



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0051339
(43) 공개일자 2019년05월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 27/26 (2006.01) H04L 5/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H04L 27/2657 (2013.01)
H04L 27/2692 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0146864
(22) 출원일자 2017년11월06일
심사청구일자 2017년11월06일

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

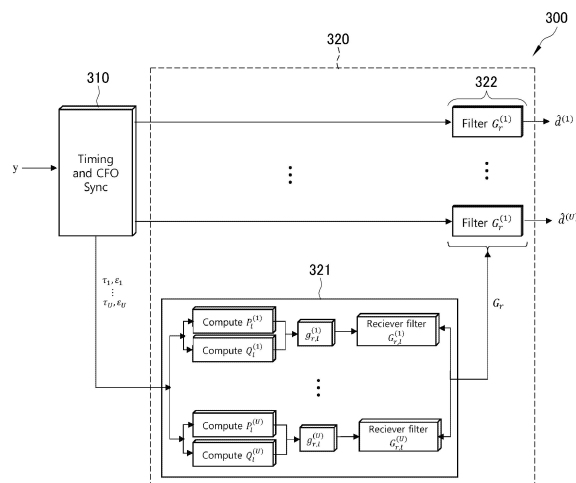
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 다중 사용자가 이용하는 무선 통신 시스템에서 시간 및 주파수 오프셋에 의한 간섭을 제거하는 수신 장치 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은 다중 사용자가 이용하는 무선 통신 시스템에 시간 및 주파수 오프셋에 의한 간섭을 제거하는 수신 장치 및 그 방법에 관한 것으로서, 본 수신 장치는 기설정된 변조 방식에 따라 변조된 각 사용자의 전송 신호를 수신하면, 각 사용자의 전송 신호의 프리앰블 및 파일럿에 기초하여 각 사용자의 전송 신호에 발생된 시간 및 반송파 주파수 오프셋을 추정하는 오프셋 추정부; 추정된 시간 및 반송파 주파수 오프셋을 기초로, 각 사용자에게 대응하는 수신 필터 계수를 생성하는 계수 생성부; 및 생성된 수신 필터 계수를 적용하여 상기 각 사용자의 전송 신호를 상기 변조 방식에 대응된 복조 방식으로 복조하여 데이터를 검출하는 복수의 필터부를 포함한다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

H04L 27/2695 (2013.01)

H04L 5/0007 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 R1506333

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 방송통신산업기술개발

연구과제명 IoT환경에서 촉감통신 서비스 실현을 위한 차세대 초저지연/고효율 무선접속기술 연구

기 여 율 1/1

주관기관 연세대학교 산학협력단

연구기간 2017.03.01 ~ 2017.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

무선 통신 시스템에서의 다중 사용자에게 의한 간섭을 제거하는 수신 장치에 있어서,

기설정된 변조 방식에 따라 변조된 각 사용자의 전송 신호를 수신하면, 상기 각 사용자의 전송 신호의 프리앰블 및 파일럿에 기초하여 상기 각 사용자의 전송 신호에 발생된 시간 및 반송파 주파수 오프셋을 추정하는 오프셋 추정부;

상기 추정된 시간 및 반송파 주파수 오프셋을 기초로, 각 사용자에게 대응하는 수신 필터 계수를 생성하는 계수 생성부; 및

상기 생성된 수신 필터 계수를 적용하여 상기 각 사용자의 전송 신호를 상기 변조 방식에 대응된 복조 방식으로 복조하여 데이터를 검출하는 복수의 필터부를 포함하는 수신 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 계수 생성부는

상기 각 사용자에게 할당된 부반송파 영역의 각 심볼의 신호대간섭비(signal-to-interference ratio, SIR)를 최대화시키는 수신 필터 계수를 생성하는 것인 수신 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 계수 생성부는

다른 사용자에게 의해 시간 및 반송파 주파수 오프셋이 발생된 상기 전송 신호에 대하여 다음의 수학식 1에 따라 상기 신호대간섭비를 최대화시키는 각 심볼의 최적해를 산출하되,

상기 최적해가 상기 수신 필터 계수로 설정되는 것인 수신 장치.

<수학식 1>

$$SIR_l = \frac{\left| \vec{g}_{r,l}^H \vec{\phi}_{1,l}^{(u),(u)} \right|^2}{\sum_{\substack{k=1 \\ k \neq l}}^{N_u} \left| \vec{g}_{r,l}^H \vec{\phi}_{1,k}^{(u),(u)} \right|^2 + \sum_{\substack{v=1 \\ v \neq u}}^U \sum_{k=1}^{N_u} \left(\left| \vec{g}_{r,l}^H \vec{\phi}_{1,k}^{(u),(v)} \right|^2 + \left| \vec{g}_{r,l}^H \vec{\phi}_{2,k}^{(u),(v)} \right|^2 \right)}$$

위 수학식1에서, $\vec{g}_{r,l}^H$ 은 u번째 사용자에게 대한 l 번째 심볼에 대한 수신 필터 계수를 나타내며, $\vec{\phi}_{1,l}^{(v),(u)}$ 과

$\vec{\phi}_{2,l}^{(v),(u)}$ 은 각각 $\vec{H}^{(u)-1} \vec{A}_1^{(v),(u)}$ 과 $\vec{H}^{(u)-1} \vec{A}_2^{(v),(u)}$ 의 l 번째 열로서, 여기서 $\vec{H}^{(u)}$ 는 u번째 사용자에게 할당된 채널을 의미하며, $\vec{A}_1^{(v),(u)}$ 과 $\vec{A}_2^{(v),(u)}$ 는 v 번째 사용자에게 의해 u 사용자의 시간 오프셋 및 주파수를 시프트

시킨 필터를 나타내며, U는 데이터를 전송하는 사용자의 총수를 나타냄.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 각 필터부는

다음의 수학적 식 2에 따라 상기 시간 및 반송파 주파수 오프셋이 보상된 데이터를 복조 처리하여 검출하는 것인 수신 장치.

<수학적 식 2>

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

위 수학적 식 2에서, $\hat{d}^{(u)}$ 는 검출되는 데이터를 나타내며, $G_r^{(u)}$ 는 상기 생성된 수신 필터의 계수를 나타내며, G 는 변조 행렬을 나타내고, $H^{(u)}$ 는 u번째 사용자에게 할당된 채널을 나타내며, $S^{(v)}$ 는 v 번째 사용자가 할당받은 부반송파로 데이터를 맵핑하는 행렬을 나타내고, $\vec{d}^{(v),I}$ 는 현재 프레임에서 샘플링된 데이터를 나타내고, $\vec{d}^{(v),I}$ 는 다음 프레임에서 샘플링된 데이터를 나타냄.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 변조 방식은 GFDM(Generalized Frequency Division Multiplexing) 변조인 것인 수신 장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 변조 방식은 OFDM(Frequency Division Multiplexing) 변조인 것인 수신 장치.

청구항 7

무선 통신 시스템에서의 다중 사용자에게 의한 간섭을 제거하는 방법에 있어서,

기설정된 변조 방식에 따라 변조된 각 사용자의 전송 신호를 수신하면, 상기 각 사용자의 전송 신호의 프리앰블 및 파일럿에 기초하여 상기 각 사용자의 전송 신호에 발생된 시간 및 반송파 주파수 오프셋을 추정하는 단계;

상기 추정된 시간 및 반송파 주파수 오프셋을 기초로, 각 사용자에게 대응하는 수신 필터 계수를 생성하는 단계; 및

상기 생성된 수신 필터 계수를 적용하여 상기 각 사용자의 전송 신호를 상기 변조 방식에 대응된 복조 방식으로 복조하여 데이터를 검출하는 단계를 포함하는 간섭 제거 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 수신 필터 계수를 생성하는 단계는

상기 각 사용자에게 할당된 부반송파 영역의 각 심볼의 신호대간섭비(signal-to-interference ratio, SIR)를 최대화시키는 수신 필터 계수를 생성하는 것인 간섭 제거 방법.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 수신 필터 계수를 생성하는 단계는

다른 사용자에게 의해 시간 및 반송파 주파수 오프셋이 발생된 상기 전송 신호에 대하여 다음의 수학적 식 3에 따라 상기 신호대간섭비를 최대화시키는 각 심볼의 최적해를 산출하는 단계; 및

상기 최적해가 상기 수신 필터 계수로 저장하는 단계를 포함하는 간섭 제거 방법.

<수학식 3>

$$SIR_l = \frac{\left| \vec{g}_{r,l}^{(u)} \vec{\phi}_{1,l}^{(u),(u)} \right|^2}{\sum_{\substack{k=1 \\ k \neq l}}^{N_u} \left| \vec{g}_{r,l}^{(u)} \vec{\phi}_{1,k}^{(u),(u)} \right|^2 + \sum_{\substack{v=1 \\ v \neq u}}^U \sum_{k=1}^{N_u} \left(\left| \vec{g}_{r,l}^{(u)} \vec{\phi}_{1,k}^{(v),(u)} \right|^2 + \left| \vec{g}_{r,l}^{(u)} \vec{\phi}_{2,k}^{(v),(u)} \right|^2 \right)}$$

위 수학식 3에서, $\vec{g}_{r,l}^{(u)}$ 은 u번째 사용자에게 대한 l 번째 심볼에 대한 수신 필터 계수를 나타내며, $\vec{\phi}_{1,l}^{(v),(u)}$ 과 $\vec{\phi}_{2,l}^{(v),(u)}$ 은 각각 $H^{(u)-1} A_1^{(v),(u)}$ 과 $H^{(u)-1} A_2^{(v),(u)}$ 의 l 번째 열로서, 여기서 $H^{(u)}$ 는 u번째 사용자에게 할당된 채널을 의미하며, $A_1^{(v),(u)}$ 과 $A_2^{(v),(u)}$ 는 v 번째 사용자에게 의해 u 사용자의 시간 오프셋 및 주파수를 시프트시킨 필터를 나타내며, U는 데이터를 전송하는 사용자의 총수를 나타냄.

청구항 10

제 7 항에 있어서,

상기 데이터를 검출하는 단계는

다음의 수학식 4에 따라 상기 시간 및 반송파 주파수 오프셋이 보상된 데이터를 복조 처리하여 검출하는 것인 제거 방법.

<수학식 4>

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

위 수학식 4에서, $\hat{\vec{d}}^{(u)}$ 는 검출되는 데이터를 나타내며, $G_r^{(u)}$ 는 상기 생성된 수신 필터의 계수를 나타내며, G 는 $H^{(u)}$ $S^{(v)}$ 번조 행렬을 나타내고, $H^{(u)}$ 는 u번째 사용자에게 할당된 채널을 나타내며, $S^{(v)}$ 는 v 번째 사용자가 할당받은 부반송파로 매핑하는 행렬을 나타내고, $\vec{d}^{(v),I}$ 는 현재 프레임에서 샘플링된 데이터를 나타내고, $\vec{d}^{(v),I}$ 는 다음 프레임에서 샘플링된 데이터를 나타냄.

청구항 11

제 7 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항의 방법을 컴퓨터 상에서 수행하기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 다중 사용자가 이용하는 무선 통신 시스템에 시간 및 주파수 오프셋에 의한 간섭을 제거하는 수신 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 들어 차세대 이동통신에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며 4세대의 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 겹쳐서 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.

선행기술문헌

[0004] 미국등록특허 제 9,236,981호(발명의 명칭: GFDM radio transmission using a pseudo circular preamble)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 본 발명은 무선 통신 시스템에서 시간 및 반송파 주파수 오프셋에 강인한 수신 필터를 사용하여 간섭을 제거하는 수신 장치 및 그 방법에 관한 것이다. 다만, 본 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 제1 측면에 따른 무선 통신 시스템에서의 다중 사용자에 의한 간섭을 제거하는 수신 장치는, 기설정된 변조 방식에 따라 변조된 각 사용자의 전송 신호를 수신하면, 각 사용자의 전송 신호의 프리앰블 및 파일럿에 기초하여 각 사용자의 전송 신호에 발생된 시간 및 반송파 주파수 오프셋을 추정하는 오프셋 추정부; 추정된 시간 및 반송파 주파수 오프셋을 기초로, 각 사용자에 대응하는 수신 필터 계수를 생성하는 계수 생성부; 및 생성된 수신 필터 계수를 적용하여 상기 각 사용자의 전송 신호를 상기 변조 방식에 대응된 복조 방식으로 복조하여 데이터를 검출하는 복수의 필터부를 포함한다.

[0007] 또한, 본 발명의 제2 측면에 따른 무선 통신 시스템에서의 다중 사용자에 의한 간섭을 제거하는 방법에 있어서, 기설정된 변조 방식에 따라 변조된 각 사용자의 전송 신호를 수신하면, 상기 각 사용자의 전송 신호의 프리앰블 및 파일럿에 기초하여 상기 각 사용자의 전송 신호에 발생된 시간 및 반송파 주파수 오프셋을 추정하는 단계; 추정된 시간 및 반송파 주파수 오프셋을 기초로, 각 사용자에 대응하는 수신 필터 계수를 생성하는 단계; 및 생성된 수신 필터 계수를 적용하여 상기 각 사용자의 전송 신호를 상기 변조 방식에 대응된 복조 방식으로 복조하여 데이터를 검출하는 단계를 포함한다.

[0008] 또한, 본 발명의 제3 측면은, 상기 제1 측면의 방법을 컴퓨터 상에서 수행하기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체를 제공한다.

발명의 효과

[0009] 전술한 과제 해결 수단에 따르면, 본 개시는 GFDM 및 OFDM을 비롯한 무선 통신 시스템의 업링크 환경에서 다중 사용자의 신호 간섭에 의해 발생하는 시간 및 주파수 오프셋을 효과적으로 보상하여 데이터를 검출할 수 있다. 또한, 본 발명의 과제 해결 수단에 의하면, 무선 통신 시스템의 수신단의 기본적인 구조를 변화시키지 않으면서도 다중 사용자 무선 통신 환경에 강인한 필터 설계가 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 통신 시스템의 구성도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 GFDM 데이터의 구조도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 수신 장치의 복조기 구성을 상세히 도시한다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 수신 장치가 적용된 GFDM 통신 시스템과 OFDM 통신 시스템에서의 SIR 성능을 나타내는 그래프를 도시한다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 수신 장치의 주파수 오프셋 변화에 따른 SIR 성능 그래프를 도시한다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 통신 시스템에서의 수신 장치가 전송 신호의 간섭을 제거하는 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0011] 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.
- [0012] 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.
- [0013] 이하, 도면을 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 대하여 구체적으로 설명하도록 한다.
- [0014] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 통신 시스템의 구성도이다. 이하에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 통신 시스템(10)이 GFDM(generalized frequency division multiplexing) 통신 시스템인 것으로 가정한다. 그러나, 무선 통신 시스템(10)은 GFDM 통신 시스템에 한정되지 않으며, OFDM(orthogonal frequency division multiplexing) 통신 등의 다양한 통신 방식에 따른 무선 통신 시스템에도 적용될 수 있다.
- [0015] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 통신 시스템(10)은 송신 장치(11) 및 수신 장치(12)를 포함한다.
- [0016] 송신 장치(11)는 데이터(d)를 GFDM 변조(GFDM modulation) 처리하여 GFDM 신호를 송신한다. 이러한, GFDM 신호는 노이즈 채널(noise)을 통해 수신 장치(12)로 전송된다. 수신 장치(12)는 수신된 GFDM 신호를 GFDM 복조(GFDM demodulation) 처리하여 검출 데이터($\hat{d}$)로서 출력한다.
- [0017] 무선 통신 시스템(10)의 구성에 대해 상세히 설명하기에 앞서, 도 2를 참조하여 GFDM 신호에 대하여 설명한다.
- [0018] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 GFDM 데이터의 구조도이다.
- [0019] 도 2에 도시된 바와 같이, GFDM 데이터는 K 개의 서브캐리어(subcarrier)와 M개의 서브심볼(subsymbol)의 블록으로 이루어져 있다. 이때, 무선 통신 시스템(10)은 송신 장치(11)에서 각 서브캐리어마다 필터를 적용시키며, 이러한 GFDM 변조용 필터를 통과하면 대역외채널(OOB)을 줄일 수 있고, CP(cyclic prefix)를 이용하기 때문에 수신 장치(12)에서의 등화 과정을 간단히 할 수 있다.
- [0020] 다시 도 1을 참조하면, 송신 장치(11)는 전송하고자 하는 데이터(d)를 S/P 엔코더(serial to parallel encoder)를 통해 병렬 데이터로 변환하고, 병렬 처리된 데이터를 기 설정된 필터 등을 이용하여 GFDM 변조한다. 이때, 송신 장치(11)는 각 서브캐리어가 기 설정된 필터를 통과하도록 한다. 이후, 송신 장치(11)는 GFDM 변조된 GFDM 신호에 CP를 추가하여, 디지털-아날로그 컨버팅(D/A)을 통해 업컨버전된 신호를 송출한다.
- [0021] 이때, 송신 장치(11)에서 송출되는 GFDM 신호는 다음의 수학적 식 1과 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 1

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

[0022]

[0023] 위 식에서, $g_{k,m}[n]$ 은 서브캐리어가 통과되는 필터를 나타내며, $d_{k,m}$ 은 k번째 서브캐리어와 m번째 서브심볼로 전송하는 데이터를 나타낸다.

[0024] 한편, 위 수학식1은 다음의 수학식 2에서와 같이 행렬 형태로 표현될 수 있다.

수학식 2

$$\vec{x} = G \vec{d}$$

[0025]

[0026] 위 식에서, 여기서 G는 $(\vec{g}_{0,0} \cdots \vec{g}_{0,M-1} \vec{g}_{1,0} \cdots \vec{g}_{K-1,M-1})$ 로서 MNxMK 크기의 행렬을 나타낸다. 여기서 N은 업샘플링 계수를 의미한다.

[0027] 한편, 전술한 바와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 통신 시스템(10)은 OFDM 통신 시스템에도 적용될 수 있다. 일반적으로, OFDM 통신은 데이터 심볼에 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform)을 수행하여 송신하는 OFDM 송신 장치와, OFDM 송신 장치로부터의 신호를 FFT를 수행하여 데이터를 복원하는 수신 장치로 구성된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 통신 시스템(10)은 송신 장치(11)에서 상승 코사인 필터(raise cosine filter), 제곱근 상승 코사인 필터(root raised cosine filter) 등을 사용하며, 이때 $g[n] = \frac{1}{\sqrt{K_0}}$ 고 M=1 인 경우를 OFDM 통신이라고 할 수 있다. 즉, 상기 수학식 2에서의 G 행렬이 IFFT 행렬에 해당될 수 있으므로 OFDM의 구조와 같아지며, 따라서 GFDM 통신과 OFDM통신의 차이는 행렬 G에서 g[n]과 M이 어떤 값을 갖는지에 따라 결정될 수 있다.

[0028] 수신 장치(12)는 GFDM 방식으로 변조된 GFDM 신호(즉, 전송 신호)를 수신한다. 이때, 전송 신호는 송신 장치(11)로부터 데이터(d)에 변조 행렬(G)이 곱해진 것으로서, 업링크 환경에서 다중 사용자로부터 수신된다. 따라서 전송 신호에는 다른 사용자의 신호 간섭에 따른 시간 오프셋과 반송파 주파수 오프셋(carrier frequency offset, CFO)이 발생하고 노이즈가 더해진다.

[0029] 이에 따라, 본 발명의 일 실시예에 따른 수신 장치(12)는 전송 신호를 아날로그-디지털 컨버팅(A/D)을 통해 다운컨버전한 후, 디지털 컨버팅된 전송 신호에서 CP를 제거하며, 기 설정된 필터가 포함된 복조기를 통해 다중 사용자 신호 전송에 따라 발생하는 시간과 주파수 오프셋에 따른 간섭을 제거한 후 GFDM 복조한다. 수신 장치(12)가 GFDM 복조를 수행하는 방법에 대해서는, 도 3을 참조하여 상세히 설명한다.

[0030] 다음으로, 수신 장치(12)는 GFDM 복조된 신호를 P/S 인코더(parallel to serial encoder)를 통해 직렬 데이터로 컨버팅하여 검출 데이터($\hat{d}$)를 출력한다.

[0031] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 수신 장치(12)의 복조기(300) 구성을 상세히 도시한다.

[0032] 먼저, 복조기(300)는 오프셋 추정부(310)를 통해 각 전송 신호의 앞에 존재하는 프리앰블 및 파일럿에 기초하여 τ, ϵ

각 사용자의 전송 신호에 발생된 시간 및 주파수 오프셋()을 추정한다. 이러한 시간 및 주파수 오프셋 예측 방법은 기존에 제안된 다양한 예측 알고리즘을 이용할 수 있으므로 상세한 설명은 생략하도록 한다.

[0033] 이때, 종래의 수신 장치는 정합필터나 제로포싱 필터를 사용하여 각 사용자의 데이터를 구분하였다. 그러나 정합필터나 제로포싱 필터는 전송 신호로부터 시간과 주파수 오프셋을 보상하는데에 어려움이 있어, 특정 사용자의 데이터만을 추출하기 어려웠다. 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 수신 장치(12)는 각 사용자의 시간과 주파수 오프셋을 효과적으로 제거할 수 있는 수신 필터(320)를 제안한다.

[0034] 먼저, 송신 장치(11) 및 수신 장치(12)의 오실레이터 및 도플러 효과로 인해 주파수 오프셋이 발생된 u 번째 사용자의 전송 신호는 다음의 수학식 3과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 3

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

위 식에서, $S^{(u)}$ 는 u번째 사용자가 할당받은 부반송파로 데이터를 맵핑해주는 행렬로서, 총 K개의 부반송파중 u번째 사용자가 할당받은 부반송파 구역에 따라 달라질 수 있으며, 다음의 수학식 4와 같이 표현될 수 있다.

수학식 4

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

위 식에서, K_u 는 u번째 사용자가 할당받은 부반송파 개수를 나타낸다. 따라서, 사용자에게 할당된 부반송파 위치에 따라 단위행렬(identity matrix)의 위치는 변하게 된다. 이러한 데이터를 각 사용자가 보내므로, 각 송신 장치(11)에 의해 송출되는 전송 신호()는 다음의 수학식 5와 같이 표현될 수 있다.

수학식 5

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

위 식에서, U는 데이터를 전송하는 사용자의 총 수를 나타낸다.

또한, 상기한 u 번째 사용자의 전송 신호는 시간 오프셋으로 인해 다음 프레임에서 샘플링될 수 있으며, 이렇게 시간 오프셋이 발생된 전송 신호는 다음의 수학식 6과 같이 표현될 수 있다.

수학식 6

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

위 식에서, $\vec{d}^{(v), I}$ 는 현재 프레임에서 샘플링된 데이터를 나타내고, $\vec{d}^{(v), I}$ 는 다음 프레임에서 샘플링된 데이터를 나타내며, $A_1^{(u)}$ 과 $A_2^{(u)}$ 는 각각 시간과 주파수 오프셋에 의해 시프트된 필터(즉, 변형된 G 행렬)을 나타낸다.

참고로, $A_1^{(u)}$ 과 $A_2^{(u)}$ 는 백색잡음(Additive white Gaussian noise, AWGN) 채널에서 다음의 수학식 7과 같이 표현될 수 있다.

수학식 7

$$A_1^{(u)} = C^{(u)} \begin{bmatrix} 0 & I_{MK-\tau_u} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} G$$

$$A_2^{(u)} = C^{(u)} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ I_{\tau_u} & 0 \end{bmatrix} G$$

위 식에서, τ_u 는 u 번째 사용자의 시간 오프셋을 나타내며, C 는 주파수 오프셋(CFO) 대각행렬로서,
 $diag([1 e^{\frac{j2\pi\epsilon_u}{K}} \dots e^{\frac{j2\pi\epsilon_u(MK-1)}{K}}])$ 이다.

추가적으로, $A_1^{(u)}$ 과 $A_2^{(u)}$ 는 레일리(Rayleigh) 채널에서, 다음의 수학식 8내지 11로 표현될 수 있다. 먼저,
 $\tau_u > 0$ $-L - N_c < \tau_u < 0$
 하기의 수학식 8은 인 경우를 나타내고, 수학식 9 내지 11 각각은 (L은 딜레이 분포(delay spread), N_c 는 CP 길이), $-N_c < \tau_u < L - N_c$, 및 $\tau_u < -N_c$ 인 경우를 나타낸다.

수학식 8

$$A_1^{(u)} = C^{(u)} (R_1^{(u)} H^{(u)} G + R_2^{(u)} H_2^{(u)} G_2) S^{(u)},$$

$$A_2^{(u)} = C^{(u)} R_2^{(u)} H_1^{(u)} G_1 S^{(u)}$$

위 식에서, $H^{(u)}$ $[h_0^{(u)} h_1^{(u)} \dots h_{L-1}^{(u)} 0 \dots 0]^T$ 를 가지는 원형 행렬을 나타낸다. ($H_1^{(u)} \in \mathbb{C}^{N \times N-L}$)과 ($H_2^{(u)} \in \mathbb{C}^{N \times L}$)는 $H^{(u)}$ 의 서브행렬을 나타낸다. 또한, ϵ 는 부반송파 간격으로 정규화된 주파수 오프셋을 의미한다.

수학식 9

$$A_1^{(u)} = C^{(u)} (R_{1,l}^{(u)} H^{(u)} G + R_{2,l}^{(u)} H_2^{(u)} M_{N_c}) G S^{(u)},$$

$$A_2^{(u)} = 0_{N \times N}$$

위 식에서, $R_{1,l}^{(u)}$ $R_{1,l}^{(u)} = \begin{bmatrix} 0_{|\tau_u| \times (N-|\tau_u|)} & 0_{|\tau_u|} \\ I_{N-|\tau_u|} & 0_{(N-|\tau_u|) \times |\tau_u|} \end{bmatrix}$ 를 나타내고, $R_{2,l}^{(u)}$ 는

$$\mathbf{R}_{2,l}^{(u)} = \begin{bmatrix} \mathbf{0}_{|\tau_u| \times (N_c - |\tau_u|)} & \mathbf{I}_{|\tau_u|} & \mathbf{0}_{|\tau_u| \times (N - N_c)} \\ \mathbf{0}_{(N - |\tau_u|) \times N} & & \end{bmatrix} \quad \text{를 나타내며,} \quad M_{N_c} \text{는}$$

$$\mathbf{M}_{N_c} = \begin{bmatrix} \mathbf{0}_{N_c \times (N - N_c)} & \mathbf{I}_{N_c} \\ \mathbf{I}_{N - N_c} & \mathbf{0}_{(N - N_c) \times N_c} \end{bmatrix} \text{를 나타낸다.}$$

수학식 10

$$A_1^{(u)} = C^{(u)} \left(R_{1,l}^{(u)} H^{(u)} G + R_{3,l}^{(u)} H^{(u)} M_{N_c} G + R_{4,l}^{(u)} H_2^{(u)} G_1 \right) S^{(u)}$$

$$A_2^{(u)} = C^{(u)} R_{4,l}^{(u)} H_2^{(u)} G_2 S^{(u)}$$

$$\text{위 식에서, } R_{3,l}^{(u)} \text{는 } \begin{bmatrix} \mathbf{0}_{\rho \times N} \\ \mathbf{0}_{(N_c - L) \times L} & \mathbf{I}_{(N_c - L)} & \mathbf{0}_{(N_c - L) \times (N - N_c)} \\ \mathbf{0}_{(N - |\tau_u|) \times N} & & \end{bmatrix} \text{를 나타내고, } R_{4,l}^{(u)} \text{는}$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{0}_{\rho \times (N_c - |\tau_u|)} & \mathbf{I}_{\rho} & \mathbf{0}_{\rho \times (N - L)} \\ \mathbf{0}_{(N - \rho) \times N} & & \end{bmatrix} \quad \rho = (L - N_c + |\tau_u|) \text{ (는)를 나타낸다.}$$

전술한 바에 따라, 각 사용자가 보낸 전송 신호에 시간과 주파수 오프셋을 반영된 신호는 다음의 수학식 11과 같이 표현될 수 있다.

수학식 11

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

다음으로, 수신 필터(320)는 u번째 사용자의 데이터를 추출하기 위해, 시간 및 반송파 주파수 오프셋을 보상하여 복조 처리한다. 즉, 수신 필터(320)는 앞서 추정된 τ_u, ε_u 를 보상하고, 상기한 수학식 8에서와 같이 GFDM 복조(demodulation) 및 부반송파 반납(deallocation)을 수행할 수 있다.

이때, 종래의 정합필터(matched filter) 또는 제로포싱 필터(zero-forcing filter)를 통해 추출된 사용자의 데이터는 다음의 수학식 12와 같이 표현될 수 있다.

수학식 12

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

위 수학식 12를 참조하면, u 번째 사용자의 데이터는 검출할 수 있으나, 다른 사용자의 신호에 따른 간섭(즉, 시간 및 반송파 주파수 오프셋)이 존재하며, 이를 해결하기 위해서는 높은 수준의 연산 복잡성을 요한다는 단점이 존재한다.

따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 수신 필터(320)는, 앞서 추정된 시간 및 반송파 주파수 오프셋을 기초로 각 사용자에게 대응하는 수신 필터 계수를 생성하는 계수 생성부(321)와, 계수 생성부(321)에서 생성된 수신 필터

계수를 적용하여 각 사용자의 전송 신호를 복조 처리하여 데이터를 검출하는 복수의 필터부(322)를 포함한다.

계수 생성부(321)는 각 사용자에게 할당된 부반송파 영역의 각 심볼의 신호 대 간섭비(signal-to-interference

ratio, SIR)를 최대화시키는 수신 필터 계수를 구한다. u 번째 사용자를 위한 수신 필터의 계수가 $G_r^{(u)}$ 이면, $\hat{d}^{(u)}$ 각 필터부(322)를 통해 검출되는 데이터()는 다음의 수학적 식 13과 같이 표현될 수 있다.

수학적 식 13

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

위 식에서, $A_1^{(v),(u)}$ 과 $A_2^{(v),(u)}$ 는 각각 v 번째 사용자에게 의해 u 사용자의 시간 오프셋 및 주파수를 시프트시킨 필터를 나타낸다.

한편, 위 수학적 식 13을 참조할 때, u 번째 사용자의 1 번째 심볼의 신호 대 간섭비는 다음의 수학적 식 14와 같이 표현될 수 있다.

수학적 식 14

$$SIR_l = \frac{\left| \vec{g}_{r,l}^{(u)H} \vec{\phi}_{1,l}^{(u),(u)} \right|^2}{\sum_{\substack{k=1 \\ k \neq l}}^{N_u} \left| \vec{g}_{r,l}^{(u)H} \vec{\phi}_{1,k}^{(u),(u)} \right|^2 + \sum_{\substack{v=1 \\ v \neq u}}^U \sum_{k=1}^{N_u} \left(\left| \vec{g}_{r,l}^{(u)H} \vec{\phi}_{1,k}^{(v),(u)} \right|^2 + \left| \vec{g}_{r,l}^{(u)H} \vec{\phi}_{2,k}^{(v),(u)} \right|^2 \right)}$$

위 식에서, $\vec{g}_{r,l}^{(u)H}$ 는 $G_r^{(u)}$ 의 1번째 행을 나타내고, $\vec{\phi}_{1,l}^{(v),(u)}$ 과 $\vec{\phi}_{2,l}^{(v),(u)}$ 은 각각 $H^{(u)-1} A_1^{(v),(u)}$ 와 $H^{(u)-1} A_2^{(v),(u)}$ 의 1번째 열을 나타낸다. 즉, 상기한 수학적 식 14는 다음의 수학적 식 15로 정리될 수 있다.

수학적 식 15

$$SIR_l = \frac{\left| \vec{g}_{r,l}^{(u)H} \vec{\phi}_{1,l}^{(u),(u)} \right|^2}{\sum_{\substack{k=1 \\ k \neq l}}^{N_u} \left| \vec{g}_{r,l}^{(u)H} \vec{\phi}_{1,k}^{(u),(u)} \right|^2 + \sum_{\substack{v=1 \\ v \neq u}}^U \sum_{k=1}^{N_u} \left(\left| \vec{g}_{r,l}^{(u)H} \vec{\phi}_{1,k}^{(v),(u)} \right|^2 + \left| \vec{g}_{r,l}^{(u)H} \vec{\phi}_{2,k}^{(v),(u)} \right|^2 \right)} = \frac{\vec{g}_{r,l}^{(u)H} P_l^{(u)} \vec{g}_{r,l}^{(u)}}{\vec{g}_{r,l}^{(u)H} Q_l^{(u)} \vec{g}_{r,l}^{(u)}}$$

수학적 식 16

$$P_l^{(u)} = \vec{\phi}_{1,l}^{(u),(u)} \vec{\phi}_{1,l}^{(u),(u)H}$$

수학식 17

$$Q_l^{(u)} = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq l}}^{N_u} \vec{\phi}_{1,k}^{(u),(u)} \vec{\phi}_{1,k}^{(u),(u)H} + \sum_{\substack{v=1 \\ v \neq u}}^U \sum_{k=1}^{N_u} \left(\vec{\phi}_{1,k}^{(v),(u)} \vec{\phi}_{1,k}^{(v),(u)H} + \vec{\phi}_{2,k}^{(v),(u)} \vec{\phi}_{2,k}^{(v),(u)H} \right)$$

[0073]

이때, 계수 생성부(321)는 오프셋 추정부(310)에서 생성된 시간 오프셋 및 주파수 오프셋으로부터 $P_l^{(u)}$ 과 $Q_l^{(u)}$ 을 구할 수 있다.

[0074]

따라서, 계수 생성부(321)에 의해 생성되는 각 사용자의 계수($G_r^{(u)}$)는 SIR_l 을 최대화시키는 $\vec{g}_{r,l}^{(u)}$ 를 구함으로 써 획득될 수 있으며, 다음의 수학식 18과 같이 표현될 수 있다.

[0075]

수학식 18

$$\vec{g}_{r,l}^{(u)} = \operatorname{argmax} \frac{\vec{g}_{r,l}^{(u)H} P_l^{(u)} \vec{g}_{r,l}^{(u)}}{\vec{g}_{r,l}^{(u)H} Q_l^{(u)} \vec{g}_{r,l}^{(u)}}$$

[0076]

그러나 상기한 수학식 18의 최적해(solution)는 $Q_l^{(u)}$ 가 풀 랭크(full rank)인 경우에만 얻어질 수 있다. 그러나 $Q_l^{(u)}$ 는 풀 랭크가 될 수 없으므로, 상기한 수학식 18은 다음의 수학식 19로 변형될 수 있다.

[0077]

수학식 19

$$\vec{g}_{r,l}^{(u)} = \operatorname{argmin} \frac{\vec{g}_{r,l}^{(u)H} Q_l^{(u)} \vec{g}_{r,l}^{(u)}}{\vec{g}_{r,l}^{(u)H} P_l^{(u)} \vec{g}_{r,l}^{(u)}}$$

[0078]

위 식에서, $P_l^{(u)}$ 의 랭크는 1이며, 이와 같이 분모의 랭크가 1인 경우의 해는 논문 "H. Xu, J. Wang, J. Yuan, C. Jiang and C. Zhang, "Generalized RQ Minimization With Applications in Array Transmit Beamforming" (IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 16, no. , pp. 177-180, 2017.)을 참조하여 구할 수 있다. 이에 대해서는 본 발명의 기술분야의 당업자가 용이하게 구할 수 있으므로, 자세한 설명은 생략한다.

[0079]

상기한 논문에 따라, 상기 수학식 19의 최적해는 다음의 수학식 20과 같이 표현될 수 있다.

[0080]

수학식 20

$$\vec{g}_{r,l}^{(u)} = \vec{\phi}_{1,l}^{(u),(u)} - V_2 (V_2^H Q_l^{(u)} V_2)^{-1} V_2^H Q_l^{(u)} \vec{\phi}_{1,l}^{(u),(u)}$$

즉, 상기 수학식 20에서, $P_l^{(u)}$ 에 고유 분해(eigen-decomposition)를 수행하면, $P_l^{(u)}$ 는 $V \begin{bmatrix} \Lambda_l^{(u)} & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} V^H$ 로 표현되며, 이 때 V 는 $P_l^{(u)}$ 의 고유벡터(eigenvector)로 이루어진 행렬을 나타내며, $\Lambda_l^{(u)}$ 는 $P_l^{(u)}$ 의 고유치(eigenvalue)를 나타낸다. 따라서, V_2 는 V 의 서브행렬로서, 다음의 수학식 21과 같이 표현될 수 있다.

수학식 21

$$V = \left[\frac{\vec{\phi}_{1,l}^{(u),(u)}}{\|\vec{\phi}_{1,l}^{(u),(u)}\|} V_2 \right]$$

위 식에서, $P_l^{(u)}$ 의 고유벡터를 통해 V_2 를 구한 후, 이를 수학식 20에 대입하여 1번째 심볼에 대한 수신 필터의 계수($\vec{g}_{r,l}^{(u)}$)를 구할 수 있다. 계수 생성부(321)는 상기한 과정을 각 심볼에 대해 반복 연산하여 u 번째 사용자 $G_r^{(u)}$ 의 수신 필터 계수인 $G_r^{(u)}$ 를 구할 수 있다. 필터부(322)는 이렇게 산출된 수신 필터 계수를 입력받아 u 번째 사용자의 간섭 제거된 전송 신호를 복조할 수 있다.

한편, 수학식 17을 통해 구해진 수신 필터의 계수는 전송 신호 수신 때마다 실시간으로 계산하여 사용될 수도 있으나, 계수 생성부(321)에 의해 사전에 사용자 별로 시간 및 주파수 오프셋에 따른 계수값들이 산출되어 코드북으로 생성 및 저장된다. 그리고 계수 생성부(321)는 수신된 사용자 별 전송 신호의 시간 및 주파수 오프셋에 따라 코드북에 저장된 필터 계수들 중에서 매칭된 필터 계수를 사용할 수 있다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 수신 장치가 적용된 GFDM 통신 시스템과 OFDM 통신 시스템에서의 SIR 성능을 나타내는 그래프를 도시한다. 도 4의 그래프는 2번째 사용자의 주파수 오프셋이 0.02인 경우의 시간 오프셋에 따른 1번째 사용자의 SIR 성능을 나타낸다. OFDM 통신 시스템과 GFDM 통신 시스템은 CP가 존재하기 때문에, CP 구간에는 시간 오프셋에 따른 영향이 존재하지 않으나, 주파수 오프셋으로 인해 낮은 SIR 값이 나타난다. 이 때, 본 발명의 일 실시예에 따른 복조기(흑색선 및 하늘색선으로 도시됨)를 사용하는 경우, CP가 존재하는 구간에서는 성능이 급격히 향상되는 것을 확인할 수 있다. 이를 통해, 본 발명의 일 실시예에 따른 복조기가 주파수 오프셋을 효율적으로 보상하고 있음을 확인할 수 있다.

도 5는 주파수 오프셋 변화에 따른 SIR 성능 그래프를 도시한다. 도 5에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 복조기(흑색선 및 하늘색선으로 도시됨)를 사용하는 경우, 종래의 복조기(청색선, 자색선 및 녹색선으로 도시됨)에서보다 향상된 성능을 나타내며, 특히, GFDM 통신 시스템에서 주파수 오프셋이 커질수록 보다 큰 성능 향상을 나타낸다.

따라서 본 발명의 일 실시예에 따른 복조기는 시간 오프셋이 CP 범위 안에서 발생하거나 높은 주파수 오프셋이 발생한 경우 효과적으로 다중 사용자에 따른 간섭을 제거하면서 동시에 데이터를 검출할 수 있다.

이하, 도 6을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 통신 시스템에서의 수신 장치가 전송 신호의 간섭을

제거하는 방법에 대해서 설명하도록 한다. 이하, 도 6에 방법들은 앞서 설명된 도 1 내지 도 5 에서 설명된 실시예들과 관련된다. 따라서, 이하 생략된 내용이라 하여도, 도 1 내지 도 5에서 앞서 설명된 내용들은, 도 6의 방법에 적용될 수 있다.

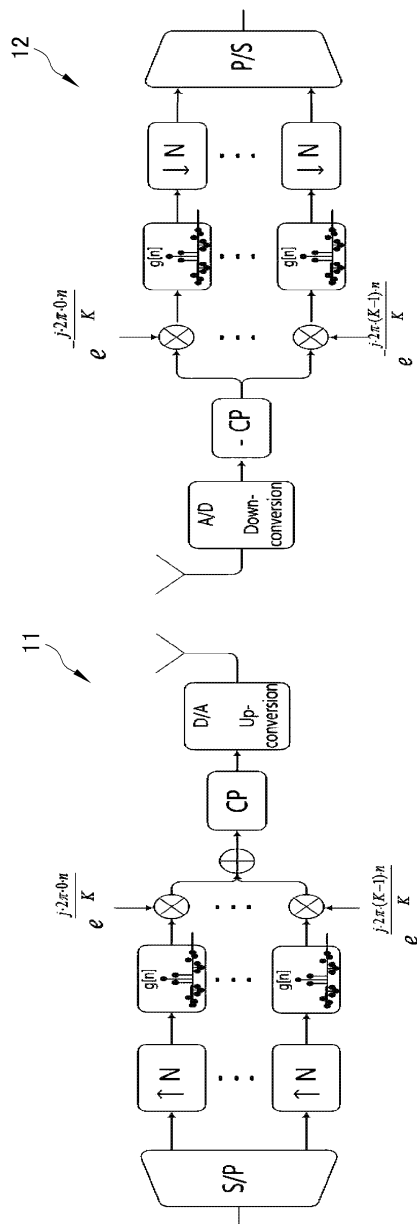
- [0090] 먼저, 수신 장치(12)는 다중 사용자들로부터 전송 신호를 수신하면(S610), 각 사용자의 전송 신호에 대한 시간 및 주파수 오프셋을 추정한다(S620). 이때, 수신 장치(12)는 참고로, 전송 신호에 대한 오프셋을 추정하기 위해 앞서 수신된 전송 신호를 아날로그-디지털 컨버팅(A/D)하고, CP를 제거하는 절차를 수행할 수 있다.
- [0091] 다음으로, 수신 장치(12)는 추정된 시간 및 주파수 오프셋을 기초로 사용자 별 수신 필터 계수를 생성한다(S630). 수신 필터의 계수를 산출하는 방법은 앞서 수학식 13 내지 19를 통해 나타내었으므로 상세한 설명은 생략한다.
- [0092] 다음으로, 수신 장치(12)는 생성된 필터 계수가 적용된 수신 필터를 통해 간섭 제거된 전송 신호를 복조 처리하여 데이터를 검출한다(S640).
- [0093] 이후, 수신 장치(12)는 복조 처리한 후 신호를 P/S 엔코더(Parallel to Serial encoder)를 통해 직렬 데이터로 컨버팅하여 검출 데이터로서 출력할 수 있다.
- [0094] 본 발명의 일 실시예는 컴퓨터에 의해 실행되는 프로그램 모듈과 같은 컴퓨터에 의해 실행 가능한 명령어를 포함하는 기록 매체의 형태로도 구현될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 휘발성 및 비휘발성 매체, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 또한, 컴퓨터 판독가능 매체는 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, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다.
- [0095] 본 발명의 방법 및 시스템은 특정 실시예와 관련하여 설명되었지만, 그것들의 구성요소 또는 동작의 일부 또는 전부는 범용 하드웨어 아키텍처를 갖는 컴퓨터 시스템을 사용하여 구현될 수 있다.
- [0096] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

부호의 설명

- [0097] 10: 무선 통신 시스템
11: 송신 장치 12: 수신 장치
300: 복조기
310: 오프셋 추정부
320: 수신 필터
321: 계수 생성부 322: 필터부

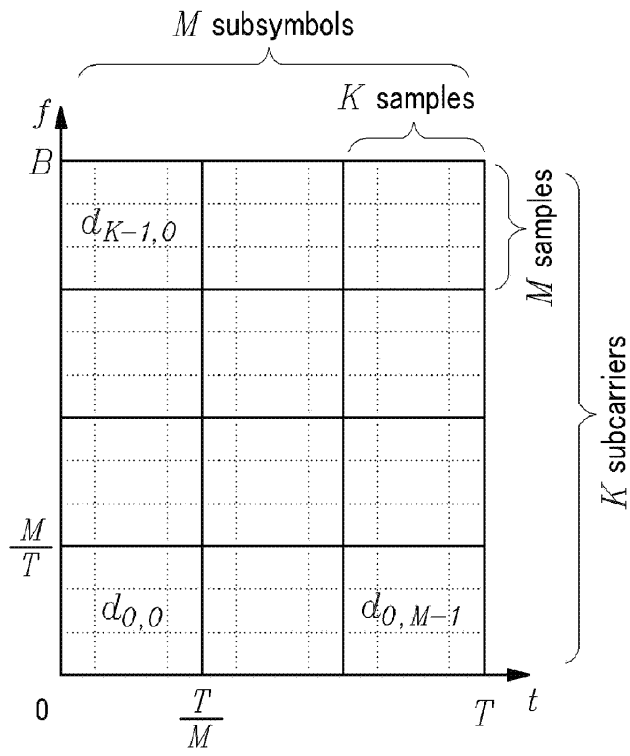
도면

도면1

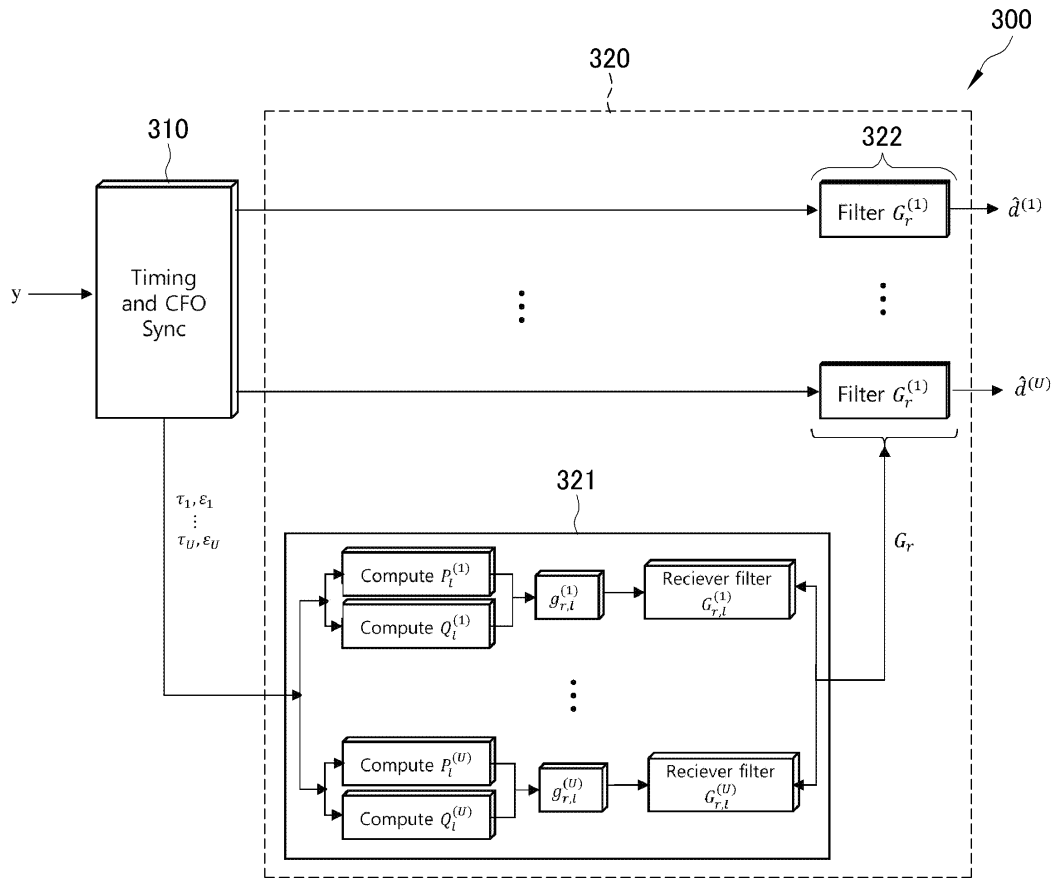


10

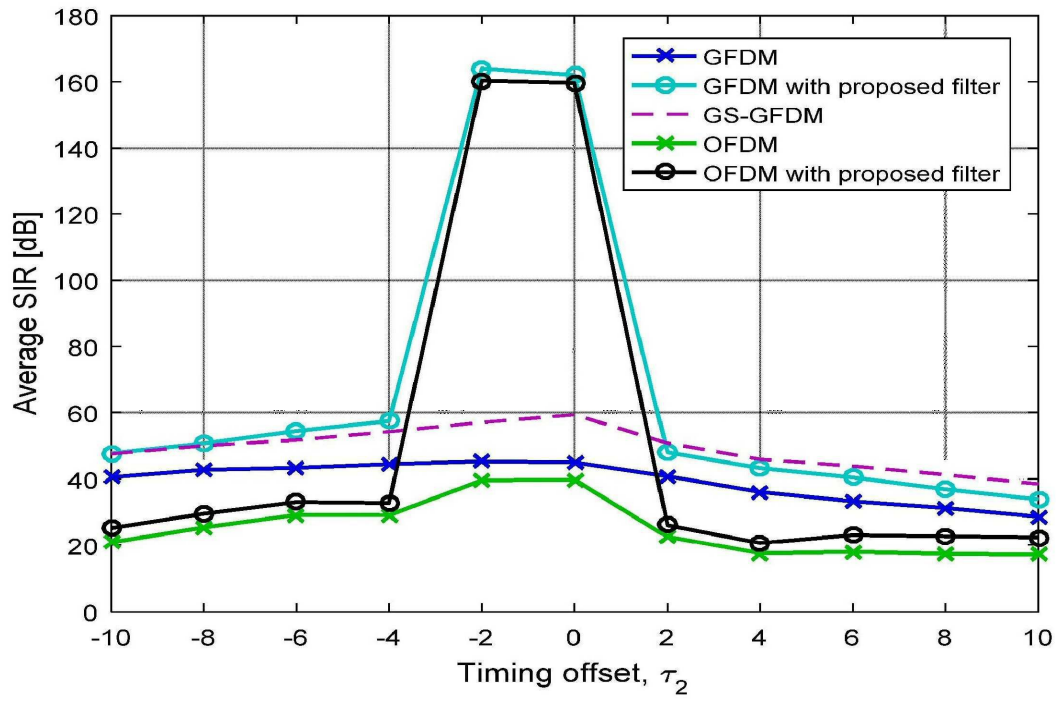
도면2



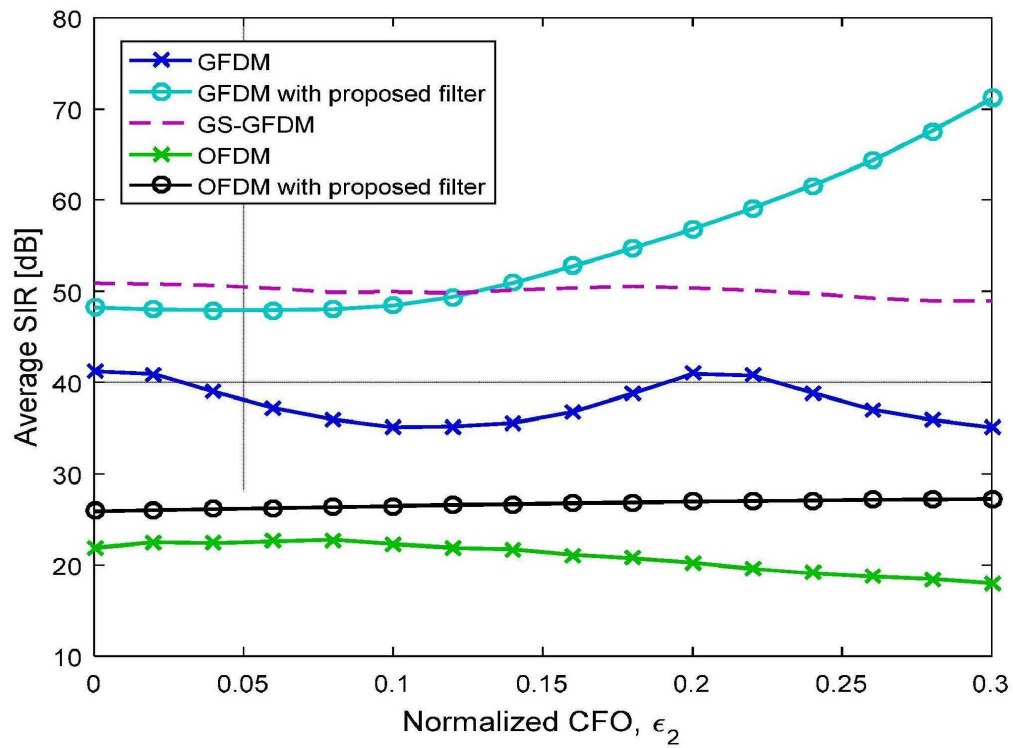
도면3



도면4



도면5



도면6

