(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년08월08일
(11) 등록번호 10-1886976
(24) 등록일자 2018년08월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 27/26 (2006.01) *H04L 1/00* (2006.01)
H04L 5/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H04L 27/2649 (2013.01)
H04L 1/0047 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0133950
(22) 출원일자 2017년10월16일
심사청구일자 2017년10월16일
(56) 선행기술조사문헌
Panasonic, 'Considerations on multiple access schemes for new radio interface', 3GPP TSG-RAN WG1 Meeting #84bis R1-162552*
Nokia et al., 'Performance of Interleave Division Multiple Access (IDMA) in Combination with OFDM Family Waveforms', 3GPP TSG-RAN WG1 Meeting #85 R1-165021*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
장경희
서울특별시 마포구 백범로 205, 101동 1110호(신공덕동, 마포펜트라우스)
석림
인천광역시 남구 소성로 40, 1기숙사(학익동, 인하대학교기숙사)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
양성보

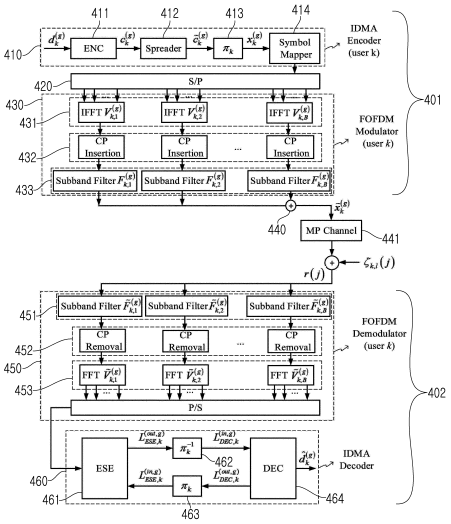
전체 청구항 수 : 총 4 항 심사관 : 노상민

(54) 발명의 명칭 **업링크 IoT 환경에서 대규모 연결을 지원하기 위한 서비스 그룹 기반 FOFDM-IDMA 플랫폼, 신호처리 방법, 그리고 송수신 장치**

(57) 요 약

업링크 IoT 환경에서 대규모 연결을 지원하기 위한 서비스 그룹 기반 FOFDM-IDMA 플랫폼, 신호처리 방법, 그리고 송수신 장치가 개시된다. FOFDM-IDMA 송신 장치와 통신을 수행하는 FOFDM-IDMA 수신 장치에서 수행하는 FOFDM-IDMA 신호 처리 방법에 있어서, 상기 FOFDM-IDMA 송신 장치에서 전송된 신호를 수신하는 단계, 수신된 상기 신호를 상기 FOFDM-IDMA 수신 장치가 속하는 서비스 그룹에 해당하는 파라미터의 환경설정값에 기초하여 FOFDM 복조(demodulation)하는 단계, 및 상기 FOFDM복조된 신호를 대상으로, 상기 파라미터의 환경설정값에 기초하여 IDMA(Interleaved Division Multiple Access) 디코딩(decoding)하여 송신신호를 복원하는 단계를 포함하고, 상기 파라미터의 환경설정값은, 복수의 요구 사항 각각에 해당하는 서비스 그룹 별로 서로 다르게 할당될 수 있다.

대 표 도 - 도4



(52) CPC특허분류
H04L 1/0071 (2013.01)
H04L 5/0007 (2013.01)
(72) 발명자
하유경
인천광역시 남구 소성로 40, 1기숙사(학익동, 인하대학교기숙사)
아마드 이쉬티아크
인천광역시 남구 인하로 154-1, B03호(용현동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711055260(2014-0-00729-002)
부처명 과학기술정보통신부
연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터
연구사업명 대학 IT연구센터 육성·지원
연구과제명 [IITP-ezbaro][정부][민간] 스마트한 주파수 이용을 위한 스펙트럼 및 전파기술(4차년도)
기 여 율 1/1
주관기관 인하대학교 산학협력단
연구기간 2017.01.01 ~ 2017.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

FOFDM-IDMA 송신 장치와 통신을 수행하는 FOFDM-IDMA 수신 장치에서 수행하는 FOFDM-IDMA 신호 처리 방법에 있어서,

상기 FOFDM-IDMA 송신 장치에서 전송된 신호를 수신하는 단계;

수신된 상기 신호를 상기 FOFDM-IDMA 수신 장치가 속하는 서비스 그룹에 해당하는 파라미터의 환경설정값에 기초하여 FOFDM 복조(demodulation)하는 단계; 및

상기 FOFDM 복조된 신호를 대상으로, 상기 파라미터의 환경설정값에 기초하여 IDMA(Interleaved Division Multiple Access) 디코딩(decoding)하여 송신신호를 복원하는 단계

를 포함하고,

상기 FOFDM-IDMA 수신 장치는, 복수의 사용자 단말들을 미리 정의된 대규모 연결성(Massive Connectivity)에 해당하는 서비스 그룹 및 저지연(Low Latency)에 해당하는 서비스 그룹 중 어느 하나의 그룹으로 그룹화하고,

상기 파라미터의 환경설정값은, TTI(Transmission Time Interval) 길이(length), 서브캐리어 간격(subcarrier spacing), FFT 사이즈(size), 심볼 지속시간(symbol duration), 심볼의 개수, 및 CP(Cyclic Prefix) 길이(length)를 포함하고,

상기 대규모 연결성 및 저지연의 서로 다른 요구 사항을 동시에 지원하기 위해 상기 서로 다른 요구 사항 각각에 해당하는 서비스 그룹 별로 서로 다르게 할당되되, 상기 복수의 사용자 단말들을 미리 정의된 대규모 연결성(Massive Connectivity)에 해당하는 서비스 그룹을 대상으로, 상기 TTI 길이는 상기 저지연에 해당하는 서비스 그룹의 TTI 길이보다 상대적으로 긴 TTI 길이가 되도록 할당되고, 상기 CP 길이는 미리 지정된 CP 길이 이상으로 할당되고,

상기 저지연에 해당하는 서비스 그룹을 대상으로, 상기 심볼 지속시간은 미리 지정된 지속시간을 초과하지 않도록 할당되고, 상기 서브캐리어 간격은 저지연에 해당하는 서비스 그룹의 심볼 지속시간의 역수를 기반으로 할당되고, 상기 CP 길이는 상기 대규모 연결성에 해당하는 서비스 그룹의 CP 길이보다 상대적으로 작은 값으로 할당되는 것

을 특징으로 하는 FOFDM-IDMA 신호 처리 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 전송된 신호를 수신하는 단계는,

상기 FOFDM-IDMA 수신 장치에 해당하는 그룹에 할당된 파라미터의 환경설정값에 기초하여 IDMA(Interleaved Division Multiple Access) 인코딩(encoding) 및 FOFDM 변조(Modulation)된 신호를 수신하는 것

을 특징으로 하는 FOFDM-IDMA 신호 처리 방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 수신된 신호를 FOFDM 복조(demodulation)하는 단계는,

상기 수신된 신호를 대상으로 서브밴드 필터링(subband filtering)을 수행하는 단계;

필터링된 상기 신호를 대상으로, CP(Cyclic Prefix) 길이(length)에 기초하여 사이클릭 프리픽스(Cyclic Prefix)를 제거하는 단계; 및

상기 사이클릭 프리픽스(Cyclic Prefix)가 제거된 신호를 대상으로, FFT 사이즈(size)에 기초하여 FFT(Fast Fourier Transform) 변환을 수행하는 단계

를 포함하고,

상기 IDMA(Interleaved Division Multiple Access) 디코딩(decoding)하여 송신신호를 복원하는 단계는,

상기 FFT 변환된 신호를 대상으로, 각 서브캐리어(subcarrier)에 대한 칩 대 칩(chip by chip) 간섭을 제거하기 위해 ESE(Elementary Signal Estimation)를 수행하는 단계;

상기 ESE가 수행된 신호를 대상으로 디인터리빙(de-interleaving)을 수행하는 단계; 및

상기 디인터리빙된 신호를 대상으로 터보 코딩에 기초하여 디코딩을 수행하는 단계

를 포함하는 FOFDM-IDMA 신호 처리 방법.

청구항 5

FOFDM-IDMA 송신 장치와 통신을 수행하는 FOFDM-IDMA 수신 장치에 있어서,

상기 FOFDM-IDMA 송신 장치에서 전송된 신호를 수신하고, 수신된 상기 신호를 상기 FOFDM-IDMA 수신 장치가 속하는 서비스 그룹에 해당하는 파라미터의 환경설정값에 기초하여 FOFDM 복조(demodulation)하는 FOFDM 복조부(demodulator); 및

상기 FOFDM 복조된 신호를 대상으로, 상기 파라미터의 환경설정값에 기초하여 IDMA(Interleaved Division Multiple Access) 디코딩(decoding)하여 송신신호를 복원하는 IDMA 디코더(decoder)

를 포함하고,

상기 FOFDM-IDMA 수신 장치는, 복수의 사용자 단말들을 미리 정의된 대규모 연결성(Massive Connectivity)에 해당하는 서비스 그룹 및 저지연(Low Latency)에 해당하는 서비스 그룹 중 어느 하나의 그룹으로 그룹화하고,

상기 파라미터의 환경설정값은, TTI(Transmission Time Interval) 길이(length), 서브캐리어 간격(subcarrier spacing), FFT 사이즈(size), 심볼 지속시간(symbol duration), 심볼의 개수, 및 CP(Cyclic Prefix) 길이(length)를 포함하고,

상기 대규모 연결성 및 저지연의 서로 다른 요구 사항을 동시에 지원하기 위해 상기 서로 다른 요구 사항 각각에 해당하는 서비스 그룹 별로 서로 다르게 할당되되, 상기 복수의 사용자 단말들을 미리 정의된 대규모 연결성(Massive Connectivity)에 해당하는 서비스 그룹을 대상으로, 상기 TTI 길이는 상기 저지연에 해당하는 서비스 그룹의 TTI 길이보다 상대적으로 긴 TTI 길이가 되도록 할당되고, 상기 CP 길이는 미리 지정된 CP 길이 이상으로 할당되고,

상기 저지연에 해당하는 서비스 그룹을 대상으로, 상기 심볼 지속시간은 미리 지정된 지속시간을 초과하지 않도록 할당되고, 상기 서브캐리어 간격은 저지연에 해당하는 서비스 그룹의 심볼 지속시간의 역수를 기반으로 할당되고, 상기 CP 길이는 상기 대규모 연결성에 해당하는 서비스 그룹의 CP 길이보다 상대적으로 작은 값으로 할당되는 것

을 특징으로 하는 FOFDM-IDMA 수신 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명의 실시예들은 업링크(uplink, UL) IoT(Internet of Things) 환경에서 IoT 애플리케이션의 다양한 서비스 유형을 지원하는 FOFDM-IDMA 플랫폼 기술에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 5세대(5G) 이동 통신은 사물 인터넷(IoT) 기술을 포함하여 다양한 유형의 서비스를 지원하고 있다. IoT(Internet of Things) 연결은 모바일 광대역 연결보다 훨씬 빠르게 증가하고 있으며, 2025년까지 연결되는 장치가 300억 개에 도달할 것으로 추산되고 있다. 이에 따라, IoT 애플리케이션(application)의 상당 부분은 대규모 연결성(Massive Connectivity, MC), 광범위한 적용 범위(coverage), 및 낮은 장치 비용이 요구된다. 그러나, 아래의 비특허 문헌 [1] *M. Simsek and A. Aijaz, "5G - Enabled tactile internet," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 34, no. 3, pp. 460-473, Mar. 2016.*에 제시된 촉각 인터넷(tactile internet)과 비특허 문헌 [2] *M. Khairnar and D. Vaishali, "V2V communication survey wireless technology," arXiv preprint arXiv:1403.3993, pp.370-373, Mar. 2014.*에 제시된 커넥티트 카(connected cars) 등과 같이 저지연(Low Latency, LL)을 필요로 하는 애플리케이션이 여전히 존재한다.

[0003] IoT 애플리케이션의 다양한 서비스 유형을 지원하기 위해서는 대규모 연결성(Massive Connectivity) 및 저지연(Low Latency)에 대한 요구 사항이 필수적으로 갖추어져야 한다.

[0004] 따라서, 업링크(UL) IoT 환경에서, 대규모 연결성(Massive Connectivity) 및 저지연(Low Latency)에 대한 요구 사항을 동시에 충족시키는 신호 처리 기술이 요구된다.

[0005] 한국공개특허 제10-2009-0024864호는 인터리버 분할 다중 접속 시스템에서 송수신 장치 및 방법에 관한 것으로, 적어도 하나의 수신 안테나를 통해 수신되는 다중 사용자 신호를 이용해서 채널을 추정하고, 추정된 채널값을 이용해서 각 사용자의 전송계층(transmission layer) 별 신호전력 및 잡음전력을 측정하여 각 사용자에 대한 전송 계층 개수 및 전송계층별 MCS(Modulation and Coding Scheme) 레벨을 결정하는 기술을 개시하고 있다.

선행기술문헌

비특허문헌

[0006] (비특허문헌 0001) [1] M. Simsek and A. Aijaz, "5G - Enabled tactile internet," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 34, no. 3, pp. 460-473, Mar. 2016..

(비특허문헌 0002) [2] M. Khairnar and D. Vaishali, "V2V communication survey wireless technology," arXiv preprint arXiv:1403.3993, pp.370-373, Mar. 2014

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 서비스 그룹 기반으로 필터링된 직교 주파수 분할 멀티플렉싱(FOFDM)과 인터리브드 분할 다중 접속(IDMA)을 이용하여 신호를 송수신함으로써, 업링크(UL) IoT 환경에서 IoT 애플리케이션의 다양한 서비스 유형을 지원하기 위해 대규모 연결성(Massive Connectivity) 및 저지연(Low Latency) 등의 요구 사항을 모두 만족하도록 하는 기술에 관한 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] FOFDM-IDMA 송신 장치와 통신을 수행하는 FOFDM-IDMA 수신 장치에서 수행하는 FOFDM-IDMA 신호 처리 방법에 있어서, 상기 FOFDM-IDMA 송신 장치에서 전송된 신호를 수신하는 단계, 수신된 상기 신호를 상기 FOFDM-IDMA 수신 장치가 속하는 서비스 그룹에 해당하는 파라미터의 환경설정값에 기초하여 FOFDM 복조(demodulation)하는 단계, 및 상기 FOFDM복조된 신호를 대상으로, 상기 파라미터의 환경설정값에 기초하여 IDMA(Interleaved Division Multiple Access) 디코딩(decoding)하여 송신신호를 복원하는 단계를 포함하고, 상기 파라미터의 환경설정값은, 복수의 요구 사항 각각에 해당하는 서비스 그룹 별로 서로 다르게 할당될 수 있다.

[0009] 일 측면에 따르면, 상기 FOFDM-IDMA 수신 장치는, 복수의 사용자 단말들을 미리 정의된 대규모 연결성(Massive Connectivity)에 해당하는 서비스 그룹 및 저지연(Low Latency)에 해당하는 서비스 그룹 중 어느 하나의 그룹으로 그룹화되고, 상기 전송된 신호를 수신하는 단계는, 상기 FOFDM-IDMA 수신 장치에 해당하는 그룹에 할당된 파라미터의 환경설정값에 기초하여 IDMA(Interleaved Division Multiple Access) 인코딩(encoding) 및 FOFDM 변조(Modulation)된 신호를 수신할 수 있다.

[0010] 다른 측면에 따르면, 상기 파라미터의 환경설정값은, TTI(Transmission Time Interval) 길이(length), 서브캐

리어 간격(subcarrier spacing), FFT 사이즈(size), 심볼 지속시간(symbol duration), 심볼의 개수, 및 CP(Cyclic Prefix) 길이(length)를 포함하고, 상기 서브 그룹 별로 미리 정의된 서로 다른 값으로 할당될 수 있다.

[0011] 또 다른 측면에 따르면, 상기 수신된 신호를FOFDM 복조(demodulation)하는 단계는, 상기 수신된 신호를 대상으로 서브밴드 필터링(subband filtering)을 수행하는 단계, 필터링된 상기 신호를 대상으로, CP(Cyclic Prefix) 길이(length)에 기초하여 사이클릭 프리픽스(Cyclic Prefix)를 제거하는 단계, 및 상기 사이클릭 프리픽스(Cyclic Prefix)가 제거된 신호를 대상으로, FFT 사이즈(size)에 기초하여 FFT(Fast Fourier Transform) 변환을 수행하는 단계를 포함하고, 상기 IDMA(Interleaved Division Multiple Access) 디코딩(decoding)하여 송신 신호를 복원하는 단계는, 상기 FFT 변환된 신호를 대상으로, 각 서브캐리어(subcarrier)에 대한 칩 대 칩(chip by chip) 간섭을 제거하기 위해 ESE(Elementary Signal Estimation)을 수행하는 단계, 상기 ESE가 수행된 신호를 대상으로 디인터리빙(de-interleaving)을 수행하는 단계, 및 상기 디인터리빙된 신호를 대상으로 터보 코딩에 기초하여 디코딩을 수행하는 단계를 포함할 수 있다.

[0012] FOFDM-IDMA 송신 장치와 통신을 수행하는 FOFDM-IDMA 수신 장치에 있어서, 상기 FOFDM-IDMA 송신 장치에서 전송된 신호를 수신하고, 수신된 상기 신호를 상기 FOFDM-IDMA 수신 장치가 속하는 서비스 그룹에 해당하는 파라미터의 환경설정값에 기초하여 FOFDM 복조(demodulation)하는 FOFDM 복조부(demodulator), 및 상기 FOFDM복조된 신호를 대상으로, 상기 파라미터의 환경설정값에 기초하여 IDMA(Interleaved Division Multiple Access) 디코딩(decoding)하여 송신신호를 복원하는 IDMA 디코더(decoder)를 포함하고, 상기 파라미터의 환경설정값은, 복수의 요구 사항 각각에 해당하는 서비스 그룹 별로 서로 다르게 할당될 수 있다.

발명의 효과

[0013] 본 발명은, 서비스 그룹 기반으로 필터링된 직교 주파수 분할 멀티플렉싱(FOFDM)과 인터리브드 분할 다중접속(IDMA)을 결합한 방식인 FOFDM-IDMA를 이용하여 송신신호 및 수신신호를 신호 처리함으로써, 업링크(UL) IoT 환경에서 IoT 애플리케이션의 다양한 서비스 유형을 지원하기 위해 대규모 연결성(Massive Connectivity) 및 저지연(Low Latency) 등의 요구 사항을 모두 만족시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 본 발명의 일실시예에 있어서, FOFDM-IDMA 송수신 시스템의 구성을 도시한 블록도이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 있어서, FOFDM-IDMA 송신 장치에서의 신호 처리 방법을 도시한 흐름도이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 있어서, FOFDM-IDMA 수신 장치에서의 신호 처리 방법을 도시한 흐름도이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 있어서, FOFDM-IDMA 송수신 시스템의 구조를 도시한 블록도이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 있어서, FOFDM 복조를 수행하는 방법을 도시한 흐름도이다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 있어서, IDMA 디코딩을 수행하는 방법을 도시한 흐름도이다.

도 7은 본 발명의 일실시예에 있어서, FOFDM 플랫폼을 위한 프레임 구조를 도시한 도면이다.

도 8은 본 발명의 일실시예에 있어서, 사용자 단말의 수에 따른 BER 성능을 도시한 그래프이다.

도 9는 본 발명의 일실시예에 있어서, E_b/N_0에 대한 BER 성능을 도시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0017] 본 실시예들은 업링크(Uplink, UL) IoT 환경에서 FOFDM-IDMA 플랫폼 기술에 관한 것으로서, 특히, 업링크(Uplink, UL) IoT 환경에서 다양한 서비스 유형을 지원하기 위해, 다양한 요구 사항(즉, 대규모 연결성 및 저지연 등의 요구 사항)을 동시에 충족시키기 위해, 서비스 그룹 기반 FOFDM과 IDMA를 결합한 다중 사용자 시스템을 제공하는 기술에 관한 것이다.

[0018] 본 실시예들에서, FOFDM-IDMA 플랫폼(platform)은 다양한 서비스 그룹에 적합한 다양한 시간-주파수 세분성(time-frequency granularities)의 공존을 가능하게 하고, 안정적인 통신을 제공하기 위해 저지연(Low Latency, LL)으로 대규모 연결(Massive Connectivity, MC)을 지원하는 두 가지에 초점을 맞추고 있다.

[0019] 본 실시예들에서, "FOFDM(Filtered Orthogonal Frequency Division Multiplexing)"은 다양한 서비스 유형의 다양한 요구 사항을 충족시키기 위한 다양한 파라미터 환경설정(parameter configuration)과 공존할 수 있는 유연한 파형(flexible waveform)을 설계하기 위해 이용될 수 있으며, "IDMA(Interleaved Division Multiple Access)"는 다중 접속 기법으로서, 수신 장치(Rx)에서 사용자 단말(User Equipment, UE) 고유의 인터리버(interleaver)를 통해 사용자 단말(User Equipment)을 구별하기 위해 이용될 수 있다. IDMA는 저비용 다중 사용자 감지(Multi-User Detection, MUD), 광대역 또는 협대역 전송에 대한 적합성 및 높은 스펙트럼 효율을 지닌 많은 수의 사용자 단말 지원을 통한 전력 효율성 등의 장점을 가지고 있으며, 이러한 장점은 IoT 연결성에 확실한 이득으로 작용할 수 있다.

[0020] 본 실시예들에서, "FOFDM-IDMA 송수신 시스템"은 다양한 IoT 기기 등의 FOFDM-IDMA 송신 장치와 사용자 단말(UE)인 FOFDM-IDMA 수신 장치를 포함하고, FOFDM-IDMA 송수신 시스템은 FOFDM-IDMA 플랫폼(platform)으로 표현될 수 있다. 이외에, 상기 송신 장치가 스마트폰, 태블릿 등의 사용자 단말(UE)에 해당하고, 수신 장치가 IoT 기기에 해당할 수도 있다.

[0022] 도 1은 본 발명의 일실시예에 있어서, FOFDM-IDMA 송수신 시스템의 구성을 도시한 블록도이고, 도 2는 본 발명의 일실시예에 있어서, FOFDM-IDMA 송신 장치에서의 신호 처리 방법을 도시한 흐름도이고, 도 3은 본 발명의 일실시예에 있어서, FOFDM-IDMA 수신 장치에서의 신호 처리 방법을 도시한 흐름도이다.

[0023] 도 1에 따르면, FOFDM-IDMA 송수신 시스템(100)은 FOFDM-IDMA 송신 장치(110) 및 FOFDM-IDMA 수신 장치(120)를 포함할 수 있으며, FOFDM-IDMA 송신 장치(110)와 FOFDM-IDMA 수신 장치(120)는 무선 네트워크를 형성하여 신호를 송수신할 수 있다. FOFDM-IDMA 송신 장치(110)는 그룹화부(111), 파라미터 할당부(112), IDMA 인코더(113) 및 FOFDM 변조부(114)를 포함할 수 있다. FOFDM-IDMA 수신 장치(120)는 FOFDM 복조부(121) 및 IDMA 디코더(122)를 포함할 수 있다.

[0024] 먼저, 도 2를 참고하여, FOFDM-IDMA 송신 장치(110)에서 송신신호를 생성하여 전송하는 방법을 설명하고, 상기 송신 장치에서 전송한 신호를 수신하여 디코딩하는 방법을 도 3을 참고하여 설명하기로 한다.

[0025] 도 2를 참고하면, 210 단계에서, 그룹화부(111)는 복수의 사용자 단말들을 서비스 유형 별 요구 사항에 따라 복수의 서비스 그룹으로 그룹화할 수 있다. 예컨대, 해당 서비스가 대규모 연결성(Massive Connectivity)을 요구하는지, 저지연(Low Latency)을 요구하는지에 따라 사용자 단말들을 요구 사항에 해당하는 서비스 그룹으로 그룹화할 수 있다.

[0026] 220 단계에서, 파라미터 할당부(112)는 서비스 그룹 별로 서로 미리 정의된 파라미터의 환경설정값(parameter configuration)을 할당할 수 있다.

[0027] 예를 들어, 파라미터 할당부(112)는 대규모 연결성(Massive Connectivity)에 해당하는 서비스 그룹과 저지연(Low Latency)에 해당하는 서비스 그룹 별로 파라미터들의 환경설정값을 서로 다른 값으로 할당할 수 있다. 여기서, 상기 파라미터들은 TTI(Transmission Time Interval) 길이(length), 서브캐리어 간격(subcarrier spacing), FFT 사이즈(size), 심볼 지속시간(symbol duration), 심볼의 개수, 및 CP(Cyclic Prefix) 길이(length), 및 대역폭(Bandwidth, BW)을 포함할 수 있다. 이때, 대역폭(BW)은 서로 다른 서비스 그룹이더라도 동일한 대역폭을 갖도록 할당될 수 있다.

[0028] 230 단계에서, IDMA 인코더(113)는 복수의 서비스 그룹 각각에 속하는 사용자 단말들을 대상으로, 파라미터 환경설정값에 기초하여 송신하고자 하는 신호(즉, 송신신호)에 대해 IDMA 인코딩(encoding)을 수행할 수 있다.

[0029] 240 단계에서, FOFDM 변조부(114)는 IDMA 인코딩된 신호를 대상으로, FOFDM 변조를 수행할 수 있다. 이때, 기존 OFDM 기술의 높은 사이드 로브(side lobes)를 억제하기 위해, 각각의 서브 밴드에 필터를 적용할 수 있다. 즉, FOFDM 변조부(114)는 서브밴드 필터를 포함할 수 있다. 여기서, IDMA 인코딩 및 FOFDM 변조를 수행하는 동작은 후술될 도 4에서 상세히 설명하기로 한다.

[0030] 250 단계에서, FOFDM 변조부(114)는 FOFDM 변조된 송신신호를 전송할 수 있다. 그러면, FOFDM-IDMA 송신 장치(110)에서 전송된 신호를 FOFDM-IDMA 수신 장치(120)에서 수신할 수 있다.

[0031] 도 3을 참고하면, 310 단계에서, FOFDM 복조부(121)는 FOFDM-IDMA 송신 장치(110)에서 전송된 신호를 수신할 수 있다.

[0032] 320 단계에서, FOFDM 복조부(121)는 수신된 신호를 FOFDM-IDMA 수신 장치(120)가 속하는 서비스 그룹에 할당된

파라미터의 환경설정값에 기초하여 FOFDM 복조(demodulation)를 수행할 수 있다.

[0033] 330 단계에서, IDMA 디코더(122)는 FOFDM 복조된 신호를 대상으로, 상기 파라미터의 환경설정값에 기초하여 IDMA 디코딩(decoding)을 수행하여 송신 장치(110)에서 전송한 송신신호를 복원할 수 있다.

[0035] OFDM-IDMA에서, 수신(Rx) 측에서 수신되는 신호는 아래의 수학식 1 및 수학식 2와 같이 표현될 수 있다.

[0036] [수학식 1]

[0037]
$$r(j)=\sum_{k=1}^{K}\sum_{l=0}^{L}h_{k,l}\tilde{x}_k(j-l)+n(j) \qquad j=1,\ \ldots,J+L-1$$

[0038] [수학식 2]

[0039]
$$r(j+l)=h_{k,l}\tilde{x}_k(j)+\zeta_{k,l}(j)$$

[0040] 수학식 1에서, $h_{k,l}$는 채널 길이가 L인 사용자 단말 k에 대한 채널 임펄스 응답(channel impulse response)을 나타내고, $n(j)$는 AWGN(Additional White Gaussian Noise)을 나타내고, $\zeta_{k,l}(j)=r(j+l)-h_{k,l}\tilde{x}_k(j)$는 사용자 단말 k 및 AWGN에 대한 다른 사용자 단말들로부터의 간섭을 나타낼 수 있다.

[0041] 위의 수학식 1 및 2에서 표현된 수신신호는 FOFDM을 적용함에 따라 다르게 표현될 수 있으며, 송신신호 역시 달라질 수 있다. 변경된 송신신호 및 수신신호의 구조는 후술될 도 4에서 상세히 설명하기로 한다.

[0043] 도 4는 본 발명의 일실시예에 있어서, FOFDM-IDMA 송수신 시스템의 구조를 도시한 블록도이다.

[0044] 즉, 도 4는 서비스 그룹 기반 FOFDM-IDMA 플랫폼의 블록도로서, 서비스 그룹 g에서 사용자 단말 k에 대한 블록도에 해당할 수 있다.

[0045] 도 4에서, IDMA 인코더 및 디코더의 프로세스는 OFDM-IDMA 방식과 동일하지만, 통신 시스템에서 다양한 전송 시간 간격(TTI) 및 서브캐리어 간격(subcarrier spacing)과 동일한 scalable numerology를 이용하여 FOFDM의 대체 파형(alternative waveform)을 적용한다는 차이점이 존재할 수 있으며, 상기 차이점으로 인해 IoT 어플리케이션의 다양한 요구 사항(즉, 대규모 연결성 및 저지연(Low Latency))이 충족될 수 있다. 이때, 주파수 영역에서 높은 PAPR(Peak-to-Average Power Ratio)과 미리 지정된 기준 이상의 높은 사이드 로브(side lobes)를 포함하는 일반적인 OFDM 시스템의 취약점을 서브 밴드 필터(subband filter)를 이용하여 극복할 수 있다.

[0046] 도 4에서, IDMA 인코더(encoder, 410)는 도 1의 IDAM 인코더(113)에 해당하고, FOFDMA 변조부(modulator, 430)는 도 1의 FOFDM 변조부(114)에 해당할 수 있다. 도 4에는 도시되어 있지 않으나, FOFDMA-IDMA 송신 장치(401)는 도 1에 도시된 그룹화부 및 파라미터 할당부를 더 포함할 수 있다. 그리고, FOFDMA-IDMA 수신 장치(402)는 도 1의 FOFDMA-IDMA 수신 장치(120)를 나타내는 것으로서, FOFDM 복조부(demodulator, 450)는 도 1의 FOFDM 복조부(121)에 해당하고, IDMA 디코더(decoder, 460)는 도 1의 IDMA 디코더(122)에 해당할 수 있다.

[0047] 도 4를 참고하면, IDMA 인코더(encoder, 410)는 인코더(ENC, 411), 스프레더(spreader, 412), 인터리버(interleaver, 413), 및 심볼 맵퍼(symbol mapper, 414)를 포함할 수 있다. FOFDM 변조부(430)는 복수개의 IFFT 변환부(431), CP 삽입부(432), 및 서브밴드 필터(433)를 포함할 수 있다.

[0048] 도 4에서, $d_k^{(g)}$는 서비스 그룹 g에 속하는 사용자 단말 k를 대상으로 전송하고자 하는 정보 비트(bits)를 나타낼 수 있다. 그러면, 인코더(411)는 정보 비트 $d_k^{(g)}$를 대상으로 인코딩(encoding)을 수행할 수 있다. 인코딩된 신호 $c_k^{(g)}$는 길이가 S인 스프레더(spreader, 412)로 입력될 수 있으며, 스프레더(spreader, 412)는 상기 신호 $c_k^{(g)}$를 길이가 S인 확산 시퀀스(spread sequence)에 의해 확산(spread)시킬 수 있다. 그러면, 확산 데이터 시퀀스 $\tilde{c}_k^{(g)}$내의 칩들은 사용자-특정 인터리버 (user-specific interleaver) $\{\pi_k\}$(413)에 의해 인터리빙

(interleaving)될 수 있다. 그러면, 심볼 맵퍼(414)는 인터리빙된 신호 $x_k^{(g)}$를 서브캐리어(subcarrier)로 맵핑할 수 있으며, 직/병렬 변환부(S/P, 420)는 맵핑된 신호를 대상으로 직/병렬(serial to parallel) 변환처리를 수행할 수 있다.

[0049] 복수개의 IFFT 변환부(431) 각각은 병렬 변환된 신호를 입력받아 IFFT 변환을 수행할 수 있다.

[0050] 그러면, CP(Cyclic Prefix) 삽입부(432) 각각은 IFFT 변환된 신호를 입력받아, 입력된 신호에 해당 서비스 그룹에 할당된 CP 길이(length)에 기초하여 사이클릭 프리픽스(CP)를 삽입할 수 있다.

[0051] 서브밴드 필터(433)는 CP가 삽입된 신호를 대상으로 서브밴드 필터링을 수행할 수 있으며, 필터링된 신호들을 합하여(summation, 440) 전송할 수 있다. 이때, 시간 도메인(time-domain)에서의 직렬 심볼 $\tilde{x}_k^{(g)}$(즉, 송신신호)은 다중 경로 페이딩 채널(Multipath fading channel, 441)을 통해 전송될 수 있다.

[0052] 상기 송신신호 $\tilde{x}_k^{(g)}$는 아래의 수학식 3과 같이 표현될 수 있다.

[0053] [수학식 3]

[0054]
$$\tilde{x}_k^{(g)} = \sum_{i=1}^{B} F_{k,i}^{(g)} \cdot V_{k,i}^{(g)} \cdot x_{k,i}^{(g)}$$

[0055] 수학식 3에서, $x_{k,i}^{(g)}$는 변조된 심볼을 나타내고, $V_{k,i}^{(g)}$는 IFFT 행렬을 나타내고, $F_{k,i}^{(g)}$는 서비스 그룹 g에 속하는 사용자 단말 k에 대한 총 B개의 서브밴드를 갖는 i번째 서브밴드의 서브밴드 필터를 나타낼 수 있다.

[0056] 그러면, 상기 $\tilde{x}_k^{(g)}$는 다중 경로 페이딩 채널(Multipath fading channel, 441)을 통해 전송되어, 페이딩을 겪은 후 수신 장치(402)에서 수신되는 신호는 아래의 수학식 4와 같이 표현될 수 있다.

[0057] [수학식 4]

[0058]
$$r(j) = h_{k,l}\tilde{x}_k^{(g)}(j) + \zeta_{k,l}(j)$$

[0059] 수학식 4에서, $\zeta_{k,l}(j)$는 사용자 단말 k에 대한 $r(j)$에서의 왜곡(distortion)을 나타낼 수 있다. 즉, $\zeta_{k,l}(j)$는 다른 사용자 단말들 및 AWGN에 의한 간섭을 나타낼 수 있으며, 중심 극한 정리(central limit theorem)에 따라 가우스 변수로 근사화될 수 있다.

[0060] 이때, 사용자 단말들이 업 링크(UL)에서 서비스되어야 하는 것을 고려하면, 서비스 그룹 기반 FOFDM-IDMA 송수신 시스템(즉, FOFDM-IDMA 플랫폼)에 대한 동작 절차는 다음의 4단계로 설명될 수 있다.

[0061] 1 단계) 사용자 그룹화(User Grouping)

[0062] $G_{\max}$의 하위 카테고리 $\{G^{(g)}\}$에서 서비스할 k개의 사용자 단말(UE)들이 그룹화될 수 있다. 여기서, $G_{\max}$는 서비스 그룹의 총수를 나타내고, $g \le G_{\max}$에 해당할 수 있다.

[0063] 2 단계) 파라미터의 환경설정값 할당(Assign Parameter Configuration)

[0064] g번째 서비스 그룹인 $G^{(g)}$에 해당하는 미리 정의된 파라미터의 환경설정값(configuration)이 k개의 사용자 단말들을 대상으로 적용될 수 있다.

[0065] 3 단계) FOFDM-IDMA 송신 처리(FOFDM-IDMA Tx Side Processing)

[0066] 미리 정의된 파라미터의 환경설정값에 기초하여 해당 서비스 그룹에 속하는 모든 k개의 사용자 단말들 각각은 IDMA 인코딩 및 FOFDM 변조 프로세스를 수행할 수 있다. 여기서, 그룹화, 파라미터 환경설정값을 서비스그룹에 할당, IDMA 인코딩 및 FOFDM 변조를 수행하는 처음 세 단계는 다양한 서비스 그룹에 적합한 다양한 시간-주파수

세분성의 공존을 가능하게 하는 FOFDM 플랫폼의 유연성을 나타낼 수 있다.

[0067] 4 단계) FOFDM-IDMA 수신 처리(FOFDM-IDMA Rx Side Processing)

[0068] 수신 측에서 수신신호를 대상으로 FOFDM 복조(demodulation)를 수행한 후, MUD(Multi-User Detection)가 ESE(Elementary Signal Estimator)와 DEC(Decoder) 모듈에 위해 수행될 수 있다. 여기서, FOFDM 복조 및 디코딩 동작은 후술될 도 5 및 도 6에서 상세히 설명하기로 한다.

[0070] 도 5는 본 발명의 일실시예에 있어서, FOFDM 복조를 수행하는 방법을 도시한 흐름도이다.

[0071] 도 5에서, FOFDM 복조를 수행하는 각 단계들(510 내지 530 단계)은 도 4 및 도 1의 FOFDM 복조부(450, 121)에 의해 수행될 수 있다. FOFDM 복조부(450, 121)는 서브밴드 필터(451), CP 제거부(452), 및 FFT 변환부(453)를 포함할 수 있다.

[0072] 도 5를 참고하면, 510 단계에서, 복수의 서브밴드 필터(451) 각각은 송신 장치(401)에서 전송되어 채널(441)을 통해 수신된 신호를 대상으로, 서브밴드 필터링(subband filtering)을 수행할 수 있다.

[0073] 520 단계에서, CP 제거부(452)는 필터링된 신호를 대상으로 송신 장치(401)에서 삽입된 CP(Cyclic Prefix)를 제거할 수 있다. 예컨대, CP 제거부(452)는 서비스 그룹 g에 할당된 CP 길이(length)에 기초하여 상기 CP를 제거할 수 있다.

[0074] 530 단계에서, FFT 변환부(453)는 CP가 제거된 신호를 대상으로 FFT(Fast Fourier Transform) 변환을 수행할 수 있다. 예컨대, FFT 변환부(453)는 서비스 그룹 g에 할당된 FFT 사이즈(size)에 기초하여 FFT 변환을 수행할 수 있다.

[0075] 그러면, FFT 변환된 신호는 직/병렬(Parallel to Serial) 처리되어, 디코딩을 위해 ESE(461)로 입력될 수 있다.

[0077] 도 6은 본 발명의 일실시예에 있어서, IDMA 디코딩을 수행하는 방법을 도시한 흐름도이다.

[0078] 도 6에서, IDMA 디코딩을 수행하는 각 단계들(610 내지 630 단계)은 도 4 및 도 1의 IDMA 디코더(460, 122)에 의해 수행될 수 있다.

[0079] 다시 도 4를 참고하면, IDMA 디코더(460, 122)는 ESE(461), 디인터리버(462), 인터리버(463), 및 디코더(DEC, 464)를 포함할 수 있다.

[0080] 610 단계에서, ESE(Elementary Signal Estimation, 461)는 FFT 변환된 신호를 대상으로, 각 서브 캐리어(subcarrier)에 대한 칩대칩(chip by chip) 간섭을 제거할 수 있다.

[0081] 일례로, ESE(461)로 FOFDM 복조부(450)에서 복조된 신호와 로그 우도 비(log-likelihood ratio) $L_{ESE,k}^{(in,g)}$가 입력될 수 있다. 여기서, 로그 우도 비(log-likelihood ratio) $L_{ESE,k}^{(in,g)}$는 이전 반복(previous iteration)에서 디코더(460)에 의해 주어지며, 다음 반복(next iteration)에서 간섭 제거를 위해 송신신호를 재평가하기 위해 이용될 수 있다. ESE(461)는 상기 로그 우도 비(log-likelihood ratio) $L_{ESE,k}^{(in,g)}$에 기초하여 상기 복조된 신호에서 간섭을 제거하고, 간섭이 제거된 신호 $L_{ESE,k}^{(out,g)}$를 출력할 수 있다. ESE(461)에서 출력된 신호 $L_{ESE,k}^{(out,g)}$는 소프트 정보(soft information)로서, 디인터리버(462)로 입력될 수 있다.

[0082] ESE(461)에서 출력되는 신호는 아래의 수학식 5와 같이 표현될 수 있다.

[0083] [수학식 5]

[0084]
$$L_{ESE,k}^{(out,g)} = \sum_{l=0}^{L-1} \frac{2h_{k,l}\left(r(j+l) - E\left(\zeta_{k,l}(j)\right)\right)}{Var\left(\zeta_{k,l}(j)\right)}$$

[0085] 620 단계에서, 디인터리버(462)는 ESE(461)에서 간섭이 제거된 신호를 대상으로 디인터리빙(de-interleaving)을 수행할 수 있다.

[0086] 630 단계에서, 디코더(464)는 디인터리빙된 신호를 대상으로 터보 코드(turbo code)에 기초하여 디코딩

(decoding)을 수행할 수 있다. 여기서, 디코더로는 사후확률 디코더(a posteriori probability decoder)가 이용될 수 있다.

[0087] 일례로, 디코더(464)는 디인터리빙된 신호 $L_{DEC,k}^{(in,g)}$ 를 대상으로 디스프레드(de-spread)한 후, 다시 시퀀스(sequence)를 확산(spread)시킬 수 있다. 그리고, 확산된 신호에서 $L_{DEC,k}^{(in,g)}$ 를 빼서(subtract) $L_{DEC,k}^{(out,g)}$ 를 생성할 수 있다. 그리고, 생성된 신호 $L_{DEC,k}^{(out,g)}$ 를 인터리버(463)로 입력할 수 있다. 그러면, 인터리버(463)는 $L_{DEC,k}^{(out,g)}$ 를 대상으로 인터리빙을 수행하고, 인터리빙된 신호 $L_{ESE,k}^{(in,g)}$ 를 ESE(461)로 입력할 수 있다. ESE(461)는 입력된 신호 $L_{ESE,k}^{(in,g)}$ 와 복조된 신호에 기초하여 간섭을 제거하여 출력할 수 있다. 이처럼, ESE(461)와 디코더(464)는 최종 반복(final iteration)에서 디코딩된 비트가 얻어질 때까지 반복적으로 터보 프로세스(turbo process)를 수행할 수 있다.

[0088] 디코더(460)에서 디코딩을 수행하는 함수는 아래의 수학식 6 및 수학식 7과 같이 표현될 수 있다.

[0089] [수학식 6]

[0090] $$L\left(\hat{d}_k^{(g)}\right)=\sum_{i=1}^{S}S_k(i)L_{DEC,k}^{(in,g)}$$

[0091] [수학식 7]

[0092] $$L_{DEC,k}^{(out,g)}=S_k(i)L\left(\hat{d}_k\right)-L_{DEC,k}^{(in,g)}$$

[0093] 수학식 6 및 7에서, S_k 는 사용자 단말 k에 대한 확산 코드(spreading code)를 나타낼 수 있다.

[0094] 그리고, ESE(461)에서 추정되는 송신신호의 평균 및 분산은 아래의 수학식 8과 같이 표현될 수 있다.

[0095] [수학식 8]

[0096] $$E\left(\tilde{x}_k^{(g)}(j)\right)=\tanh\left(\frac{L_{ESE,k}^{(in,g)}}{2}\right),\ Var\left(\tilde{x}_k^{(g)}(j)\right)=1-E\left(\tilde{x}_k^{(g)}(j)\right)$$

[0098] 도 7은 본 발명의 일실시예에 있어서, FOFDM 플랫폼을 위한 프레임 구조를 도시한 도면이다.

[0099] 도 7은 IoT 환경을 위한 전용 프레임 구조를 도시한 것으로서, FOFDM 플랫폼을 위한 특정 파라미터들이 구성될 수 있다. 대부분의 IoT 애플리케이션에서 대규모 연결성(Massive Connectivity)을 지원하기 위해서는 넓은 커버리지와 높은 스펙트럼 효율을 구현하기 위해 더 긴 TTI가 요구될 수 있다. 그리고, 상대적으로 짧은 왕복 지연을 위해 짧은 TTI와, 작은 패킷들이 효율적으로 전송되기 위한 낮은 오버헤드가 저지연(Low Latency) 요구 사항을 갖는 사용자 단말들을 지원하기 위해 요구될 수 있다. 이에 따라, 대규모 연결성 및 저지연을 동시에 지원하기 위해, 즉, IoT 환경에서 두 가지 서비스 유형에 대한 유연한 프레임 구조가 요구되며, 도 7과 같은 프레임 구조를 통해 두 가지 서비스 유형이 동시에 충족될 수 있다.

[0100] 이때, 서브밴드 필터링이 이용되므로, 다양한 TTI 및 파형 numerology가 가능하게 될 수 있다. 그리고, IoT 애플리케이션을 대규모 연결성 및 저지연의 요구 사항을 가진 두 개의 하위 카테고리로 분리하여 FOFDM 플랫폼을 위한 특정 파라미터들의 환경설정값이 아래의 표 1과 같이 구성될 수 있다.

표 1

[0101]

Parameter	MC	LL
Bandwidth	1.4 MHz	
TTI length	1.2 ms	0.2 ms
Subcarrier spacing	3.75 kHz	33.33 KHz
FFT size	512	48
Symbol duration	266.67 us	30 us
# of symbols / TTI	4	6
CP length	10.6 us	2.2 us

[0102] 표 1에서 LTE-M(Long Term Evolution for machine-type communications)의 대역폭이 적용될 수 있으며, 기계 대 기계(machine by machine) 전송을 광대역 사용자 단말(UE)과 직교하는 사용 가능한 대역폭의 작은 양으로 제한할 수 있다.

[0103] 도 7의 프레임 구조 및 표 1에 따르면, 대규모 연결성(MC)의 서비스 유형에 해당하는 파라미터들의 환경설정값에서, TTI 길이는 저지연(LL)보다 상대적으로 긴 TTI 길이로 할당될 수 있다. 그리고, CP 길이는 10㎲ 이상으로 할당될 수 있다. 예컨대, 10㎲ 이상의 CP를 가지는 5G 이동통신의 새로운 RAT(Random Access Technology)에 반영될 수 있다.

[0104] 저지연(LL)의 서비스 유형에 해당하는 파라미터들의 환경설정값을 살펴보면, 저지연의 경우, 물리적 전송이 매우 작은 패킷을 사용하여 수행되어야 100㎲ 내에 단방향 물리 계층 전송이 가능할 수 있다. 이에 따라, 송신 장치에서의 인코딩 프로세스와 수신 장치에서의 검출 및 디코딩 프로세스를 포함하는 구조적 추가 대기 시간으로 인해, 각 패킷의 지속시간(duration)은 33㎲의 지속시간을 초과하지 않도록 할당될 수 있다. 예컨대, 심볼 지속시간(symbol duration)은 30㎲로 할당될 수 있다. 그리고, 서브캐리어 간격(subcarrier spacing)은 심볼 지속시간의 역수로서 계산되어 할당될 수 있다. CP 길이(length)는 오버헤드의 관점에서 고려될 수 있기 때문에, 저지연 애플리케이션에서는 매우 작아야 할 수 있다. 예컨대, CP 길이는 2.2㎲로 매우 작은 값으로 할당될 수 있다.

[0106] 도 8은 본 발명의 일실시예에 있어서, 사용자 단말의 수에 따른 BER 성능을 도시한 그래프이다.

[0107] 도 8은 본 발명의 FOFDMA-IDMA와, 기존의 OFDM-IDMA, FOFDMA를 기반으로 사용자 단말의 수가 변화함에 따라 BER 성능이 어떻게 달라지는지를 보이는 그래프를 나타낼 수 있다.

[0108] 상기 그래프들을 생성하기 위해 FOFDM, OFDM-IDMA, 그리고 FOFMD-IDMA의 세 가지 구조를 우선 대규모 연결성(MC)을 위한 파라미터 설정값을 사용하여 시뮬레이션을 수행할 수 있다.

[0109] 파형에 대한 파라미터는 위의 표 1에 따라 구성될 수 있다. 1/2 code rate를 갖는 컨벌루션 코드(convolution code)와 길이 8인 확산 시퀀스(spreading sequence)가 각각의 사용자 단말들에 적용될 수 있다. 그리고, 시뮬레이션은 1km/h의 이동성을 가지는 ETU(Extended Typical Urban) 모델을 적용한 다중 페이딩 채널을 사용하고, 퍼펙트 채널 추정(perfect channel estimation)에 기초하여 수행될 수 있다. 서브밴드 당 10개의 서브 캐리어가 할당되고, IDMA 디코더에 대한 10번의 반복을 통하여 각 사용자 단말(UE)에 대해 디코딩된 비트를 최종적으로 얻는 것을 가정할 수 있다.

[0110] 도 8에서는 $E_b / N_o = 8$인 경우에 사용자 단말의 수에 따라 달라지는 BER 성능이 도시되어 있다. 도 8에 따르면, 사용자 단말의 수가 증가할수록 BER 성능이 저하됨을 확인할 수 있다. $E_b / N_o = 8$와 사용자 단말의 수가 64개로 동일한 경우, FOFDMA, OFDM-IDMA, 및 FOFDM-IDMA의 BER은 각각 1.9×10^{-2}, 4.83×10^{-3}, 2.32×10^{-3}임을 확인할 수 있다. 즉, FOFDM-IDMA는 최상의 성능을 제공하지만, FOFDMA는 최악의 성능을 제공함을 알 수 있다. 이에 따라, IDMA에 해당하는 파형이 대규모 연결성(MC)을 지원하는데 훨씬 더 적합하다는 것을 알 수 있다.

[0112] 도 9는 본 발명의 일실시예에 있어서, E_b/N_0에 대한 BER 성능을 도시한 그래프이다.

[0113] 도 9에서는 FOFDMA, 대규모 연결성(MC)을 위해 할당된 파라미터들을 기반으로 하는 OFDM-IDMA, 대규모 연결성

(MC) 및 저지연(LL) 모두를 지원하기 위해 할당된 파라미터들을 기반으로 하는 FOFDM-IDMA(즉, 2개의 서비스 그룹을 포함하는 경우의 FOFDM-IDMA)에 대한 BER 성능을 도시하고 있다. 이때, 8개와 16개의 사용자 단말(UE)이 리소스(resource)를 공유하는 것을 가정할 수 있다.

[0114] 도 9에서, FOFDM-IDMA의 경우, 8개의 UE가 고려될 때, 저지연(LL)에 대한 2개의 UE 및 대규모 연결성(MC)에 대한 6개의 UE를 갖는 경우를 가정할 수 있다. 그리고, 16개의 UE가 고려될 때, 저지연(LL)에 해당하는 4개의 UE가 존재하고, MC에 해당하는 12개의 UE가 존재함을 가정할 수 있다.

[0115] 도 9를 참고하면, 타겟(target) BER 10^{-3} 에서 FOFDMA가 최악의 성능을 보이고, OFDM-IDMA는 FOFDMA보다 약 2.2dB 향상된 BER 성능을 제공함을 확인할 수 있다. 즉, IDMA가 잠재적으로 각 사용자 단말에 적용된 더 넓은 주파수 대역폭으로 인해 주파수 다양성을 이용할 수 있기 때문에 OFDM-IDMA가 FOFDMA보다 상대적으로 향상된 BER 성능을 가질 수 있다.

[0116] 그리고, FOFDM-IDMA는 최상을 성능을 가짐을 확인할 수 있고, 서브밴드 필터를 이용함에 따라 인접 사용자 단말들(UE)을 간섭으로부터 보호하므로, 타겟 BER 10^{-3}dB에서 기존 OFDM-IDMA 보다 0.3dB만큼 더 높은 이득을 가짐을 확인할 수 있다. 이에 따라, FOFDM-IDMA는 별도의 서비스 그룹에 속한 사용자 단말(즉, 유연한 파라미터를 통해 적합성을 제공하는 UE)에 대한 서비스 요구 사항을 동시에 충족시킬 수 있음을 알 수 있다.

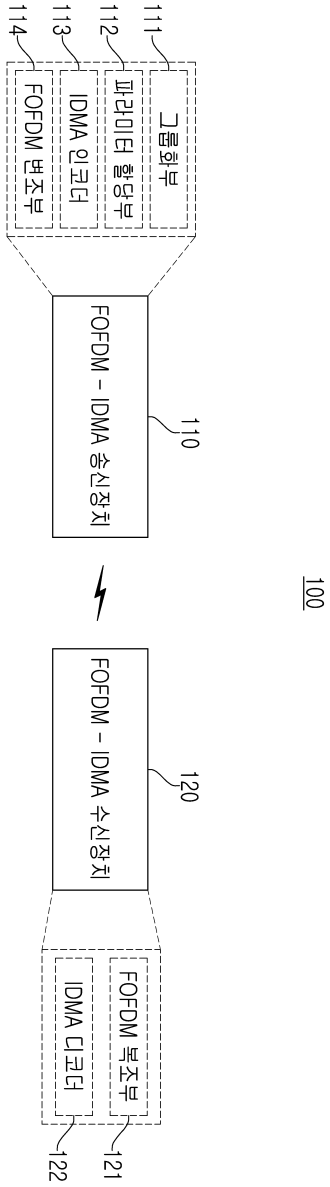
[0117] 이상에서 설명한 바와 같이, FOFDM 및 IDMA를 결합한 다중 사용자 시스템을 제공함으로써, IoT 환경에서 안정적인 통신을 제공할 때 대규모 연결성을 지원하고 저지연의 요구 사항을 동시에 충족시킬 수 있다. 그리고. IoT 환경을 위한 전용 프레임 구조와 특정 파라미터들이 FOFDM-IDMA 플랫폼을 위해 구성될 수 있으며, 시뮬레이션 결과, 기존의 OFDM-IDMA와 비교하여 FOFDM-IDMA는 타겟 BER에서 0.3dB의 SNR 이득을 가질 수 있다. 이에 따라, FOFDM-IDMA 플랫폼은 다양한 서비스 그룹에 적합한 다양한 시간-주파수 세분성의 공존을 가능하게 할 수 있다.

[0118] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 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.

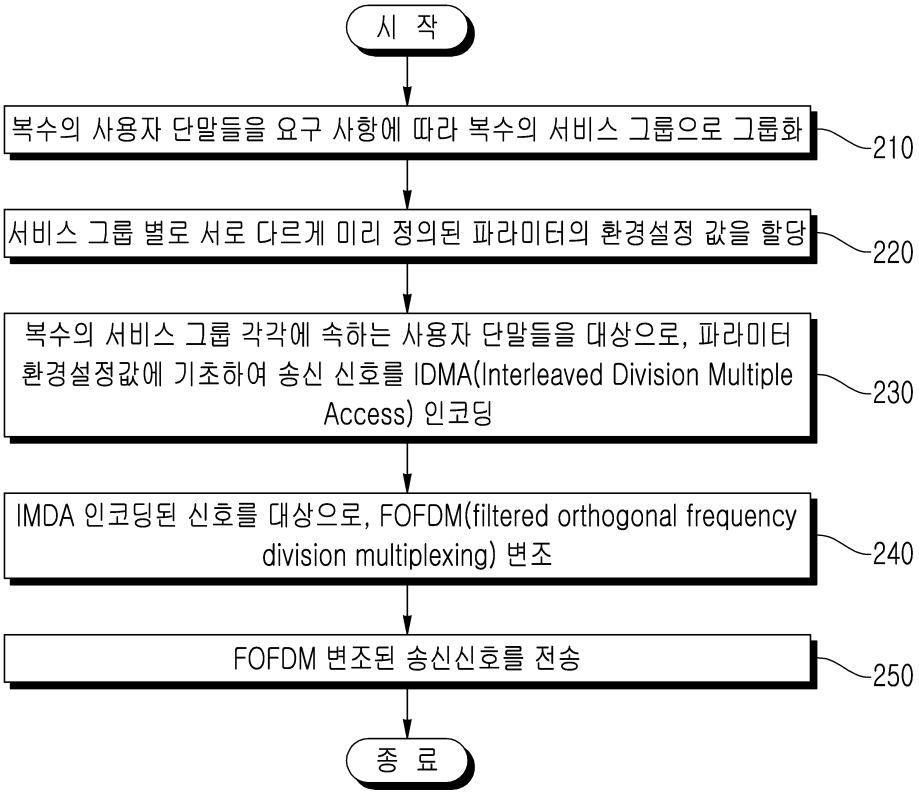
[0119] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

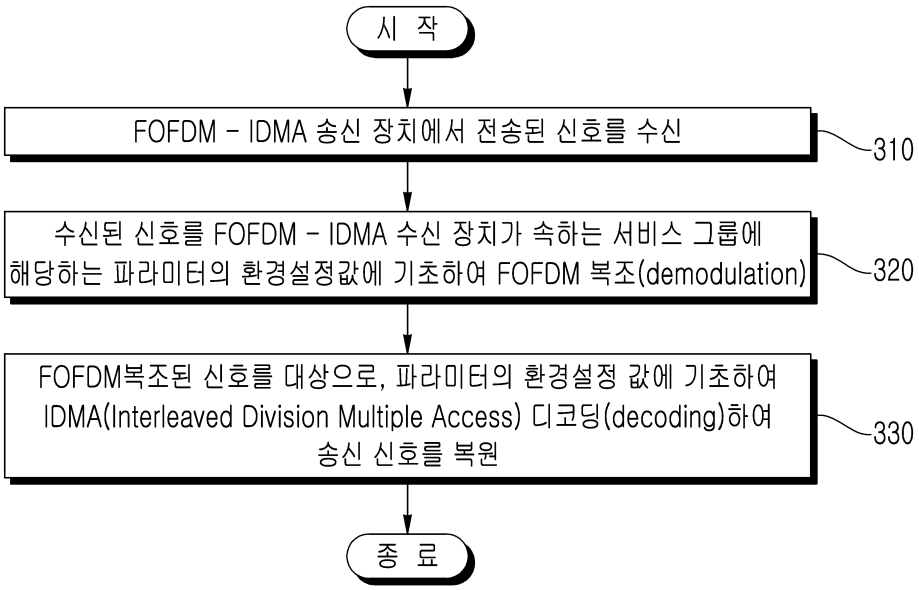
도면1


111
112
113
114
그룹화부
파라미터 할당부
IDMA 인코더
FOFDM 변조부
FOFDM - IDMA 송신장치
110
100
FOFDM - IDMA 수신장치
120
FOFDM 복조부
IDMA 디코더
121
122

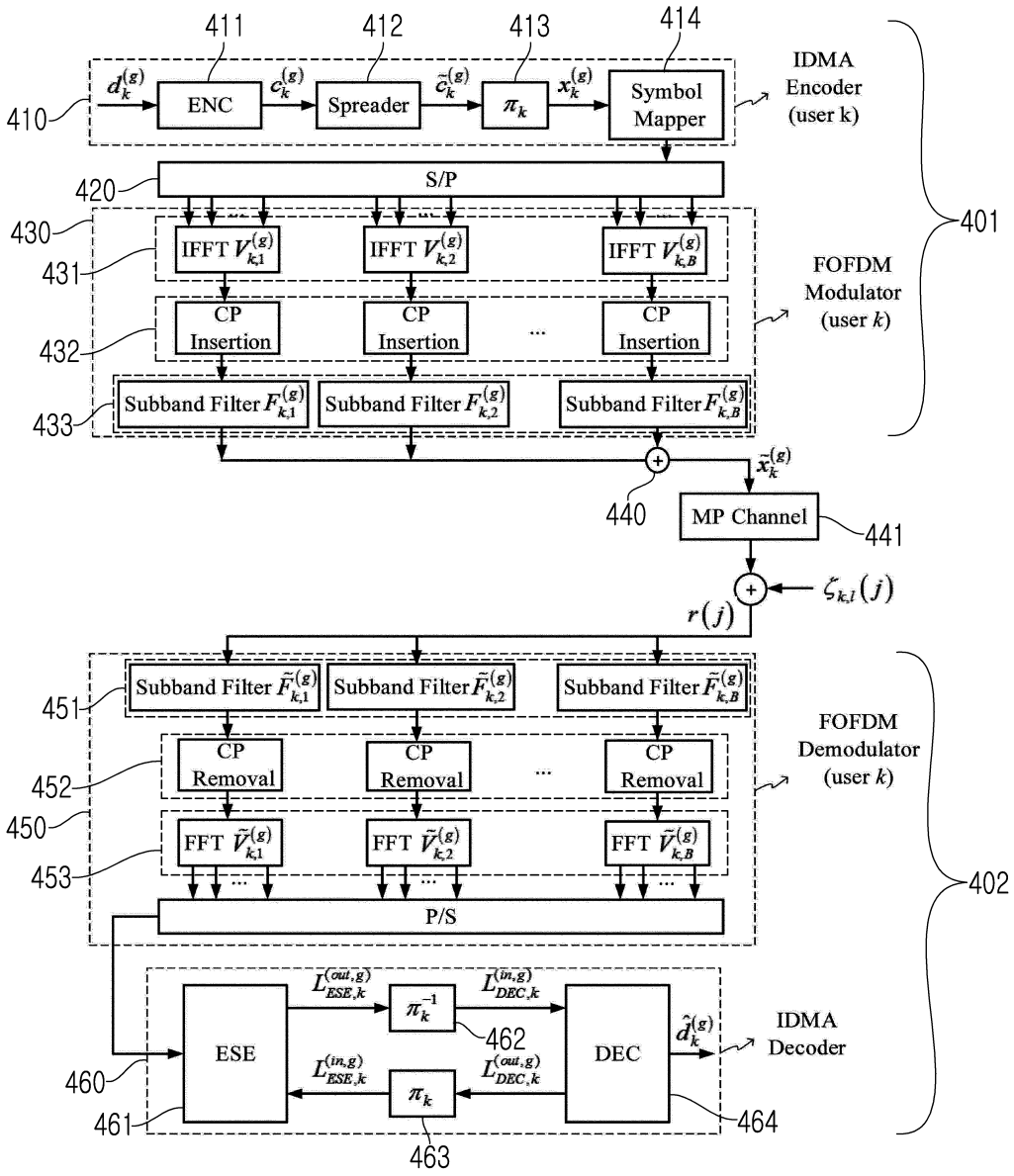
도면2


시 작
복수의 사용자 단말들을 요구 사항에 따라 복수의 서비스 그룹으로 그룹화
210
서비스 그룹 별로 서로 다르게 미리 정의된 파라미터의 환경설정 값을 할당
220
복수의 서비스 그룹 각각에 속하는 사용자 단말들을 대상으로, 파라미터 환경설정값에 기초하여 송신 신호를 IDMA(Interleaved Division Multiple Access) 인코딩
230
IMDA 인코딩된 신호를 대상으로, FOFDM(filtered orthogonal frequency division multiplexing) 변조
240
FOFDM 변조된 송신신호를 전송
250
종 료

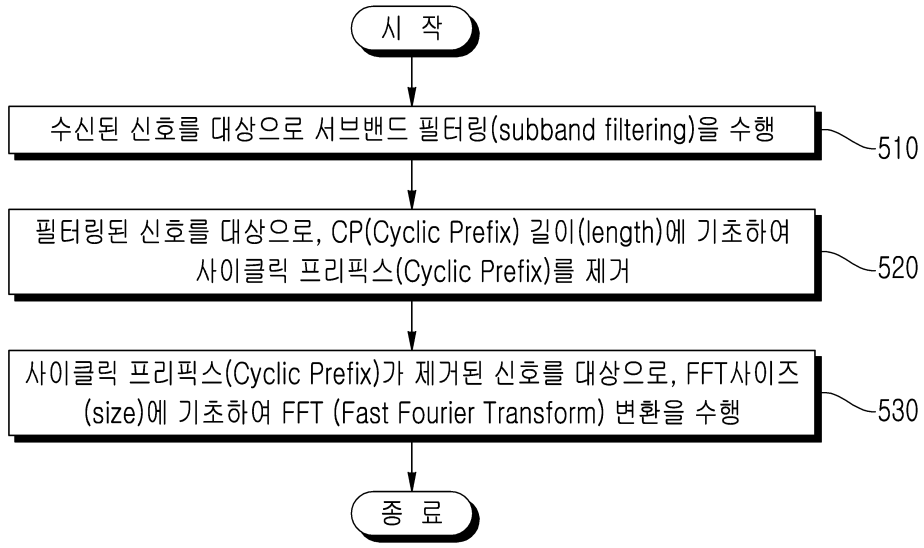
도면3


시 작
FOFDM - IDMA 송신 장치에서 전송된 신호를 수신
310
수신된 신호를 FOFDM - IDMA 수신 장치가 속하는 서비스 그룹에 해당하는 파라미터의 환경설정값에 기초하여 FOFDM 복조(demodulation)
320
FOFDM복조된 신호를 대상으로, 파라미터의 환경설정 값에 기초하여 IDMA(Interleaved Division Multiple Access) 디코딩(decoding)하여 송신 신호를 복원
330
종 료

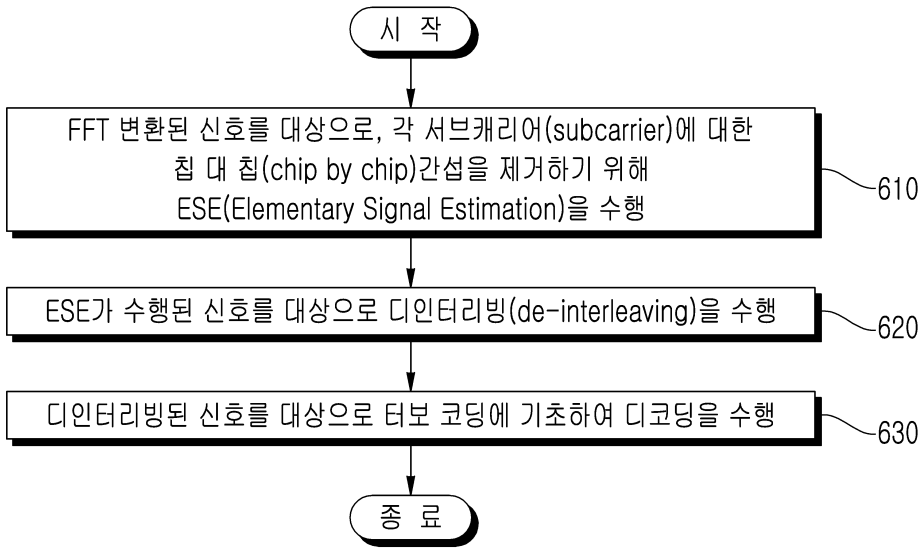
도면4


411
412
413
414
410
ENC
Spreader
Symbol Mapper
IDMA Encoder (user k)
420
S/P
430
431
IFFT
401
FOFDM Modulator (user k)
432
CP Insertion
433
Subband Filter
440
MP Channel
441
451
FOFDM Demodulator (user k)
452
CP Removal
450
453
FFT
402
P/S
ESE
462
DEC
IDMA Decoder
460
461
463
464

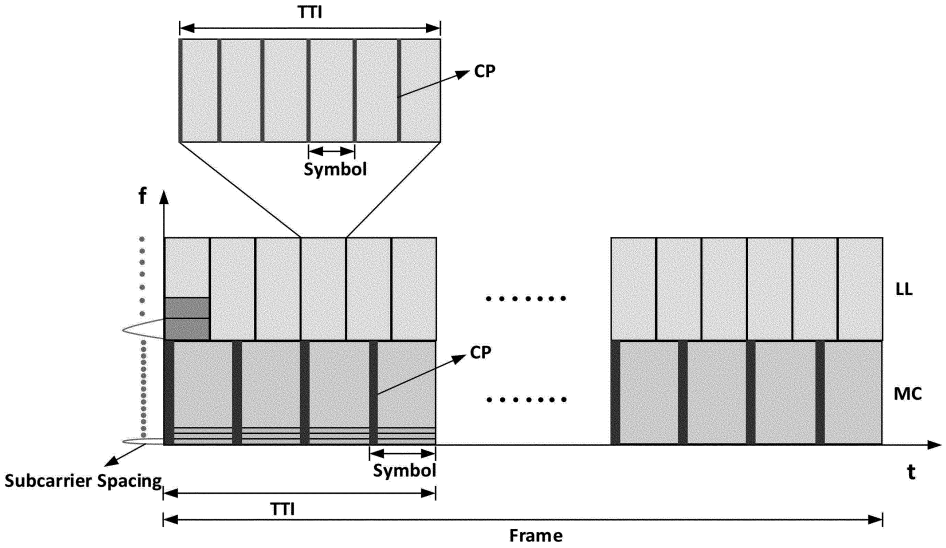
도면5


시 작
수신된 신호를 대상으로 서브밴드 필터링(subband filtering)을 수행
510
필터링된 신호를 대상으로, CP(Cyclic Prefix) 길이(length)에 기초하여 사이클릭 프리픽스(Cyclic Prefix)를 제거
520
사이클릭 프리픽스(Cyclic Prefix)가 제거된 신호를 대상으로, FFT사이즈(size)에 기초하여 FFT (Fast Fourier Transform) 변환을 수행
530
종 료

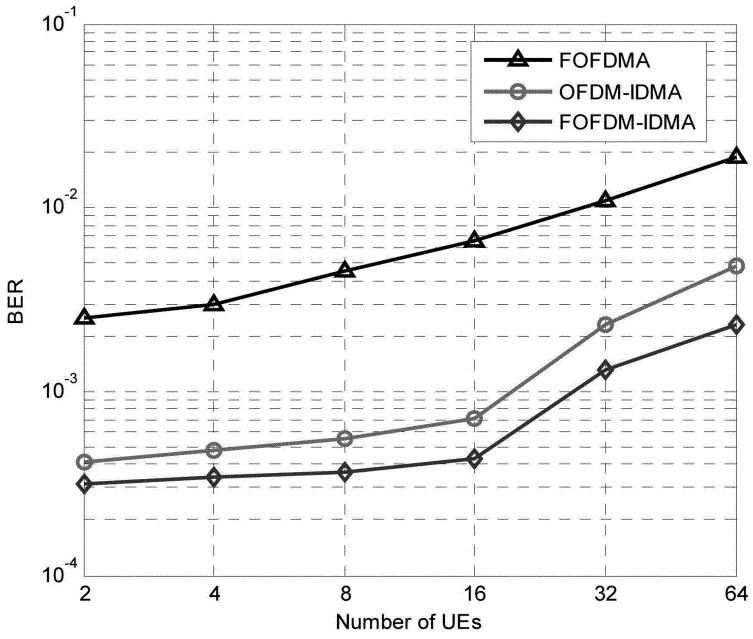
도면6


시 작
FFT 변환된 신호를 대상으로, 각 서브캐리어(subcarrier)에 대한 칩 대 칩(chip by chip)간섭을 제거하기 위해 ESE(Elementary Signal Estimation)을 수행
610
ESE가 수행된 신호를 대상으로 디인터리빙(de-interleaving)을 수행
620
디인터리빙된 신호를 대상으로 터보 코딩에 기초하여 디코딩을 수행
630
종 료

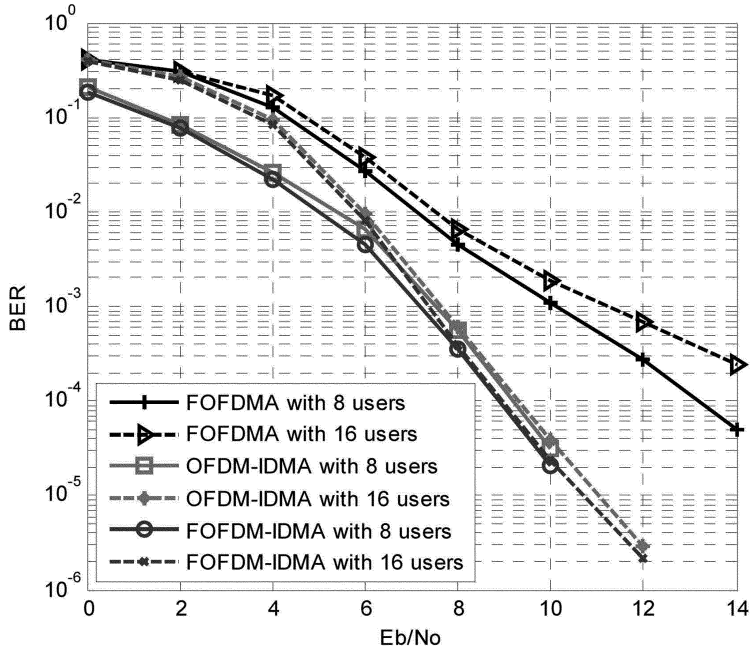
도면7


TTI
CP
Symbol
f
CP
LL
MC
Symbol
t
Subcarrier Spacing
TTI
Frame

도면8


FOFDMA
OFDM-IDMA
FOFDM-IDMA
BER
Number of UEs
2
4
8
16
32
64

도면9


BER
Eb/No
FOFDMA with 8 users
FOFDMA with 16 users
OFDM-IDMA with 8 users
OFDM-IDMA with 16 users
FOFDM-IDMA with 8 users
FOFDM-IDMA with 16 users