



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0066804
(43) 공개일자 2013년06월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.) H04L 27/26 (2006.01) H04L 27/01 (2006.01) (21) 출원번호 10-2011-0133475 (22) 출원일자 2011년12월13일 심사청구일자 없음	(71) 출원인 한국전자통신연구원 대전광역시 유성구 가정로 218 (가정동) (72) 발명자 윤찬호 대전광역시 유성구 장대동 월드킴패밀리아파트 104동 1102호 (74) 대리인 특허법인무한
---	--

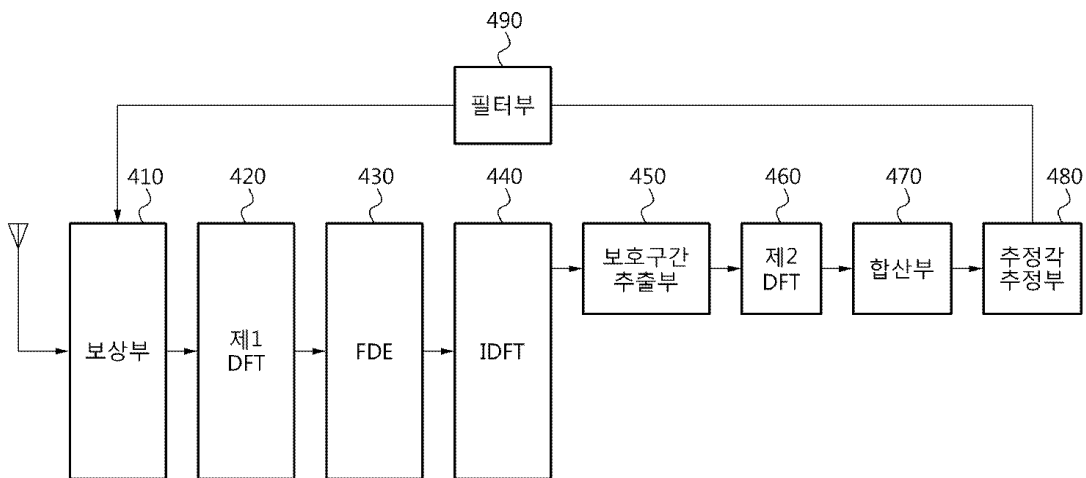
전체 청구항 수 : 총 1 항

(54) 발명의 명칭 단일 반송파 주파수 영역 등화 시스템에서 위상 추적 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 SC-FDE시스템에서 CFO를 추정(estimate) 하여 보상 후 남겨진 잔여 주파수 오프셋(residual CFO)을 주파수 영역(frequency domain) 에서 추정하고 시간 영역(time domain)에서 보상하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

대표도



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	09913-04006
부처명	방송통신위원회
연구사업명	방송통신기술개발사업(**원천기술개발사업)
연구과제명	개방형 mmWave 무선 인터페이스 플랫폼 기술개발
주관기관	한국전자통신연구원
연구기간	2009.03.01 ~ 2013.02.28

특허청구의 범위

청구항 1

복소수 신호를 수신하면 이전에 수신한 복소수 신호를 통해 계산된 추정각을 이용해서 상기 복소수 신호의 주파수 오프셋을 보상해서 주파수 오프셋이 보상된 신호를 출력하는 보상부;

상기 주파수 오프셋이 보상된 신호를 주파수 영역으로 변환해서 주파수 영역의 신호를 출력하는 제1 이산 푸리에 변환부;

상기 주파수 영역의 신호를 기설정된 훈련 시퀀스(sequence)를 이용해서 등화해서 주파수 영역의 등화된 신호를 출력하는 주파수 영역 등화부;

상기 주파수 영역의 등화된 신호를 시간영역의 등화된 신호로 변환하는 역 이산 푸리에 변환부;

상기 시간영역의 등화된 신호에서 보호구간을 추출하는 보호구간 추출부;

상기 보호구간을 주파수 영역으로 변환해서 주파수 영역의 보호구간을 출력하는 제2 이산 푸리에 변환부;

상기 주파수 영역의 보호구간에 포함된 샘플들을 모두 합산해서 합산값을 출력하는 합산부;

상기 합산값을 아크탄젠트(arc tangent)해서 추정각을 추정하는 추정각 추정부; 및

상기 추정각을 로우패스 필터링해서 필터링된 추정각을 다음에 수신될 복소수 신호를 보상하기 위한 추정각으로 상기 보상부에 제공하는 필터부를 포함하는

단일 반송파 주파수 영역 등화 시스템에서 위상 추적 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 무선 통신시스템 수신단의 주파수 위상 추적 기술에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 근래의 무선 통신 시스템에서의 블록(block) 전송기법으로 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 변조를 하여 통신을 하는 규격과 장치가 크게 적용되어 왔다. OFDM 시스템은 등화기의 복잡도를 대폭 낮춰주고 스펙트럼 효율(spectrally efficient)한 전송을 달성해 줄 수 있게 한다. 하지만, 신호 전송시 신호의 PAPR(peak-to-average power ratio)가 매우 높아 선형 증폭기(linear amplifier)의 운용 전송 효율을 크게 떨어뜨리고 수신단의 ADC(analog-to-digital)의 해상도(resolution)이 높아야 한다는 단점이 있었다. 이러한 단점을 극복하고 유사한 성능을 보여주는 블록 변조(block modulation) 전송 기법으로 SC-FDE(single-carrier frequency domain equalizer) 전송 기법이 최근에 주목을 받고 있다. SC-FDE는 PAPR이 매우 낮기 때문에 송신단에서 보내는 신호의 전송 전력 효율이 OFDM 보다 높다. 또한 SC-FDE방식은 수신단은 단일 반송파(carrier)로 변조된 신호를 받아 처리하는 구조이기 때문에 수신 신호가 겪은 채널에 대한 왜곡을 등화(equalize)하기 위해 기존의 선형 등화기(linear equalizer)나 결정 궤환 등화기(decision feed-back equalizer) 또는 주파수 영역 등화기 (frequency domain equalizer)를 사용 가능하다.

[0003] OFDM 시스템이나 SC-FDE 시스템은 CFO(carrier frequency offset)에 취약하며 반드시 보상해줘야 한다. CFO는 FFT와 IFFT를 적용 할 때 ICI(inter-carrier interference)를 발생시켜 이상적으로 등화된 신호를 제공해 주지 못한다. 본 발명은 SC-FDE시스템에서 CFO를 추정(estimate) 하여 보상 후 남겨진 잔여 주파수 오프셋(residual CFO)을 주파수 영역(frequency domain) 에서 추정하고 시간 영역(time domain)에서 보상하는 방법을 제시한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0004] 본 발명의 실시예에는 단일 반송파 주파수 영역 등화 시스템에서 위상 추적 장치 및 방법을 제공한다.
- [0005] 본 발명의 실시예에는 SC-FDE시스템에서 CFO를 추정(estimate) 하여 보상 후 남겨진 잔여 주파수 오프셋(residual CFO)을 주파수 영역(frequency domain) 에서 추정하고 시간 영역(time domain)에서 보상하는 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0006] 본 발명의 실시예에 따른 단일 반송파 주파수 영역 등화 시스템에서 위상 추적 장치는, 복소수 신호를 수신하면 이전에 수신한 복소수 신호를 통해 계산된 추정각을 이용해서 상기 복소수 신호의 주파수 오프셋을 보상해서 주파수 오프셋이 보상된 신호를 출력하는 보상부와, 상기 주파수 오프셋이 보상된 신호를 주파수 영역으로 변환해서 주파수 영역의 신호를 출력하는 제1 이산 푸리에 변환부와, 상기 주파수 영역의 신호를 기설정된 훈련 시퀀스(sequence)를 이용해서 등화해서 주파수 영역의 등화된 신호를 출력하는 주파수 영역 등화부와, 상기 주파수 영역의 등화된 신호를 시간영역의 등화된 신호로 변환하는 역 이산 푸리에 변환부와, 상기 시간영역의 등화된 신호에서 보호구간을 추출하는 보호구간 추출부와, 상기 보호구간을 주파수 영역으로 변환해서 주파수 영역의 보호구간을 출력하는 제2 이산 푸리에 변환부와, 상기 주파수 영역의 보호구간에 포함된 샘플들을 모두 합산해서 합산값을 출력하는 합산부와, 상기 합산값을 아크탄젠트(arc tangent)해서 추정각을 추정하는 추정각 추정부 및 상기 추정각을 로우패스 필터링해서 필터링된 추정각을 다음에 수신될 복소수 신호를 보상하기 위한 추정각으로 상기 보상부에 제공하는 필터부를 포함한다.

발명의 효과

- [0007] 본 발명은 SC-FDE시스템에서 CFO를 추정(estimate) 하여 보상 후 골레이 시퀀스(Golay sequence)를 이용하여 남겨진 잔여 주파수 오프셋(residual CFO)을 주파수 영역(frequency domain) 에서 추정하고 시간 영역(time domain)에서 보상할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0008] 도 1은 SC-FDE 시스템에서 송신되는 프레임의 예를 도시한 도면,
 도 2는 주파수 영역에서의 길이가 64에 해당하는 골레이 시퀀스의 형상을 도시한 도면,
 도 3은 도 2의 골레이 시퀀스가 위상 회전된 예를 도시한 도면,
 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 위상 추적 장치의 구성을 도시한 도면 및,
 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 위상 추적 장치에서 남겨진 잔여 주파수 오프셋을 추정하고 보상하는 과정을 도시한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0009] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0010] 본 발명은 SC-FDE 시스템에 적용되기에 기본적으로 블록 전송(block transmission)의 특성을 활용한다. 블록 전송의 특징으로 전송 단위를 블록(block)으로 나누어 구분할 수 있게 되는데 아래 도 1에 표현된 IEEE 802.11ad 물리계층 규격처럼 각 블록의 끝에 보호구간(GI; guard interval) 이라는 정해진 패턴(pattern)의 신호를 붙여서 전송하도록 되어 있다.
- [0011] 도 1은 SC-FDE 시스템에서 송신되는 프레임의 예를 도시한 도면이다.
- [0012] 도 1을 참조하면, x-축은 시간을 의미하며 1개의 symbol 당 (예를 들어 1/1720MHz) 시간이 걸린다. 각 symbol 은 BPSK, QPSK, 또는 16-QAM으로 변조 되어 있다.
- [0013] 따라서 보호구간(GI; guard interval)은 시간 및 주파수 영역(domain)으로 변경 될 때 항상 일정한 패턴을 가지

고 있으며 IEEE 802.11ad 규격의 경우 길이 64에 해당하는 골레이 시퀀스(Golay sequence)가 사용되었다. 보호 구간에 사용되는 시퀀스는 다음과 같다.

[0014] Ga64 = [-1,-1,-1,-1,-1,-1, 1, 1, 1,-1,-1, 1, 1,-1, 1,-1,-1, 1,-1, 1, 1,-1, 1, 1,-1,-1, 1, 1, 1, 1, -1,-1,-1,-1, 1, 1, 1,-1,-1, 1, 1,-1, 1,-1, 1,-1, 1,-1, 1,-1,-1, 1, 1,-1,-1,-1,-1]

[0015] Ga64 sequence에 DFT를 적용하면 아래 <수학식 1>과 같이 표현된다.

[0016] [수학식 1]

$$GA64(k) = \sum_{i=1}^{64} Ga64(i) \cdot \exp(-j2\pi \frac{k}{64} i)$$

[0017]

[0018] 그리고, GA64의 주파수 영역에서의 신호 형상은 아래 도 2와 같이 표현될 수 있다.

[0019] 도 2는 주파수 영역에서의 길이가 64에 해당하는 골레이 시퀀스의 형상을 도시한 도면이다.

[0020] 도 2를 참조하면, 실선은 실수값(real)을 의미하고 점선은 허수값(imaginary)을 의미한다. 도 2의 도시화된 신호의 x축 인덱스(index)는 반송파(subcarrier)를 뜻하며 위의 반송파들을 모두 합(sum)하면 -64 +j*0 가 된다.

[0021] 시간 영역(Time domain)에서 잔여 주파수 오프셋(residual frequency offset)이 일어난다면 Ga64 신호가 위상(phase) 회전(rotate)하여 다음과 같은 수신 신호를 받게 된다.

$$\begin{aligned} \exp(\Delta \cdot \theta) * Ga64 &= [-\exp(\theta), -\exp(2 \cdot \theta), -\exp(3 \cdot \theta), \dots, -\exp(63 \cdot \theta), -\exp(64 \cdot \theta)] \\ &\approx [-\exp(32 \cdot \theta), -\exp(32 \cdot \theta), -\exp(32 \cdot \theta), \dots, -\exp(32 \cdot \theta), -\exp(32 \cdot \theta)] \end{aligned}$$

[0022]

[0023] 여기서 θ 값은 매우 적은 값 (통상적으로 0.05 radian 이하) 이 되기에 될 것이다.

[0024] 또한 주파수 영역(frequency domain)에서 아래 <수학식 2>와 같이 표현될 수 있고, 동일한(Uniform) 위상 회전(phase rotation) θ 을 겪는다.

[0025] [수학식 2]

$$GA64(k) = \sum_{i=1}^{64} Ga64(i) \cdot \exp(-j(2\pi \frac{k}{64} i + 32 \cdot \theta))$$

[0026]

[0027] <수학식 2>와 같은 수신 신호를 도시화 하면 아래 도 3과 같이 표현된다.

[0028] 도 3은 도 2의 골레이 시퀀스가 위상 회전된 예를 도시한 도면이다.

[0029] 도 3을 참조하면, 실선은 실수값(real)을 의미하고 점선은 허수값(imaginary)을 의미한다. 도 3의 도시화된 신호의 x축 인덱스(index)는 반송파(subcarrier)를 뜻한다.

$$\text{sum} \left(\sum_{k=1}^{64} GA64(k) \right)$$

[0030] 만약 θ 가 0.01 이라면 위의 plot된 신호를 모두 하면 -63.9968 +j*0.64 가 된다.

그러면 추정 각 $\hat{\theta}$ 을 estimate할 수 있으며 아래 <수학식 3>과 같이 계산된다.

[0031] [수학식 3]

$$\hat{\theta} = \text{atan}(-63.9968 / 0.64)$$

[0032]

[0033] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 위상 추적 장치의 구성을 도시한 도면이다.

[0034] 도 4를 참조하면 위상 추정 장치는 보상부(410), 제1 DFT(420), FDE(430), IDFT(440), 보호구간 추출부(450), 제2 DFT(460), 합산부(470), 추정각 추정부(480) 및 필터부(480)를 포함할 수 있다.

- [0035] 보상부(410)는 복소수 신호를 수신하면 이전에 수신한 복소수 신호를 통해 계산된 추정각을 이용해서 주파수 옵셋을 보상해서 주파수 옵셋이 보상된 신호를 출력한다. 이때, 이전 복소수 신호를 통해 계산된 추정각은 필터부(490)으로부터 수신한다.
- [0036] 제1 이산 푸리에 변환부(DFT; Discrete Fourier Transform)(420)는 주파수 옵셋이 보상된 신호를 주파수 영역으로 변환해서 주파수 영역의 신호를 출력한다.
- [0037] 주파수 영역 등화기(FDE; Frequency Domain Equalizer)(430)는 주파수 영역의 신호를 기설정된 훈련 시퀀스(sequence)를 이용해서 등화해서 주파수 영역의 등화된 신호를 출력한다.
- [0038] 역 이산 푸리에 변환부(IDFT; Inverse Discrete Fourier Transform)(440)는 주파수 영역의 등화된 신호를 시간영역의 등화된 신호로 변환한다.
- [0039] 보호구간 추출부(450)는 시간영역의 등화된 신호에서 보호구간을 추출한다. 이때, 보호구간은 도 1의 GI(guard interval)에 해당하는 구간이다.
- [0040] 제2 DFT(460)는 보호구간을 주파수 영역으로 변환해서 주파수 영역의 보호구간을 출력한다.
- [0041] 합산부(470)는 주파수 영역의 보호구간에 포함된 샘플들을 모두 합산해서 합산값을 출력한다.
- [0042] 추정각 추정부(480)는 합산값을 아크탄젠트(arc tangent)해서 추정각을 추정한다.
- [0043] 필터부(480)는 추정각을 로우패스 필터링해서 필터링된 추정각을 다음에 수신될 복소수 신호를 보상하기 위한 추정각으로 보상부(410)에 제공한다.
- [0044] 이하, 상기와 같이 구성된 본 발명에 따른 위상 추적 장치에서 남겨진 잔여 주파수 옵셋을 추정하고 보상하는 방법을 아래에서 도면을 참조하여 설명한다.
- [0045] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 위상 추적 장치에서 남겨진 잔여 주파수 옵셋을 추정하고 보상하는 과정을 도시한 흐름도이다.
- [0046] 도 5를 참조하면, 위상 추적 장치 510단계에서 복소수 신호를 수신하면 이전에 수신한 복소수 신호를 통해 계산된 추정각을 이용해서 주파수 옵셋을 보상해서 주파수 옵셋이 보상된 신호를 생성한다.
- [0047] 그리고, 위상 추적 장치 520단계에서 주파수 옵셋이 보상된 신호를 주파수 영역으로 변환해서 주파수 영역의 신호를 생성한다.
- [0048] 그리고, 위상 추적 장치 530단계에서 주파수 영역의 신호를 기설정된 훈련 시퀀스(sequence)를 이용해서 등화해서 주파수 영역의 등화된 신호를 생성한다.
- [0049] 그리고, 위상 추적 장치 540단계에서 주파수 영역의 등화된 신호를 시간영역의 등화된 신호로 변환한다.
- [0050] 그리고, 위상 추적 장치 550단계에서 시간영역의 등화된 신호에서 보호구간을 추출한다.
- [0051] 그리고, 위상 추적 장치 560단계에서 보호구간을 주파수 영역으로 변환해서 주파수 영역의 보호구간을 생성한다.
- [0052] 그리고, 위상 추적 장치 570단계에서 주파수 영역의 보호구간에 포함된 샘플들을 모두 합산해서 합산값을 계산한다.
- [0053] 그리고, 위상 추적 장치 580단계에서 합산값을 아크탄젠트(arc tangent)해서 추정각을 추정한다.
- [0054] 그리고, 위상 추적 장치 590단계에서 추정각을 로우패스 필터링해서 다음에 수신될 복소수 신호를 보상하기 위한 추정각을 구한다.
- [0055] 본 발명의 실시예에 따른 방법들은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 담당자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다.

[0056] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

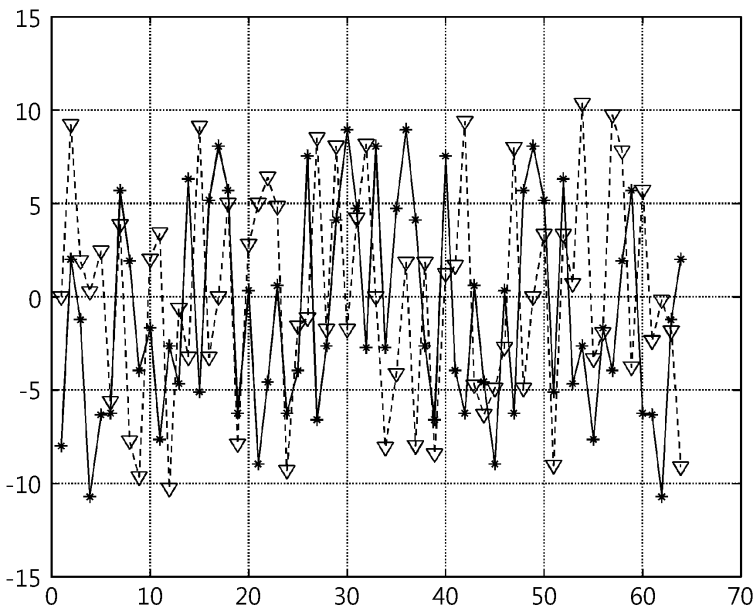
[0057] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면

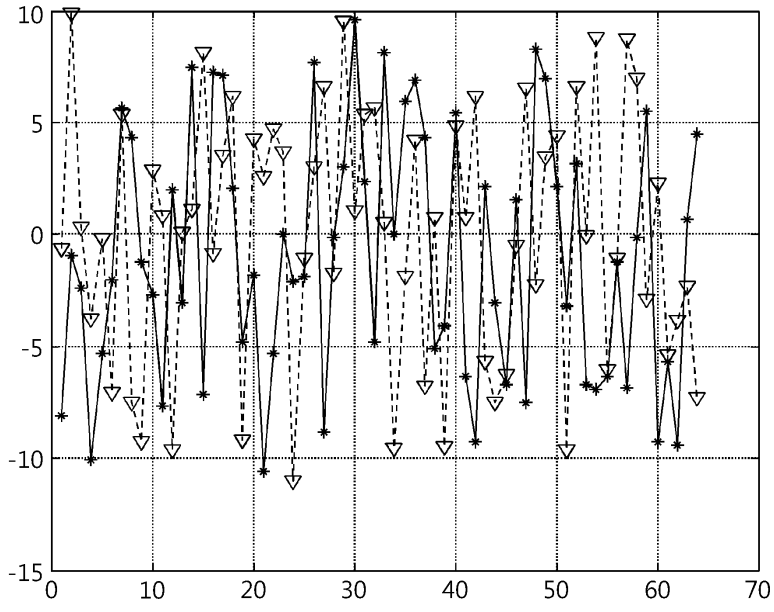
도면1

GI	DATA	GI	DATA	GI	DATA	GI
64	488 symbols	64	488 symbols	64	488 symbols	64

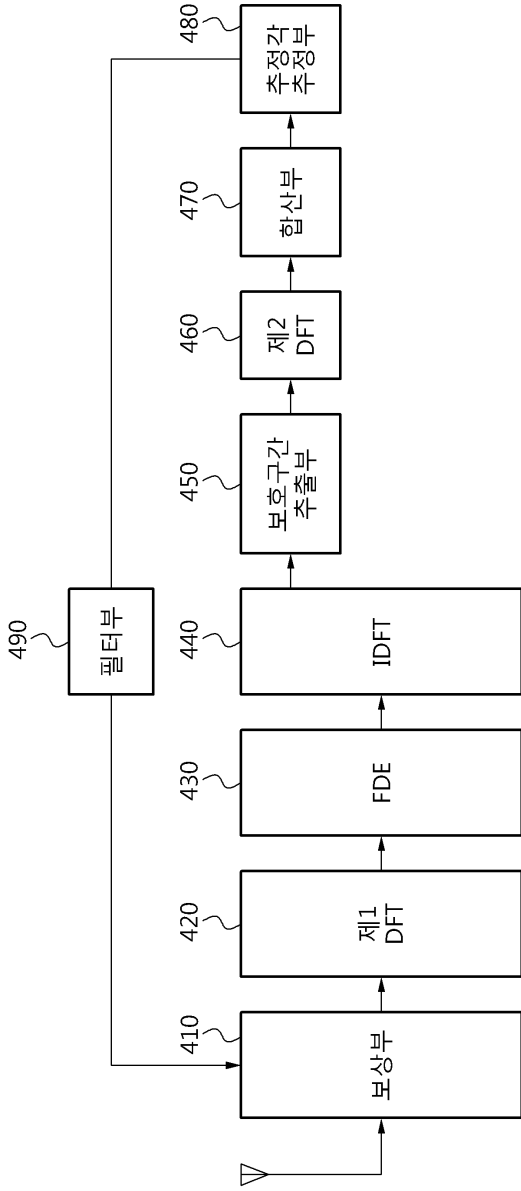
도면2



도면3



도면4



도면5

