



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년09월08일  
(11) 등록번호 10-2153470  
(24) 등록일자 2020년09월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H04B 7/06 (2017.01) H04B 7/0413 (2017.01)  
H04L 27/26 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
H04B 7/0697 (2013.01)  
H04B 7/0413 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2018-0143535  
(22) 출원일자 2018년11월20일  
심사청구일자 2018년11월20일  
(65) 공개번호 10-2019-0065130  
(43) 공개일자 2019년06월11일  
(30) 우선권주장  
1020170164301 2017년12월01일 대한민국(KR)  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020150033883 A\*  
JP2016531522 A  
KR1020070081398 A  
KR1020170043465 A  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
고려대학교 산학협력단  
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)  
(72) 발명자  
강충구  
서울특별시 성북구 인촌로17가길 64, 104동 1404호(안암동1가, 래미안안암아파트)  
아베베 아메하 세가예  
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 기숙사 G225-1  
(74) 대리인  
전중학

전체 청구항 수 : 총 14 항

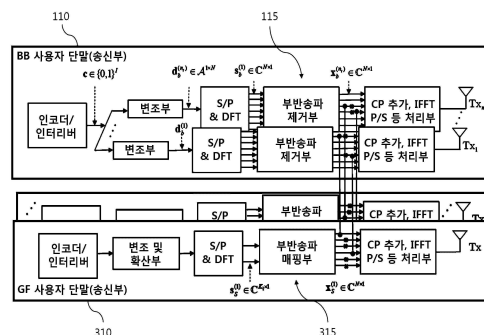
심사관 : 양찬호

(54) 발명의 명칭 광대역 및 산발성 트래픽의 효율적인 공존을 위한 FTN 기반 OFDM 전송 장치 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은 이동통신 시스템의 상향 링크 전송에서 산발성 트래픽을 광대역 트래픽에 할당된 자원에 삽입함으로써 나이퀴스트 레이트(Nyquist rate) 이상의 효율성을 가지고 무선자원을 공유할 수 있도록 하며, 이러한 대역 다중화를 MIMO(Multi Input Multi Output) 전송장치에도 이용할 수 있도록 한 광대역 및 산발성 트래픽의 효율적인 공존을 위한 FTN 기반 OFDM 전송 장치 및 그 방법에 관한 것으로, 광대역 트래픽의 주파수 성분 중 일부 부반송파가 할당된 주파수 영역을 제거하되, 실제 광대역 전송에 기여하지 않는 부반송파들을 선별하여 제거함으로써 실제 부반송파 제거에 따른 품질 저하를 줄이고, 제거된 부반송파 사용 대역들을 산발성 트래픽 전송에 활용하여 산발성 트래픽을 비할당 접속 방식으로 이용할 수 있는 효과가 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

**H04L 27/2601** (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

|             |                                  |
|-------------|----------------------------------|
| 과제고유번호      | 2014-0-00282                     |
| 부처명         | 과학기술정보통신부                        |
| 과제관리(전문)기관명 | 정보통신기술진흥센터(IITP)                 |
| 연구사업명       | 초연결 스마트 서비스를 위한 5G 이동통신 핵심 기술 개발 |
| 연구과제명       | IoT를 위한 5G 무선접속 기술 연구            |
| 기 여 율       | 1/1                              |
| 과제수행기관명     | 정보통신진흥원                          |
| 연구기간        | 2017.05.01 ~ 2017.11.30          |

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

이동통신 시스템의 상향 링크 단말들이 광대역 트래픽 전송에 사용되는 부반송파들 중에서 상기 광대역 트래픽과 동일한 구조의 산발성 트래픽에 할당될 부반송파들을 FTN(Faster-than-Nyquist) 개념에 따라 주파수 영역에서 선별 제거한 후 제거된 부반송파들을 광대역 트래픽 전송에 사용하지 않는 광대역 사용자 단말기와;

상기 광대역 사용자 단말기에서 제거한 부반송파들을 대상으로 산발성 트래픽 전송에 이용할 부반송파 대역을 매핑하여 산발성 트래픽을 비할당 접속(Grant-Free access) 방식으로 전송하는 비할당 사용자 단말기와;

상기 광대역 사용자 단말기로부터 선별 제거된 부반송파에 대한 정보를 수신하여 상기 비할당 사용자 단말기에 제공하는 통신 제어부를 포함하며,

상기 광대역 사용자 단말기는 산발성 트래픽에 할당될 부반송파들을 제거하기 위하여 광대역 트래픽 전송에 할당된 부반송파들 중에서 광대역 전송에 가장 낮은 기여를 하는 부반송파들을 우선 제거하는 부반송파 제거부를 포함하는 광대역 및 산발성 트래픽의 효율적인 공존을 위한 FTN 기반 OFDM 전송 장치.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 통신 제어부는

상기 비할당 사용자 단말기들에 의한 산발성 트래픽의 양에 따라 제거할 부반송파의 수량을 상기 광대역 사용자 단말기에 제공하고,

상기 광대역 사용자 단말기로부터 해당 수량에 대응하는 선별 제거된 부반송파 정보를 수신하여 상기 비할당 사용자 단말기에 제공하는 산발성 트래픽 관리부를 포함하는 것을 특징으로 하는 광대역 및 산발성 트래픽의 효율적인 공존을 위한 FTN 기반 OFDM 전송 장치.

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

청구항 1에 있어서, 상기 부반송파 제거부는

광대역 트래픽 전송에 이용할 부반송파를 복수의 서브 세트들로 분할하고

각 서브세트에서 최소 채널이득을 얻거나 가장 고유채널 이득이 작은 부반송파를 선택하여 우선 제거하는 과정을 설정된 부반송파 제거 수량에 이르도록 반복하는 것을 특징으로 하는 광대역 및 산발성 트래픽의 효율적인 공존을 위한 FTN 기반 OFDM 전송 장치.

#### 청구항 5

청구항 4에 있어서, 상기 부반송파 제거부는 제거되는 부반송파가 인접하 않도록 제거되는 부반송파들 간 최소 간격을 가지도록 하는 것을 특징으로 하는 광대역 및 산발성 트래픽의 효율적인 공존을 위한 FTN 기반 OFDM 전송 장치.

#### 청구항 6

청구항 4에 있어서, 상기 부반송파 제거부는

광대역 트래픽 전송에 이용할 부반송파를 복수의 서브 세트로 분할하고,

주어진 채널에 대한 특이값 분해를 수행한 후

각 서브 세트에서 가장 고유채널 이득이 작은 부반송파를 제거하는 과정을 모든 서브 세트 각각에서 수행하면서 제거된 부반송파 정보를 수집하는 부반송파 제거 과정을 제거된 부반송파의 수가 원하는 수가 될 때까지 모든 서브 세트에 대해 반복하며,

이 과정을 통해 수집된 제거된 부반송파 정보를 상기 통신 제어부에 제공하는 것을 특징으로 하는 광대역 및 산발성 트래픽의 효율적인 공존을 위한 FTN 기반 OFDM 전송 장치.

## 청구항 7

청구항 1에 있어서, 상기 광대역 사용자 단말기는 MIMO(Multi Input Multi Output) 방식의 전송부를 구비하며, 복수 안테나를 위한 공간 다중화 수행 시 각 안테나별로 부반송파 제거부를 구성하여 안테나별로 부반송파를 선별 제거하는 것을 특징으로 하는 광대역 및 산발성 트래픽의 효율적인 공존을 위한 FTN 기반 OFDM 전송 장치.

## 청구항 8

청구항 1에 있어서, 상기 광대역 사용자 단말기나 상기 광대역 사용자 단말기와 광대역 통신을 수행하는 통신 제어부는,

주파수 영역에서 선별 제거한 부반송파들을 광대역 트래픽 전송에 사용하지 않는 FTN 방식으로 전송되는 광대역 트래픽을 수신하기 위하여 광대역 트래픽 사용자 단말기의 심볼을 검출하는 주파수 영역 등화기(frequency-domain equalizer:FDE)나 각 심볼 비트 단위로 로그 우도비(log-likelihood ratio: LLR)를 계산하는 SISO 등화기를 적용한 수신부를 포함하는 것을 특징으로 하는 광대역 및 산발성 트래픽의 효율적인 공존을 위한 FTN 기반 OFDM 전송 장치.

## 청구항 9

광대역 사용자 단말기가 광대역 트래픽 전송에 사용되는 부반송파들 중에서 상기 광대역 트래픽과 동일한 구조의 산발성 트래픽에 할당될 부반송파들을 FTN 개념에 따라 주파수 영역에서 선별 제거한 후 제거된 부반송파들을 광대역 트래픽 전송에 사용하지 않도록 하는 부반송파 제거 단계와;

비할당 사용자 단말기가 상기 부반송파 제거 단계에서 상기 광대역 사용자 단말기가 제거한 부반송파들을 대상으로 산발성 트래픽 전송에 이용할 부반송파 대역을 매핑하여 산발성 트래픽을 비할당 접속(Grant-Free access) 방식으로 전송하는 산발성 트래픽 전송 단계와;

통신 제어부가 상기 부반송파 제거 단계에서 선별 제거된 부반송파에 대한 정보를 광대역 사용자 단말기로부터 수신하여 상기 비할당 사용자 단말기에 제공하는 제어 단계를 포함하며,

상기 부반송파 제거 단계는 산발성 트래픽에 할당될 부반송파들을 제거하기 위하여 광대역 트래픽 전송에 할당된 부반송파들 중에서 광대역 전송에 가장 낮은 기여를 하는 부반송파들을 우선 제거하는 단계를 포함하는 광대역 및 산발성 트래픽의 효율적인 공존을 위한 FTN 기반 OFDM 전송 방법.

## 청구항 10

청구항 9에 있어서, 상기 제어 단계는 상기 통신 제어부가

상기 비할당 사용자 단말기들에 의한 산발성 트래픽의 양에 따라 제거할 부반송파의 수량을 상기 광대역 사용자 단말기에 제공하고,

상기 광대역 사용자 단말기로부터 해당 수량에 대응하는 선별 제거된 부반송파 정보를 수신하여 상기 비할당 사용자 단말기에 제공하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광대역 및 산발성 트래픽의 효율적인 공존을 위한 FTN 기반 OFDM 전송 방법.

#### 청구항 11

삭제

#### 청구항 12

청구항 9에 있어서, 상기 부반송파 제거 단계는

광대역 트래픽 전송에 이용할 부반송파를 복수의 서브 세트로 분할하고

각 서브세트에서 최소 채널이득을 얻거나 가장 고유채널 이득이 작은 부반송파를 선택하여 우선 제거하는 과정을 설정된 부반송파 제거 수량에 이르도록 반복하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광대역 및 산발성 트래픽의 효율적인 공존을 위한 FTN 기반 OFDM 전송 방법.

#### 청구항 13

청구항 9에 있어서, 상기 부반송파 제거 단계는 제거되는 부반송파가 인접하 않도록 제거되는 부반송파들 간 최소 간격을 가지도록 하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광대역 및 산발성 트래픽의 효율적인 공존을 위한 FTN 기반 OFDM 전송 방법.

#### 청구항 14

청구항 9에 있어서, 상기 부반송파 제거 단계는

광대역 트래픽 전송에 이용할 부반송파를 복수의 서브 세트로 분할하고,

주어진 채널에 대한 특이값 분해를 수행한 후

각 서브 세트에서 가장 고유채널 이득이 작은 부반송파를 제거하는 과정을 모든 서브 세트 각각에서 수행하면서 제거된 부반송파 정보를 수집하는 부반송파 제거 과정을 제거된 부반송파의 수가 원하는 수가 될 때까지 모든 서브 세트에 대해 반복하며,

이 과정을 통해 수집된 제거된 부반송파 정보를 상기 통신 제어부에 제공하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광대역 및 산발성 트래픽의 효율적인 공존을 위한 FTN 기반 OFDM 전송 방법.

#### 청구항 15

청구항 9에 있어서, 상기 광대역 사용자 단말기는 MIMO(Multi Input Multi Output) 방식의 전송부를 구비하며, 복수 안테나를 위한 공간 다중화 수행 시 각 안테나별로 부반송파 제거부를 구성하여 안테나별로 부반송파를 선별 제거하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광대역 및 산발성 트래픽의 효율적인 공존을 위한 FTN 기반 OFDM 전송 방법.

#### 청구항 16

청구항 9에 있어서, 상기 광대역 사용자 단말기나 상기 광대역 사용자 단말기와 광대역 통신을 수행하는 통신 제어부의 수신부가,

광대역 트래픽 사용자 단말기의 심볼을 검출하기 위해 주파수 영역 등화기(FDE)나 각 심볼 비트 단위로 로그 우도비(LLR)를 계산하는 SISO 등화기를 적용하여 주파수 영역에서 선별 제거한 부반송파들을 광대역 트래픽 전송

에 사용하지 않는 FTN 방식으로 전송되는 광대역 트래픽을 수신하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광대역 및 산발성 트래픽의 효율적인 공존을 위한 FTN 기반 OFDM 전송 방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

- [0001] 본 발명은 광대역 및 산발성 트래픽의 효율적인 공존을 위한 FTN(faster-than-Nyquist)기반 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 전송 장치 및 그 방법에 관한 것으로, 특히 광대역 트래픽에 할당된 물리적 자원을 산발성 트래픽이 사용하도록 허용하면서도 광대역 트래픽 사용자의 성능을 유지함으로써 나이퀴스트 레이트(Nyquist rate) 이상의 대역 효율성을 가지고 무선자원을 공유할 수 있도록 하며, 나아가 이러한 대역 다중화를 MIMO(Multi Input Multi Output) 전송장치에도 이용할 수 있도록 한 광대역 및 산발성 트래픽의 효율적인 공존을 위한 FTN 기반 OFDM 전송 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

- [0002] IoT(Internet of Things) 서비스를 위해 기계간의 통신을 지원하는 무선 네트워크이 다양하게 활용될 것으로 예측되고 있으며, 이를 위하여 한정된 무선 자원을 효율적으로 사용할 수 있도록 하는 기술이 다양하게 연구되고 있다.
- [0003] 이러한 IoT 서비스에 따른 통신 트래픽은 일반적인 광대역 통신 트래픽에 비해 전송 지연에 대한 제약을 가지면서, 필요할 때만 산발적인 전송이 요구되는 특성이 갖고 있다. 이러한 산발성 특성을 고려하면 별도의 자원을 항상 일정하게 할당할 경우 비효율성이 발생하고, 필요할 때마다 상향 자원 할당을 따로 받아야 하는 경우에는 지연 시간이 발생하게 된다.
- [0004] 이러한 문제를 해결하기 위하여 IoT와 같은 기계간 통신에 사용되는 산발성 트래픽의 특성에 맞도록 필요할 때 별도의 자원을 할당 받지 않고 언제든지 전송할 수 있는 비할당 접속(grant-free access) 방식이 고려되고 있다.
- [0005] 하지만, 이와 같이 상향 링크에서 광대역 트래픽과 비할당 방식의 산발성 트래픽이 효율적으로 공존하도록 하는 구체적인 방안에 관해서는 아직 명확한 해법이 제시되고 있지 못한 실정이다.

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

- [0006] (특허문헌 0001) 한국 공개특허 제10-2018-0108601호 [협대역 및 광대역 캐리어의 공동 배치]
- (특허문헌 0002) 한국 공개특허 제10-2017-0113473호 [이동통신 시스템에서 기기 간 통신과 셀룰라 통신의 공존 방법 및 장치]
- (특허문헌 0003) 한국 등록특허 제10-1805160호 [초광대역 및 초협대역 지원을 위한 자원 할당 방법 및 그 장치]

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0007] 이러한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 목적은 이동통신 시스템의 상향 링크에서 광대역 트래픽과 산발성 트래픽이 공존할 때, 산발성 트래픽의 접속 지연 시간이 발생하지 않도록 광대역 트래픽 전송에 중첩하여 전송하면서도 광대역 트래픽의 전송 성능 감소를 최소화할 수 있도록 한 광대역 및 산발성 트래픽의 효율적인 공존을 위한 FTN 기반 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 전송 장치 및 그 방법을 제공하는 것이다.
- [0008] 특히, 본 발명의 목적은 시간 영역의 신호를 주파수 영역으로 변환한 후에 그 신호가 차지하는 대역폭을 나이퀴스트 대역폭보다 줄이는 FTN(faster-than-Nyquist) 개념을 이용하여 광대역 트래픽의 주파수 성분 중 일부 주파수 성분을 제거하고, 그 제거된 주파수 성분을 산발성 트래픽 전송에 할당함으로써 산발성 트래픽을 비할당 접속 방식으로 이용하면서도 광대역 트래픽의 품질 저하를 최소화하도록 하는 FTN 기반 OFDM 전송 장치 및 그 방

법을 제공하는 것이다.

[0009] 나아가 본 발명의 목적은 이러한 개념을 MIMO(Multi Input Multi Output)으로 확장하여 공간 다중화 처리과정에서 각 안테나 별로 주파수 성분을 제거함으로써 다중화의 자유도를 확장할 수 있도록 한 광대역 및 산발성 트래픽의 효율적인 공존을 위한 FTN 기반 OFDM 전송 장치 및 그 방법을 제공하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 일 실시예에 따른 광대역 및 산발성 트래픽의 효율적인 공존을 위한 FTN 기반 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 전송 장치는 이동통신 시스템의 상향 링크에서 광대역 트래픽 전송에 사용되는 부반송파들 중에서 상기 광대역 트래픽과 동일한 구조의 산발성 트래픽에 할당될 부반송파들을 FTN(Faster-than-Nyquist) 개념에 따라 주파수 영역에서 선별 제거한 후 제거된 부반송파들을 광대역 트래픽 전송에 사용하지 않는 광대역 사용자 단말기와; 상기 광대역 사용자 단말기에서 제거한 부반송파들을 대상으로 산발성 트래픽 전송에 이용할 부반송파 대역을 매핑하여 산발성 트래픽을 비할당 접속(Grant-Free access) 방식으로 전송하는 비할당 사용자 단말기와; 상기 광대역 사용자 단말기로부터 선별 제거된 부반송파에 대한 정보를 수신하여 상기 비할당 사용자 단말기에 제공하는 통신 제어부를 포함한다.

[0011] 일례로서, 통신 제어부는 비할당 사용자 단말기들에 의한 산발성 트래픽의 양에 따라 제거할 부반송파의 수량을 상기 광대역 사용자 단말기에 제공하고, 광대역 사용자 단말기로부터 해당 수량에 대응하는 선별 제거된 부반송파 정보를 수신하여 비할당 사용자 단말기에 제공하는 산발성 트래픽 관리부를 포함할 수 있다.

[0012] 일례로서, 광대역 사용자 단말기는 산발성 트래픽에 할당될 부반송파들을 제거하기 위하여 광대역 트래픽 전송에 할당된 부반송파들 중에서 광대역 전송에 가장 낮은 기여를 하는 부반송파들을 우선 제거하는 부반송파 제거부를 포함할 수 있다.

[0013] 한편, 부반송파 제거부는 광대역 트래픽 전송에 이용할 부반송파를 복수의 서브 세트로 분할하고 각 서브 세트에서 최소 채널이득을 얻거나 가장 고유채널 이득이 작은 부반송파를 선택하여 우선 제거하는 과정을 설정된 부반송파 제거 수량에 이르도록 반복할 수 있다. 나아가, 부반송파 제거부는 인접한 부반송파의 제거로 성능 열화가 생기지 않도록 최소 간격을 가지고 부반송파들이 제거되도록 할 수 있다.

[0014] 또한, 부반송파 제거부는 광대역 트래픽 전송에 이용할 부반송파를 복수의 서브 세트로 분할하고, 주어진 채널에 대한 특이값 분해를 수행한 후 각 서브 세트에서 가장 고유채널 이득이 작은 부반송파를 제거하는 과정을 모든 서브 세트 각각에서 수행하면서 제거된 부반송파 정보를 수집하는 부반송파 제거 과정을 제거된 부반송파의 수가 원하는 수가 될 때까지 모든 서브 세트에 대해 반복하며, 이 과정을 통해 수집된 제거된 부반송파 정보를 상기 통신 제어부에 제공할 수도 있다.

[0015] 일례로서, 광대역 사용자 단말기는 MIMO(Multi Input Multi Output) 방식의 전송부를 구비하며, 복수 안테나를 위한 공간 다중화 수행 시 각 안테나별로 부반송파 제거부를 구성하여 안테나별로 부반송파를 선별 제거할 수 있다.

[0016] 일례로서, 광대역 사용자 단말기나 상기 광대역 사용자 단말기와 광대역 통신을 수행하는 통신 제어부는, 상기 일부 부반송파가 제거되어 FTN 방식으로 전송되는 광대역 트래픽을 수신하기 위하여 광대역 트래픽 사용자 단말기의 심볼을 검출하는 주파수 영역 등화기(frequency-domain equalizer:FDE)나 각 심볼 비트 단위로 로그 우도비(log-likelihood ratio: LLR)를 계산하는 SISO 등화기를 적용한 수신부를 포함할 수 있다.

[0017] 본 발명의 다른 실시예에 따른 광대역 및 산발성 트래픽의 효율적인 공존을 위한 FTN 기반 OFDM 전송 방법은, 광대역 사용자 단말기가 광대역 트래픽 전송에 사용되는 부반송파들 중에서 상기 광대역 트래픽과 동일한 구조의 산발성 트래픽에 할당될 부반송파들을 FTN 개념에 따라 주파수 영역에서 선별 제거한 후 제거된 부반송파들을 광대역 트래픽 전송에 사용하지 않도록 하는 부반송파 제거 단계와; 비할당 사용자 단말기가 상기 부반송파 제거 단계에서 상기 광대역 사용자 단말기가 제거한 부반송파들을 대상으로 산발성 트래픽 전송에 이용할 부반송파 대역을 매핑하여 산발성 트래픽을 비할당 접속(Grant-Free access) 방식으로 전송하는 산발성 트래픽 전송 단계와; 통신 제어부가 상기 부반송파 제거 단계에서 선별 제거된 부반송파에 대한 정보를 광대역 사용자 단말기로부터 수신하여 상기 비할당 사용자 단말기에 제공하는 제어 단계를 포함한다.

### 발명의 효과

[0018] 본 발명의 실시예에 따른 광대역 및 산발성 트래픽의 효율적인 공존을 위한 FTN 기반 OFDM(Orthogonal

Frequency Division Multiplexing) 전송 장치 및 그 방법은 광대역 트래픽과 산발성 트래픽이 공존할 때, 산발성 트래픽의 접속 지연 시간이 발생하지 않도록 광대역 트래픽 전송에 중첩하여 전송하면서도 FTN(faster-than-Nyquist) 개념을 적용하여 광대역 트래픽의 전송 성능 감소와 전력 소모를 최소화할 수 있도록 함으로써 통신 자원 활용성을 극대화할 수 있는 효과가 있다.

[0019] 특히, 본 발명의 실시예에 따른 광대역 및 산발성 트래픽의 효율적인 공존을 위한 FTN 기반 OFDM 전송 장치 및 그 방법은 시간 영역 신호를 주파수 영역으로 변환하고 일부 주파수 성분을 제거함으로써 시간 영역 신호가 차지하는 대역폭을 나이퀴스트 대역폭보다 줄이는 FTN 개념을 이용하여 광대역 트래픽의 주파수 성분 중 일부 부반송파가 할당된 주파수 영역을 제거하되, 실제 광대역 전송에 대한 기여도가 낮은 부반송파들을 선별하여 제거함으로써 실제 부반송파 제거에 따른 품질 저하를 줄이고, 제거된 부반송파 사용 대역들을 산발성 트래픽 전송에 활용하여 산발성 트래픽을 비할당 접속 방식으로 이용할수 있는 효과가 있다.

[0020] 나아가 본 발명의 실시예는 이러한 부반송파 선택 삭제 및 산발성 트래픽 매핑 개념을 MIMO(Multi Input Multi Output) 방식으로 확장하여 공간 다중화 처리과정에서 각 안테나 별로 부반송파들을 제거함으로써 다중화의 자유도를 확장할 수 있는 효과가 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 광대역 및 산발성 트래픽의 효율적인 공존을 위한 FTN 기반 OFDM 전송 장치의 구성을 보인 블록도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 광대역 사용자 단말기의 송신부와 비할당 사용자 단말기의 송신부의 구성을 보인 것으로 부반송파 제거와 매핑 개념을 설명하기 위한 것이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 안테나별 부반송파의 제거를 고려한 3차원적인 부반송파 제거와 매핑에 대한 개념을 보인 개념도이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 부반송파 제거 방식을 설명하는 슈도 코드이며, 도 5는 도 4의 슈도 코드의 동작 방식을 설명하는 순서도이다.

도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 부반송파 제거 방식을 설명하는 슈도 코드이며, 도 7은 도 6의 슈도 코드의 동작 방식을 설명하는 순서도이다.

도 8은 본 발명의 실시예에 따른 광대역 트래픽 수신기 구성을 보인 블록도이다.

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 장치의 성능을 실험하기 위한 파라미터 표이고, 도 10 및 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 장치의 성능을 평가하기 위한 실험 데이터를 보인 그래프도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 본 발명에서 사용되는 기술적 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아님을 유의해야 한다. 또한, 본 발명에서 사용되는 기술적 용어는 본 발명에서 특별히 다른 의미로 정의되지 않는 한, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 의미로 해석되어야 하며, 과도하게 포괄적인 의미로 해석되거나, 과도하게 축소된 의미로 해석되지 않아야 한다. 또한, 본 발명에서 사용되는 기술적인 용어가 본 발명의 사상을 정확하게 표현하지 못하는 잘못된 기술적 용어일 때에는 당업자가 올바르게 이해할 수 있는 기술적 용어로 대체되어 이해되어야 할 것이다. 또한, 본 발명에서 사용되는 일반적인 용어는 사전에 정의되어 있는 바에 따라, 또는 전후 문맥상에 따라 해석되어야 하며, 과도하게 축소된 의미로 해석되지 않아야 한다.

[0023] 또한, 본 발명에서 사용되는 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한 복수의 표현을 포함한다. 본 발명에서 "구성된다" 또는 "포함한다" 등의 용어는 발명에 기재된 여러 구성 요소들 또는 여러 단계를 반드시 모두 포함하는 것으로 해석되지 않아야 하며, 그 중 일부 구성 요소들 또는 일부 단계들은 포함되지 않을 수도 있고, 또는 추가적인 구성 요소 또는 단계들을 더 포함할 수 있는 것으로 해석되어야 한다.

[0024] 또한, 본 발명에서 사용되는 제 1, 제 2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 구성 요소들은 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제 1 구성 요소는 제 2 구성 요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제 2 구성 요소도 제 1 구성 요소로 명명될 수 있다.

- [0025] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하되, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 유사한 구성 요소는 동일한 참조 번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0026] 또한, 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 발명의 사상을 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 발명의 사상이 제한되는 것으로 해석되어서는 아니 됨을 유의해야 한다.
- [0027] 나아가 본 발명을 설명하기 위한 모든 장치나 부는 기계적 요소와 전기적 요소로 실제 구현될 수 있는 것으로서 다양한 전자회로와 반도체, 선로, 방사체, 전원을 포함하며, 이들을 제어하기 위한 제어부를 구비할 수 있는데, 이러한 제어부는 RAM, ROM, CPU, GPU, 버스를 포함할 수 있으며, RAM, ROM, CPU, GPU 등은 버스를 통해 서로 연결될 수 있다. CPU는 다양한 종류의 저장부(RAM, ROM, HDD, SSD, Flash 메모리 등을 포함하는 다양한 종류의 물리적인 저장장치와 클라우드와 같은 가상의 저장 장치들을 포함)에 액세스하여, 상기 저장부에 저장된 O/S를 이용하여 부팅을 수행할 수 있으며, 상기 저장부에 저장된 각종 프로그램, 콘텐츠, 데이터 등을 이용하여 이하에서 설명하는 본 발명 실시예를 위한 동작을 수행할 수 있다.
- [0028] 이하, 도면을 참고하여 본 발명의 상세 실시예를 설명한다.
- [0029] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 광대역 및 산발성 트래픽의 효율적인 공존을 위한 FTN 기반 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 전송 장치의 구성을 보인 블록도이다.
- [0030] 도시된 바와 같이 OFDM 광대역 트래픽 전송에 사용되는 부반송파들 중에서 상기 광대역 트래픽과 동일한 구조의 산발성 트래픽에 할당될 부반송파들을 FTN(Faster-than-Nyquist) 개념에 따라 주파수 영역에서 선별 제거하여 광대역 트래픽 전송에 사용하지 않는 광대역 사용자 단말기(100)와, 광대역 사용자 단말기(100)에서 제거한 부반송파들을 대상으로 산발성 트래픽 전송에 이용할 부반송파 대역을 매핑하여 산발성 트래픽을 비할당 접속(Grant-Free access) 방식으로 전송하는 비할당 사용자 단말기(300) 및 광대역 사용자 단말기(100)로부터 선별 제거된 부반송파에 대한 정보를 수신하여 비할당 사용자 단말기(300)에 제공하는 통신 제어부(200)를 포함하여 구성된다.
- [0031] 여기서, 통신 제어부(200)는 다양한 광대역 트래픽 전송(LTE, 4G, 5G 등)을 위한 기지국으로서 산발성 트래픽 전송을 위한 구성을 포함하는 것일 수 있으며, 단순히 산발성 트래픽의 비할당 접속을 위해 구성되는 것일 수도 있다.
- [0032] 비할당 사용자 단말기(300)는 다양한 종류의 광대역 혹은 협대역 통신 트래픽을 산발적으로 송수신하는 것으로서 예컨대 사물인터넷(Internet of Things: IoT)과 같은 기계간 통신 등에 사용되는 것일 수 있는데, 직접 트래픽을 생성하여 송신하고 수신 트래픽을 이용하거나 단순히 산발성 트래픽을 광대역으로 중계해주는 기능을 수행할 수도 있다.
- [0033] 도시된 바와 같이 본 발명의 실시예에 따른 광대역 사용자 단말기(100)는 실질적으로 산발성 트래픽 전송에 사용하기 위하여 광대역 트래픽 전송 대역에서 일부 부반송파를 선별하여 제거하는 부반송파 제어부(115)를 구비한 송신부(110)를 구비하며, 이와 같이 부반송파가 제거되어 실제 시간 영역에서 전송할 신호의 대역이 나이퀴스트 대역폭보다 줄어들음에 따라 간섭이 발생하는 광대역 트래픽 심볼을 수신하기 위한 수신부(120)를 포함한다. 물론, 동일한 수신부(120)는 통신 제어부(200)에도 구성될 수 있다.
- [0034] 한편, 비할당 사용자 단말기(300)는 광대역 사용자 단말기(100)에서 제거한 부반송파들을 산발성 트래픽 전송을 위해 매핑하는 부반송파 매핑부(315)를 구비한 송신부(310)를 포함하며, 해당 산발성 트래픽을 수신하기 위한 수신부(320)를 구비한다.
- [0035] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 광대역 사용자 단말 송신부(110)와 비할당 사용자 단말 송신부(310)의 구성을 보인 것으로 부반송파 제거와 매핑 개념을 설명하기 위한 것이다.
- [0036] 예시된 광대역 사용자 단말 송신부(110)는 MIMO(Multi Input Multi Output) OFDM 송신부로서, 단일 안테나를 이용하는 송신부에도 본 발명의 기술적 특징이 적용될 수 있음은 물론이다.
- [0037] 한편, 비할당 사용자 단말 송신부(310)는 광대역과 동일한 전송 대역을 가지지만 실제 전송 데이터량은 상대적으로 작은 산발성 트래픽을 전송하는 것이므로 하나의 광대역 사용자 단말이 제거하는 부반송파를 복수의 비할당 사용자 단말이 활용할 수 있다.
- [0038] 이러한 도 2의 구성을 참고로 본 발명의 구체적인 동작 원리에 대해 설명한다.

- [0039] 본 발명은 광대역 트래픽과 산발성 트래픽이 공존할 때, 산발성 트래픽의 접속 지연 시간이 발생하지 않도록 광대역 트래픽 전송에 중첩하여 전송하고자 하는 것인데, 고정된 영역을 할당하거나 광대역 트래픽에 산발성 트래픽을 오버레이하는 방식이 아니라 FTN 개념을 적용한다는 것에 기본적인 특징이 있다.
- [0040] 통상의 전송 방식은 대역폭이 W(Hz)로 주어졌을 때, 연속된 심볼간의 전송 주기가 T이면 최대 전송률은 Nyquist Rate에 해당하는  $1/T=2W$  로 주어진다. 이때 FTN에 의해  $1/T>2W$ 가 되면 전송률은 높아지나 연속된 심볼간의 간섭이 발생하게 되어 성능 열화가 발생하게 되므로 이러한 전송은 할 수 없는 것처럼 알려져 있었다. 하지만, 이러한 심볼 간섭에도 불구하고 더 적은 대역폭으로 전송 속도를 높이기 위한 송수신 기법을 꾸준히 연구되어 왔다. 이들 중 하나는 시간 영역의 신호를 DFT(Discrete Fourier Transform)를 통해 주파수 영역으로 변환한 후에, OFDM 신호를 생성하기 위한 Inverse DFT의 수행 전에 일부 주파수 성분을 제거함으로써 시간영역의 신호가 차지하는 대역폭을 나이퀴스트 대역폭보다 줄일 수 있도록 한 것이다.
- [0041] 본 발명은 이러한 FTN 방식에 착안하여 이와 같이 제거되는 주파수 성분에 산발성 트래픽을 전송할 수 있도록 하되, FTN을 위해 제거되는 주파수를 가장 최적으로 제거하도록 하여 실질적인 통신품질 저하와 전력 소모를 최소화할 수 있도록 한다.
- [0042] 도시된 바와 같이 광대역 사용자 단말기의 송신부(110)가  $n_t$ 개의 송신 안테나와  $n_r$ 개의 수신 안테나를 가지고 있다고 가정한다. 그리고, 설명의 편의를 위하여 N개의 OFDM 심볼을 가지는 블록이 B개 있고, 디지털 변조 방식에 따른 주파수 효율성이  $M(\text{bits/sec/Hz})$ 라고 설정한다.
- [0043]  $n_t$ 개의 송신 안테나를 고려하면 도시된 인코더/인터리버에서 부호화된  $n_t \times B \times N \log_2 M$ 비트의 정보열  $\mathbf{c}=[c_1, c_2, \dots, c_I]$ 이 변조부에서 디지털 변조된 후에 OFDM 처리 후에 각 안테나를 통해 공간적인 다중화가 수행된다.
- [0044] 이때 변조 심볼은  $\mathcal{A}=\{\alpha_1, \dots, \alpha_M\}$ 의 집합에서 선택되며, t번째 안테나를 통해 전송되는 b번째 심볼 블록을  $\mathbf{d}_b^{(t)} \in \mathcal{A}^N$ 로 나타낸다. 주파수 영역에서 이 심볼 블록의 N개 심볼들은 S/P&DFT에서 직렬에서 병렬로 변환된 후에 inverse DFT행렬에 의해 시간 영역의 신호  $\mathbf{s}_b^{(t)} = \mathbf{W} \mathbf{d}_b^{(t)}$ 으로 변환된다(여기서,  $\mathbf{s}_b^{(t)} = [S_b^{(t)}[1], S_b^{(t)}[2], \dots, S_b^{(t)}[N]]$ ).
- [0045] 광대역 사용자 단말기 송신부(110)의 t번째 안테나에서 사용 가능한 N개의 부반송파 집합에서 실제로 사용되는 부반송파들을 나타내는 인덱스의 집합을  $\mathcal{K}^{(t)} \subseteq \{1, 2, \dots, N\}$ 라고 하자. 따라서, N개의 부반송파 중에서 사용되지 않고 제거되는 부반송파를 나타내는 인덱스의 집합은  $\bar{\mathcal{K}}^{(t)} = \{1, 2, \dots, N\} \setminus \mathcal{K}^{(t)}$ 로 주어지며, 본 발명에서는 이들 부반송파들을 산발성 트래픽에 할당하게 된다.
- [0046] 이때, 안테나 별로 제거되는(꺼버리는) 부반송파의 수를  $K_t = |\bar{\mathcal{K}}^{(t)}|$ 로 나타낸다. 따라서, t번째 안테나에서  $\bar{\mathcal{K}}^{(t)}$ 와  $\bar{\mathcal{K}}^{(t)} = \{1, 2, \dots, N\} \setminus \mathcal{K}^{(t)}$ 에 속한 부반송파를 통해 전송되는 b번째 OFDM 심볼을  $x_b^{(t)}$ 라고 하면,  $x_b^{(t)}$ 의 k번째 심볼은 다음과 같이 t수학적 1로 나타낼 수 있다.

### 수학적 1

$$X_b^{(t)}[k] = \begin{cases} S_b^{(t)}[k] & \text{if } k \in \mathcal{K}^{(t)} \\ 0 & \text{if } k \in \bar{\mathcal{K}}^{(t)} \end{cases}$$

- [0047]
- [0048] 간결한 설명을 위하여 특정 안테나를 나타내는 인덱스 t를 생략하고, 모든 안테나를 통해 전송되는 b번째 심볼 블록의 k번째 부반송파로 전송되는 OFDM 심볼들만 모아서 구성되는 벡터를  $\mathbf{x}'_{b,k} = [X'_{b,k}[1], X'_{b,k}[2], \dots, X'_{b,k}[n_t]]^T$ 로 나타낸다(여기서, t번째 성분은 t번째 안테나로 전송되는 심볼로

서,  $X'_{b,k}[t] \triangleq X_b^{(t)}[k]$ 임).

[0049] 한편, 도시된 비할당 사용자 단말 송신부(310)와 같이 산발성 트래픽도 광대역 트래픽과 동일한 구조로 전송 처리가 되며, 이때 산발성 트래픽의 주파수 영역 심볼은 부반송파 매핑을 통해 광대역 트래픽에서 제거된 부반송파로 할당된다. 이때 산발성 트래픽의 주파수 영역 심볼이 t번째 안테나의 k번째 부반송파를 통해 전송되면  $D_{S,k}[t]$ 로 나타낸다.

[0050] 모든 안테나를 통해 전송되는 k번째 부반송파들을 하나의 벡터  $\mathbf{x}_{S,k} \in \mathbb{C}^{n_r \times 1}$ 로 나타낼 수 있다(여기서,  $\mathbf{x}_{S,k} = [X_{S,k}[1], X_{S,k}[2], \dots, X_{S,k}[n_r]]$ ). 이때  $\mathbf{x}_{S,k} \in \mathbb{C}^{n_r \times 1}$ 의 각 성분은 t번째 안테나에서 산발성 트래픽의 주파수 영역 심볼이 광대역 트래픽의 어느 부반송파(제거된 부반송파)로 전송되는지 여부에 따라 결정된다. 즉, 광대역 트래픽의 제거되지 않은 부반송파에 대해서는 산발성 트래픽이 할당되지 않으므로  $X_{S,k}[t] = 0$ 이 될 것이고, 만일에 산발성 트래픽이 k번째 부반송파로 할당되면  $X_{S,k}[t] = D_{S,k}[t]$ 가 될 것이다.

[0051] r번째 안테나에서 수신되는 b번째 심볼 블록에 해당하는 OFDM 신호의 k번째 부반송파 성분을  $Y_{b,k}[r]$ 로 나타낸다. 이때 모든 안테나로 수신되는 신호의 벡터를  $\mathbf{y}_{b,k} = [Y_{b,k}[1], Y_{b,k}[2], \dots, Y_{b,k}[n_r]]^T$ 로 나타내면, 이는 다음의 수학적 식 2와 같다.

## 수학적 식 2

[0052] 
$$\mathbf{y}_{b,k} = \mathbf{H}_{b,k} \mathbf{x}'_{b,k} + \mathbf{H}_{S,k} \mathbf{x}_{S,k} + \mathbf{w}_{b,k}, \quad k = 1, 2, \dots, N$$

[0053] 이러한 수학적 식 2에서,  $\mathbf{H}_{b,k} \in \mathbb{C}^{n_r \times n_t}$ 와  $\mathbf{H}_{S,k} \in \mathbb{C}^{n_r \times n_t}$ 는 각각 광대역 사용자 단말 송신부와 산발성 트래픽을 위한 비할당 사용자 단말 송신부의 k번째 부반송파 신호가 겪는 채널을 나타내는 행렬이며,  $\mathbf{w}_{b,k} \in \mathbb{C}^{n_r \times 1}$ 는 주파수 영역에서의 가산성 가우시안 잡음 벡터이다. 수학적 식 2에서 수신 벡터의 각 성분은  $Y_{b,k}[r] = H_{b,k}[r, t]X'_{b,k}[t] + H_{S,k}[r, t]X_{S,k}[t] + w_{b,k}[r]$ 로 주어진다.

[0054] 한편, 광대역 사용자 단말 송신부가 특정 부반송파를 제거하듯이, 각 안테나 별로 특정 부반송파를 제거하는 개념으로도 확장이 가능하다. 즉, 도 3에서 보는 바와 같이 특정 안테나로 전송되는 부반송파들이 각 안테나 별로 부반송파를 제거함으로써 시간에 따라 3차원적인 부반송파 제거를 고려할 수 있다. 예를 들어,  $n_t = n_r = 8$ 인 MIMO 시스템에서 k번째 부반송파에 대해 2개의 안테나를 제거하면, 광대역 사용자 단말 송신부(110)와 산발성 트래픽을 위한 비할당 사용자 단말 송신부(310)의 채널은 각각  $\mathbf{H}_{b,k} = [\mathbf{h}_{b,k}^{(1)} \quad \mathbf{h}_{b,k}^{(2)} \quad \dots \quad \mathbf{h}_{b,k}^{(6)} \quad \mathbf{0} \quad \mathbf{0}]$ 와  $\mathbf{H}_{S,k} = [\mathbf{0} \quad \mathbf{0} \quad \dots \quad \mathbf{0} \quad \mathbf{h}_{S,k}^{(7)} \quad \mathbf{h}_{S,k}^{(8)}]$ 로 주어진다. 여기서  $\mathbf{h}_{S,k}^{(7)} \in \mathbb{C}^{n_r \times 1}$ 와  $\mathbf{h}_{S,k}^{(8)} \in \mathbb{C}^{n_r \times 1}$ 는 산발성 트래픽을 위한 비할당 사용자 단말 송신부(310)의 k번째 부반송파에 해당하는 채널 벡터이다. 마찬가지로, 광대역 트래픽과 산발성 트래픽의 각 단말 송신부의 주파수 영역 전송 심볼은 각각  $\mathbf{x}'_{b,k} = [X'_{b,k}[1] \quad X'_{b,k}[2] \quad \dots \quad 0 \quad 0]^T$ 과  $\mathbf{x}_{S,k} = [0 \quad 0 \quad \dots \quad x_{S,k}[7] \quad x_{S,k}[8]]^T$ 로 주어진다.

[0055]  $\mathbf{H}'_{b,k} = \mathbf{H}_{b,k} + \mathbf{H}_{S,k}$ 와  $\mathbf{x}''_{b,k} = \mathbf{x}'_{b,k} + \mathbf{x}_{S,k}$ 로 정의하면, 수학적 식 2는 다음과 같이 보다 간단한 형태로 통합이 가능하다.

### 수학식 3

$$\mathbf{y}_{b,k} = \mathbf{H}'_{b,k} \mathbf{x}''_{b,k} + \boldsymbol{\omega}_{b,k}, \quad k = 1, 2, \dots, N$$

한편, 본 발명은 이와 같이 광대역 트래픽에서 일부 부반송파를 제거하는 것이기 때문에 비록 FTN의 활용에 의해 전송량 감소를 일부 보상할 수는 있으나 실질적인 효율 감소를 줄이는데 한계가 있다. 따라서, 본 발명에서는 제거할 부반송파들을 랜덤하게 선택하는 것이 아니라 효과적으로 제거할 부반송파를 선택하는 방식을 적용한다.

본 발명에서는 광대역 트래픽 전송에 가장 기여하지 못하는 부반송파들을 우선적으로 제거하는 방식을 이용하는데, 이하 도 4 및 도 5를 통해 설명하는 채널 이득 기반 부반송파 제거 방법과 도 6 및 도 7을 통해 설명하는 채널 행렬 기반 부반송파 제거 방법을 적용할 수 있다. 이는 광대역 사용자 단말 송신부의 부반송파 제거부(115)에서 수행될 수 있다.

전부  $N_{GF} = \sum_{i=1}^{n_i} |\bar{\mathcal{K}}^{(i)}|$  개의 부반송파를 제거한다고 가정( $N_{GF}$ 는 산발성 트래픽 관리부(210)가 산발성 트래픽의 양에 대응하여 결정하는 것일 수 있음)하며, 이때 연속된 부반송파를 제거했을 때는 성능 열화가 예상되므로 가늠하면 제거되는 부반송파들이 일정한 간격으로 떨어져 있도록 선택하도록 한다. 이를 위해서 부반송파 제거부는 광대역 트래픽 전송에 이용할 한 세트의 부반송파( $N$  개)를 복수의 서브 세트로 분할하는데 1번째 서브 세트는  $\mathcal{K}_\ell^{(i)} = \{(\ell-1)L+1, (\ell-1)L+2, \dots, \ell L\}, \ell = 1, 2, \dots, N/L$  와 같으며, 이는  $L$ 개의 부반송파의 인덱스를 가진다. 즉, 각 서브 세트는  $N/L$ 개의 부반송파가 포함된다. 한편, 부반송파 제거부는 제거되는 부반송파가 인접하 않도록 제거되는 부반송파들 간 적어도 최소 간격을 가지도록 서브 세트 설정이나 제거될 부반송파를 선택하는 과정을 조정할 수 있다.

먼저 도 4는 공간 다중화 과정에서 결합된 채널 이득이 가장 작은 순으로 제거하는 방식을 보인 슈도 코드이고 도 5는 이를 순서도로 나타낸 것이다.

도시된 바와 같이 먼저 제거할 채널 세트  $\bar{\mathcal{K}}_\ell^{(i)}$  를 초기화하고, 광대역 트래픽 전송에 이용할 부반송파를 복수의 서브 세트로 분할한다.

이후 각 서브 세트의 최소 채널 이득을 얻는 부반송파를  $\text{trace}(\mathbf{H}_{b,k}(\mathbf{H}_{b,k})^H)$  를 통해서 구하고, 이를 제거할 부반송파로 선택하여 제거할 채널 세트  $\bar{\mathcal{K}}_\ell^{(i)}$  에 추가하는데, 이러한 과정을 선택된 부반송파의 수가 설정된 부반송파 제거 수량( $N_{GF}$ )에 이르도록 반복한다.

도 6은 공간 다중화 관점에서 채널의 고유값(singular value)이 가장 작은 채널에 해당하는 부반송파를 제공하는 방식을 보인 슈도 코드이고, 도 7은 이를 순서도로 나타낸 것이다.

도시된 바와 같이 먼저 제거할 채널 세트  $\bar{\mathcal{K}}_\ell^{(i)}$  를 초기화하고, 광대역 트래픽 전송에 이용할 부반송파를 복수의 서브 세트로 분할한다. 그리고,  $\mathbf{H}_{b,k}$  채널에 대해서 특이값 분해(Singular Value Decomposition:SVD)를 수행한다.

$\mathbf{H}_{b,k} = \mathbf{U}_b^{(k)} \boldsymbol{\Lambda}_b^{(k)} \mathbf{V}_b^{(k)}$  \*for  $k = 1, 2, \dots, N$  이와 같이 채널 행렬  $\mathbf{H}(n \times n)$ 를 특이값 분해를 할 경우  $\mathbf{U}$ 는  $n \times n$  유니터리 행렬이고,  $\boldsymbol{\Lambda}$ 는  $n \times n$  대각행렬로서 그 대각성분들이  $\mathbf{H}$ 의 특이값을 나타내며,  $\mathbf{V}$ 는  $n \times n$  크기의 유니터리 행렬이다.

이후 각 서브 세트에서 가장 고유채널 이득이 작은 부반송파를 선택하며, 이를 제거할 채널 세트  $\bar{\mathcal{K}}_\ell^{(i)}$  에 추가하는데, 이러한 과정을 선택된 부반송파의 수가 설정된 부반송파 제거 수량( $N_{GF}$ )에 이르도록 반복한다.

이와 같이 본 발명의 부반송파 제거부(115)는 도 4 또는 도 5에 도시된 방법을 통해서 실질적으로 광대역 트래

픽 전송에 기여하지 못하는 부반송파들을 인접하지 않게 선별 제거함으로써 FTN 방식을 적용하더라도 전송효율 감소를 최소화할 수 있게 된다. 한편, 이렇게 선별된 제거될 부반송파의 정보를 통신 제어부(200)를 통해 비할당 사용자 단말기(300)들에게 전달될 수 있으며, 부반송파 매핑부(315)를 통해 경쟁 방식으로 원하는 부반송파를 선택하여 산발성 트래픽을 전송할 수 있다.

[0068] 한편, 광대역 사용자 단말 송신부(110)가 전송하는 광대역 트래픽은 전송량보다 대역폭이 좁으므로(FTN적용) 심볼간 간섭이 발생하게 되는데, 광대역 사용자 단말기(100)의 수신부(120)나 이러한 FTN 방식의 광대역 트래픽을 수신해야 하는 통신 제어부(200)는 도 8과 같은 반복 수신기를 통해 이러한 수신 심볼을 추정 방식으로 수신한다.

[0069] 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 광대역 트래픽 수신기(320) 구성을 보인 블록도이다. 도시된 바와 같이 수학적 3의  $\mathbf{x}_{b,k}''$ 에 대한 추정값  $\tilde{\mathbf{x}}_{b,k}$ 을 주파수 영역 등화기(frequency-domain equalizer: FDE)를 적용해서 구할 수 있다.

#### 수학식 4

$$\tilde{\mathbf{x}}_{b,k} = (\mathbf{H}'_{b,k})^{\dagger} (\mathbf{y}_{b,k} - \mathbf{H}'_{b,k} \hat{\mathbf{x}}_{b,k}) + \hat{\mathbf{x}}_{b,k}$$

[0071] 여기서,  $(\mathbf{H}'_{b,k})^{\dagger}$ 는  $\mathbf{H}'_{b,k}$ 의 무어-펜로즈 의사 의사 역행렬(Moore-Penrose pseudo-inverse)로서,  $(\mathbf{H}'_{b,k})^{\dagger} = (\mathbf{H}'_{b,k} (\mathbf{H}'_{b,k})^H)^{-1} \mathbf{H}'_{b,k}$ 이다. 이때 초기 추정값으로서  $\hat{\mathbf{x}}_{b,k} = \mathbf{0}_{n_t}$ 을 사용하며, 도 8에 도시된 바와 같이 추정된 soft value  $\tilde{\mathbf{x}}_{b,k}$ 를 이용하여 검출과 복호를 수행한다.

[0072] 복호화된 비트에 대해서 다시 송신 과정의 절차를 수행하여  $\hat{\mathbf{x}}_{b,k}$ 를 복원한 후에 채널을 적용하고, 수학식 4를 통해 다시  $\tilde{\mathbf{x}}_{b,k}$ 을 갱신한다. 이 과정을 정해진 숫자만큼(Imax) 반복하여  $\tilde{\mathbf{x}}_{b,k}$ 값을 통해 비트를 복호화 한다.

[0073] 여기서 적용한 FDE 대신에 각 심볼의 비트 단위로 로그 우도비(log-likelihood ratio: LLR)를 계산하는 SISO 등화기(single input single output equalizer)를 적용할 수도 있다.

[0074] 이제, 도 9 내지 도 11을 통해 본 발명의 실시예를 이용한 경우의 성능을 살펴보도록 한다.

[0075] 먼저 도 9는 시뮬레이션 파라미터로서, 나타낸 바와 같이 시뮬레이션을 위한 대상은 송수신단에서 각각 8개씩의 안테나를 사용하며 광대역 트래픽 사용자에게 N = 256개의 부반송파를 사용하는 MIMO-OFDM 시스템을 고려한다. 총 256개의 부반송파 중에서  $N_{GF}$ 개의 부반송파를 제거하면서 그 성능을 살펴본다.

[0076] 이 시스템의 성능을 보기 위해 각 경로 별로 독립적인 레일리 페이딩을 겪는 다중 경로 채널 모델을 적용한다. 또한, 전력 밀도가 No인 가산성 잡음의 영향을 받고, 비트당 에너지가  $E_b$ 일 때  $E_b/No$ 에 따른 성능을 확인한다.

[0077] 또한, 부호화률이 R=1/2인 컨볼루션 코드(convolutional code)를 적용하고, 비트 인터리빙(bit interleaving)을 적용한다. B=64의 OFDM 심볼 블록에 대해서 본 발명에서 고려한 수신 구조를 적용해서 시뮬레이션을 수행한 결과 도 10 및 도 11과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

[0078] 도 10은 산발성 트래픽을 전송에 사용되는 부반송파 수에 따른 광대역 트래픽 사용자 단말기의 비트 오류 성능을 보인 것으로, 도시된 바와 같이 제거되는 부반송파의 수  $N_{GF}$ 가 증가하면서 성능 열화가 발생하는 것을 볼 수 있으나, 그 숫자가 충분히 작을 때는 적절한 범위의 성능을 확보할 수 있음을 알 수 있다.

[0079] 도 11은 부반송파 제거 방식에 따른 성능을 보인 것으로,  $N_{GF}$ 값 별로 앞서 도 4 및 도 6을 통해 설명했던 부반송파 제거 기법, 그리고 랜덤하게 부반송파를 제거했을 때 성능을 비교한 것이다. 도시된 바와 같이 채널 이득 기반 부반송파 제거 방식도 랜덤한 경우에 비해 약간의 성능 개선 효과를 보이고 있으나 채널 행렬(CM) 기반 부반송파 제거 방식은 훨씬 더 좋은 성능을 보이는 것을 알 수 있다. 즉, 본 발명의 실시예와 같은 방식으로 부반송파를 제거하면서 FTN 방식을 적용할 경우 동일한 무선 자원을 가장 효과적으로 활용할 수 있게 된다.

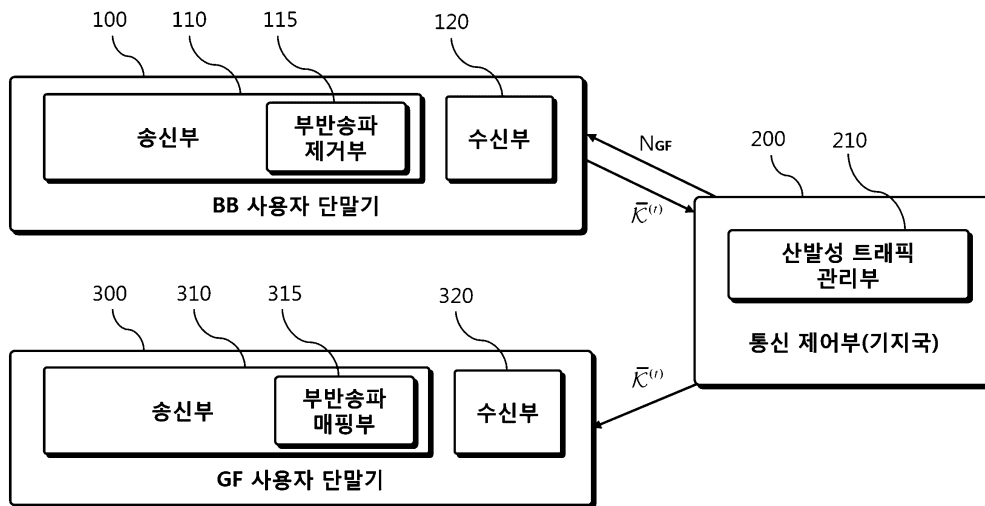
- [0080] 한편, 이러한 성능들은 적용되는 상세한 수신 방식과 부반송파 제거 방식 등에 의해 더 향상될 수 있을 것이다.
- [0081] 전술된 내용은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

## 부호의 설명

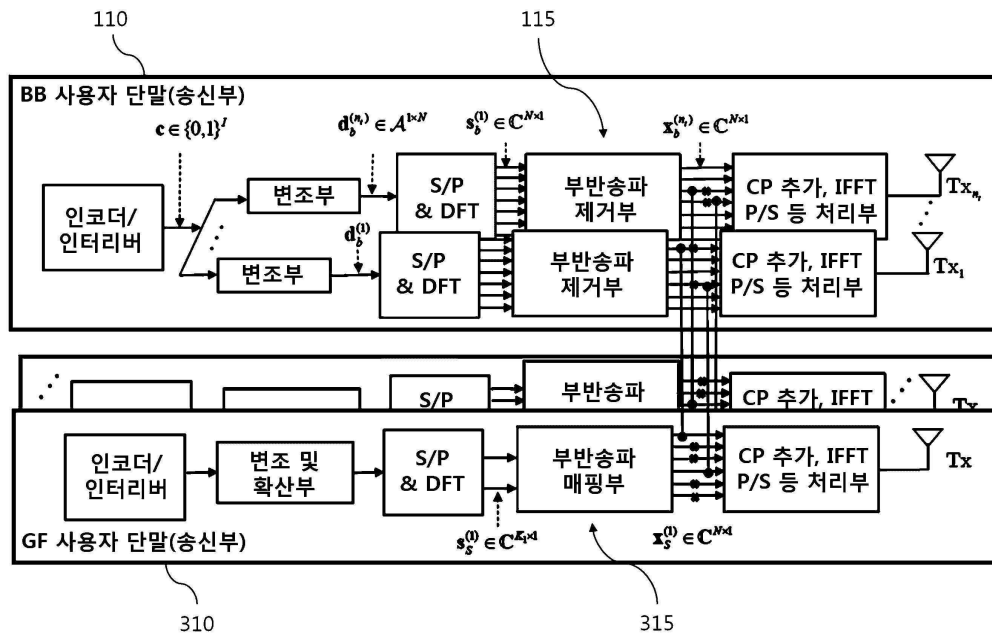
- [0082]
- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| 100: 광대역 사용자 단말기 | 110: 송신부         |
| 115: 부반송파 제거부    | 120: 수신부         |
| 200: 통신 제어부      | 210: 산발성 트래픽 관리부 |
| 300: 비활당 사용자 단말기 | 310: 송신부         |
| 315: 부반송파 매핑부    | 320: 수신부         |

## 도면

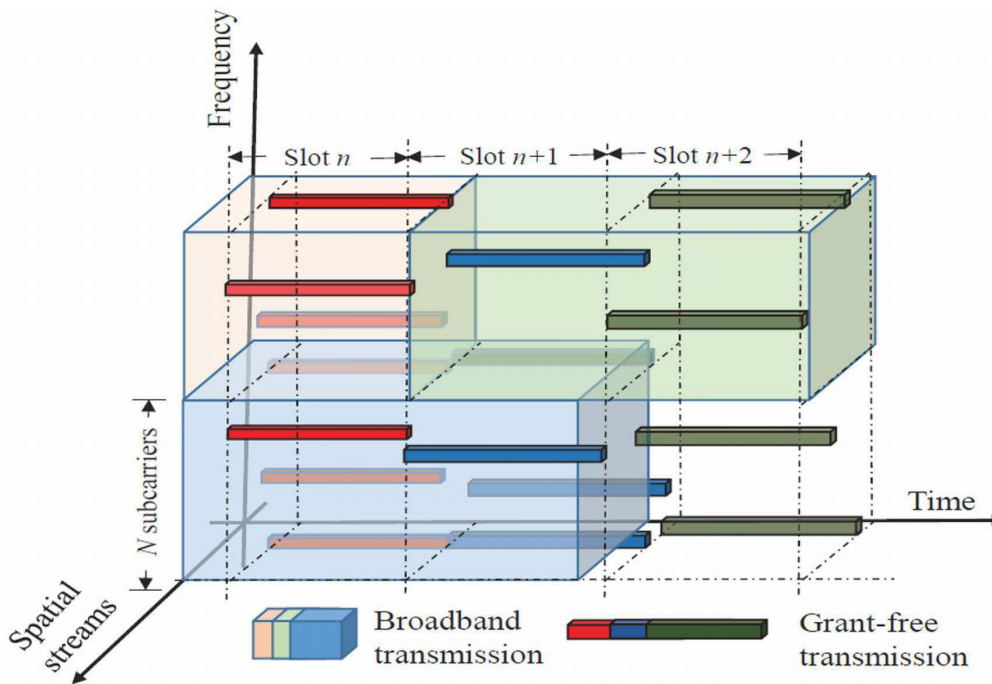
### 도면1



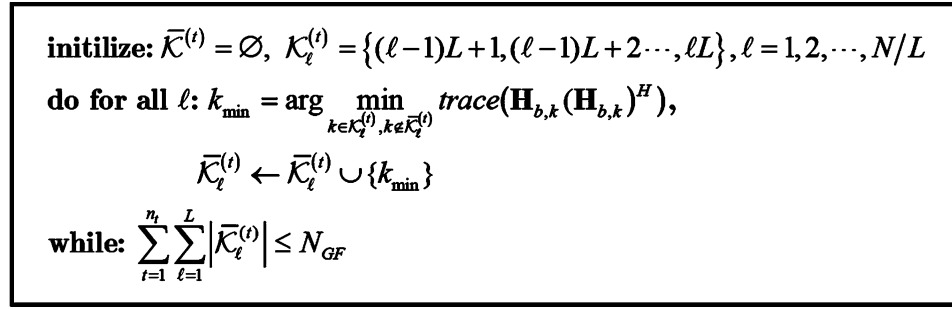
도면2



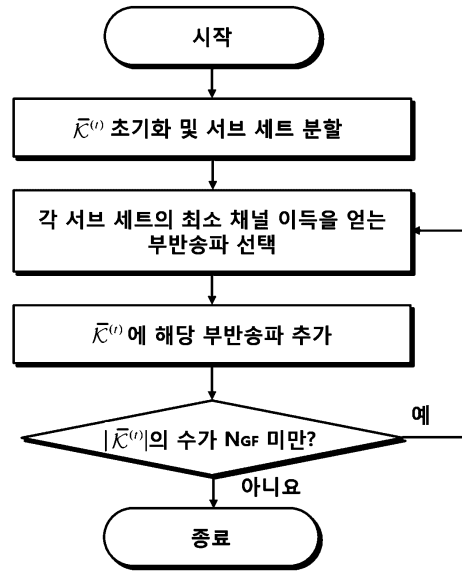
도면3



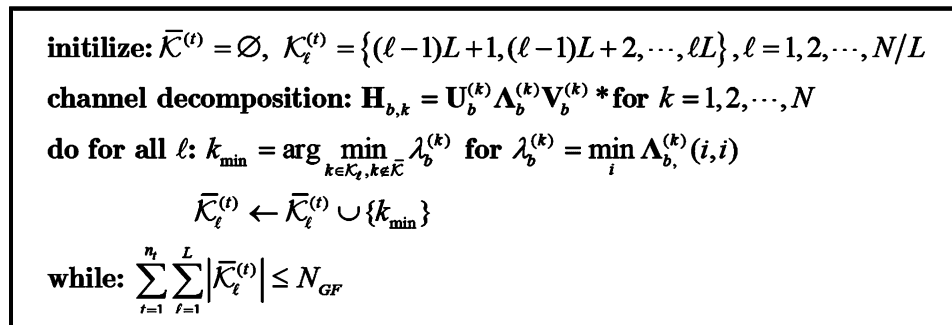
도면4



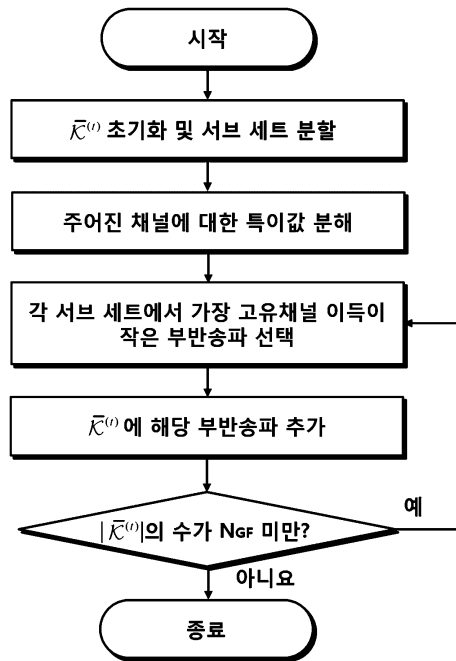
도면5



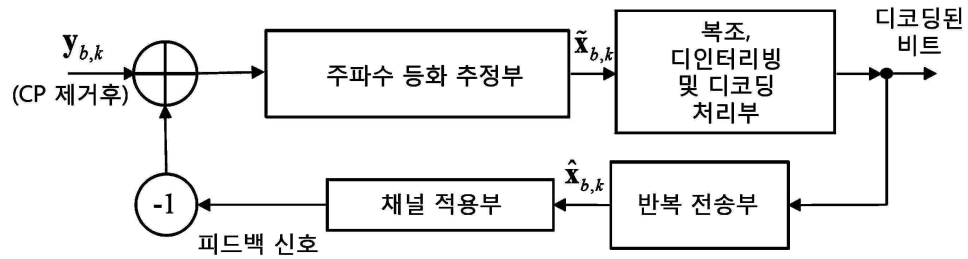
도면6



도면7



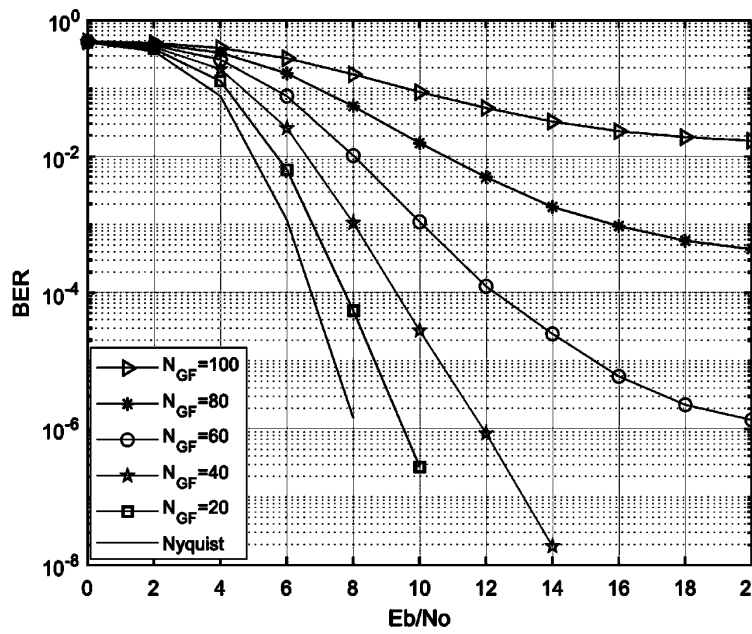
도면8



도면9

| Parameter    | Value | Parameter       | Value |
|--------------|-------|-----------------|-------|
| $N$          | 256   | $n_t$           | 8     |
| $N_{GF}$     | 0-80  | $n_r$           | 8     |
| $B$          | 64    | $L$             | 32    |
| Modulation   | 4-QAM | # of repetition | 1000  |
| $E_b/N_o$ dB | 0:20  | $I_d$           | 3     |

도면10



도면11

