



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0055284
(43) 공개일자 2020년05월21일

- | | |
|---|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 27/26 (2006.01) H04L 25/03 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
H04L 27/2691 (2013.01)
H04L 25/03859 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2018-0138768</p> <p>(22) 출원일자 2018년11월13일
심사청구일자 없음</p> | <p>(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50</p> <p>(72) 발명자
양현중
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
김영준
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50</p> <p>(74) 대리인
특허법인 무한</p> |
|---|--|

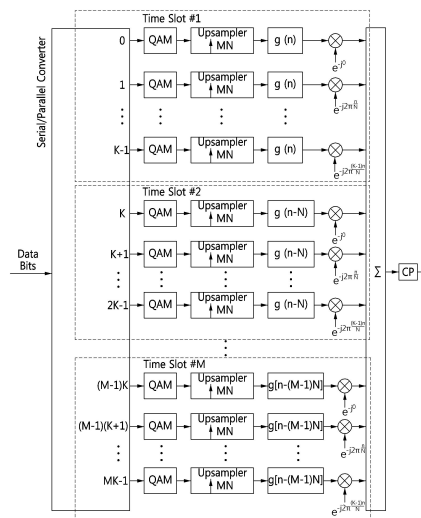
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 비동기 통신 방법 및 장치

(57) 요약

사용자 단말의 GFDM(Generalized Frequency Division Multiplexing) 송신기를 이용하여 생성된 GFDM 신호를 유 후 주파수 대역을 이용하여 동기화되지 않은 상태로 수신하는 단계; 및 상기 사용자 단말로부터 수신한 상기 GFDM 신호로부터 미리 설정된 관측시간 동안 SNR 크기를 측정하여 내림차순에 따라 기지국에서 검파하는 단계를 포함하는, 비동기 통신 방법일 수 있다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

H04L 2201/04 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711065385
 부처명 과학기술정보통신부
 연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터
 연구사업명 방송통신산업기술개발
 연구과제명 5G 실감형 서비스를 실현하기 위한 초저지연 네트워크 기술 연구
 기 여 율 0.5/1
 주관기관 울산과학기술원
 연구기간 2018.01.01 ~ 2018.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711070434
 부처명 과학기술정보통신부
 연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터
 연구사업명 정보통신기술인력양성(R&D)
 연구과제명 자가충전형 초소형 전국단위 위치추적 시스템 원천기술 개발
 기 여 율 0.5/1
 주관기관 울산과학기술원
 연구기간 2018.01.01 ~ 2018.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

사용자 단말의 GFDM(Generalized Frequency Division Multiplexing) 송신기를 이용하여 생성된 GFDM 신호를 유희 주파수 대역을 이용하여 동기화되지 않은 상태로 수신하는 단계; 및

상기 사용자 단말로부터 수신한 상기 GFDM 신호로부터 미리 설정된 관측시간 동안 SNR 크기를 측정하여 내림차순에 따라 기지국에서 검파하는 단계

를 포함하는, 비동기 통신 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 GFDM 신호는,

상기 동기화되지 않는 통신에 의해 발생하는 인접한 주파수 대역을 사용하는 간섭 유저로부터의 간섭 영향을 억제하기 위해 대역 외 방사(Out of Band Emission, OOB)가 낮은, 비동기 통신 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 수신한 GFDM 신호로부터 미리 설정된 관측시간 동안 SNR 크기를 측정하여 내림차순에 따라 기지국에서 검파하는 경우, 간섭 영향을 발생시키는 간섭 유저의 SNR 크기에 관계없이 원하는 유저의 데이터 전송 속도(data rate)는 유지되는,

비동기 통신 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 GFDM 신호는 GFDM 변조 행렬에 기초하여 생성되며, 상기 GFDM 변조 행렬은 할당된 서브 심볼(sub-symbol), 서브 캐리어(sub-carrier)에 따른 기준 신호에 기초하는,

비동기 통신 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 SNR 크기를 측정하여 내림차순에 따라 기지국에서 검파하는 단계는, 제로 포싱(Zero-forcing)을 이용하여 검파하는 단계를 포함하는,

비동기 통신 방법.

청구항 6

하드웨어와 결합되어 제1항 내지 제5항 중 어느 하나의 항의 방법을 실행시키기 위하여 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

청구항 7

프로세서 및 컴퓨터에서 읽을 수 있는 명령어를 포함하는 메모리를 포함하고, 상기 명령어가 상기 프로세서에서 실행되면,

상기 프로세서는, GFDM(Generalized Frequency Division Multiplexing) 송신기를 이용하여 생성된 GFDM 신호를 유휴 주파수 대역을 이용하여 동기화되지 않은 상태로 사용자 단말로부터 수신하고, 상기 사용자 단말로부터 상기 수신한 GFDM 신호로부터 미리 설정된 관측시간 동안 SNR 크기를 측정하여 내림차순에 따라 기지국에서 검파하는,

비동기 통신 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 GFDM 신호는,

상기 동기화되지 않는 통신에 의해 발생하는 인접한 주파수 대역을 사용하는 간섭 유저로부터의 간섭 영향을 억제하기 위해 대역 외 방사(Out of Band Emission, OOB E)가 낮은,

비동기 통신 장치.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 수신한 GFDM 신호로부터 미리 설정된 관측시간 동안 SNR 크기를 측정하여 내림차순에 따라 기지국에서 검파하는 경우, 간섭 영향을 발생시키는 간섭 유저의 SNR 크기에 관계없이 원하는 유저의 데이터 전송 속도(data rate)는 유지되는,

비동기 통신 장치.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 GFDM 신호는 GFDM 변조 행렬에 기초하여 생성되며, 상기 GFDM 변조 행렬은 할당된 서브 심볼(sub-symbol), 서브 캐리어(sub-carrier)에 따른 기준 신호에 기초하는,

비동기 통신 장치.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 SNR 크기를 측정하여 내림차순에 따라 기지국에서 검파할 때, 제로 포싱(Zero-forcing)을 이용하여 검파하는,

비동기 통신 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 아래 실시예들은, 동기식 통신이 아닌 비동기 통신을 이용하는 통신 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 기존의 동기식 통신은 기지국에서 동기화 과정을 수행한 이후 자원을 할당하기 때문에 지연시간의 발생이 필연적이었고, OFDM을 이용한 동기식 통신을 수행할 경우 높은 대역외 방사(Out of Band Emission, OOB)로 인해 인접한 주파수를 사용하는 유저에게 간섭 효과를 발생시켰다.

[0004] 또한, 기존의 비동기 통신은 동기화 과정이 수행되지 않았기 때문에 인접한 주파수를 사용하는 유저의 신호가 원하는 신호에 간섭을 유발하는 문제가 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 일 실시예에 따르면, OFDM 사각필터 대신 다양한 종류의 필터를 사용하는 신호를 만드는데 유연함이 있는 GFDM을 적용하여, 비동기 통신으로 인한 간섭을 줄이기 위해 OOB가 낮은 GFDM 신호를 이용함으로써, 비동기식 통신을 수행하는 통신 방법일 수 있다.

[0007] 일 실시예에 따르면, 일정한 관측시간 내에서 유저들의 SNR을 측정해 SNR이 높은 유저부터 검파한 후 수신된 신호에서 제거하는 순차적 간섭 제거(Successive Interference Cancellation, SIC)를 적용하여, SNR이 낮은 유저들의 데이터 전송 속도를 보존하는 통신 방법일 수 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 일 측면에 따르면, 사용자 단말의 GFDM(Generalized Frequency Division Multiplexing) 송신기를 이용하여 생성된 GFDM 신호를 유휴 주파수 대역을 이용하여 동기화되지 않은 상태로 수신하는 단계; 및 상기 사용자 단말로부터 수신한 상기 GFDM 신호로부터 미리 설정된 관측시간 동안 SNR 크기를 측정하여 내림차순에 따라 기지국에서 검파하는 단계를 포함하는, 비동기 통신 방법일 수 있다.

[0010] 상기 GFDM 신호는, 상기 동기화되지 않는 통신에 의해 발생하는 인접한 주파수 대역을 사용하는 간섭 유저로부터의 간섭 영향을 억제하기 위해 대역 외 방사(Out of Band Emission, OOB)가 낮은, 비동기 통신 방법일 수 있다.

[0011] 상기 수신한 GFDM 신호로부터 미리 설정된 관측시간 동안 SNR 크기를 측정하여 내림차순에 따라 기지국에서 검파하는 경우, 간섭 영향을 발생시키는 간섭 유저의 SNR 크기에 관계없이 원하는 유저의 데이터 전송 속도(data rate)는 유지되는, 비동기 통신 방법일 수 있다.

[0012] 상기 GFDM 신호는 GFDM 변조 행렬에 기초하여 생성되며, 상기 GFDM 변조 행렬은 할당된 서브 심볼(sub-symbol), 서브 캐리어(sub-carrier)에 따른 기준 신호에 기초하는, 비동기 통신 방법일 수 있다.

[0013] 상기 SNR 크기를 측정하여 내림차순에 따라 기지국에서 검파하는 단계는, 제로 포싱(Zero-forcing)을 이용하여 검파하는 단계를 포함하는, 비동기 통신 방법일 수 있다.

[0014] 일 측면에 따르면, 하드웨어와 결합되어 비동기 통신 방법을 실행시키기 위하여 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램일 수 있다.

- [0015] 일 측면에 따르면, 프로세서 및 컴퓨터에서 읽을 수 있는 명령어를 포함하는 메모리를 포함하고, 상기 명령어가 상기 프로세서에서 실행되면, 상기 프로세서는, GFDM(Generalized Frequency Division Multiplexing) 송신기를 이용하여 생성된 GFDM 신호를 유휴 주파수 대역을 이용하여 동기화되지 않은 상태로 사용자 단말로부터 수신하고, 상기 사용자 단말로부터 상기 수신한 GFDM 신호로부터 미리 설정된 관측시간 동안 SNR 크기를 측정하여 내림차순에 따라 기지국에서 검파하는, 비동기 통신 장치일 수 있다.
- [0016] 상기 GFDM 신호는, 상기 동기화되지 않은 통신에 의해 발생하는 인접한 주파수 대역을 사용하는 간섭 유제로부터의 간섭 영향을 억제하기 위해 대역 외 방사(Out of Band Emission, OOB)가 낮은, 비동기 통신 장치일 수 있다.
- [0017] 상기 수신한 GFDM 신호로부터 미리 설정된 관측시간 동안 SNR 크기를 측정하여 내림차순에 따라 기지국에서 검파하는 경우, 간섭 영향을 발생시키는 간섭 유제의 SNR 크기에 관계없이 원하는 유제의 데이터 전송 속도(data rate)는 유지되는, 비동기 통신 장치일 수 있다.
- [0018] 상기 GFDM 신호는 GFDM 변조 행렬에 기초하여 생성되며, 상기 GFDM 변조 행렬은 할당된 서브 심볼(sub-symbol), 서브 캐리어(sub-carrier)에 따른 기준 신호에 기초하는, 비동기 통신 장치일 수 있다.
- [0019] 상기 프로세서는, 상기 SNR 크기를 측정하여 내림차순에 따라 기지국에서 검파할 때, 제로 포싱(Zero-forcing)을 이용하여 검파하는, 비동기 통신 장치일 수 있다.

발명의 효과

- [0021] 일 실시예에 따르면, 비동기식 통신 방법을 수행하기 위해, OFDM 사각필터 대신 다양한 종류의 필터를 사용하는 신호를 만드는데 유연함이 있는 GFDM을 적용하여, 비동기 통신으로 인한 간섭을 줄이기 위해 OOB가 낮은 GFDM 신호를 이용할 수 있다.
- [0022] 일 실시예에 따르면, 비동기식 통신 방법을 수행하기 위해, 일정한 관측시간 내에서 유저들의 SNR을 측정해 SNR이 높은 유저부터 검파한 후 수신된 신호에서 제거하는 순차적 간섭 제거(Successive Interference Cancellation, SIC)를 적용하여, SNR이 낮은 유저들의 데이터 전송 속도를 보존할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 일 실시예에 따른 비동기식 통신의 데이터 블록을 나타낸 도면이다.
- 도 2 및 도 3은 일 실시예에 따른 GFDM 송신기를 나타낸 도면이다.
- 도 4는 일 실시예에 따른, SNR 크기 순서에 따라 유저들을 순차적으로 검파하는 것을 나타낸 도면이다.
- 도 5는 일 실시예에 따른, 시뮬레이션 결과를 나타낸 도면이다.
- 도 6은 일 실시예에 따른, 비동기 통신 장치가 수행하는 비동기 통신 방법을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 이하, 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 그러나, 특허출원의 범위가 이러한 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0026] 아래 설명하는 실시예들에는 다양한 변경이 가해질 수 있다. 아래 설명하는 실시예들은 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 이들에 대한 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0027] 제1 또는 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 이런 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 이해되어야 한다. 예를 들어, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로도 명명될 수 있다.
- [0028] 실시예에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 실시예를 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수 개의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부품 또는 이

들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

- [0029] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 실시예가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0030] 또한, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성 요소는 동일한 참조 부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 실시예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 실시예의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0031] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0032] 도 1은 일실시예에 따른 비동기식 통신의 데이터 블록을 나타낸 도면이다.
- [0033] 기존의 OFDM을 이용한 동기식 통신의 경우 동기화 과정이 필요하기 때문에 지연 시간이 발생하였다. 일 실시예에 따르면, 비동기식 통신의 사용으로 동기화 과정에 필요한 지연 시간을 줄이고, 비동기식 통신으로 인한 간섭 영향을 줄이기 위해 대역외 방사(Out of Band Emission, OOB)가 낮은 GFDM 신호를 사용하여 비동기식 통신을 수행할 수 있다.
- [0034] 도 1을 참조하면, 비동기식 통신의 데이터 블록이 도시된다. 가로 축은 시간을 나타내고 세로 축은 주파수를 나타내며, $d_{(a,b)}$ 는 a 번째 유저의 b 번째 데이터를 나타낸다. 이때, 각각의 데이터 블록들은 GFDM(Generalized Frequency Division Multiplexing)을 이용하여 변조될 수 있다.
- [0035] GFDM은 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)에서 시간 축의 사각 필터를 대신하여 다양한 필터를 사용하는 방법으로, 직교성이 성립하지 않지만 신호의 길이와 주파수축의 활용 측면에서 유리한 점이 있는 일반화된 주파수 변조 방법이다.
- [0036] 일실시예에서, GFDM 변조 행렬은 다음의 수학적 식 1과 같이 표현될 수 있다.

수학적 식 1

$$\mathbf{A} = (\mathbf{g}_{0,0}, \dots, \mathbf{g}_{K-1,0}, \mathbf{g}_{0,1}, \dots, \mathbf{g}_{K-1,M-1})$$

- [0038] 여기서, g 는 OFDM의 사각필터 대신 사용되는 필터 waveform으로서, 본 발명에서는 일 실시예로서 주파수 축에서 RC(Raised Cosine)을 순환 이동시킨 모양의 기준 신호($m=0, k=0$ waveform)를 사용할 수 있다. 할당된 서브 심볼(sub-symbol), 서브 캐리어(sub-carrier)에 따른 기준 신호($m=0, k=0$ waveform)는 다음의 수학적 식 2와 같이 변조될 수 있다. 이때, m 은 서브 심볼을 나타내고, k 는 서브 캐리어를 나타내고, N 은 샘플링 숫자를 나타낸다.

수학적 식 2

$$\mathbf{g}_{k,m}[n] = g[(n - mK) \bmod N] e^{-j2\pi \frac{k}{K} n}, m \in M, k \in K$$

- [0040] 전체 유저의 집합을 U 라고 할 때, 한 명의 유저의 총 데이터는 다음의 수학적 식 3과 같이 표현될 수 있다. 이때, $\mathbf{d}_{u,-1}$ 은 $\mathbf{d}_{u,0}$ 를 기준으로 직전의 데이터를 나타내며, $\mathbf{d}_{u,1}$ 은 $\mathbf{d}_{u,0}$ 를 기준으로 직후의 데이터를 나타낸다.

수학식 3

$$\mathbf{d}_u = \begin{pmatrix} \mathbf{d}_{u,-1} \\ \mathbf{d}_{u,0} \\ \mathbf{d}_{u,1} \end{pmatrix} u \in U$$

[0041]

[0042] 이 때, 한 명의 유저가 전송하는 신호는 다음의 수학식 4와 같이 표현될 수 있다.

수학식 4

$$\mathbf{x}_u = (\mathbf{I}_3 \otimes \mathbf{CA}_u) \mathbf{d}_u$$

[0043]

[0044] 여기서, $\mathbf{I}_3$ 는 3*3 단위행렬을 나타낸다. 또한, $\otimes$ 는 크로네커 곱(Kronecker product)으로 $\mathbf{CA}_u$ 행렬의 행과 열을 3배만큼 늘린 사이즈의 행렬에 $\mathbf{CA}_u$ 를 대각선을 기준으로 배치하는 연산자를 나타낸다. 따라서, $\mathbf{x}_u$ 는 $\mathbf{CA}_u \mathbf{d}_{u,-1}, \mathbf{CA}_u \mathbf{d}_{u,0}, \mathbf{CA}_u \mathbf{d}_{u,1}$ 세 신호가 열방향으로 배열된 것으로서, 이는 각각의 행이 시간을 나타내기 때문에 시간 축에서 세 신호가 연속적으로 전송되는 것을 나타낼 수 있다.

[0045] CP(Cyclic Prefix)는 주기적 전치 부호로서 가드 인터벌 구간에 신호가 없으면 직교성이 성립되지 않는 것을 방지하기 위해 전송되는 신호를 나타내고, 가드 인터벌 구간은 신호간 간섭을 방지하기 위해 비워진 구간을 나타낼 수 있다. 이때, CP는 원래의 신호에서 뒷부분의(끝부터) 일부를 복사하여 앞부분에 붙이는 것일 수 있다. 뿐만 아니라, 기지국이 CP 길이만큼의 같은 신호가 앞부분과 뒷부분에 있는지 확인하여, 신호의 시작 시간을 확인할 때에도 사용될 수 있다.

[0046] CP의 길이는 채널의 다중 경로(multi path)의 개수보다 많도록 설정될 수 있다. 뒷부분의 신호를 앞부분에 붙여주는 역할을 하는 CP를 붙였을 때 행렬 C의 사이즈가 $(N + N_{CP}) \times N$ 인 이유는, i) 원래의 신호가 N개의 열을 가지고 있으며 각각의 열이 변복조 웨이브이고, ii) 각각의 행이 시간을 나타낼 때 행렬 C는 각각의 열의 뒷부분 행에서 N_{CP} 개 만큼 복사하여 첫번째 행의 뒷부분에 붙여주는 행렬이기 때문이다.

[0047] 여기서, N_{CP} 가 CP(cyclic prefix)의 사이즈 일 때, C는 $(N+N_{CP}) \times N$ 사이즈의 CP를 형성하는 행렬이고, $\otimes$ 는 크로네커 곱(Kronecker product)을 나타낸다. l_a 는 검파하는 유저와 a 사이의 시간 차이를 나타내며, 0번째 유저를 검파할 때 검파의 대상이 되는 수신 신호는 아래의 수학식 5와 같이 표현될 수 있다.

수학식 5

$$\hat{\mathbf{y}}_\alpha = \tilde{\mathbf{H}}_\alpha \mathbf{A}_\alpha \mathbf{d}_{\alpha,0} + \sum_{u \neq \alpha} \mathbf{i}_u + \mathbf{n}$$

[0048]

[0049] 여기서, $\tilde{\mathbf{H}}_\alpha$ 는 $N \times N$ 사이즈의 순환 행렬(circulant matrix)이고, $\mathbf{A}_\alpha$ 는 GFDM 변조 행렬이고, $\mathbf{i}_u$ 는 u번째 유저에 의한 간섭 신호를 나타내고, n은 평균이 0이고 분산은 σ_n^2 인 노이즈 벡터일 수 있다. 이때, $\mathbf{i}_u$ 는 다음

의 수학적식 6과 같이 표현될 수 있다.

수학적식 6

$$\mathbf{i}_u = \mathbf{S}_{l_u} \mathbf{H}_u (\mathbf{I}_3 \otimes \mathbf{C} \mathbf{A}_u) \mathbf{d}_u$$

[0050]

[0051] 여기서, $\mathbf{H}_u$ 는 $(3(N + N_{CP}) + L - 1 \times 3(N + N_{CP}))$ 사이즈의 채널을 나타내는 Toeplitz 행렬일 수 있고, $\mathbf{S}_{l_u}$ 는 연속된 데이터로 구성된 연속된 신호를 검파하는 시간에 따라 자르는 행렬로서, 아래의 수학적식 7과 같이 표현될 수 있다.

[0052] 채널은 다중 경로(multi path)를 가지기 때문에, 대각선 행렬(diagonal matrix)가 아닌 Toeplitz 행렬에 따라 모델링될 수 있다. Toeplitz 행렬은 대각선 상의 모든 구성요소들의 값이 같은 행렬로서, 다중 경로로 인한 시간 차를 가지는 동일한 신호들을 나타내는데 사용될 수 있다.

[0053] 다중 경로를 통해 신호가 입력되는 총 시간이 L이고 첫 번째 경로의 신호가 입력될 때부터 채널 행렬을 설계할 때, 모든 신호가 입력되기 위해서는 첫 번째 경로의 신호의 통과에 필요한 시간이며 신호의 길이인 $3(N + N_{CP})$ 에 L-1개의 다중 경로로 인한 신호들이 통과하는 시간을 더한 만큼의 시간을 고려할 필요가 있다. 따라서 $\mathbf{H}_u$ 는 $(3(N+N_{CP})+L-1) \times 3(N+N_{CP})$ 사이즈의 행렬일 수 있으며, 이때 신호의 각각의 행이 시간을 나타내기 때문에 채널에서는 각각의 열이 시간을 나타낼 수 있다.

[0054] 뒷부분의 신호를 앞부분에 붙여서 만든 CP가 있기 때문에 $\tilde{\mathbf{H}}_u$ 는 Toeplitz 행렬이 아닌 Circulant 행렬의 형태일 수 있다. 이때, Circulant 행렬은 각각의 행과 열에서 구성요소들이 행 기준으로 할 때 한칸씩 오른쪽으로 이동하거나 또는 열 기준으로 한칸씩 아래쪽으로 이동하는 행렬이다. 따라서, Circulant 행렬 $\tilde{\mathbf{H}}_u$ 는 $N \times N$ 사이즈의 정방 행렬일 수 있다.

[0055] $\mathbf{S}_{l_u}$ 는 연속된 데이터로 구성된 연속된 신호를 검파하는 시간에 따라 자르는 행렬로서, 아래의 수학적식 7과 같이 표현될 수 있다.

수학적식 7

$$\mathbf{S}_{l_u} = \begin{pmatrix} \mathbf{0}_{N \times l_u}, \mathbf{I}_N, \mathbf{0}_{N \times (3(N+N_{CP})+L-1-N-l_u)} \end{pmatrix}$$

[0056]

[0057] 도 1을 참조하면, 0번째 유저에 동기가 맞춰져 있어 나머지 유저는 연속된 신호에서 l_u 지난 시간부터 N개 만큼 (또는, N 시간만큼) 잘려진 신호를 수신할 수 있다. 여기서, $\mathbf{S}_{l_u}$ 는 l_u 개 만큼의 신호를 처음에 $\mathbf{0}_{N \times l_u}$ 를 통해 삭제하고, $\mathbf{I}_N$ 을 통해 N개의 신호를 통과시킨 후 $\mathbf{0}_{N \times (3(N+N_{CP})+L-1-N-l_u)}$ 를 통해 나머지 신호를 삭제할 수 있다. 이때, 채널과 마찬가지로 각각의 열이 시간을 나타내고 $\mathbf{I}_N$ 은 $N \times N$ 사이즈의 단위 행렬을 나타낼 수 있다.

[0058] 일 실시예에 따르면, 제로 포싱(Zero Forcing)을 이용할 경우, 아래의 수학적식 8과 같이 검파할 수 있다.

수학식 8

$$\mathbf{A}_{\alpha}^{-1} \tilde{\mathbf{H}}_{\alpha}^{-1} \tilde{\mathbf{y}}_{\alpha} = \mathbf{d}_{\alpha,0} + \mathbf{A}_{\alpha}^{-1} \tilde{\mathbf{H}}_{\alpha}^{-1} \sum_{i \neq \alpha} \mathbf{i}_i + \mathbf{A}_{\alpha}^{-1} \tilde{\mathbf{H}}_{\alpha}^{-1} \mathbf{h}.$$

[0059]

[0060]

여기서, 수신된 신호 $\mathbf{Y}_a$ 와 특정한 검파 행렬 $\mathbf{W}$ 간의 곱을 통해 간섭 및 노이즈는 최소화될 수 있다. 검파 행렬 $\mathbf{W}$ 를 도출하기 위해 수신된 신호의 자기상관과 데이터 및 수신된 신호 간의 상호상관이 이용될 수 있으며, 검파 행렬 $\mathbf{W}$ 는 아래의 수학식 9와 같다.

수학식 9

$$\mathbf{W} = E[\mathbf{d}_{\alpha,0} \hat{\mathbf{y}}_{\alpha}^H] E[\hat{\mathbf{y}}_{\alpha} \hat{\mathbf{y}}_{\alpha}^H]^{-1}$$

[0061]

[0063]

도 2 및 도 3은 일실시예에 따른 GFDM 송신기를 나타낸 도면이다.

[0064]

도 2를 참조하면, GFDM(Generalized Frequency Division Multiplexing) 송신기는 수신한 Info Bits에 채널 코딩 및 M-QAM(Multi-Level Quadrature Amplitude Modulation) 심볼 매핑을 수행할 수 있으며, 이어서 서브캐리어 매핑을 수행할 수 있다. 또한, GFDM 송신기는 CP(cyclic prefix)를 붙인 후, Digital Pulse Shaping 및 Tail-biting 이후 DAC up-conversion을 통해 송신할 수 있다. 도 3을 참조하면, GFDM 방식에 따라 직렬/병렬 컨버터(Serial/Parallel converter)를 이용하여 Data Bits를 부호화하는 과정이 보다 상세하게 도시된다. 일 실시예에 따르면, 도 2 및 도 3에 도시된 바와 같은 구조를 이용하여, 유저 단말이 사용되지 않는 비어있는 주파수 대역을 이용하여 비동기식 통신을 통해 신호를 전송하면, 위에서 설명한 방식으로 기지국은 신호의 수신 및 검파를 진행할 수 있다.

[0066]

도 4는 일 실시예에 따른, SNR 크기 순서에 따라 유저들을 순차적으로 검파하는 것을 나타낸 도면이다.

[0067]

일 실시예에 따르면, 특정한 기준에 따라 유저들을 순차적으로 검파할 수 있다. 이때, 기지국은 SNR(Signal to noise ratio) 크기 순서에 따라 유저들을 검파할 수 있다.

[0068]

도 4를 참조하면, 관측시간(ovserving time) T는 미리 설정될 수 있으며 관측시간 동안 SNR의 크기가 가장 큰

θ_1 에 대응하는 유저가 검출될 수 있다. 순차적으로, 다음 관측시간 동안 SNR의 크기가 2번째로 큰 θ_2

에 대응하는 유저가 검출될 수 있고, 그 다음 관측시간 동안 SNR의 크기가 3번째로 큰 θ_3 에 대응하는 유저

가 검출될 수 있다. 이때, 검출된 θ_1 은 주파수 f_0 에 대응하며, 검출된 θ_2 는 주파수 f_2 에 대응하

며, 검출된 θ_3 는 주파수 f_1 과 대응될 수 있다.

[0069]

검파되는 순서에 따라 유저들을 정렬할 경우, 관측된 유저의 수가 U이고 k번째에 검파되는 유저를 θ_k 라 할 때, n번째 단계에서 이미 검파한 유저들은 아래의 수학식 10과 같이 표현될 수 있고 남아있는 유저들은 아래의 수학식 11과 같이 표현될 수 있다.

수학식 10

[0070]

$$\Theta_n = \{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_{n-1}\}$$

수학식 11

[0071]

$$\Theta_n^c = \{\theta_n, \theta_{n+2}, \dots, \theta_U\}$$

[0072]

수학식 10에서 확인가능하듯이, n번째 단계에서 이미 검파한 유저는 θ_1 부터 θ_{n-1} 까지이고, 관측된 유저 중에서 n번째 단계에서 검파되지 않고 남아있는 유저는 θ_n 부터 θ_U 임을 확인할 수 있다. 이때, 유저들의 SNR은 아래의 수학식 12와 같이 내림차순을 따를 수 있다.

수학식 12

[0073]

$$SNR_{\theta_1} \geq SNR_{\theta_2} \geq \dots \geq SNR_{\theta_U}$$

[0074]

따라서, n번째 단계에서 검파될 유저는 아래의 수학식 13과 같이 표현될 수 있다.

수학식 13

[0075]

$$\arg \max_u SNR_u, \text{ s.t. } u \in \Theta_n^c.$$

[0076]

기지국이 수신한 신호에서 검파한 유저의 신호를 제외하고 남은 신호는 아래의 수학식 14 및 수학식 15와 같이 표현될 수 있다. 수학식 14 및 수학식 15를 이용할 경우, 간섭 유저의 SNR에 관계 없이 원하는 유저의 데이터 전송 속도(data rate)는 유지될 수 있으며, 이는 아래의 도면 5에서 확인된다.

수학식 14

[0077]

$$\tilde{\mathbf{y}}_{\theta_k} = \tilde{\mathbf{H}}_{\theta_k} \mathbf{A}_{\theta_k} \mathbf{d}_{\theta_k,0} + \sum_{u \neq \theta_k} \mathbf{i}_u - \sum_{\theta_l \in \Theta_k} \hat{\mathbf{i}}_{\theta_l} + \mathbf{n}$$

수학식 15

[0078]

$$\hat{\mathbf{i}}_{\theta_k} = \mathbf{S}_{i_{\theta_k}} \mathbf{H}_{\theta_k} (\mathbf{I}_3 \otimes \mathbf{C} \mathbf{A}_{\theta_k}) \hat{\mathbf{d}}_{\theta_k}.$$

[0079]

도 5는 일 실시예에 따른, 시뮬레이션 결과를 나타낸 도면이다.

[0080]

가로축은 간섭 유저의 SNR을 나타내고, 세로축은 원하는 유저의 데이터 전송 속도(data rate)를 나타낸다. 이때, 도 5의 시뮬레이션은 원하는 유저의 SNR을 30dB로 고정시켰으며, 간섭 유저의 SNR은 0 ~ 50dB까지 변화시켰

다.

- [0081] 간섭 유저의 신호가 0인 경우, 그래프(510~540)은 모두 비슷한 성능을 나타낸다. 이때, 그래프(510)은 GFDM ZF(Zero-Forcing) SIC 기술을 적용한 경우이고, 그래프(520)은 GFDM ZF 기술을 적용한 경우이고, 그래프(530)은 OFDM ZF SIC 기술을 적용한 경우이고, 그래프(540)은 OFDM ZF 기술을 적용한 경우에 대응한다.
- [0082] 그래프(540)을 통해, 간섭 유저의 신호가 조금 반영되어도 GFDM을 적용한 경우보다 저조한 성능을 나타내는 것을 확인할 수 있다. 또한, 그래프(520)과 그래프(510)의 비교를 통해, 간섭 유저의 신호가 반영되었는지 여부에 따른 성능 차이가 뚜렷한 것을 확인할 수 있다. 또한, 그래프(530)과 그래프(510)의 비교를 통해, GFDM을 적용하였을 때 간섭 유저의 신호가 반영되어도 성능이 좋은 것을 확인할 수 있다. 즉, 본 발명에서 제안하는 바와 같이, 그래프(510)을 통해 GFDM ZF SIC 기술을 적용하였을 때, 가장 좋은 성능을 나타내는 것을 확인할 수 있다.
- [0083] 일 실시예에 따르면, GFDM ZF SIC 기술의 적용으로 인해, 동기식 통신의 문제점인 지연 시간을 줄일 수 있고 비 동기식 통신의 문제점인 인접한 주파수에 의한 간섭 유저의 영향을 줄일 수 있다.
- [0084] 또는, 일 실시예에 따르면, 일정한 관측시간 내에서 유저들의 SNR을 측정해 SNR이 높은 유저부터 검파한 후 수신된 신호에서 제거하는 순차적 간섭 제거(Successive Interference Cancellation, SIC)를 적용하여, SNR이 낮은 유저들의 데이터 전송 속도를 보존할 수 있다. 이는, SIC를 적용하여 SNR 크기가 높은 유저를 먼저 검파하여 수신된 신호에서 삭제하기 때문에, SNR 크기가 낮은 유저는 SNR 크기가 높은 유저로부터 간섭 영향을 받지 않을 수 있기 때문이다. 따라서, 관찰된 유저들 중에서 상대적으로 SNR이 낮은 유저들의 데이터 전송 속도는 보존될 수 있다.
- [0086] 도 6은 일 실시예에 따른, 비동기 통신 장치가 수행하는 비동기 통신 방법을 나타낸 도면이다.
- [0087] 비동기 통신 장치는 프로세서 및 명령어를 포함하는 메모리를 포함할 수 있고, 명령어가 실행되면 프로세서는 비동기 통신 방법을 수행할 수 있다. 비동기 통신 장치는 기지국내 내장될 수 있거나, 별도로 설치될 수 있다.
- [0088] 단계(610)에서, 비동기 통신 장치는 사용자 단말의 GFDM(Generalized Frequency Division Multiplexing) 송신기를 이용하여 생성된 GFDM 신호를 유휴 주파수 대역을 이용하여 동기화되지 않은 상태로 수신할 수 있다. 이때, 사용자 단말은 유저가 통신을 위해 사용하는 기기를 나타낼 수 있다.
- [0089] 여기서, GFDM 신호는 동기화되지 않는 통신에 의해 발생하는 인접한 주파수 대역을 사용하는 간섭 유저로부터의 간섭 영향을 억제하기 위해 대역 외 방사(Out of Band Emission, OOB E)가 낮은 신호일 수 있다.
- [0090] 단계(620)에서, 비동기 통신 장치는 사용자 단말로부터 수신한 GFDM 신호로부터 미리 설정된 관측시간 동안 SNR 크기를 측정하여 내림차순에 따라 기지국에서 검파할 수 있다.
- [0091] 여기서, 일정한 관측시간 내에서 유저들의 SNR을 측정해 SNR이 높은 유저부터 검파한 후 수신된 신호에서 제거하는 순차적 간섭 제거(Successive Interference Cancellation, SIC)를 적용하여, SNR이 낮은 유저들의 데이터 전송 속도를 보존할 수 있다.
- [0092] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.
- [0093] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의

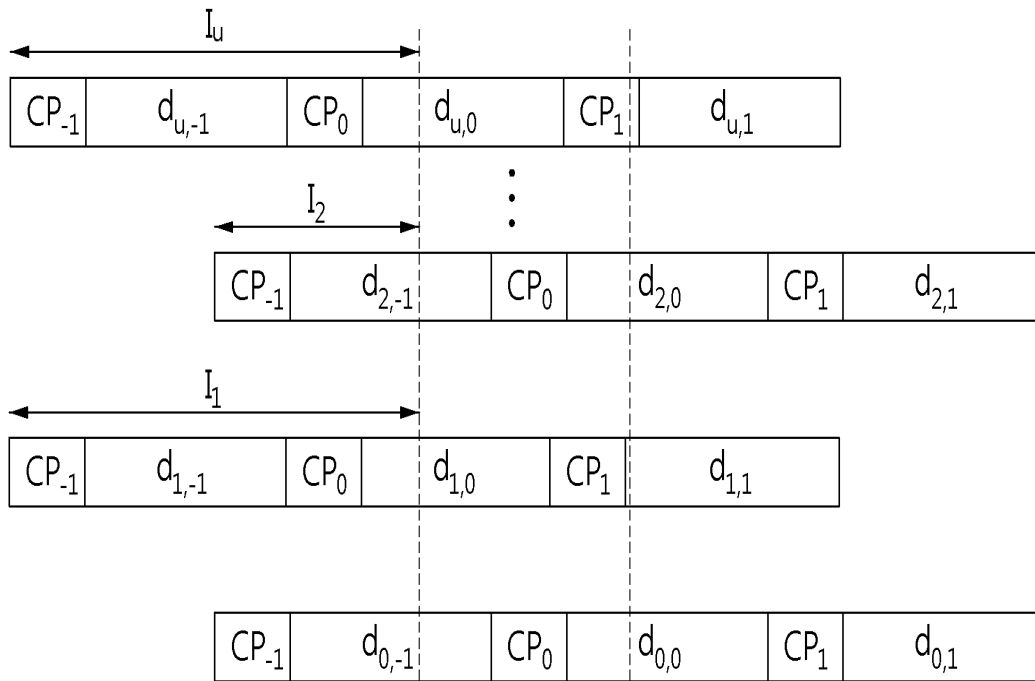
조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0094] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

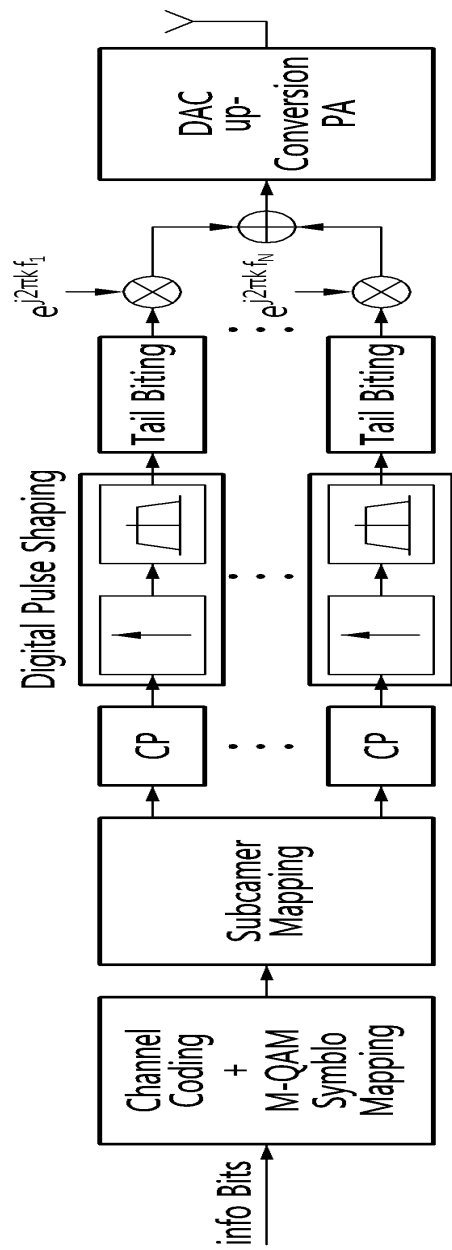
[0095] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기를 기초로 다양한 기술적 수정 및 변형을 적용할 수 있다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

도면

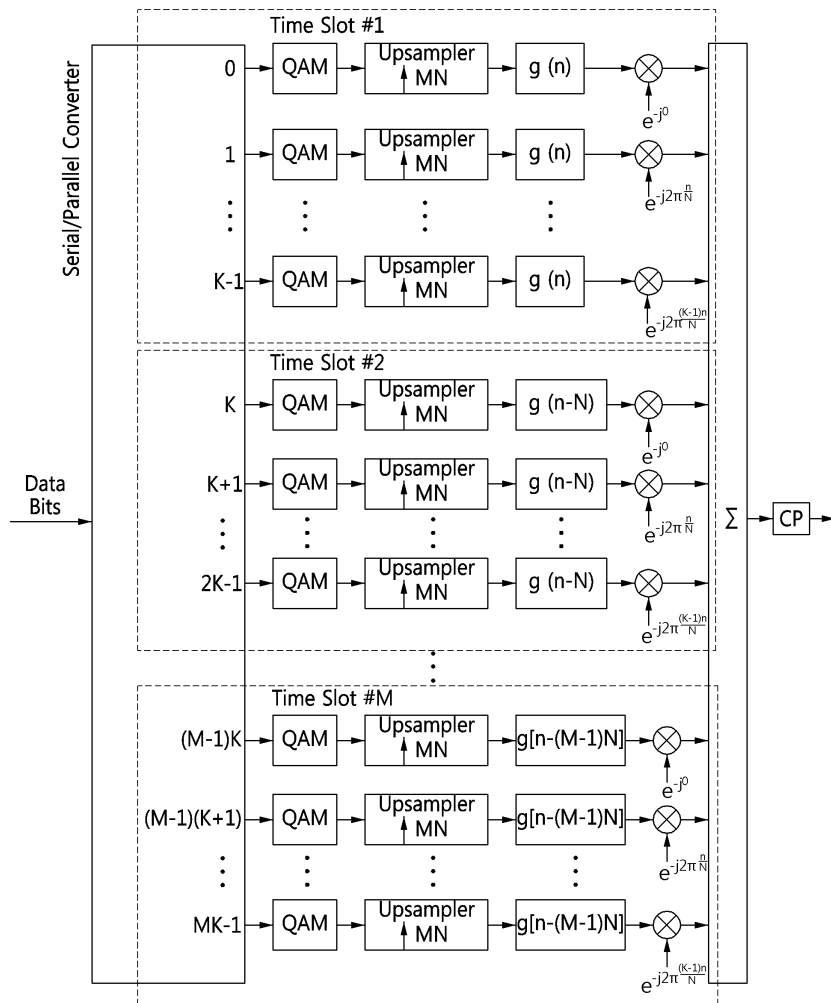
도면1



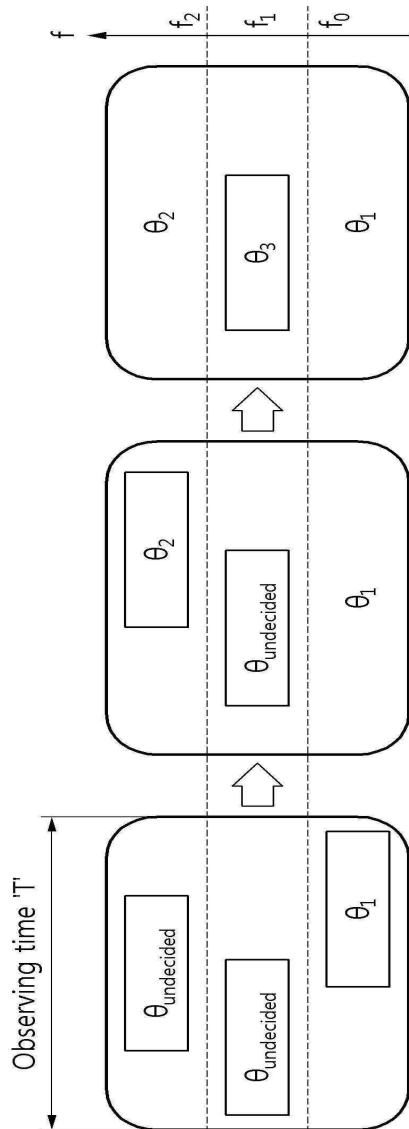
도면2



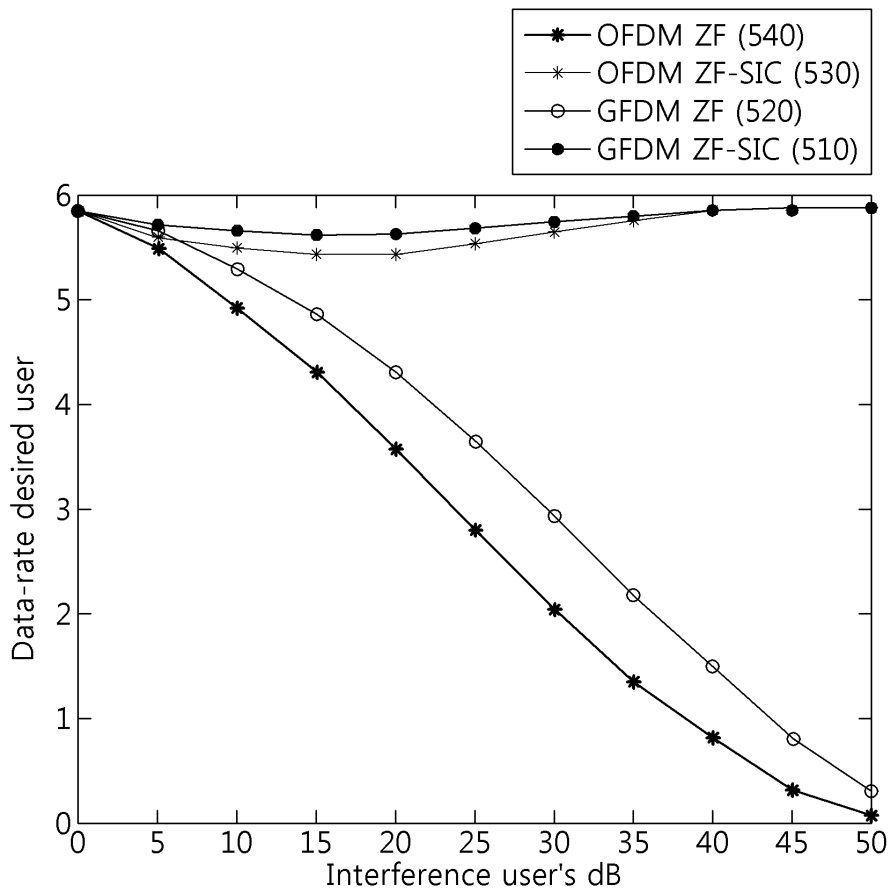
도면3



도면4



도면5



도면6

