



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0087816
(43) 공개일자 2018년08월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 25/03 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H04L 25/03006 (2013.01)
H04L 25/03828 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0094012
(22) 출원일자 2017년07월25일
심사청구일자 2017년07월25일
(30) 우선권주장
1020170012237 2017년01월25일 대한민국(KR)

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
고영채
서울특별시 강남구 일원로 127, 107동 301호 (일원동, 가람아파트)
임병주
서울특별시 강서구 등촌로13마길 29-3, 202호 (등촌동, 정우아파트)
(74) 대리인
특허법인엠에이피에스

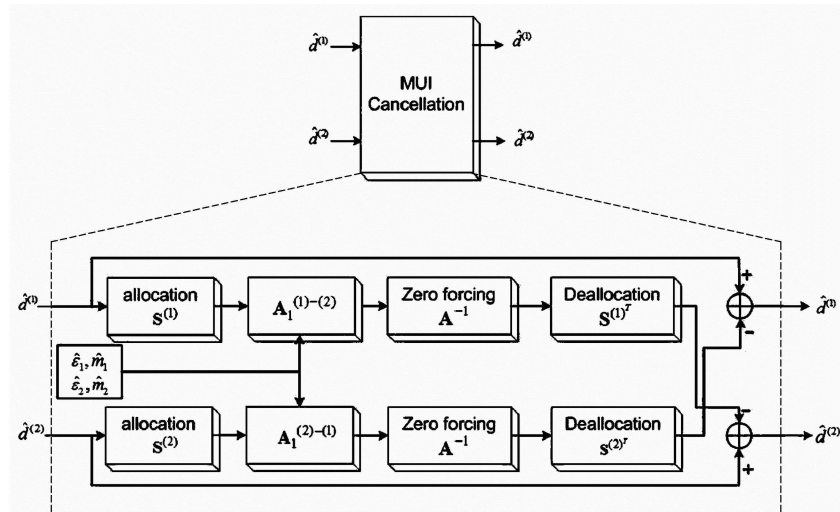
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 다중 사용자 시스템에서 시간 및 주파수 오프셋에 의한 간섭 제거 장치 및 방법

(57) 요약

다중 사용자 시스템에서 시간 및 주파수 오프셋에 의한 간섭 제거 장치 및 방법을 개시한다. 본 방법은 다중 사용자 시스템에서 시간 및 주파수 오프셋에 의한 간섭 제거 방법은 수신된 다중 사용자의 데이터에 대해 어느 하나의 사용자에 대한 오프셋을 보상하는 단계; 오프셋이 보상된 데이터에 대해 복조 및 부반송파 할당 해제를 수행하여 상기 어느 하나의 사용자의 데이터를 추출하는 단계; 및 추출된 데이터에 대해 다중 사용자 간섭을 제거하는 단계;를 포함한다.

대표도



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 R1506333

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 방송통신산업기술개발사업

연구과제명 IoT환경에서 촉감통신 서비스 실현을 위한 차세대 초저지연/고효율 무선접속 기술
연구(3/4)

기 여 율 1/1

주관기관 연세대학교 산학협력단

연구기간 2017.03.01 ~ 2017.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

다중 사용자 시스템에서 시간 및 주파수 오프셋에 의한 간섭 제거 방법에 있어서,
수신된 다중 사용자의 데이터에 대해 어느 하나의 사용자에 대한 오프셋을 보상하는 단계;
오프셋이 보상된 데이터에 대해 복조 및 부반송파 할당 해제를 수행하여 상기 어느 하나의 사용자의 데이터를 추출하는 단계; 및
추출된 데이터에 대해 다중 사용자 간섭을 제거하는 단계;를 포함하며,
상기 오프셋은 시간 및 주파수 오프셋을 포함하는 것인, 다중 사용자 시스템에서 시간 및 주파수 오프셋에 의한 간섭 제거 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 어느 하나의 사용자의 데이터를 추출하는 단계는
상기 오프셋이 보상된 데이터에 대해 제로포싱 필터를 통해 복조를 수행하고, 다중 사용자 별로 기 할당되었던 부반송파들 중 상기 어느 하나의 사용자에 대응되는 부반송파에서 데이터를 추출하는 것인, 다중 사용자 시스템에서 시간 및 주파수 오프셋에 의한 간섭 제거 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
상기 다중 사용자 간섭을 제거하는 단계는
다중 사용자 별 예측 데이터에 기초하여 상기 다중 사용자 간섭의 예측 값을 산출하고, 상기 추출된 데이터에서 상기 예측 값을 제(除)하는 것인, 다중 사용자 시스템에서 시간 및 주파수 오프셋에 의한 간섭 제거 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,
상기 다중 사용자 간섭을 제거하는 단계는
상기 예측 값을 제한 데이터를 상기 어느 하나의 사용자의 예측 데이터로 설정하는 것인, 다중 사용자 시스템에서 시간 및 주파수 오프셋에 의한 간섭 제거 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,
상기 다중 사용자 간섭을 제거하는 단계는
다중 사용자 각각에 대해, 상기 다중 사용자 간섭을 제거한 데이터를 서로 번갈아 반복 연산하는 것인, 다중 사용자 시스템에서 시간 및 주파수 오프셋에 의한 간섭 제거 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,
상기 다중 사용자의 데이터는
상기 어느 하나의 사용자가 u 번째 사용자인 경우, 시간 오프셋 및 주파수 오프셋을 포함하는 하기 수학적 식 1로

나타나는 것인, 다중 사용자 시스템에서 시간 및 주파수 오프셋에 의한 간섭 제거 방법.

[수학식 1]

$$\hat{d}^{(u)} = (A_1^{(u)} S^{(u)} \vec{d}^{(u)} + A_2^{(u)} S^{(u)} \vec{d}^{(u),I} + \sum_{\substack{v=1 \\ v \neq u}}^U (A_1^{(v)} S^{(v)} \vec{d}^{(v)} + A_2^{(v)} S^{(v)} \vec{d}^{(v),I}))$$

$$A_1^{(u)} : C^{(u)} \begin{bmatrix} 0 & I_{MK-m_u} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} A \quad (\text{단, } m_u > 0)$$

$$A_2^{(u)} : C^{(u)} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ I_{m_u} & 0 \end{bmatrix} A \quad (\text{단, } m_u > 0)$$

$$A : (\vec{g}_{0,0} \cdots \vec{g}_{0,M-1} \vec{g}_{1,0} \cdots \vec{g}_{K-1,M-1})$$

$\vec{g}_{K-1,M-1}$: K번째 서브 캐리어 및 M번째 서브 심볼에 대응되는 전송 데이터의 필터 값

$$C^{(u)} : \text{diag}([1 e^{\frac{j2\pi\epsilon_u}{K}} \cdots e^{\frac{j2\pi\epsilon_u(MK-1)}{K}}])$$

diag : 벡터를 대각행렬(diagonal matrix)로 바꾸는 연산자

m_u : u번째 사용자의 시간 오프셋

ϵ_u : u번째 사용자의 주파수 오프셋

$S^{(u)}$: u번째 사용자의 부반송파 맵핑 행렬

$\vec{d}^{(u)}$: u번째 사용자의 현재 프레임에서 샘플링된 데이터

$\vec{d}^{(u),I}$: u번째 사용자의 다음 프레임에서 샘플링된 데이터

U: 전체 사용자 수

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 오프셋이 보상된 데이터는

상기 다중 사용자의 데이터에서 상기 어느 하나의 사용자의 다음 프레임에서 샘플링된 데이터를 제(除)한 하기 수학식 2로 나타나는 것인, 다중 사용자 시스템에서 시간 및 주파수 오프셋에 의한 간섭 제거 방법.

[수학식 2]

$$\hat{d}^{(u)} = (A S^{(u)} \vec{d}^{(u)} + \sum_{\substack{v=1 \\ v \neq u}}^U (A_1^{(v-u)} S^{(v)} \vec{d}^{(v)} + A_2^{(v-u)} S^{(v)} \vec{d}^{(v),I}))$$

$A_1^{(v-u)}$: u번째 사용자의 오프셋을 보상하면서 변화된 $A_1^{(v)}$

$A_2^{(v-u)}$: u번째 사용자의 오프셋을 보상하면서 변화된 $A_2^{(v)}$

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 추출된 데이터는

상기 오프셋이 보상된 데이터에 제로포싱 필터 행렬 및 부반송파 할당 해제 행렬을 곱한 하기 수학식 3으로 나타나는 것인, 다중 사용자 시스템에서 시간 및 주파수 오프셋에 의한 간섭 제거 방법.

[수학식 3]

$$\hat{d}^{(u)} = \vec{d}^{(u)} + S^{(u)T} A^{-1} \sum_{\substack{v=1 \\ v \neq u}}^U (A_1^{(v-u)} S^{(v)} \vec{d}^{(v)} + A_2^{(v-u)} S^{(v)} \vec{d}^{(v),I})$$

A^{-1} : 제로포싱 필터 행렬

$S^{(u)T}$: u번째 사용자의 부반송파 할당 해제 행렬

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 다중 사용자 간섭이 제거된 데이터는

상기 어느 하나의 사용자와 서로 다른 v번째 사용자의 예측 데이터에 $S^{(u)T} A^{-1} A_1^{(v-u)} S^{(v)}$ 를 곱한 상기 예측 값을 상기 추출된 데이터에서 제(除)한 수학식 4로 나타나는 것인, 다중 사용자 시스템에서 시간 및 주파수 오프셋에 의한 간섭 제거 방법.

[수학식 4]

$$\hat{d}^{(u)} = \vec{d}^{(u)} + S^{(u)T} A^{-1} \sum_{\substack{v=1 \\ v \neq u}}^U (A_1^{(v-u)} S^{(v)} (\vec{d}^{(v)} - \hat{d}^{(v)}) + A_2^{(v-u)} S^{(v)} \vec{d}^{(v),I})$$

$\hat{d}^{(v)}$: v번째 사용자의 예측 데이터

청구항 10

다중 사용자 시스템에 있어서,

다중 사용자로부터 데이터를 수신하는 통신 모듈;

상기 데이터에 대해 시간 및 주파수 오프셋에 의한 간섭을 제거하는 프로그램을 저장하는 메모리; 및

상기 프로그램을 실행하는 프로세서를 포함하되,

상기 프로세서는, 상기 프로그램이 실행됨에 따라,

수신된 다중 사용자의 데이터에 대해 어느 하나의 사용자에 대한 오프셋을 보상하고, 오프셋이 보상된 데이터에 대해 복조 및 부반송파 할당 해제를 수행하여 상기 어느 하나의 사용자의 데이터를 추출하고, 추출된 데이터에 대해 다중 사용자 간섭을 제거하며,

상기 오프셋은 시간 및 주파수 오프셋을 포함하는 것인, 다중 사용자 시스템.

청구항 11

제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 기재된 방법을 컴퓨터 상에서 수행하기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 무선 통신 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 다중 사용자 시스템에서 시간 및 주파수 오프셋으로 인해 발생하는 간섭을 제거하는 방법이다.

배경 기술

[0002] 최근 들어 5세대 이동통신에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 5세대 통신 방식에서는 4세대에서의 여러 가지 문제점들을 보완하고자 하는 연구가 진행되고 있다.

[0003] 특히 4세대에서 사용하고 있는 직교주파수분할(Orthogonal frequency-division multiplexing, OFDM) 통신 방식이 5세대에는 적합하지 않기 때문에, 이를 대체할 만한 여러 가지 웨이브폼들이 제안되고 있다. 그 중의 하나로 Generalized Frequency Division Multiplexing(GFDM) 방식이 있다. GFDM은 OFDM을 시간과 주파수 축으로 일반화시킨 웨이브폼이다. OFDM과 GFDM 방식은 주파수 축으로 데이터를 쪼개서 보내는 멀티캐리어(multicarrier) 시스템이다. 업링크 상황에서 여러 사용자가 데이터를 보내게 된다면 기지국에는 데이터가 서로 다른 시간 및 오프셋이 걸려서 도착하게 된다. 따라서 원하는 사용자의 오프셋을 보상하더라도 다른 사용자의 오프셋은 여전히 존재하기 때문에 원하는 사용자에게 간섭을 미치게 된다. 이러한 간섭을 제거할 수 있는 기술이 필요한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 다중 사용자 시스템의 업링크 상황에서 여러 사용자가 동시에 데이터를 전송하게 되면 서로 다른 시간 및 주파수 오프셋이 걸려서 기지국에 도착하게 되므로, 원하는 사용자의 데이터를 검출하기 위해 오프셋을 예측한 후 보상하더라도 다른 사용자의 오프셋은 남아있으므로 간섭이 존재하게 된다. 이에 따라 본 발명의 일 실시예는 OFDM과 GFDM 시스템에서 다중 사용자에 대한 간섭을 제거하는 장치 및 방법을 제공하고자 한다.

[0005] 또한, 차세대 무선랜 시스템에도 적용 가능한 다중 사용자에 대한 간섭을 제거하는 장치 및 방법을 제공하고자 한다.

[0006] 다만, 본 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기와 같은 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 제1 측면에 따른 다중 사용자 시스템에서 시간 및 주파수 오프셋에 의한 간섭 제거 방법은 수신된 다중 사용자의 데이터에 대해 어느 하나의 사용자에 대한 오프셋을 보상하는 단계; 오프셋이 보상된 데이터에 대해 복조 및 부반송파 할당 해제를 수행하여 상기 어느 하나의 사용자의 데이터를 추출하는 단계; 및 추출된 데이터에 대해 다중 사용자 간섭을 제거하는 단계;를 포함하며, 상기 오

프셋은 시간 및 주파수 오프셋을 포함할 수 있다.

[0008] 또한, 본 발명의 제2 측면에 따른 다중 사용자 시스템은 다중 사용자로부터 데이터를 수신하는 통신 모듈; 상기 데이터에 대해 시간 및 주파수 오프셋에 의한 간섭을 제거하는 프로그램을 저장하는 메모리; 및 상기 프로그램을 실행하는 프로세서를 포함하되, 상기 프로세서는, 상기 프로그램이 실행됨에 따라, 수신된 다중 사용자의 데이터에 대해 어느 하나의 사용자에 대한 오프셋을 보상하고, 오프셋이 보상된 데이터에 대해 복조 및 부반송파 할당 해제를 수행하여 상기 어느 하나의 사용자의 데이터를 추출하고, 추출된 데이터에 대해 다중 사용자 간섭을 제거하며, 상기 오프셋은 시간 및 주파수 오프셋을 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0009] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 다중 사용자 시스템의 업링크 상황에서 오프셋이 다르게 걸려서 발생하는 성능 저하를 줄일 수 있으며, 다른 사용자의 시간 및 주파수 오프셋의 영향을 제거할 수 있다.

[0010] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면 차세대 무선랜 시스템에서도 사용자 별 시간 및 주파수 오프셋의 영향 및 다중 사용자 간섭을 제거하는데 이용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 GFDM 송수신단의 구조도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 업링크에서 다중 사용자의 데이터를 처리하는 수신단의 구조도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 시간 및 주파수 오프셋에 의한 간섭 제거 장치의 구성을 나타낸 블록도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 시간 및 주파수 오프셋에 의한 간섭 제거 방법을 나타낸 동작 흐름도이다.

도 5는 도 4에 도시된 다중 사용자 간섭을 제거하는 단계의 일 예를 나타낸 동작 흐름도이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 사용자가 2명일 경우 수신단의 구조도이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 사용자가 2명일 경우 다중 사용자 간섭 제거 모듈의 구조도이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 시간 오프셋이 없는 경우의 신호 대 간섭비 그래프이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 시간 오프셋이 있는 경우의 신호대 간섭비 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0013] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0014] 본 명세서에 있어서 '부(部)' 또는 '모듈'이란, 하드웨어 또는 소프트웨어에 의해 실현되는 유닛(unit), 양방을 이용하여 실현되는 유닛을 포함하며, 하나의 유닛이 둘 이상의 하드웨어를 이용하여 실현되어도 되고, 둘 이상의 유닛이 하나의 하드웨어에 의해 실현되어도 된다.

[0015] 직교주파수분할(Orthogonal frequency-division multiplexing, OFDM)은 K개의 부반송파(subcarrier)로 데이터를 보냄으로써 인터 심볼 간섭(Inter-symbol interference; ISI)에 강인한 성능을 보인다. Generalized Frequency Division Multiplexing(GFDM)은 K개의 부반송파(subcarrier)와 M개의 부심볼(subsymbol)의 블록으로 이루어져 있다. 송신단에서는 각 부반송파마다 필터를 통과시킴으로써 대역외밴드(out-of-band; OOB)를 줄일 수 있는 장점이 생기고, 블록 단위로 전송을 하기 때문에 기존 OFDM 대비 저지연에 적합한 웨이브폼이 된다. 하지만 이러한 방식은 부반송파간의 직교성을 잃기 때문에 간섭이 생기게 되어 성능이 저하된다. 이러한 GFDM의

송수신단 구조는 도 1과 같다.

- [0016] 도 2는 업링크에서 다중 사용자의 데이터를 처리하는 수신단(100)의 구조도를 나타낸 것이다.
- [0017] 도 2는 다중 사용자가 데이터를 보내고 있는 상황으로서, 다중 사용자가 데이터를 보내게 되면 서로 다른 오프셋이 겹쳐서 수신단(100)에 도착하는데, 이때 다중 사용자 중 u 번째 사용자의 시간 오프셋을 m_u , 주파수 오프셋을 ϵ_u 라고 표현할 수 있다.
- [0018] 그러면 수신단(100)에서는 각 사용자에게 해당하는 오프셋을 측정 및 보상을 하게 된다.
- [0019] 그 이후로 수신단(100)에서는 각 사용자의 데이터를 검출하기 위해서 복조(demodulation) 및 부반송파 해제 할당(deallocation)을 수행할 수 있고, 그렇게 되면 다중 사용자 간섭(multiple user interference; MUI)로 인해 성능이 저하되므로 성능을 향상시키기 위해서 다중 사용자 간섭 제거(MUI cancellation)을 추가 수행할 수 있다.
- [0020] 즉, 수신단(100)은 본 발명의 다중 사용자 시스템에서 시간 및 주파수 오프셋에 의한 간섭 제거 장치(100)를 의미한다.
- [0021] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 시간 및 주파수 오프셋에 의한 간섭 제거 장치(100)의 구성을 나타낸 블록도이다.
- [0022] 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 시간 및 주파수 오프셋에 의한 간섭 제거 장치(100)는 통신 모듈(110), 메모리(120) 및 프로세서(130)를 포함한다.
- [0023] 통신 모듈(110)은 안테나를 통해 다중 사용자로부터 데이터를 수신하는 기능을 수행한다.
- [0024] 메모리(120)는 프로세서(130)가 시간 및 주파수 오프셋에 의한 간섭 제거 프로세스를 제어하기 위한 하나 이상의 프로그램(또는 인스트럭션)을 저장한다. 한편, 메모리(120)는 전원이 공급되지 않아도 저장된 정보를 유지하는 비휘발성(non-volatile) 저장 장치 및 저장된 정보를 유지하기 위하여 전력이 필요한 휘발성 저장 장치를 통칭하는 것일 수 있다.
- [0025] 프로세서(130)는 시간 및 주파수 오프셋에 의한 간섭 제거 프로세스를 제어하기 위한 하나 이상의 구성 요소를 포함하여 구현될 수 있다. 또한, 프로세서(130)는 메모리(120)에 저장된 프로그램을 실행함으로써, 다중 사용자의 데이터의 오프셋을 보상하고, 다중 사용자 간섭을 제거할 수 있다.
- [0026] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 시간 및 주파수 오프셋에 의한 간섭 제거 방법을 나타낸 동작 흐름도이다.
- [0027] 도 4를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 시간 및 주파수 오프셋에 의한 간섭 제거 방법은 간섭 제거 장치(100)가, 다중 사용자의 데이터에 대해 특정 사용자에게 대한 오프셋을 보상한다(S410).
- [0028] 다음으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 시간 및 주파수 오프셋에 의한 간섭 제거 방법은 간섭 제거 장치(100)가, 오프셋이 보상된 데이터에 대해 복조 및 부반송파 할당 해제를 수행하여 해당 사용자의 데이터를 추출한다(S420).
- [0029] 단계(S410)에서 간섭 제거 장치(100)는, 오프셋이 보상된 데이터에 대해 제로포싱 필터를 통해 복조를 수행할 수 있다.
- [0030] 또한, 간섭 제거 장치(100)는, 다중 사용자 별로 기 할당되었던 부반송파들 중 해당 사용자에게 대응되는 부반송파에서 데이터를 추출할 수 있다.
- [0031] 다음으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 시간 및 주파수 오프셋에 의한 간섭 제거 방법은 간섭 제거 장치(100)가, 추출된 데이터에 대해 다중 사용자 간섭을 제거한다(S430).
- [0032] 단계(S430)에서 간섭 제거 장치(100)는, 다중 사용자 별 예측 데이터에 기초하여 다중 사용자 간섭의 예측 값을 산출하고, 단계(S420)에서 추출된 데이터에서 예측 값을 제(除)함으로써, 다중 사용자 간섭을 제거할 수 있다. 단계(S430)의 보다 구체적인 내용은 도 5를 참조하여 설명하도록 한다.
- [0033] 도 5는 도 4에 도시된 다중 사용자 간섭을 제거하는 단계(S430)의 일 예를 나타낸 동작 흐름도이다.
- [0034] 도 5를 참조하면, 단계(S430)에서 간섭 제거 장치(100)는, 다중 사용자 별 예측 데이터에 기초하여 다중 사용자

간섭의 예측 값을 산출한다(S510).

[0035] 여기서, 특정 사용자의 데이터의 다중 사용자 간섭을 제거하는 경우 다중 사용자 별 예측 데이터는, 해당 사용자를 제외한 다른 사용자들의 데이터에 해당할 수 있다.

[0036] 다음으로, 단계(S430)에서 간섭 제거 장치(100)는, 특정 사용자에 대해 추출된 데이터에서 예측 값을 제하여 다중 사용자 간섭이 제거된 데이터를 획득한다(S520).

[0037] 다음으로, 단계(S430)에서 간섭 제거 장치(100)는, 다중 사용자 간섭이 제거된 데이터를 해당 사용자의 예측 데이터로 설정한다(S530).

[0038] 여기서, 간섭 제거 장치(100)는, 다중 사용자 각각에 대해, 상술한 단계들(S510, S520 및 S530)을 서로 번갈아 반복함으로써, 각 사용자의 데이터에 대한 다중 사용자 간섭을 보다 효과적으로 제거할 수 있다.

[0039] 이하에서는, 상술한 도 4 및 도 5의 과정을, 도 1을 함께 참조하여 수학적으로 설명하도록 한다.

[0040] 먼저, 시간 및 주파수 오프셋이 발생하지 않는 경우의 사용자의 데이터를 추출하는 과정을 설명하도록 한다.

[0041] 도 1을 참조하면 GFDM 구조에서 필터 $g[n]$ 은 레이즈드 코사인 필터(raised cosine filter) 혹은 루트 코사인 필터(root raised cosine filter) 등을 사용한다.

[0042] OFDM은 GFDM에서 특수한 경우에 해당하는 것으로서, 부심볼 $M=1$ 을 사용하고 필터 $g[n] = \frac{1}{\sqrt{K}}$ 을 사용하게 되면 OFDM 구조가 된다.

[0043] OFDM은 GFDM의 특수한 경우이므로 GFDM 신호를 수식으로 나타내면 다음의 수학적 식 1과 같다.

[0044] [수학적 식 1]

$$x[n] = \sum_{k=0}^{K-1} \sum_{m=0}^{M-1} g_{k,m}[n] d_{k,m}, \quad n=0, \dots, MN-1$$

[0045]

[0046] 여기서 $g_{k,m}[n]$ 은 서브캐리어마다 통과시키는 필터이고, $d_{k,m}$ 은 k번째 서브캐리어와 m번째 서브심볼로 전송하는 데이터를 의미한다. 이러한 수학적 식 1은 행렬 형태로 표현할 수 있으며, 다음의 수학적 식 2와 같다.

[0047] [수학적 식 2]

$$\vec{x} = \mathbf{A} \vec{d}$$

[0048]

[0049] 여기서 $\mathbf{A}$ 는 $(\vec{g}_{0,0} \cdots \vec{g}_{0,M-1} \vec{g}_{1,0} \cdots \vec{g}_{K-1,M-1})$ 로 $MN \times MK$ 크기의 행렬을 의미한다. 여기서 N은 업샘플링 계수를 의미한다. 이러한 신호를 수신단에서 받게 될 경우 수신단에서 정합필터 혹은 제로포싱필터를 통하여 데이터를 검출할 수 있다. 정합필터를 사용한 경우 검출 데이터는 다음의 수학적 식 3과 같이 나타낼 수 있다.

[0050] [수학식 3]

$$\hat{d} = A^H A d + A^H n$$

[0051]

[0052] 여기서 n 은 N_0 의 파워를 갖는 노이즈를 의미한다. 제로포싱 필터를 사용한 경우 검출 데이터는 다음의 수학식 4와 같이 나타낼 수 있다.

[0053] [수학식 4]

$$\hat{d} = d + A^{-1} n$$

[0054]

[0055] 업링크 상황에서 여러 사용자가 데이터를 보낼 경우, u 번째 사용자의 데이터는 다음의 수학식 5와 같이 나타낼 수 있다.

[0056] [수학식 5]

$$\vec{y}^{(u)} = A S^{(u)} \vec{d}^{(u)}$$

[0057]

[0058] 여기서 $S^{(u)}$ 는 u 번째 사용자가 할당받은 부반송파로서, 데이터를 매핑(mapping)해주는 행렬로 총 K 개의 부반송파중 u 번째 사용자가 할당받은 부반송파 구역에 따라 행렬이 달라진다. $S^{(u)}$ 는 다음의 수학식 6과 같이 나타낼 수 있다.

[0059] [수학식 6]

$$S^{(u)} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ I_{K_u M} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix}$$

[0060]

[0061] 여기서 K_u 는 u 번째 사용자가 할당받은 부반송파 개수이다. 사용자가 할당받은 부반송파 위치에 따라 단위 행렬(identity matrix) 위치가 변하게 된다. 이러한 데이터를 각 사용자가 보내게되면 수신단에서는 다음의 수학식 7과 같은 신호를 수신하게 된다.

[0062] [수학식 7]

$$\vec{y} = \sum_{u=1}^U A S^{(u)} \vec{d}^{(u)}$$

[0063]

[0064] 여기서 U 는 데이터를 전송하는 사용자의 총 수이다. 이러한 데이터를 받게 되면 수신단에서는 제로포싱 혹은 정합필터를 사용하게 된다. 이러한 수신 필터를 사용하게 되면 각 사용자의 데이터가 구분이 되는데, u 번째 사용자의 데이터를 검출하고 싶다면 u 번째 사용자가 할당받은 부반송파 위치에 있는 데이터를 추출하면 된다.

[0065] [수학식 8]

$$\hat{d}^{(u)} = S^{(u)T} A^{-1} \sum_{u=1}^U A S^{(u)} \vec{d}^{(u)}$$

[0066]

[0067] 위의 수학식 8에서 $S^{(u)T} S^{(v)} = 0 (u \neq v)$ 이므로 u번째 사용자의 데이터만 추출할 수 있다.

[0068] 상술한 것과 달리, 다중 사용자의 데이터에 시간 및 주파수 오프셋이 발생하게 되면 수학식 8과 같이 u번째 사용자의 데이터만 추출할 수는 없게 된다.

[0069] 이하에서는 시간 및 주파수 오프셋이 발생하는 경우의 사용자의 데이터를 추출하는 과정을 설명하도록 한다.

[0070] u번째 사용자의 시간 및 주파수 오프셋을 각각 m_u, ε_u 라고 정의하면 수신단에서 수신한 u번째 사용자의 데이터는 다음의 수학식 9와 같이 나타낼 수 있다.

[0071] [수학식 9]

$$\vec{y}^{(u)} = A_1^{(u)} S^{(u)} \vec{d}^{(u)} + A_2^{(u)} S^{(u)} \vec{d}^{(u), I}$$

[0072]

[0073] 여기서 $\vec{d}^{(u), I}$ 는 시간 오프셋으로 인해 다음 프레임에서 샘플링된 데이터로, 현재 프레임이 아닌 다음에 오는 프레임의 데이터를 의미한다. 또한 A_1 과 A_2 는 시간 및 주파수 오프셋에 의해 변화된 행렬로 $m_u > 0$ 일 경우 다음의 수학식 10과 같이 나타낼 수 있다.

[0074] [수학식 10]

$$A_1^{(u)} = C^{(u)} \begin{bmatrix} 0 & I_{MK-m_u} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} A, \quad A_2^{(u)} = C^{(u)} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ I_{m_u} & 0 \end{bmatrix} A$$

[0075]

[0076] 여기서 C 는 주파수 오프셋 행렬로 $diag([1 e^{\frac{j2\pi\varepsilon_u}{K}} \dots e^{\frac{j2\pi\varepsilon_u(MK-1)}{K}}])$ 를 의미한다.

다. 여기서 $diag$ 는 대각 행렬(diagonal matrix)을 의미하고 ε 은 멀티캐리어(multicarrier) 시스템의 부반송파 간격으로서 정규화(normalize)한 주파수 오프셋을 의미한다. 각 사용자가 보낸 신호에 다른 오프셋이 걸려서 수신단에서 수신하게 된다. 그래서 각 유저가 보낸 신호에 오프셋이 걸려서 수학식 9에서와 같이 수신하게 되면, 수신한 신호는 다음의 수학식 11과 같이 나타낼 수 있다.

[0077] [수학식 11]

$$\hat{d}^{(u)} = (A_1^{(u)} S^{(u)} \vec{d}^{(u)} + A_2^{(u)} S^{(u)} \vec{d}^{(u),I} + \sum_{\substack{v=1 \\ v \neq u}}^U (A_1^{(v)} S^{(v)} \vec{d}^{(v)} + A_2^{(v)} S^{(v)} \vec{d}^{(v),I}))$$

[0078]

[0079] 수학식 11은 u번째 사용자의 오프셋을 보상하지 못한 경우이다. 하지만 실제 시스템에서는 u번째 사용자의 데이터를 추출하기 위해서 오프셋을 측정하고 보상을 해준다.

[0080] 여기서, m_u, ε_u 를 정확히 측정하고 보상한 경우 수학식 12와 같이 나타낼 수 있다.

[0081] [수학식 12]

$$\hat{d}^{(u)} = (A S^{(u)} \vec{d}^{(u)} + \sum_{\substack{v=1 \\ v \neq u}}^U (A_1^{(v-u)} S^{(v)} \vec{d}^{(v)} + A_2^{(v-u)} S^{(v)} \vec{d}^{(v),I}))$$

[0082]

[0083] 위의 수학식 12를 참조하면, u번째 사용자의 오프셋을 보상해주는 경우, v번째 사용자의 오프셋은

m_u, ε_u 에서 $m_v - m_u, \varepsilon_v - \varepsilon_u$ 로 변화되고, $A_1^{(v)}$ 행렬이 $A_1^{(v-u)}$ 로 변화됨을 알 수 있다.

[0084] 여기서, 수학식 8과 같이 복조(demodulation) 및 부반송과 할당 해제(deallocation)를 수행하게 되면, 추출한 u번째 사용자의 데이터는 다음의 수학식 13과 같이 나타낼 수 있다

[0085] [수학식 13]

$$\hat{d}^{(u)} = \vec{d}^{(u)} + S^{(u)T} A^{-1} \sum_{\substack{v=1 \\ v \neq u}}^U (A_1^{(v-u)} S^{(v)} \vec{d}^{(v)} + A_2^{(v-u)} S^{(v)} \vec{d}^{(v),I}))$$

[0086]

[0087] 위의 수학식 13을 참조하면, u번째 사용자의 데이터는 제대로 검출하지만 다른 사용자의 데이터가 간섭을 미치고 있다. 이 간섭을 다중 사용자 간섭(MUI)라고 한다. 이러한 다중 사용자 간섭(MUI)을 제거하면 다음의 수학식 14와 같이 나타낼 수 있다.

[0088] [수학식 14]

$$\hat{d}^{(u)} = \vec{d}^{(u)} + S^{(u)T} A^{-1} \sum_{\substack{v=1 \\ v \neq u}}^U (A_1^{(v-u)} S^{(v)} (\vec{d}^{(v)} - \hat{d}^{(v)}) + A_2^{(v-u)} S^{(v)} \vec{d}^{(v),I}))$$

[0089]

[0090] 위의 수학식 14에서 $\hat{d}^{(v)}$ 는 v번째 사용자의 데이터로 예측한 다른 사용자의 데이터에

$S^{(u)T} A^{-1} A_1^{(v-u)} S^{(v)}$ 를 곱해서 빼주게 되면 수학식 14와 같이 나타낼 수 있다.

[0091] 여기서 $\vec{d}^{(v)} \simeq \hat{d}^{(v)}$ 가 된다면 다중 사용자 간섭(MUI)이 제거됨을 알 수 있다. 이를 위해, 다중 사

$$\vec{d}^{(v)} \simeq \hat{d}^{(v)}$$

용자 각각에 대해, 위 과정을 서로 번갈아 반복(iteration)함으로써, $\vec{d}^{(v)} \simeq \hat{d}^{(v)}$ 가 되도록 할 수 있다.

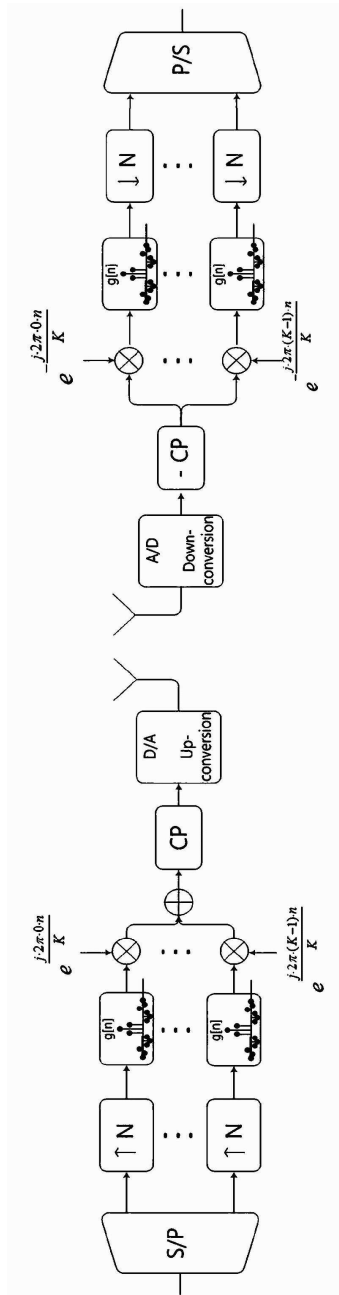
- [0092] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 사용자가 2명일 경우 수신단의 구조도이다.
- [0093] 도 6을 참조하면, 본 발명에 따른 간섭 제거 장치는, 먼저 각 사용자에게 맞춰서 오프셋을 측정 및 보상한다. 그 런 후 제로포싱 필터를 이용해 복조(demodulation)를 한 후 각 사용자에게 할당된 부반송파에서 데이터를 추출 한다. 이러한 데이터에는 다중 사용자 간섭(MUI)이 포함되어 있으므로 다중 사용자 간섭 제거(MUI cancellation)를 하여 성능을 향상시킨다.
- [0094] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 사용자가 2명일 경우 다중 사용자 간섭 제거 모듈의 구조도이다.
- [0095] 특히, 도 7은 상술한 수학적 식 14를 도식화한 것이다.
- [0096] 구체적으로, 사용자가 2명일 경우, 먼저 각 사용자는 데이터를 검출하고 검출한 데이터와 측정한 오프셋을 바탕으로 다중 사용자 간섭(MUI)을 계산하여 기존 데이터에 빼줌으로써 다중 사용자 간섭(MUI)을 제거한다.
- [0097] 도 8 및 도 9는 본 발명의 성능을 보여주는 그래프이다.
- [0098] 도 8 및 도 9는 사용자 1과 사용자 2가 32개의 부반송파를 16개씩 나눠쓰는 경우에서 사용자 1의 오프셋을 정확 히 예측하고 보상한 경우 사용자 2의 오프셋이 미치는 영향 및 다중 사용자 간섭을 제거한 경우에 대한 그래프 이다.
- [0099] 특히, 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 시간 오프셋이 없는 경우의 신호 대 간섭비 그래프이다.
- [0100] 즉, 도 8은 사용자 1 및 사용자 2의 시간 오프셋이 0인 경우로 시간 오프셋이 영향을 미치지 않는 경우를 나타 낸 것이다. 이 경우 OFDM과 GFDM에 대해서 결과를 보게 되면 주파수 오프셋이 커질수록 다중 사용자 간섭(MUI) 이 커져서 성능이 저하되지만, 본 발명에 따른 간섭 제거 방법에 따라 다중 사용자 간섭이 제거되는 경우 성능 이 향상되는 것을 확인할 수 있다.
- [0101] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 시간 오프셋이 있는 경우의 신호대 간섭비 그래프이다.
- [0102] 즉, 도 9는 사용자 1의 시간 오프셋은 0, 사용자 2의 시간 오프셋은 2로 시간 오프셋의 영향이 성능에 영향을 주는 경우를 나타낸 것이다. 이 경우에도 본 발명에 따른 간섭 제거 방법에 따라 다중 사용자 간섭이 제거되는 경우 기존보다 성능이 향상되는 것을 확인할 수 있다.
- [0103] 이상의 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 사용자 시스템에서 시간 및 주파수 오프셋에 의한 간섭 제거 장치 및 방법은, 컴퓨터에 의해 실행되는 프로그램 모듈과 같은 컴퓨터에 의해 실행 가능한 명령어를 포함하는 기록 매 체의 형태로도 구현될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능한 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용 매체 일 수 있고, 휘발성 및 비휘발성 매체, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 또한, 컴퓨터 판독가능 매체 는 컴퓨터 저장 매체를 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리 형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다.
- [0104] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명 의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해 할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

부호의 설명

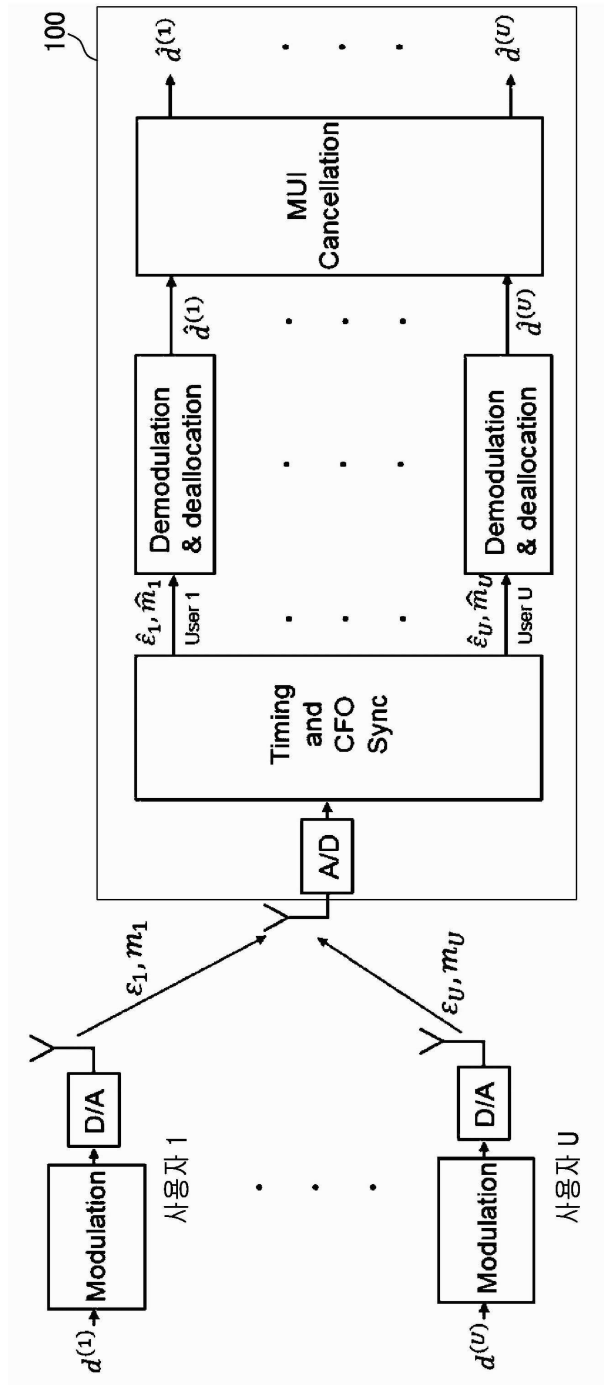
- [0105] 100: 간섭 제거 장치 110: 통신 모듈
120: 메모리 130: 프로세서

도면

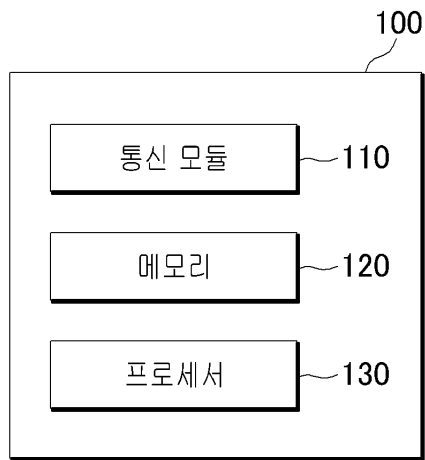
도면1



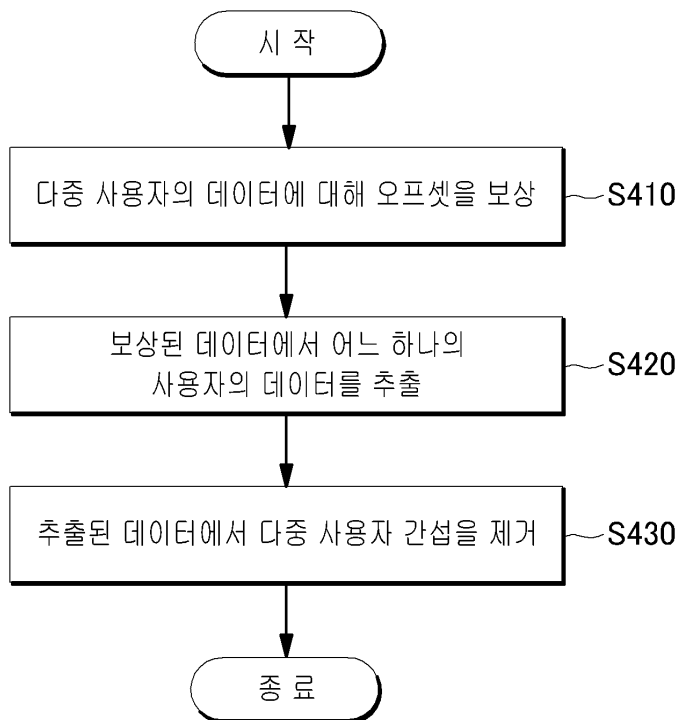
도면2



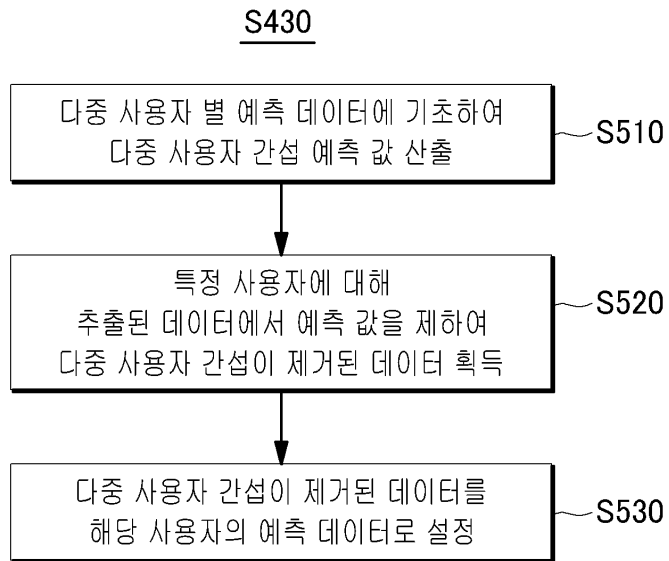
도면3



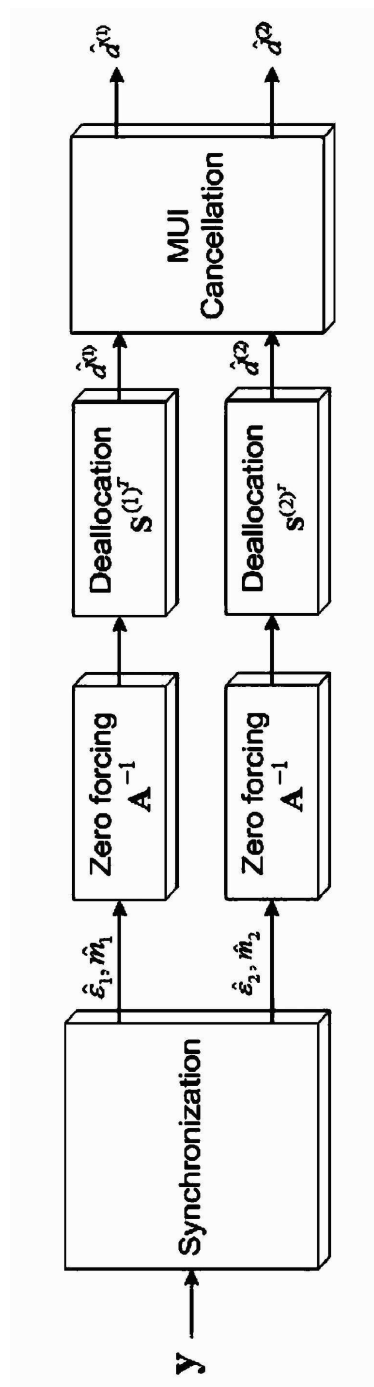
도면4



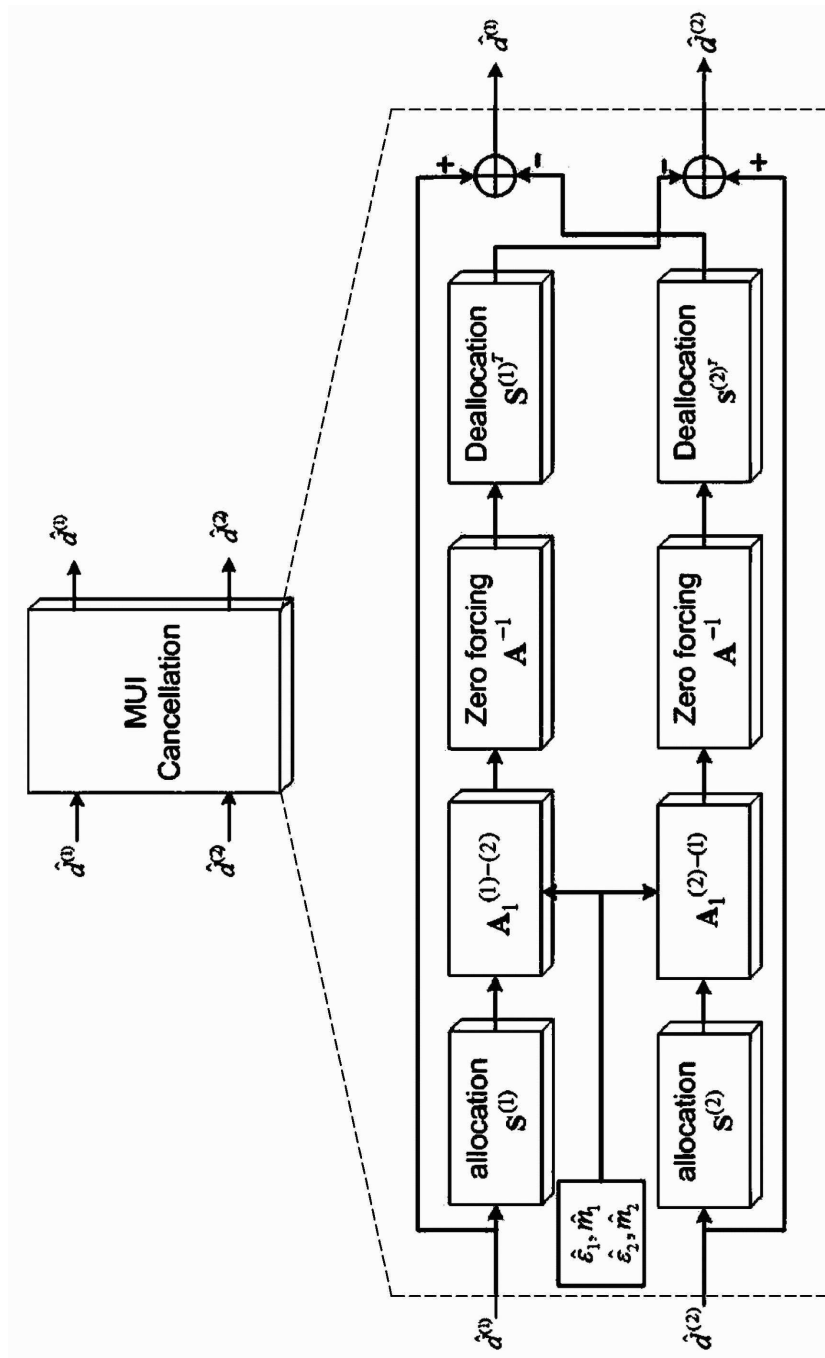
도면5



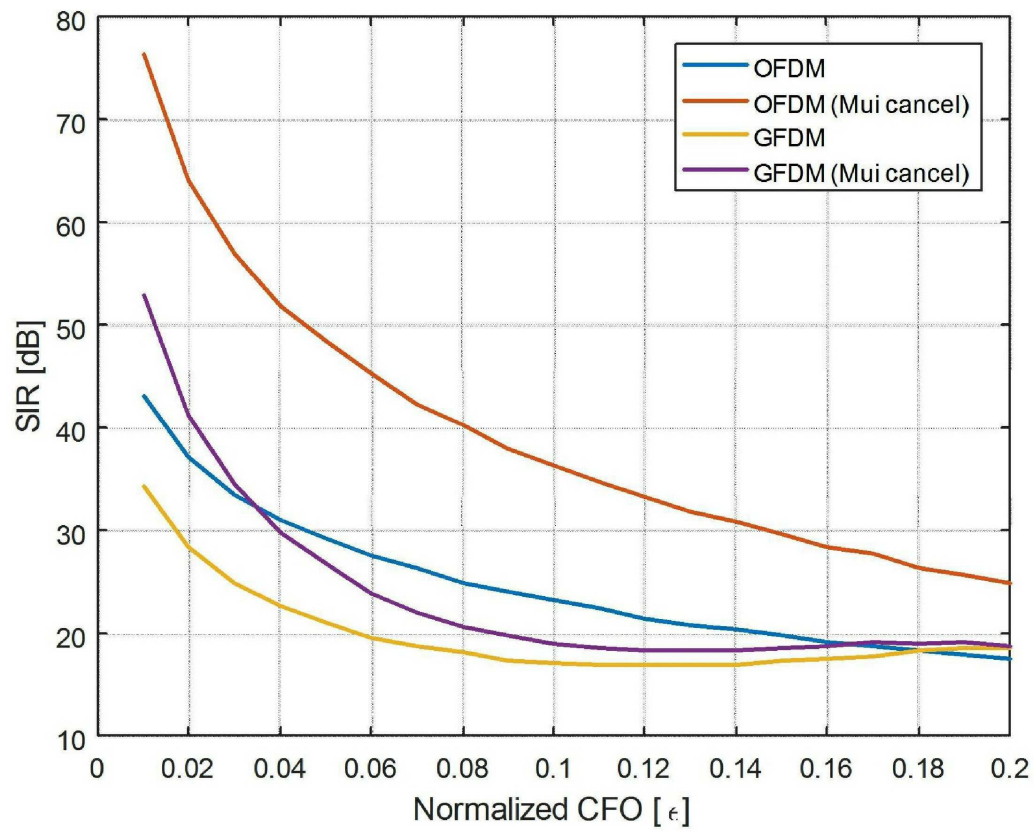
도면6



도면7



도면8



도면9

