다.
- [0021] ZT DFT-s-OFDM의 다른 상당한 장점은 OFDM/DFT-s-OFDM에 대한 그것의 개선된 스펙트럼 컨테인먼트(containment)이다. 저전력 헤드 및 테일 둘 모두의 존재는 실제로, OOB(Out-of-Band) 방출들의 주목할 만한 감소와 함께, 인접한 시간 심볼들 간의 전이를 평활화(smoothen)할 수 있게 한다.
- [0022] DFT-s-OFDM의 간단한 인헨스먼트인 것으로, ZT DFT-s-OFDM은 서브캐리어-레벨 프로세싱 및 MIMO(Multiple Input Multiple Output) 안테나 기술로의 단순한 확장, 뿐만 아니라 낮은 PAPR(Peak-to-Average Power Ratio)로부터 이익을 얻는다. 그러나, 종래의 DFT-s-OFDM과 같이, ZT DFT-s-OFDM은, OFDM에 대한 BLER(block error rate) 페널티로 이어지는 잡음 인헨스먼트를 경험한다. 그럼에도 불구하고, 성능 갭은, 특히 4 개의 수신 안테나들을 이용하는 수신 다이버시티의 경우에 사라지는 경향이 있다.
- [0023] ZT DFT-s-OFDM의 가장 유망한 유스 케이스들 중 하나는 PRACH이며, 여기서, 도 1에서 도시된 ZT DFT-s-OFDM 기법을 사용함으로써, 시간 심볼들의 마지막 파트에 GP가 포함된다. GP는, 상이한 거리들에 위치한 UE들에 의해 송신되는 신호들이 수신기 윈도우 내에서 시간 정렬될 수 있게 한다. LTE와 비교하면, ZT DFT-s-OFDM은 CP의

전력 손실을 방지하는데, 그 이유는 CP가 저전력 샘플들로 대체될 수 있기 때문이다. 추가로, ZT DFT-s-OFDM은 그것의 더 나은 스펙트럼 컨테인먼트에 기인하여 데이터 채널들에 대한 간섭을 감소시킨다.

발명의 내용

[0024] 본 발명의 양상에 따라, 송신기 및 수신기 둘 모두에서 알려진 기준 시퀀스들의 사용에 기반하여, ZT DFT-s-OFDM에서 효율적인 채널 추정을 가능하게 하기 위한 방법이 제안된다.

[0025] 본 발명의 양상에 따라, ZT DFT-s-OFDM(zero-tail discrete Fourier transform spread orthogonal frequency division multiplexing)에 따라 변조된 신호가 채널을 통해 수신된다. 이 신호는 N 개의 샘플들을 포함하는 제 1 시퀀스로 다운-샘플링되며, N은 사용된 서브캐리어들의 수에 대응한다. 제1 시퀀스로부터 제1 N_h 샘플들 및 마지막 N_t 샘플들이 제거되며, 제거에 의해, N-N_h-N_t의 길이를 갖는 제2 시퀀스가 획득된다. 제2 시퀀스는 길이 N-N_h-N_t를 갖는 기준 시퀀스와 상관되며, 상관의 결과에 기반하여, N 개의 사용된 서브캐리어들에 대해 채널의 주파수 응답이 추정된다.

[0026] 다음에서는, 본 발명이 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예들을 통해 설명될 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0027] 도 1은 100 km의 셀 범위에 대한 RACH 프리앰블 포맷을 예시하는 다이어그램을 도시한다.
- 도 2는 기준 시퀀스에 대한 ZT DFT-s-OFDM 송신기 체인을 예시하는 개략적인 블록 다이어그램을 도시한다.
- 도 3은 ZT DFT-s-OFDM 채널 추정기를 예시하는 개략적인 블록 다이어그램을 도시한다.
- 도 4는 종래의 ZT DFT-s-OFDM 송신기 체인을 이용하여 생성된 ZT DFT-s-OFDM 기준 시퀀스의 주파수 응답을 예시하는 다이어그램을 도시하며, 여기서, 비-평탄 주파수 응답은 오리지널 기준 시퀀스의 특성에 영향을 끼치는 프리-DFT 제로-패딩(pre-DFT zero-padding) 동작에 기인한다.
- 도 5는 본 발명의 실시예에 따른, 채널 추정기를 예시하는 개략적인 블록 다이어그램을 도시한다.
- 도 6은 블록 콘볼루션에서 중첩 및 가산(overlap and add)의 원리를 예시하는 다이어그램을 도시한다.
- 도 7은 상이한 채널 추정기들의 MSE 성능을 예시하는 다이어그램을 도시한다.
- 도 8은 본 발명의 실시예들의 예들이 구현가능한 제어 유닛의 구성을 예시하는 개략적인 블록 다이어그램을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 본 발명의 실시예들을 설명하기 전에, 채널 추정 목적들에 사용될 기준 시퀀스들의 세트에 대한 원하는 특성들이 도 2-도 4를 참조하여 설명될 것이다.
- [0029] 채널 추정 목적들에 사용될 기준 시퀀스들의 세트에 대한 원하는 특성들은 아래에서 열거된다:
- [0030] - 낮은 자기상관. 시퀀스를 그 자체에 대해 상관시킬 때, 상관기 출력은 제로 오프셋에 대응하는 전력 피크, 그리고 널-제로 오프셋의 경우 매우 제한된 출력 전력을 리턴해야 한다. 이는 채널 임펄스 응답의 포지션을 수신기에서 명확하게 식별하여서, 그에 따라 그것의 정확한 추정치를 가능하게 하도록 한다.
- [0031] - 제한된 교차-상관. 시퀀스를 동일한 세트에 속하는 상이한 시퀀스에 대해 상관시킬 때, 상관기의 출력 전력은 제한되어야 한다. 이는, 원하는 채널의 응답을 식별하고, 그에 따라, 동시에 송신된 다른 기준 시퀀스들에 기인하는 오염(pollution)을 제한하도록 한다.
- [0032] - 평탄 주파수 응답. 평탄 주파수 응답을 갖는 기준 시퀀스들을 사용한 이익들은 두 배(twofold)가 된다. 먼저, 평탄 주파수 응답은, 시간 도메인에서 제로-자기상관을 갖기 위한 필요 충분 조건이다. 추가로, 그것은 적절한 주파수 도메인 등화를 가능하게 한다. 기준 시퀀스의 선택적 주파수 응답은 주파수들의 특정 부분에 대한 잡음 전력의 선택적 인핸스먼트로, 그리고 그에 따라, 저하된 추정치 및 불량한 등화 성능으로 이어질 수 있다.
- [0033] - 낮은 PAPR(Peak-to-Average Power Ratio). 시퀀스들이 제한된 전력 진폭 변동들을 갖게 하는 것은, 송신기 전력 효율 측면에서의 이익들과 함께, 아날로그식 전력 증폭기에서 낮은 입력 백-오프를 사용하는 것을 가능하게 한다.

- [0034] - 커다란 카디널리티(cardinality). 동일한 매력적인 특성들을 특징으로 하는 기준 시퀀스들의 커다란 세트를 갖는 것은, 특히, 디바이스들이 많은 수의 간섭 링크들로부터 원하는 링크들의 채널 응답을 구별할 필요가 있을 수 있는 밀집한 셀 배치의 경우에 가장 중요하다. 많은 수의 안테나들을 이용하는 MIMO 기술들의 사용은, 예컨대 대용량 MIMO 애플리케이션들의 경우, 기준 시퀀스들의 커다란 세트의 필요를 추가로 가중시킨다.
- [0035] ZC(Zadoff-Chu) 시퀀스들은, 위에서 언급된 특성들 전부를 충족시키는 복소수(complex) 시퀀스들의 패밀리이다. 이들은 제로 자기상관 및 \sqrt{L} 로 제한된 일정한 교차-상관을 특징으로 하며, 여기서, L은 시퀀스의 길이이다. 추가로, ZC 시퀀스들은 시간 도메인 및 주파수 도메인 둘 모두에 대해 일정한 진폭을 갖는다. ZC 시퀀스의 길이 L이 소수일 경우에, 언급된 특성들을 충족시키는 시퀀스들의 세트는 L-1과 동일한 카디널리티를 갖는다.
- [0036] 각각의 송신기에 의해 시퀀스의 상이한 순환 시프트가 사용된다면, 제로 자기상관 특성의 결과로서, 동일한 주파수에 대해 동작하는 다수의 송신기들에 의해 동일한 시퀀스가 동시에 사용될 수 있다. 순환 시프트는 채널의 지연 확산보다 더 커야 한다. 동일한 베이스 시퀀스의 상이한 순환 시프트들을 채택하는 몇몇 송신기들의 채널 상태 정보를 리트리빙하기 위해, 수신기에서 단일 상관기가 사용될 수 있다.
- [0037] 도 2는 ZT DFT-s-OFDM이 사용될 때 기준 시퀀스에 대한 송신기 체인을 예시한다. 길이 N0를 갖는 오리지널 시퀀스는 통상적으로, 주파수 도메인에서 생성되고, 크기 N0를 갖는 IDFT에 의해 시간 도메인으로 변환된다. 이후, ZC 시퀀스들이 사용되는 경우에, 송신기-특정 순환 시프트가 적용될 수 있다. 길이 Nh 및 Nt를 각각 갖는 제로-헤드 및 제로-테일이 시퀀스의 헤드 및 테일에 가산되며, 이는 N=N0+Nt+Nh의 길이의 샘플들을 갖는 제로-패딩된 기준 시퀀스로 이어진다. 이후, 서브캐리어 매핑 및 IFFT를 겪기 전에, 크기 N을 갖는 DFT에 의해, 시퀀스는 다시 주파수 도메인으로 변환된다.
- [0038] DFT-s-OFDM으로부터 직접적으로 바뀐, 채널 추정을 위한 종래의 수신기 구조가 도 3에서 도시된다. 종래의 DFT-s-OFDM 프로세싱에서와 같이, 수신된 신호는 FFT, 서브캐리어 다-매핑 및 IDFT를 겪는다. 이후, 시퀀스는 제로-패딩된 기준 시퀀스의 사본(copy)에 대해 상관된다. 상관기 출력에서, 유용한 에너지를 수집하는 샘플들만이 수집되며, 샘플들의 나머지는 제로들로 대체된다. 이후, 획득된 추정치는 DFT에 의해 주파수 도메인으로 변환된다.
- [0039] 이 수신기 구조는, 채널 추정치를 외삽(extrapolating)하기 위해, 제로-패딩된 기준 시퀀스를 활용한다. 그러나, 제로-패딩된 시퀀스는 오리지널 시퀀스의 동일한 특성들의 이익을 얻지 못할 수 있다.
- [0040] 예컨대, 오리지널 기준 시퀀스가 ZC 시퀀스일 경우에, 제로-패딩 동작은 평탄 주파수 응답의 특성을 손상시킨다. 제로-패딩된 ZC 시퀀스의 주파수 응답이 도 4에서 도시된다. 그러한 주파수 선택적 응답의 결과로서, 소정의 주파수 서브캐리어들에서의 잡음이 강조될 수 있으며, 자기상관 특성들이 또한 악영향을 받는다. 이는 채널 추정치의 품질을 상당히 감소시킨다.
- [0041] 게다가, 제로-패딩 전에, 공격적인 순환 시프트가 적용될 필요가 있기 때문에, 동일한 베이스 시퀀스의 상이한 순환 시프트들을 이용하여 획득된 시퀀스들은 더 이상 순환적이지 않은 시퀀스들로 바뀐다. 예컨대, 시프트 값들 D1 및 D2가 주어지면 -D1은 D2와 상이함-, 제로-삽입 이전의 시퀀스들은 순환적이지만, 제로-패딩된 시퀀스들에 대해서는 동일한 사항이 유지되지 않는다. 그러므로, 예컨대 종래의 DFT-s-OFDM을 이용하는 LTE 업링크에서 수행되는 바와 같이 고유한 상관기를 이용하여 다수의 채널 응답들을 정확하게 리트리빙하는 것은 가능하지 않다. 수신 신호는, 송신기에서 적용된 특정 순환 시프트로부터 획득된 시퀀스에 대해 상관되어야 한다.
- [0042] 본 발명의 적어도 하나의 실시예는, 오리지널 기준 시퀀스들의 제로-패딩된 버전이 아니라, 오리지널 기준 시퀀스들의 특성들을 활용하도록 하는, ZT DFT-s-OFDM에 대한 채널 추정기를 개시한다. 채널 추정기는, 제로-삽입 동작이 기준 시퀀스들의 특성들에 악영향을 끼치지만, 수신기에서 시퀀스로부터 제로-샘플들이 제거되는 경우에는 그러한 특성들이 여전히 유지된다는 관찰에 의존한다. 본 발명의 실시예에 따라, 제로-패딩된 시퀀스가 아니라, 오리지널 기준 시퀀스, 즉, 난-제로-패딩된 기준 시퀀스에 대해 상관이 수행된다. 채널 추정기의 구조가 도 5에서 도시되며, 다음에서 설명될 것이다.
- [0043] 기준 시퀀스들의 패밀리가 ZC 시퀀스들로 제한되지 않으며, 본 발명이 기준 시퀀스들의 다른 패밀리들, 예컨대 m-시퀀스들로 일반화될 수 있다는 것이 주목되어야 한다.
- [0044] 수신기, 예컨대, 통신 시스템으로의 무선 액세스를 제공하는 네트워크의 기지국, 액세스 노드 또는 eNodeB에서 구현될 수 있는, 도 5에서 묘사된 베이스밴드 채널 추정기는 채널, 예컨대 RACH을 통해 ZT DFT-s-OFDM 신호를 수신한다.

- [0045] 수신된 신호는 N 개의 샘플들을 포함하는 제1 시퀀스로 다운-샘플링되며, N은 사용된 서브캐리어들의 수에 대응한다. 다시 말해서, 수신된 신호는 먼저, FFT에 의해 주파수 도메인으로 변환된다. 이후, 미-사용 서브캐리어들은 제거되는데, 즉, 서브캐리어 디-매핑이 수행된다. 이후, N-크기 IDFT를 이용하여, N 개의 샘플들을 포함하는 획득된 시퀀스가 IDFT 프로세싱된다. 이 스테이지에서 획득된 시퀀스(제1 시퀀스)는, FFT 입력에서의 수신된 신호의 다운-샘플링된 버전에 대응한다. 그 결과, 제1 시퀀스의 마지막 N_t 샘플들(예컨대, 샘플들 #N- N_t 내지 #N)은 채널의 지연 확산에 기인하는 에너지를 포함한다.
- [0046] 제1 시퀀스의 마지막 N_t 샘플들은 일시적으로 저장될 수 있다. 제1 N_h 샘플들(예컨대, 샘플들 #1 내지 # N_h) 및 마지막 N_t 샘플들은 제1 시퀀스로부터 제거된다. 결과적 시퀀스(제2 시퀀스)는 $N-N_t-N_h$ 의 길이를 갖는다. 일시적으로 저장되었을 수 있는 마지막 N_t 샘플들은 제2 시퀀스의 제1 N_t 샘플들(예컨대, 샘플들 #1 내지 # N_t)에 가산될 수 있다. 이 동작은, 제2 시퀀스에서 순환 페이딩을 에뮬레이팅하는 것으로 여겨진다. 이 원리는 블록 콘볼루션에서 중첩 및 가산으로서 알려져 있으며, 도 6에서 도시된다.
- [0047] 위에서 언급된 바와 같이 N_t 개의 샘플들이 가산되었을 수 있는 제2 시퀀스는, 도 5에서 도시된 상관기에 의해, 길이 $N-N_t-N_h$ 를 갖는 널-제로-패딩된(즉, "오리지널") 기준 시퀀스에 대해 상관된다.
- [0048] 상관기 출력에서, 유용한 에너지를 수집하는 샘플들만이 수집되고, 샘플들의 나머지는 제로들로 대체되며, 이러한 수집 및 대체에 의해, 길이 $N-N_t-N_h$ 의 제3 시퀀스가 획득된다. 제3 시퀀스는 크기 $N-N_t-N_h$ 를 갖는 DFT에 의해 다시 주파수 도메인으로 변환되며, 이 변환에 의해, 길이 $N-N_t-N_h$ 의 제4 시퀀스가 획득된다. 이후, 주파수 도메인 시퀀스, 즉, 제4 시퀀스를 길이 N의 벡터로 보간함으로써, N 개의 사용된 서브캐리어들에 대한 채널 주파수 응답의 추정치가 획득된다.
- [0049] 상관기 "오리지널" 기준 시퀀스들, 즉, 널-제로-패딩된 기준 시퀀스들에 대해 실행되기 때문에, 그들의 특성들이 보존된다. 추가로, 고유한 상관기를 이용하여 동일한 시퀀스의 다수의 순환 시프트된 버전들로부터 채널 응답들을 리트리빙하는 것이 가능해진다.
- [0050] 본 발명의 구현 예에서, 도 5에서 묘사된 본 발명의 실시예들에 따른 채널 추정기의 성능을 어세스(assess)하기 위해 다음의 세팅이 고려된다:
- [0051] - 서브캐리어들의 수 $N=600$;
- [0052] - FFT 크기 $N_f=1024$;
- [0053] - 프리-DFT 제로-헤드 샘플들(N_h): 4
- [0054] - 프리-DFT 제로-테일 샘플들(N_t): 42
- [0055] - 서브캐리어 간격: 15 KHz
- [0056] - 채널 모델: 약 $\sim 2.2 \mu s$ 의 파잉 지연을 갖는 통상적인 도시.
- [0057] 오버-디-에어(over-the-air) 제로-테일의 길이는 LTE에서의 CP 지속기간과 거의 동일하다. 기본적인 기준 시퀀스로서, 길이 $N-N_t-N_h=554$ 를 갖는 순환식으로 확장된 ZC 시퀀스가 사용된다.
- [0058] 이전의 솔루션들과 비교하여 본 발명의 실시예들의 성능은 채널 추정치의 MSE(Mean Square Error) 측면에서 평가된다. 다음의 3 개의 옵션들이 연구된다:
- [0059] - 옵션 A. 오버-디-에어로 송신된 기준 시퀀스는 도 2에서와 같이 생성되며, 채널 주파수 응답은, 도 3에서 도시된 채널 추정기 구조를 이용하여 추정된다.
- [0060] - 옵션 B. 오버-디-에어로 송신된 왜곡된 기준 시퀀스가 미국 14/854,474에서 개시된 바와 같이 생성되며, 채널 주파수 응답은, 도 3에서 도시된 채널 추정기 구조를 이용하여 추정된다.
- [0061] - 옵션 C. 오버-디-에어로 송신된 기준 시퀀스는 도 2에서와 같이 생성되며, 채널 주파수 응답은, 도 5에서 묘사된 본 발명의 실시예들에 따른 채널 추정기를 이용하여 추정된다.
- [0062] 추가로, 원하는 ZC 시퀀스만이 송신되는 경우(간섭자들 없음), 뿐만 아니라 다른 송신기들이 동일한 대역에 대해 동시에 동일한 ZC 시퀀스의 상이한 순환 시프트를 사용하고 있는 경우들이 고려된다.
- [0063] 결과들은 도 7에서 도시된다. 다음과 같이 관찰될 수 있다:
- [0064] - 옵션 A는 제로-패딩된 기준 시퀀스의 이상적이지 않은 자기상관 및 비-평탄 응답을 겪으며, 이는 상당한 오차

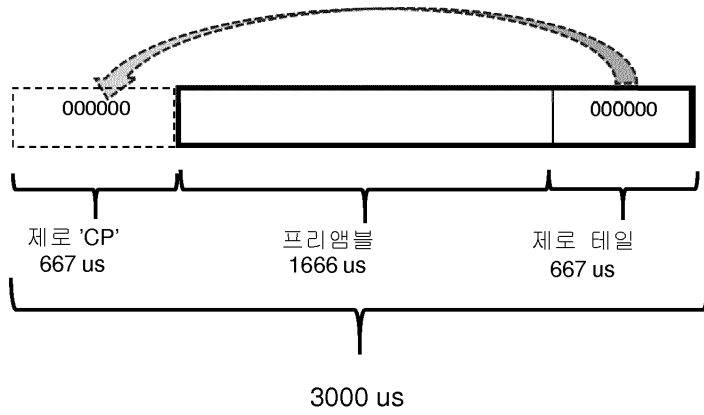
플로어(error floor)로 이어진다.

- [0065] - 옵션 B는, 어떤 간섭자들도 존재하지 않는 경우에, 우수한 성능을 나타낸다. 간섭자들의 존재 시, 성능은 상당히 저하된다. 이는, 동일한 오리지널 ZC 시퀀스의 순환 시프트들이, 제로 교차-상관으로부터 이익을 얻지 않는 상이한 시퀀스들로 바뀐다는 사실에 기인한다.
- [0066] - 본 발명의 실시예들에 따른 채널 추정기를 사용하는 옵션 C는, 간섭자들의 존재에 관계없이, 낮은 MSE를 나타낸다.
- [0067] 본 발명의 실시예들은, 송신 신호를 수정하지 않으면서, 효율적인 채널 추정을 가능하게 한다. 본 발명의 실시예는 RACH 프리앰블 또는 DMRS 시퀀스들로서, 제로 테일을 갖는 ZC 시퀀스들을 사용하는 것을 가능하게 하며, LTE와 유사한 순환 시프트를 갖는 단일 ZC 시퀀스로부터 다수의 프리앰블 시퀀스들이 획득될 수 있다. 본 발명의 다른 실시예에서, ZC 시퀀스들 대신에, m-시퀀스들이 사용된다.
- [0068] 도 8은 본 발명의 실시예들의 예들이 구현가능한 제어 유닛(10)의 구성을 예시하는 개략적인 블록 다이어그램을 도시한다.
- [0069] 수신기, 예컨대, 통신 시스템으로의 무선 액세스를 제공하는 액세스 네트워크의 기지국, 액세스 노드 또는 eNodeB의 일부일 수 있고 그리고/또는 이 수신기에 의해 사용될 수 있는 제어 유닛(10)은, 프로세싱 자원들(프로세싱 회로소자)(11), 메모리 자원들(메모리 회로소자)(12) 및 인터페이스들(인터페이스 회로소자)(13)을 포함한다. 메모리 자원들(12)은 적어도 하나의 프로그램을 저장할 수 있으며, 이 프로그램은, 프로그램이 프로세싱 자원들(11)에 의해 실행될 때, 제어 유닛(10)으로 하여금, 도 5를 참조하여 위에서 설명된 채널 추정기의 동작들을 수행하게 하기 위한 것이다. 예컨대, 인터페이스들(13)은 채널을 통해, 예컨대 오버 디 에어로 ZT DFT-s-OFDM 신호를 수신하고, 프로세싱 자원들(11)은 메모리 자원들(12)에 저장된 프로그램에 기반하여 ZT DFT-s-OFDM 신호를 프로세싱하며, 인터페이스들(13)은 채널의 추정된 주파수 응답을 출력한다. 메모리 자원들(12)은 또한, 상관에 사용될 기준 시퀀스를 저장할 수 있다.
- [0070] 일반적으로, 본 발명의 예시적인 실시예들은, 메모리 자원들(12)에 저장되고 프로세싱 자원들(11)에 의해 실행 가능한 컴퓨터 소프트웨어에 의해, 또는 하드웨어에 의해, 또는 소프트웨어 및/또는 펌웨어와 하드웨어의 결합에 의해 구현될 수 있다.
- [0071] 메모리 자원들(12)은 로컬 기술 환경에 적절한 임의의 타입을 가질 수 있으며, 임의의 적절한 데이터 저장 기술, 이를테면, 반도체 기반 메모리 디바이스들, 자기 메모리 디바이스들 및 시스템들, 광학 메모리 디바이스들 및 시스템들, 고정된 메모리 및 착탈형 메모리를 사용하여 구현될 수 있다. 프로세싱 자원들(11)은 로컬 기술 환경에 적절한 임의의 타입을 가질 수 있으며, 비-제한적인 예들로서, 범용 컴퓨터들, 특수 목적 컴퓨터들, 마이크로프로세서들, DSP(digital signal processor)들 및 멀티 코어 프로세서 아키텍처에 기반하는 프로세서들 중 하나 또는 그 초과를 포함할 수 있다.
- [0072] 추가로, 본 출원에서 사용된 바와 같이, "회로소자"란 용어는 다음의 전부를 지칭한다:
- [0073] (a) 하드웨어-전용 회로 구현들(이를테면, 아날로그 및/또는 디지털 회로소자만으로서의 구현들) 및
- [0074] (b) 회로들과 소프트웨어(및/또는 펌웨어)의 결합들, 이를테면, (적용가능한 대로): (i) 프로세서(들)의 결합, 또는 (ii) 프로세서(들)/소프트웨어의 일부분들(장치, 이를테면 모바일 폰 또는 서버로 하여금 다양한 기능들을 수행하게 하기 위해 함께 작업하는 디지털 신호 프로세서(들), 소프트웨어, 및 메모리(들)를 포함함) 및
- [0075] (c) 심지어 소프트웨어 또는 펌웨어가 물리적으로 존재하지 않더라도, 동작을 위해 소프트웨어 또는 펌웨어를 요구하는 회로들, 이를테면 마이크로프로세서(들) 또는 마이크로프로세서(들)의 일부분.
- [0076] "회로소자"의 이러한 정의는, 임의의 청구항들에서의 사용을 포함하는 본 출원에서의 이 용어의 모든 사용들에 적용된다. 추가적인 예로서, 본 출원에서 사용된 바와 같이, "회로소자"란 용어는 또한, 단지 프로세서(또는 다수의 프로세서들) 또는 프로세서의 일부분 그리고 프로세서의(또는 프로세서들의) 동반된 소프트웨어 및/또는 펌웨어의 구현을 커버할 것이다. "회로소자"란 용어는 또한, 예컨대 그리고 특정 청구항 엘리먼트에 적용가능하면, 모바일 폰에 대한 베이스밴드 집적 회로 또는 애플리케이션 프로세서 집적 회로, 또는 서버, 셀룰러 네트워크 디바이스, 또는 다른 네트워크 디바이스의 유사한 집적 회로를 커버할 것이다.
- [0077] 위의 설명이 본 발명을 예시하며, 본 발명을 제한하는 것으로서 해석되지 않아야 한다는 것이 이해되어야 한다. 첨부된 청구항들에 의해 정의된 본 발명의 진정한 사상 및 범위를 벗어나지 않으면서, 다양한 수정들 및 적용들

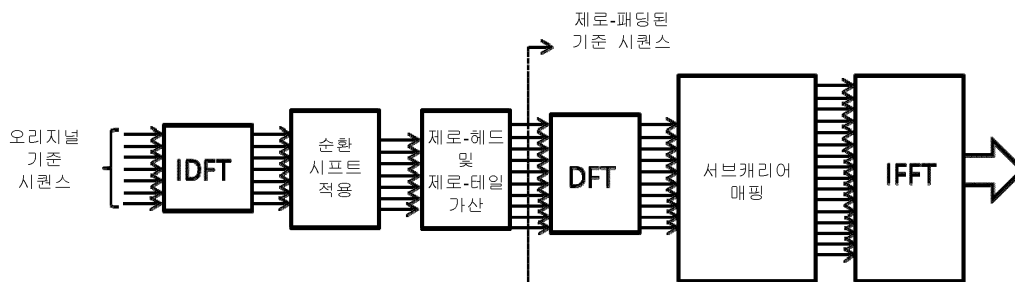
이 당업자들에게 이루어질 수 있다.

도면

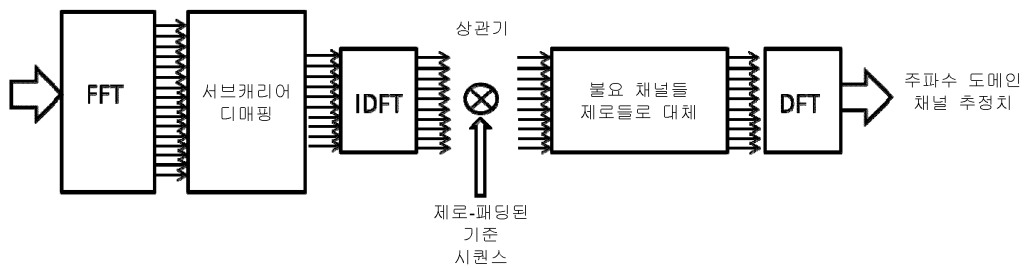
도면1



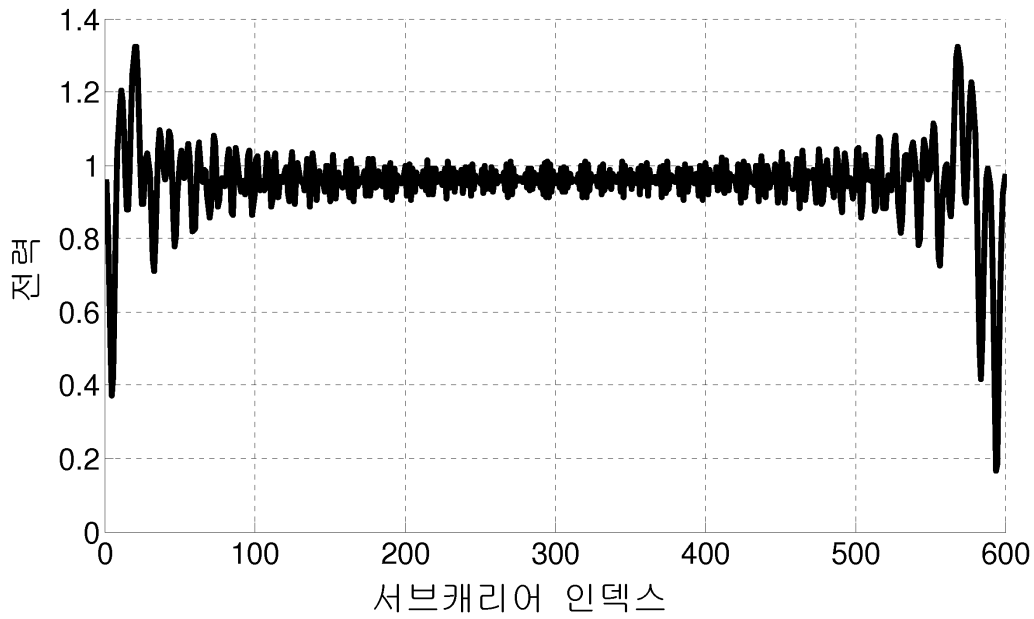
도면2



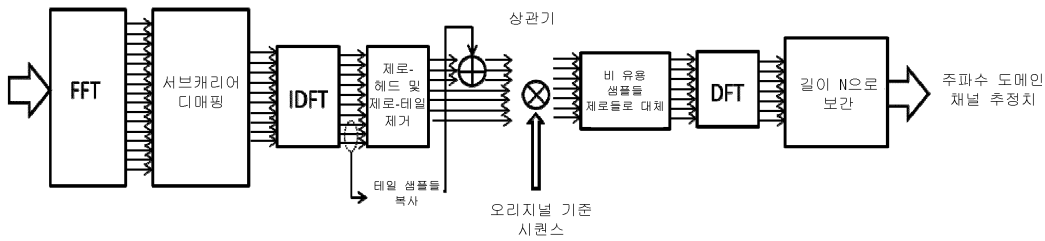
도면3



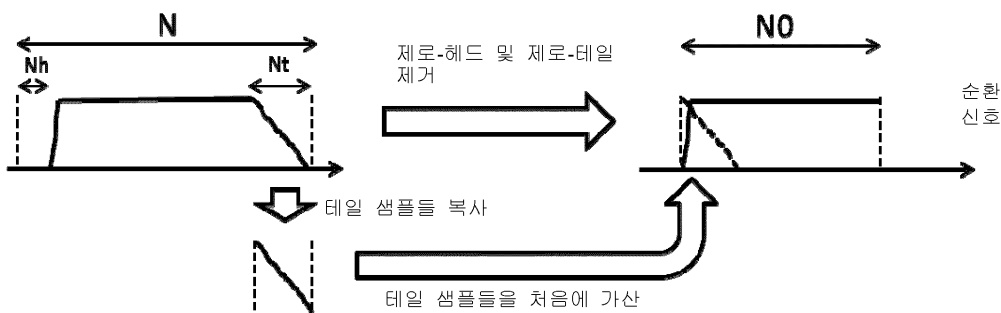
도면4



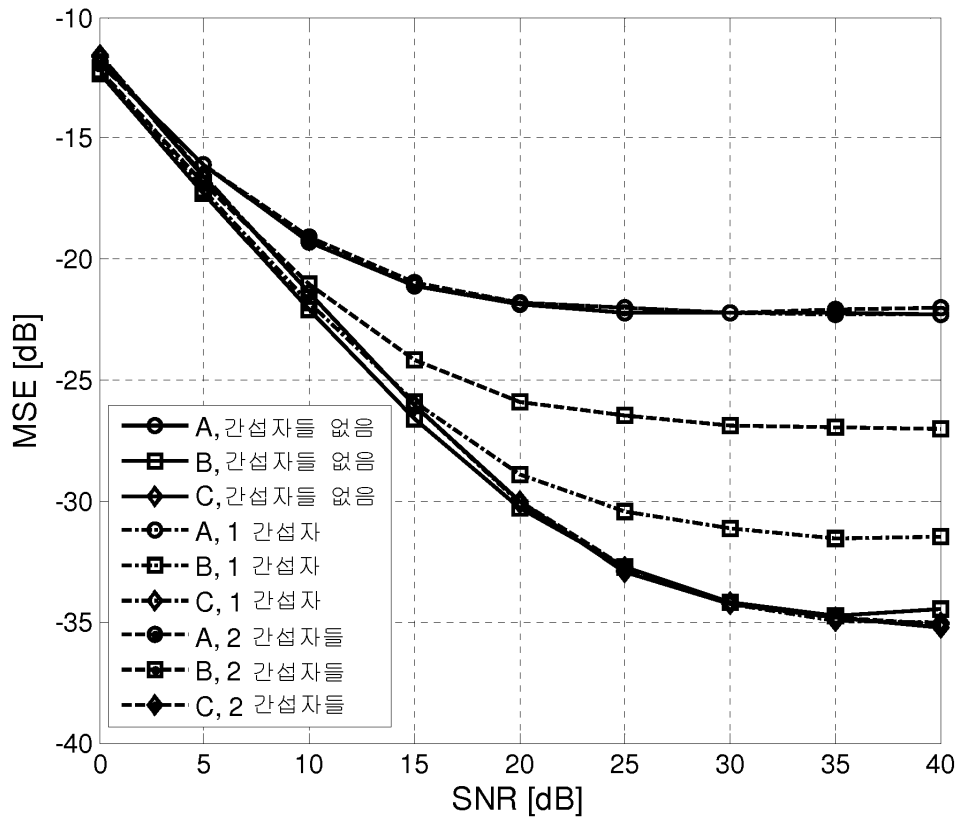
도면5



도면6



도면7



도면8

