



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년10월17일
(11) 등록번호 10-1785874
(24) 등록일자 2017년09월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 72/10 (2009.01) H04J 11/00 (2006.01)
H04W 72/08 (2009.01)
(52) CPC특허분류
H04W 72/10 (2013.01)
H04J 11/0053 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0161723
(22) 출원일자 2016년11월30일
심사청구일자 2016년11월30일
(56) 선행기술조사문헌
US20150215932 A1*
KR1020120049804 A*
*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, 마포펜트하우스)
아마드 이쉬티아크
인천광역시 남구 용현동 253 인하대학교 전자공학과 이동통신연구실
진완
인천광역시 남구 소성로 40, 1기숙사 (학익동, 인하대학교기숙사)
(74) 대리인
양성보

전체 청구항 수 : 총 4 항

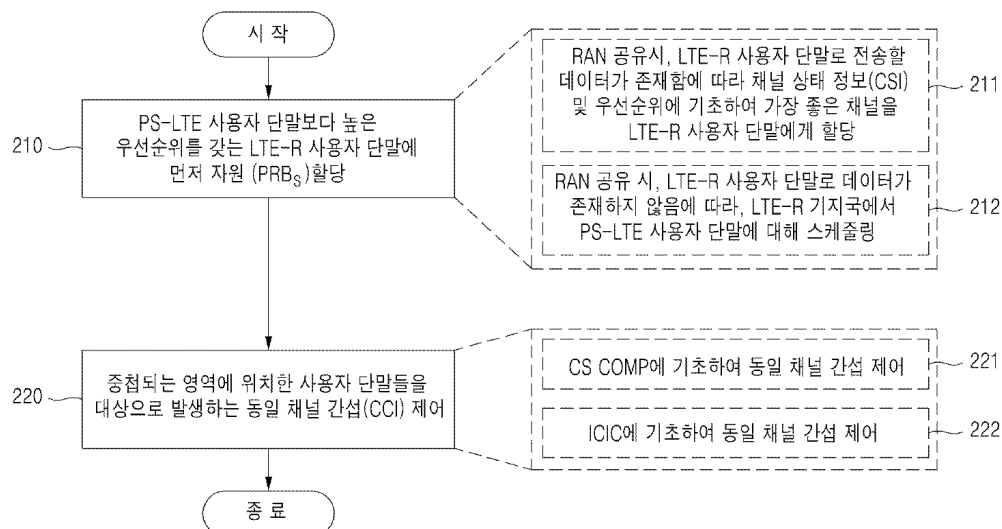
심사관 : 조춘근

(54) 발명의 명칭 PS-LTE 망과 LTE-R 망이 공존하는 환경에서 협력 통신 기법들을 이용한 LTE-R 사용자 우선순위 기반의 자원 할당 및 간섭 관리 방법과 장치

(57) 요약

PS-LTE 망과 LTE-R 망이 공존하는 환경에서 협력 통신 기법들을 이용하여 LTE-R 사용자 우선순위 기반의 자원 할당 및 간섭 관리 방법과 장치가 개시된다. 동일 주파수 대역을 사용하는 이종망(HetNet)이 공존하는 환경에서의 자원 할당 및 간섭 관리 방법에 있어서, LTE-R(LTE based high speed Railway) 망과 PS-LTE(Public Safety LTE) 망 중 적어도 일부가 중첩되는 영역에 위치한 사용자 단말들을 대상으로, PS-LTE 사용자 단말보다 높은 LTE-R 사용자 단말의 우선 순위를 고려하여 자원을 할당하는 단계, 및 상기 중첩되는 영역에 위치한 사용자 단말들을 대상으로 발생하는 동일채널간섭(co-channel interference)을 기정의된 협력 통신 기법(cooperative communication scheme)들을 이용하여 제어하는 단계-상기 협력 통신 기법은 CS CoMP(Coordinated Scheduling Coordinated Multipoint) 및 ICIC(Inter Cell Interference Coordination)을 포함함-를 포함할 수 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

H04W 72/082 (2013.01)

H04J 2211/005 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 IITP-2017-0-00316

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 방송통신 산업기술 개발

연구과제명 차세대 공공안전통신 원천기술 연구

기 여 율 1/1

주관기관 인하대학교 산학협력단

연구기간 2017.04.01 ~ 2017.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

동일 주파수 대역을 사용하는 이중망(HetNet)이 공존하는 환경에서의 자원을 할당하고 간섭을 관리하는 방법에 있어서,

LTE-R(LTE based high speed Railway) 망과 PS-LTE(Public Safety LTE) 망 중 적어도 일부가 중첩되는 영역에 위치한 사용자 단말들을 대상으로, PS-LTE 사용자 단말보다 높은 LTE-R 사용자 단말의 우선 순위를 고려하여 자원을 할당하는 단계; 및

상기 중첩되는 영역에 위치한 사용자 단말들을 대상으로 발생하는 동일채널간섭(co-channel interference)을 기 정의된 협력 통신 기법(cooperative communication scheme)들을 이용하여 제어하는 단계-상기 협력 통신 기법은 CS CoMP(Coordinated Scheduling Coordinated Multipoint) 및 ICIC(Inter Cell Interference Coordination)를 포함함-

를 포함하고,

상기 LTE-R(LTE based high speed Railway) 망과 PS-LTE(Public Safety LTE) 망 각각에 해당하는 기지국의 가용 대역폭은, 전체 재사용 대역, 복수의 부분 재사용 대역, 및 상기 전체 재사용 대역과 상기 부분 재사용 대역 사이에 존재하는 적어도 하나의 보너스 대역을 포함하고,

상기 동일채널간섭을 제어하는 단계는,

상기 ICIC를 이용하여 협력 통신을 수행하는 경우, 상기 중첩되는 영역에 위치하는 사용자 단말의 SINR 및 기 정의된 기준 SINR에 기초하여 해당 사용자 단말이 상기 전체 재사용 대역을 사용하는 사용자 그룹 및 상기 부분 재사용 대역을 사용하는 사용자 그룹 중 어느 하나에 속하는지 여부를 결정하고, 각 그룹에 속하는 사용자 단말의 QoS 요구 사항에 따라 상기 보너스 대역을 상기 전체 재사용 대역을 사용하는 사용자 그룹 및 상기 부분 재사용 대역을 사용하는 사용자 그룹 중 어느 하나의 그룹과 관련하여 재사용되도록 동적으로 제어하는 것

을 특징으로 하는 자원을 할당하고 간섭을 관리하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 우선 순위를 고려하여 자원을 할당하는 단계는,

상기 LTE-R(LTE based high speed Railway) 망에 속하는 LTE-R 기지국과 상기 PS-LTE 사용자 단말 간에 RAN 공유(RAN sharing)를 하는 경우, 상기 LTE-R 기지국에 속하는 LTE-R 사용자 단말로 전송해야 할 데이터가 존재함에 따라 채널 상태 정보(CSI) 및 상기 우선 순위에 기초하여 가장 좋은 채널을 상기 LTE-R 사용자 단말에게 할당하고,

상기 LTE-R 기지국에 속하는 LTE-R 사용자 단말로 전송해야 할 데이터가 존재하지 않음에 따라 상기 중첩되는 영역에 위치하는 사용자 단말들 중 PS-LTE 사용자 단말에 자원을 할당하는 것

을 특징으로 하는 자원을 할당하고 간섭을 관리하는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 동일채널간섭을 제어하는 단계는,

상기 CS CoMP를 이용하여 협력 통신을 수행하는 경우, 상기 중첩되는 영역에 위치한 사용자 단말들을 대상으로, 각 사용자 단말의 SIR에 기초하여 CoMP가 필요한 사용자 단말을 결정하는 단계;

상기 PS-LTE(Public Safety LTE) 망에 속하는 복수의 PS-LTE 기지국들 및 상기 LTE-R(LTE based high speed

Railway) 망에 속하는 복수의 LTE-R 기지국들을 포함하는 CoMP 협력 세트(CoMP cooperating set)에서 상기 결정된 사용자 단말에 방해가 되는 기지국을 결정하는 단계; 및

상기 방해가 되는 기지국에서 상기 결정된 사용자 단말에 주어진 자원(PRBs)에 대한 스케줄링을 중단(mute)하도록 제어하는 단계

를 포함하는 자원을 할당하고 간섭을 관리하는 방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

동일 주파수 대역을 사용하는 이중망(HetNet)이 공존하는 환경에서의 자원을 할당하고 간섭을 관리하는 장치에 있어서,

LTE-R(LTE based high speed Railway) 망과 PS-LTE(Public Safety LTE) 망 중 적어도 일부가 중첩되는 영역에 위치한 사용자 단말들을 대상으로, PS-LTE 사용자 단말보다 높은 LTE-R 사용자 단말의 우선 순위를 고려하여 자원을 할당하는 자원 할당부; 및

상기 중첩되는 영역에 위치한 사용자 단말들을 대상으로 발생하는 동일채널간섭(co-channel interference)을 기 정의된 협력 통신 기법(cooperative communication scheme)들을 이용하여 제어하는 간섭 제어부-상기 협력 통신 기법은 CS CoMP(Coordinated Scheduling Coordinated Multipoint) 및 ICIC(Inter Cell Interference Coordination)을 포함함-

를 포함하고,

상기 LTE-R(LTE based high speed Railway) 망과 PS-LTE(Public Safety LTE) 망 각각에 해당하는 기지국의 가용 대역폭은, 전체 재사용 대역, 복수의 부분 재사용 대역, 및 상기 전체 재사용 대역과 상기 부분 재사용 대역 사이에 존재하는 적어도 하나의 보너스 대역을 포함하고,

상기 간섭 제어부는,

상기 ICIC를 이용하여 협력 통신을 수행하는 경우, 상기 중첩되는 영역에 위치하는 사용자 단말의 SINR 및 기 정의된 기준 SINR에 기초하여 해당 사용자 단말이 상기 전체 재사용 대역을 사용하는 사용자 그룹 및 상기 부분 재사용 대역을 사용하는 사용자 그룹 중 어느 하나에 속하는지 여부를 결정하고, 각 그룹에 속하는 사용자 단말의 QoS 요구 사항에 따라 상기 보너스 대역을 상기 전체 재사용 대역을 사용하는 사용자 그룹 및 상기 부분 재사용 대역을 사용하는 사용자 그룹 중 어느 하나의 그룹과 관련하여 재사용되도록 동적으로 제어하는 것

을 특징으로 하는 자원을 할당하고 간섭을 관리하는 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 서로 다른 이중망(HetNet), 즉 LTE-R(LTE based high speed Railway: 철도망) 망과 PS-LTE(Public Safety LTE: 안전망) 망이 공존하는 환경에서 서로 협력하여 자원을 할당하고 동일채널간섭을 관리하는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 한국에서는 국가 재난안전망 프로젝트가 2014년부터 16억 달러를 들여 시작되었는데, 700MHz 주파수 대역이 LTE 기반 재난안전망(public safety LTE network, 이하, 'PS-LTE 망'이라 칭함.)에 할당되었다. 그리고, 동일한 700MHz 대역이 PS-LTE 기반 철도망(LTE-based high-speed Railway network, 이하, 'LTE-R 망'이라 칭함.)과 LTE-A 기반 해상망(LTE-M)에도 할당되었다. PS-LTE 망의 대상 사용자는 경찰, 소방공무원, 군인, 해경, 응급 의료 관계자, 지방자치단체 등 8대 필수기관 등이고, LTE-R 망은 기차 승무원들과 기차 제어를 위한 통신 서비스를 제공하기 위해 이용된다. 철도 무선 통신과 함께 기차를 제어하는 것은 안전에 직결되기 때문에, LTE-R 망과 PS-LTE 망이 같은 주파수를 사용한다면 동일채널간섭(co-channel interference)이 발생하게 된다.

- [0003] 동일채널간섭을 제어하기 위한 협력통신기법으로서, 3GPP의 LTE 기술보고서에서 JP(Joint Processing) 기법 및 CS(Coordinated Scheduling) 기법이 논의되었다. JP 기법이 CS 기법보다 더 많은 처리량(throughput) 이득이 존재할지라도, JP 기법의 경우 CoMP 협력 세트(CoMP Cooperating Set)에 포함된 모든 기지국들의 데이터 가용성을 요구하므로 구현의 복잡도가 매우 커진다. 이러한 복잡도 증가로 인해 백홀(Backhaul Network)의 오버헤드가 커지게 되어, 긴급(MC: Mission Critical) 서비스를 지원해야 하는 공공안전통신망의 협력통신기법으로는 부적합하므로, CS 방식에 기반한 협력통신기법을 사용하도록 한다.
- [0004] 따라서, 동일한 주파수 대역을 사용하는 이중의 LTE-R 망과 PS-LTE 망이 공존하는 환경에서 발생하는 동일채널 간섭, 서비스 우선순위 등의 문제들을 처리하기 위한 기술이 요구된다.
- [0005] 한국공개특허 제 10-2005-0110692호는 통신 시스템에서 동일 채널 간섭을 감소시키는 방법 및 장치에 관한 것으로서, 다운링크 프레임에 유사 크기의 리소스 블록들로 분할하고, 각 동일 채널 섹터는 각각에 할당된 리소스 블록의 시작부터 전송되도록 스케줄링함으로써, 동일채널간섭을 감소시키는 기술을 개시하고 있다.

선행기술문헌

비특허문헌

- [0006] (비특허문헌 0001) [1] H. Claussen, S. Green, "Efficient modeling of channel maps with correlated shadow fading in mobile radio systems," in Proc. IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, Berlin, Germany, Sept. 2005, pp. 512-516
- (비특허문헌 0002) [2] L. Hentila, P. Kyosti, M. Kaske, M. Narandzic, MATLAB implementation of the WINNER phase II channel model ver1.1, 2007.
- (비특허문헌 0003) [3] Radio Frequency (RF) system scenarios, 3GPP TR 36.942 v12.0, 2014.
- (비특허문헌 0004) [4] Z. Hanzaz, H. Schotten, "Analysis of effective SINR mapping models for MIMO OFDM in LTE system," in Proc. of the International Wireless Communications and Mobile Computing Conference, Italy, Sardinia, July 2013, pp. 1-5.
- (비특허문헌 0005) [5] Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) overall descriptions, 3GPP TS 36.300 v 12.5.0, 2015.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명은 동일 주파수 대역을 사용하는 LTE-R 망과 PS-LTE 망이 공존하는 환경에서 협력통신기법을 이용하여 LTE-R 망과 PS-LTE 망이 중첩되는 영역에 위치하는 사용자 단말에 발생 가능한 동일채널간섭을 처리하고, 사용자 단말의 QoS 요구사항을 반영하여 자원을 할당하는 기술에 관한 것이다.
- [0008] 또한, 사용자 단말들은 RAN 공유(RAN sharing)를 통해 보다 나은 채널 상태와 높은 처리량을 달성하고자 하는 기술에 관한 것이다.

과제의 해결 수단

- [0009] 동일 주파수 대역을 사용하는 이중망(HetNet)이 공존하는 환경에서의 자원 할당 및 간섭 관리 방법에 있어서, LTE-R(LTE based high speed Railway) 망과 PS-LTE(Public Safety LTE) 망 중 적어도 일부가 중첩되는 영역에 위치한 사용자 단말들을 대상으로, PS-LTE 사용자 단말보다 높은 LTE-R 사용자 단말의 우선 순위를 고려하여 자원을 할당하는 단계, 및 상기 중첩되는 영역에 위치한 사용자 단말들을 대상으로 발생하는 동일채널간섭(co-channel interference)을 기정의된 협력 통신 기법(cooperative communication scheme)들을 이용하여 제어하는 단계-상기 협력 통신 기법은 CS CoMP(Coordinated Scheduling Coordinated Multipoint) 및 ICIC(Inter Cell Interference Coordination)을 포함함-를 포함할 수 있다.
- [0010] 일측면에 따르면, 상기 우선 순위를 고려하여 자원을 할당하는 단계는, 상기 LTE-R(LTE based high speed Railway) 망에 속하는 LTE-R 기지국과 상기 PS-LTE 사용자 단말 간에 RAN 공유(RAN sharing)을 하는 경우, 상

기 LTE-R 기지국에 속하는 LTE-R 사용자 단말로 전송해야 할 데이터가 존재함에 따라 채널 상태 정보(CSI) 및 상기 우선 순위에 기초하여 가장 좋은 채널을 상기 LTE-R 사용자 단말에게 할당하고, 상기 LTE-R 기지국에 속하는 LTE-R 사용자 단말로 전송해야 할 데이터가 존재하지 않음에 따라 상기 중첩되는 영역에 위치하는 사용자 단말들 중 PS-LTE 사용자 단말에 자원을 할당할 수 있다.

[0011] 다른 측면에 따르면, 상기 동일채널간섭을 제어하는 단계는, 상기 CS CoMP를 이용하여 협력 통신을 수행하는 경우, 상기 중첩되는 영역에 위치한 사용자 단말들을 대상으로, 각 사용자 단말의 SIR에 기초하여 CoMP가 필요한 사용자 단말을 결정하는 단계, 상기 PS-LTE(Public Safety LTE) 망에 속하는 복수의 PS-LTE 기지국들 및 상기 LTE-R(LTE based high speed Railway) 망에 속하는 복수의 LTE-R 기지국들을 포함하는 CoMP 협력 세트(CoMP cooperating set)에서 상기 결정된 사용자 단말에 방해가 되는 기지국을 결정하는 단계, 및 상기 방해가 되는 기지국에서 상기 결정된 사용자 단말에 주어진 자원(PRBs)에 대한 스케줄링을 중단(mute)하도록 제어하는 단계를 포함할 수 있다.

[0012] 다른 측면에 따르면, 상기 LTE-R(LTE based high speed Railway) 망과 PS-LTE(Public Safety LTE) 망 각각에 해당하는 기지국의 가용 대역폭은, 전체 재사용(FR) 대역, 복수의 부분 재사용(PR) 대역, 및 상기 전체 재사용 대역과 상기 부분 재사용 대역 사이에 존재하는 적어도 하나의 보너스 대역을 포함하고, 상기 동일채널간섭을 제어하는 단계는, 상기 ICIC를 이용하여 협력 통신을 수행하는 경우, 상기 중첩되는 영역에 위치하는 사용자 단말의 SINR 및 기정의된 기준 SINR에 기초하여 해당 사용자 단말이 상기 전체 재사용(FR) 대역을 사용하는 사용자 그룹 및 상기 부분(PR) 재사용 대역을 사용하는 사용자 그룹 중 어느 하나에 속하는지 여부를 결정하고, 각 그룹에 속하는 사용자 단말의 QoS 요구 사항에 따라 상기 보너스 대역을 상기 전체 재사용 대역을 사용하는 사용자 그룹 및 상기 부분 재사용 대역을 사용하는 그룹 중 어느 하나의 그룹과 관련하여 재사용되도록 동적으로 제어할 수 있다.

[0013] 동일 주파수 대역을 사용하는 이종망(HetNet)이 공존하는 환경에서의 자원 할당 및 간섭 관리 장치에 있어서, LTE-R(LTE based high speed Railway) 망과 PS-LTE(Public Safety LTE) 망 중 적어도 일부가 중첩되는 영역에 위치한 사용자 단말들을 대상으로, PS-LTE 사용자 단말보다 높은 LTE-R 사용자 단말의 우선 순위를 고려하여 자원을 할당하는 자원 할당부, 및 상기 중첩되는 영역에 위치한 사용자 단말들을 대상으로 발생하는 동일채널간섭(co-channel interference)을 기정의된 협력 통신 기법(cooperative communication scheme)들을 이용하여 제어하는 간섭 제어부-상기 협력 통신 기법은 CS CoMP(Coordinated Scheduling Coordinated Multipoint) 및 ICIC(Inter Cell Interference Coordination)을 포함함-를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0014] 본 발명은, 동일 주파수 대역을 사용하는 LTE-R 망과 PS-LTE 망이 공존하는 환경에서 협력통신기법을 이용하여 LTE-R 망과 PS-LTE 망이 중첩되는 영역에 위치하는 사용자 단말에 발생 가능한 동일채널간섭을 처리하고, 사용자 단말의 QoS 요구사항을 반영하여 자원을 할당함으로써, 사용자 단말에서의 간섭을 감소시키고, 사용자 단말의 아웃티지 확률(outage probability)을 감소시킬 수 있다.

[0015] 또한, 사용자 단말들에게는 RAN 공유(RAN sharing)를 통해 보다 나은 채널 상태를 제공하고 처리량(throughput)을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 발명의 일실시예에 있어서, PS-LTE 망과 LTE-R 망이 공존하는 네트워크 환경을 도시한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 있어서, 자원 할당 및 간섭 관리 방법의 동작을 도시한 흐름도이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 있어서, 자원 할당 및 간섭 관리 장치의 내부 구성을 도시한 블록도이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 있어서, LTE-R 사용자 단말의 우선순위에 따라 LTE-R 사용자 단말에 가장 좋은 채널을 할당하는 동작을 설명하는 흐름도이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 있어서, CS CoMP에 기초하여 동일채널간섭을 제어하는 동작을 설명하는 흐름도이다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 있어서, PS-LTE 단말을 대상으로 CS CoMP 스케줄링을 수행하는 동작을 설명하는 흐름도이다.

- 도 7은 본 발명의 일실시예에 있어서, 동적 FFR을 위한 대역폭(BW) 구조를 도시한 도면이다.
- 도 8은 LTE-R 망만 설치된 시나리오 0에 따른 SINR 분포를 컬러맵(color map)으로 도시한 도면이다.
- 도 9는 CS CoMP를 이용하지 않는 경우에 시나리오 0에 따라 LTE-R 사용자 단말의 수신 SINR을 도시한 도면이다.
- 도 10은 CS CoMP를 이용하지 않는 경우에 시나리오 0에 따라 LTE-R 사용자 단말의 수신 간섭을 도시한 도면이다.
- 도 11은 CS CoMP를 이용하는 경우에 시나리오 0에 따라 LTE-R 사용자 단말의 수신 SINR을 도시한 도면이다.
- 도 12는 CS CoMP를 이용하는 경우에 시나리오 0에 따라 LTE-R 사용자 단말의 수신 간섭을 도시한 도면이다.
- 도 13은 본 발명의 일실시예에 있어서, 시나리오 1에 따른 네트워크 환경을 도시한 도면이다.
- 도 14은 본 발명의 일실시예에 있어서, 시나리오 2에 따른 네트워크 환경을 도시한 도면이다.
- 도 15는 본 발명의 일실시예에 있어서, CS CoMP 및 ICIC 기반의 협력 통신 그리고 RAN 공유를 고려한 네트워크 환경을 도시한 도면이다.
- 도 16은 본 발명의 일실시예에 있어서, ICIC 기반으로 주파수 사용을 제어하는 동작을 도시한 흐름도이다.
- 도 17은 본 발명의 일실시예에 있어서, 시나리오 1 내지 시나리오 5에 따른 UE 평균 처리량을 도시한 그래프이다.
- 도 18 및 도 19는 본 발명의 일실시예에 있어서, SINR 및 스펙트럼 효율을 시나리오 별로 비교하기 위해 도시한 그래프이다.
- 도 20은 본 발명의 일실시예에 있어서, 시나리오 별 사용자 수신 간섭을 도시한 그래프이다.
- 도 21은 본 발명의 일실시예에 있어서, 시나리오 별 아웃티지 확률(outage probability)을 도시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0019] 본 실시예들은 동일한 주파수 대역을 사용하는 PS-LTE 망과 LTE-R 망이 공존하는 상황에서 PS-LTE 망을 이용하는 사용자 단말들과 LTE-R 망을 이용하는 사용자 단말 간의 동일채널간섭(Co-channel Interference)을 분석하여 처리하고, 자원을 효율적으로 할당하는 기술에 관한 것이다. 특히, 다운링크(DownLink) 채널에 대한 간섭을 분석하여 처리하는 기술에 관한 것이다.
- [0020] 본 실시예들에서, PS-LTE 망과 LTE-R 망은 CS-CoMP(Coordinated Scheduling Coordinated Multipoint), ICIC(Inter Cell Interference Coordination) 등의 협력통신기법 이외에 RAN 공유(RAN Sharing)를 고려하여 동일채널간섭을 처리하고 자원을 할당할 수 있으며, RAN을 비공유한 상태(non-RAN Sharing)에서 협력통신기법들을 적용하여 동일채널간섭을 처리하고 자원을 할당할 수도 있다. 이때, 동일한 주파수 대역을 사용하는 PS-LTE 망과 LTE-R 망의 공존을 위해, 액티브 RAN 공유(active RAN Sharing)가 고려될 수 있다. 예를 들어, LTE-R 사용자 단말(User Equipment, UE)은 LTE-R 기지국들이 선로에서 20m 안쪽에 설치되어 있기 때문에, LTE-R 기지국들로부터 강한 하향링크 신호를 수신할 수 있다. 이에 따라, 매우 안정적인 LTE-R 망이 설치되었음을 가정하고, RAN 공유 시 PS-LTE 사용자 단말들에 의한 LTE-R RAN 공유를 가정한다.
- [0021] 또한, 본 명세서에서, 자원 할당 시 항상 LTE-R 사용자 단말들에게 PS-LTE 사용자 단말들보다 높은 우선순위가 부여됨을 가정한다. 그리고, PS-LTE 망과 LTE-R 망의 공존에 따른 동일채널간섭을 처리하기 위해 CS-CoMP 및 ICIC 기반의 협력통신기법을 이용함에 있어서, CoMP 협력 세트(Cooperating Set)에 포함된 기지국들은 X2 인터페이스를 통해 통신을 수행하여 협력에 필요한 정보들(예컨대, 채널상태정보(Channel State Information, CSI) 등)을 공유함을 가정한다. 그리고, PS-LTE 망에 해당하는 PS-LTE 기지국과 LTE-R 망에 해당하는 LTE-R 기지국은 하나의 CoMP 협력 세트에 포함됨을 가정한다.
- [0022] 본 실시예들에서, 협력통신기법들을 기반으로 자원을 할당하고 동일채널간섭을 처리하는 동작은 중앙 제어 장치(Central Controller)에 의해 수행될 수 있다. 중앙 제어 장치는 자원 할당 및 간섭 관리 장치로 표현될 수 있다. 예를 들어, 협력통신기법들을 이용하여 스케줄링(scheduling)을 처리하는 중앙 제어 장치는 PS-LTE 기지국들, LTE-R 기지국들 중 어느 하나일 수도 있고, PS-LTE 기지국들과 LTE-R 기지국들을 모두 관리하는 네트워크로

연결된 별도의 장치에 해당할 수도 있다. 그리고, 상기 스케줄링은 미리 정의된 다음의 규칙들에 기반하여 처리됨을 가정한다. 규칙 1. 항상 가장 좋은 자원(PRBs)은 LTE-R 사용자 단말에게 할당한다. 규칙 2. LTE-R 사용자 단말이 CoMP(즉, CoMP assistance)가 필요하다면 CoMP 세트에 포함된 다른 기지국들은 LTE-R 사용자 단말에게 주어진 자원에 대한 스케줄링을 중단(mute)해야 한다. 여기서, CoMP(즉, CoMP assistance)는 사용자 단말이 속하는 기지국과 이웃하는 다른 기지국들의 도움을 받아 협력통신을 수행하는 것을 나타낼 수 있다. 즉, CoMP 세트에 포함된 기지국들 중 상기 사용자 단말이 속하는 기지국을 제외한 나머지 기지국들의 도움을 받아 통신을 수행하는 것을 나타낼 수 있다.

[0023] 또한, 본 실시예들에서는 PS-LTE 망과 LTE-R 망의 공존을 위해 PS-LTE 기지국과 LTE-R 기지국이 전체 시스템을 사용하는 다운링크(DownLink) 시스템 환경을 가정한다. 그리고, PS-LTE 망에 접속된 PS-LTE 사용자 단말들 각각과 LTE-R 망에 접속된 LTE-R 사용자 단말들 각각은 자원인 물리적 자원 블록들(physical resource blocks, PRBs), 즉, PRB들이 시간 주파수 그리드(time-frequency grid) 상에 할당됨을 가정한다. 여기서, 물리적 자원 블록들(PRBs)은 사용자 단말의 데이터 전송을 위해 할당될 수 있는 가장 작은 무선 자원을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 하나의 자원 블록(PRB)은 주파수 도메인에서는 180 KHz의 크기를 가지고 시간 도메인에서는 0.5 ms를 가질 수 있다. 이때, PRB의 사이즈(size)가 고정되어 있기 때문에 PRB의 수는 시스템 대역(BW)에 따라 달라질 수 있다. 예컨대, 시스템 대역이 10MHz나 20MHz 이면 PRB는 각각 50개, 100개로 달라질 수 있다.

[0024] 또한, 본 실시예들에서, 특정 사용자 단말(UE)에 방해가 되는 간섭 기지국은, 상기 특정 사용자 단말(UE)이 속하는 기지국의 이웃 기지국에 해당할 수 있다. 예컨대, 상기 특정 사용자 단말(UE)이 LTE-R 기지국에 접속된 단말인 경우, LTE-R 기지국과 인접하는 이웃 LTE-R 기지국, PS-LTE 기지국 등이 상기 간섭 기지국에 해당할 수 있다.

[0026] 도 1은 본 발명의 일실시예에 있어서, PS-LTE 망과 LTE-R 망이 공존하는 네트워크 환경을 도시한 도면이다.

[0027] 도 1의, K-tier(K=1) PS-LTE 망과 LTE-R 망이 공존하는 네트워크는, M개(M=7)의 PS-LTE 기지국들(eNB)들과 N개(N=4)의 LTE-R 기지국들을 포함하고, PS-LTE 기지국에 해당하는 사이트(site) 내에 L_p 개의 섹터들($L_p = 3$)이 포함되고, LTE-R 기지국에 해당하는 사이트(site) 내에 L_R 개의 섹터들($L_R = 2$)이 포함됨을 가정한다. 그러면, 도 1의 네트워크에서 전체 셀(섹터)들의 개수 C는 전체 PS-LTE 셀과 LTE-R 셀들의 개수의 합으로서 표현될 수 있다($C=3*7+2*4=29$). 그리고, 모든 PS-LTE 및 LTE-R 기지국들을 $B = \{PS_eNB_{1 \dots M}, R_eNB_{1 \dots N}\}$ 로 표현하고, 모든 사용자 단말들(즉, LTE-R 사용자 단말과 PS-LTE 사용자 단말)은 U로 표현하기로 한다. 그리고, M 사이트들 간 거리(inter-site distance, ISD), 즉, PS-LTE 기지국 간의 거리는 4 km이고, N 사이트들 간 거리(ISD), 즉, LTE-R 기지국간 거리는 1km가 되도록 각 기지국들이 배치됨을 가정한다. 이때, PS-LTE의 중앙 사이트는 관심지역(region of interest, ROI, 110)이고 나머지는 간섭을 유발시키는 것으로 가정한다.

[0028] 도 1에서, 관심지역(ROI: Region Of Interest)은 4개의 LTE-R 기지국(102), 그리고, 4개의 LTE-R 기지국(102)이 속하는 사이트와 중첩되는 하나의 PS-LTE 기지국(101)을 포함할 수 있다.

[0029] 각 섹터에서 PS-LTE 사용자 단말들 각각은 ROI 안에서 균등 분포로 랜덤하게 배치될 수 있다. 이에 따라, 어떤 사용자 단말들은 LTE-R 기지국 영역에 배치될 수도 있다. 이때, LTE-R 망과 PS-LTE 망이 RAN 공유를 하는 경우, LTE-R 기지국들은 액티브 RAN 공유(active RAN sharing)를 통해 PS-LTE 사용자 단말의 접속을 허용할 수 있다.

[0030] 도 1과 같이 PS-LTE 망과 LTE-R 망이 공존하는 네트워크 환경에서 다운링크 채널 모델은 다음과 같을 수 있다.

[0031] 각 채널 링크에 대한 전파 손실을 계산하기 위한 채널 이득은 아래의 수학적 식 1과 같이 표현될 수 있다.

[0032] [수학적 식 1]

$$G = AntennaGain - PathLoss - Shadowing - Fading$$

[0033]

[0034] 수학적 식 1에서, 경로손실(pathloss, L)은 3GPP 스펙에서 제공된 루랄 매크로 모델(rural macro model)에 기초하여 계산될 수 있다. 그러면, 700MHz 대역에서 루랄 매크로 모델 기반의 경로 손실 L(R)은 아래의 수학적 식 2와 같이 표현될 수도 있다.

[0035] [수학식 2]

$$L(R) = 69.55 + 26.16\log_{10}(f) - 13.82\log_{10}(Hb) \\ + [44.9 - 6.55\log_{10}(Hb)]\log(R) - 4.78(\log_{10}(f))^2 \\ + 18.33\log_{10}(f) - 40.94$$

[0036]

[0037] 수학식 2에서, R은 기지국과 사용자 단말 간의 거리를 km 단위로 나타낸 것이고, f는 전송 주파수를 MHz 단위로 나타낸 것이고, Hb는 기지국의 안테나 높이를 m 단위로 나타낸 것을 의미할 수 있다.

[0038] 이때, 사용자 단말과 기지국 사이에 장애물에 의한 섀도잉(shadowing)은 평균이 0dB이고, 표준편차가 6dB인 로그정규분포(lognormal distribution)를 가짐을 가정한다. 여기서, 페이딩은 위의 비특허문헌 [1] H. Claussen, S. Green, "Efficient modeling of channel maps with correlated shadow fading in mobile radio systems," in Proc. IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, Berlin, Germany, Sept. 2005, pp. 512-516.에서 설명하고 있는 correlated shadow fading map이 사용되고, 사이트간 상관 계수는 0.5임을 가정한다. 그리고, 위의 비특허문헌 [2] L. Hentila, P. Kyosti, M. Kaske, M. Narandzic, MATLAB implementation of the WINNER phase II channel model ver1.1, 2007.에서 설명하고 있는 위너 II 채널 모델(WINNER II channel model)이 이용될 수 있다. 즉, 신호의 고속 페이딩(fast fading) 요소는 위너 II 채널 모델에 따라 생성될 수 있으며, 위너 II 채널 모델의 D2a 시나리오에서 경로의 개수, 최대 시간 지연, 각 경로의 페이딩, 도착 각도, 그리고 각 경로의 출발 각도 등의 특징에 따라 고속 철도 다중 경로 페이딩 채널이 고려될 수 있다.

[0039] 수직 및 수평 컷(cut)에 의한 3D 안테나 패턴이 기지국에 사용될 수 있으며, 안테나 패턴은 아래의 수학식 3에 기초하여 계산될 수 있다.

[0040] [수학식 3]

$$A(\theta, \varphi) = -\min[A_V(\theta)_V + A_H(\varphi)_H, A_m]$$

[0041]

[0042] 수학식 3에서 안테나 패턴을 계산하기 위해 사용된 파라미터들은 위의 비특허문헌 [3] Radio Frequency (RF) system scenarios, 3GPP TR 36.942 v12.0, 2014.에서 설명하고 있는 파라미터들을 따를 수 있다.

[0043] 그리고, 도 1의 시스템 모델에서 물리계층(physical layer)은 위의 비특허 문헌 [4] Z. Hanzaz, H. Schotten, "Analysis of effective SINR mapping models for MIMO OFDM in LTE system," in Proc. of the International Wireless Communications and Mobile Computing Conference, Italy, Sardinia, July 2013, pp. 1-5.에서 설명하고 있는 물리계층을 고려할 수 있다. 즉, SISO(Single Input Single Output) 안테나 구성과 AWGN 채널, 1/3 rate 터보 코드(turbo code)를 고려하여 물리계층이 설계될 수 있다. 이때, LTE-A(Advanced)의 경우, 채널 품질 지수(Channel Quality Indicator, CQI)는 QPSK, 16QAM, 64QAM 등과 같은 MCS(Modulation and Coding Scheme)에 따라 결정될 수 있다.

[0044] 이하에서는 도 1의 네트워크 환경에서의 트래픽 모델(traffic model)에 대해 설명하고자 한다.

[0045] 트래픽 망과 부하 망(load network)을 시뮬레이션 하기 위해, 현실적인 트래픽 모델이 사용될 수 있다. 예를 들어, 사용자 단말들 각각은 사용자 단말에서 사용하는 어플리케이션들(VoIP, 비디오 등)에 따라 구분될 수 있다. 사용자 수준에서의 트래픽 모델 전체를 활용하기 위해서 LTE 프로토콜 스택(stack) 전체 및 위의 비특허문헌 [5] Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) overall descriptions, 3GPP TS 36.300 v 12.5.0, 2015.에서 설명하고 있는 베어러 모델(bearer models)이 이용될 수 있다.

[0046] 일례로, VoIP 어플리케이션을 이용하는 사용자 단말들을 대상으로, on, off 마코브 모델(markov model)이 이용될 수 있다. 이때, 마코브 모델에 기초한 VoIP 모델의 경우, 활성 상태(active state 1)에서 비활성 상태(non-active state 0)로 변환될 확률은 "a", 비활성 상태(non-active state 0)에서 활성 상태(active state 1)로 변환될 확률은 "c"로 나타낼 수 있다. 그러면, 12.2kbps 비율의 음성 신호(source)의 경우, 하나의 음성 프레임은 매 20ms마다 생성되고, 244bits로 구성될 수 있다. 그리고, 하나의 SID(silence insertion descriptor) 패

킷은 15bytes로 구성되고, 하나의 SID 패킷은 묶음 기간 동안 매 160ms마다 전달될 수 있다. 여기서, 활성상태(active state 1)일 확률과 비활성 상태(non-active state 0)일 확률은 P_1 과 P_0 로 표현되며, P_1 과 P_0 는 아래의 수학적 식 4에 기초하여 계산될 수 있다.

[수학적 식 4]

$$\begin{cases} P_1 = \frac{c}{a+c} \\ P_0 = \frac{a}{a+c} \end{cases}$$

위의 수학적 식 4에 따르면, 활성상태(active state 1)일 확률 P_1 은 비활성 상태(non-active state 0)에서 활성 상태(active state 1)로 변환될 확률 c 를 활성 상태(active state 1)에서 비활성 상태(non-active state 0)로 변환될 확률 a 와 상기 확률 c 의 합으로 나눔에 따라 계산될 수 있다. 그리고, 비활성 상태(non-active state 0)일 확률 P_0 는 상기 확률 a 를 상기 확률 a 와 확률 c 의 합으로 나눔에 따라 계산될 수 있다.

다른 예로, 비디오 어플리케이션을 이용하는 경우, 즉 비디오 트래픽 모델에서, 소스(source)는 64kbps임을 가정할 수 있다. 이때, 각 프레임들은 고정된 수의 슬라이스들로 분할될 수 있다. 즉, 개별 프레임은 최대 8개의 슬라이스로 구성될 수 있고, 각각은 하나의 패킷으로 전송될 수 있다. 이러한 패킷들의 사이즈(size)는 절삭 파레토 분포(truncated Pareto distribution) P_x 에 따라 결정될 수 있다. 여기서, P_x 는 아래의 수학적 식 5와 같이, 평균(mean) m , 위치 파라미터(location parameter) α 와 모양 파라미터(shape parameter) k 로 표현될 수 있으며, 각 값은 $m=10\text{byte}$, 최대 250bytes, $\alpha=1.2\text{ms}$ 그리고 $k=20\text{bytes}$ 일 수 있다.

[수학적 식 5]

$$P_x = \begin{cases} \frac{\alpha_k^\alpha}{\alpha+1}, & k \leq x < m \\ \left(\frac{k}{m}\right)^\alpha, & x = m \end{cases}$$

이상에서는 도 1과 같은 PS-LTE 망과 LTE-R 망이 공존하는 네트워크 환경에서의 시스템 모델, 즉, 채널 모델 및 트래픽 모델에 대해서 설명하였다. 이하에서는 동일한 주파수 대역을 사용하는 PS-LTE 망과 LTE-R 망이 공존함에 따라 중첩되는 영역에 위치한 사용자 단말에서 발생하는 동일채널간섭(CCI)을 제어하는 동작, 구체적으로 RAN 공유 및 RAN 비공유 시의 동일채널간섭을 제어하는 동작에 대해 설명하기로 한다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 있어서, 자원 할당 및 간섭 관리 방법의 동작을 도시한 흐름도이고, 도 3은 본 발명의 일실시예에 있어서, 자원 할당 및 간섭 관리 장치의 내부 구성을 도시한 블록도이다.

도 3에서, 자원 할당 및 간섭 관리 장치(300)는 송수신부(310), 자원 할당부(320), 및 간섭 제어부(330)를 포함할 수 있다. 그리고, 도 2의 각 단계들(210 내지 220)은 자원 할당 및 간섭 관리 장치(300)의 구성 요소들, 즉, 송수신부(310), 자원 할당부(320), 및 간섭 제어부(330)에 의해 수행될 수 있다. 이러한 자원 할당 및 간섭 관리 장치(300)는 중앙집중형(centralized) 또는 분산형(distributed) 방식인 CRAN(Cloud Radio Access Network)이나 제어국 형태로 구현될 수 있다.

LTE-R 망은 기차 내 승무원이 소지한 사용자 단말로 데이터를 전송하기 위해 이용될 뿐만 아니라, 기차를 제어하는 신호를 송수신하기 위해 이용될 수 있다. 기차 제어 신호의 다운로드 전송은 낮은 지연과 높은 안정성을 요구하므로, 자원 할당 및 간섭 관리 장치(300)는 정책적으로 항상 LTE-R 사용자 단말에게 PS-LTE 사용자 단말보다 먼저 가장 좋은 채널을 할당할 수 있다. 즉, 자원 할당 시 PS-LTE 사용자 단말보다 LTE-R 사용자 단말이 항상 높은 우선순위를 부여받을 수 있다.

[0059] 이때, 송수신부(310)는 사용자 단말들 각각이 자신의 기지국으로 전송하기 위해 측정된 채널 상태 정보(CSI)를 수신할 수 있으며, 수신된 각 단말 및 기지국 별 채널 상태 정보를 LTE-R 망과 PS-LTE 망에 속하는 기지국들과 공유할 수 있다. 채널의 상태는 실시간으로 변경되므로, 채널 상태 정보는 업데이트될 수 있고, 업데이트된 채널 상태 정보 역시 LTE-R 망과 PS-LTE 망에 속하는 기지국들 간에 공유될 수 있다.

[0060] 210 단계에서, 자원 할당부(320)는 LTE-R 망과 PS-LTE 망이 공존하는 네트워크 환경에서 PS-LTE 사용자 단말보다 높은 우선 순위를 갖는 LTE-R 사용자 단말에 먼저 자원(PRBs)을 할당할 수 있다.

[0061] 이때, LTE-R 망과 PS-LTE 망이 RAN을 공유하는 경우, 211 단계에서, 자원 할당부(320)는 LTE-R 기지국에서 LTE-R 사용자 단말로 전송할 데이터가 존재하는지 여부를 확인할 수 있다. 그리고, LTE-R 사용자 단말로 전송할 데이터가 남아 있는 것으로 확인되면, 자원 할당부(320)는 기지국들 간에 공유하고 있는 채널 상태 정보(Channel State Information, CSI) 및 우선 순위에 기초하여 가장 좋은 채널을 LTE-R 사용자 단말에게 할당할 수 있다. 즉, 사용자 단말의 우선순위가 PS-LTE 사용자 단말보다 높으므로, CSI에 기초하여 할당 가능한 채널들 중 가장 좋은 채널을 LTE-R 사용자 단말에게 할당할 수 있다. 여기서, LTE-R 사용자 단말을 최우선으로 고려하여 가장 좋은 채널을 할당하는 자세한 동작은 도 4에서 후술하기로 한다.

[0062] 이때, 212 단계에서, LTE-R 기지국에서 LTE-R 사용자 단말로 전송할 데이터가 존재하지 않는 경우, LTE-R 기지국에서 PS-LTE 사용자 단말을 대상으로 스케줄링(scheduling)을 수행할 수 있다. 예컨대, 자원 할당부(320)는 PF 스케줄링(Proportional Fair Scheduling)에 기초하여 PS-LTE 사용자 단말로 자원(PRBs)을 할당할 수 있다. PF 스케줄링에 기반하는 PF 스케줄러는 아래의 수학적 식 6과 같이 표현될 수 있다.

[0063] [수학적 식 6]

$$k = \arg \max \frac{R_i}{\bar{R}_i}$$

[0064]

[0065] 수학적 식 6에서, R_i 는 사용자 단말 i 의 순간 레이트(rate)를 나타내고, $\bar{R}_i$ 는 사용자 단말 i 의 평균 레이트(rate)를 나타낼 수 있다.

[0066] 220 단계에서, 간섭 제어부(330)는 LTE-R 망과 PS-LTE 망이 중첩되는 영역에 위치한 사용자 단말들을 대상으로 발생하는 동일채널간섭(CCI)을 제어할 수 있다. 이때, 간섭 제어부(330)는 RAN 공유 여부에 따라 CS CoMP 및 ICIC에 기초하여 동일채널간섭을 제어할 수 있다.

[0067] 221 단계에서, CS CoMP를 이용하여 협력통신을 수행하는 경우, 간섭 제어부(330)는 중첩되는 영역에 위치한 사용자 단말들을 대상으로, 각 사용자 단말의 SIR(signal to interference ratio)에 기초하여 CoMP가 필요한 사용자 단말을 결정할 수 있다.

[0068] 그리고, 간섭 제어부(330)는 PS-LTE(Public Safety LTE) 망에 속하는 복수의 PS-LTE 기지국들 및 LTE-R(LTE based high speed Railway) 망에 속하는 복수의 LTE-R 기지국들을 포함하는 CoMP 협력 세트(CoMP cooperating set)에서 상기 결정된 사용자 단말에 방해가 되는 간섭 기지국을 결정할 수 있다. 그리고, 결정된 간섭 기지국 및 사용자 단말의 식별자 정보(index)가 저장부(미도시)에 저장될 수 있다. 그러면, 간섭 제어부(330)는 방해가 되는 간섭 기지국에서 상기 결정된 사용자 단말에 주어진 자원(PRBs)에 대한 스케줄링을 중단(mute)하도록 제어할 수 있다. 예컨대, LTE-R 기지국에서 LTE-R 사용자 단말로 신호가 전송될 뿐만 아니라, 방해가 되는 간섭 기지국(PS-LTE 기지국)으로부터 상기 LTE-R 사용자 단말이 신호를 수신하여 간섭이 발생할 수 있다. 이때, 방해가 되는 간섭 기지국(PS-LTE 기지국)이 상기 LTE-R 사용자 단말을 대상으로 주어진 자원에 대한 스케줄링을 중단(mute)시킴으로써, LTE-R 사용자 단말은 상기 PS-LTE 기지국으로부터 방해가 되는 신호를 수신하지 않을 수 있다. 여기서, CS CoMP에 기초하여 동일채널간섭을 제어하는 자세한 동작은 도 5를 참고하여 후술하기로 한다.

[0069] 222 단계에서, ICIC 기반의 협력통신을 수행하는 경우, 간섭 제어부(330)는 FR 대역 및 PR 대역 사이에 보너스 대역을 두고, 보너스 대역을 동적으로 조정하여 주파수를 재사용함으로써 동일채널간섭을 제어할 수 있다. 여기서, ICIC 기반의 협력통신을 이용하여 동일채널간섭을 제어하는 자세한 동작은 도 7을 참고하여 후술하기로 한다

[0071] 도 4는 본 발명의 일실시예에 있어서, LTE-R 사용자 단말의 우선순위에 따라 LTE-R 사용자 단말에 가장 좋은 채

널을 할당하는 동작을 설명하는 흐름도이다.

- [0072] 특히, 도 4는 LTE-R 기지국들이 PS-LTE 사용자 단말들과 RAN 공유를 하는 경우의 자원 할당 프로세스를 도시한 것으로서, LTE-R 사용자 단말을 최우선 순위로 고려하여 가장 좋은 채널을 LTE-R 사용자 단말에게 할당하고, LTE-R 기지국에 속하는 LTE-R 사용자 단말로 전송할 비트가 존재하지 않으면 비로소 PS-LTE 사용자 단말을 위한 자원 스케줄링을 수행할 수 있다. 여기서, PS-LTE 사용자 단말을 위한 자원 스케줄링은 PF 기반의 스케줄링이 이용될 수 있다.
- [0073] 410 단계에서, 자원 할당부(320)는 LTE-R 사용자 단말에 대한 메트릭 행렬(metric matrix)을 계산할 수 있다. 즉, LTE-R 사용자 단말로 전송할 데이터의 자원할당을 위한 메트릭을 계산할 수 있다.
- [0074] 420 단계에서, 자원 할당부(320)는 LTE-R 사용자 단말로 전송할 비트가 존재하는지 여부를 확인할 수 있다.
- [0075] LTE-R 사용자 단말로 전송해야 할 비트가 존재하는 경우, LTE-R 사용자 단말이 PS-LTE 사용자 단말보다 우선순위가 높으므로, LTE-R 사용자 단말로 먼저 가장 좋은 채널이 할당될 수 있다. 이를 위해, 430 단계에서, 자원 할당부(320)는 임의로 선택된 특정 자원 블록 b(RB b)이 이미 할당되었는지 여부를 확인할 수 있다.
- [0076] 이때, 상기 특정 자원 블록 b(RB b)이 아직 할당되지 않은 경우, 440 단계에서, 자원 할당부(320)는 채널 상태 정보(CSI)에 기초하여 가장 채널 상태가 좋은 자원(PRB)을 결정할 수 있으며, 이를 위하여 상기 410 단계에서 계산한 메트릭을 활용할 수 있다.
- [0077] 450 단계에서, 자원 할당부(320)는 결정된 자원(PRB)을 LTE-R 사용자 단말에 할당할 수 있다.
- [0078] 다시 420 단계에서, LTE-R 사용자 단말로 전송해야 할 비트가 더 이상 존재하지 않는 경우, 460 단계에서, 자원 할당부(320)는 PF 스케줄링에 기초하여 PS-LTE 사용자 단말들을 대상으로 스케줄링을 위한 자원을 할당할 수 있다.
- [0079] 한편, 430 단계에서, 상기 특정 자원 블록 b(RB b)이 이미 할당된 경우, 470 단계에서, 자원 할당부(320)는 RB b를 스케줄링하지 않고, 440 단계에서, 채널 상태가 가장 좋은 다른 자원을 LTE-R 사용자 단말을 위해 할당할 수 있으며, 이를 위하여 상기 410 단계에서 계산한 메트릭을 활용할 수 있다.
- [0080] 이상의 도 4에서, RAN 공유 시 LTE-R 기지국이 LTE-R 사용자 단말의 우선 순위를 고려하여 PS-LTE 사용자 단말로 자원을 스케줄링하는 자원 할당 프로세스는 CC1(Central Controller 1)으로 표현될 수 있다.
- [0082] 도 5는 본 발명의 일실시예에 있어서, CS CoMP에 기초하여 동일채널간섭을 제어하는 동작을 설명하는 흐름도이다.
- [0083] CoMP(Coordinated Multi-Point) 협력 통신은 이동 통신망에서 셀(cell)의 경계에 있는 사용자 단말의 전송 품질을 향상시키기 위하여 관련 기지국들이 협력하여 통신하는 기술을 나타낼 수 있다. CoMP의 주요 기술로는 협력 스케줄링(coordinated scheduling, CS), 협력 빔 형성(coordinated beamforming), 그리고 신호에 대한 공동 처리(joint processing) 방법이 존재하며, 도 5에서는 협력 스케줄링에 기반하는 CS CoMP를 이용하여 PS-LTE 망과 LTE-R 망이 공존하는 경우의 동일채널간섭을 제어하는 동작에 대해 설명하기로 한다.
- [0084] 구체적으로, PS-LTE 망과 LTE-R 망이 공존하는 네트워크는 특정 서비스를 위한 매크로 셀들이 중첩된, 둘 다 운영자들에 의해 설치된 HetNet(이종망) 환경에 해당될 수 있다. 이때, LTE-R 사용자 단말들은 LTE-R 기지국들 사이에 위치한 선로(rail)를 따라 움직이기 때문에, 이웃한 LTE-R 기지국들 및 PS-LTE 기지국들로부터 더 강한 간섭 전력을 수신할 수 있다. 이러한 간섭을 완화시키기 위해 CS CoMP가 PS-LTE 기지국과 LTE-R 기지국들 간 뿐 만 아니라 각 PS-LTE 및 LTE-R 기지국 간에서도 사용될 수 있다. 이때, CoMP 세트에 참여한 기지국간의 협력을 가능하게 하기 위해, 자원 할당 및 간섭 관리 장치(300)가 셀 간 간섭 조건들을 고려하여 자원을 할당할 수 있는 하나의 공동 스케줄링 개체로 이용될 수 있다. 즉, 자원 할당 및 간섭 관리 장치(300)가 중앙에서 PS-LTE 기지국과 LTE-R 기지국들 간 협력을 위한 스케줄링을 제어함으로써, 개별 셀에서 독립적으로 스케줄링 결정을 처리하는 것과 비교하여 스펙트럼(spectrum) 효율이 향상될 수 있다.
- [0085] 510 단계에서, CoMP 사이트가 초기화될 수 있다. 여기서, CoMP 사이트(site)는 PS-LTE 망과 LTE-R 망이 중첩되는 영역, 중첩되는 영역에 해당하는 LTE-R 기지국들, 상기 중첩되는 영역에 해당하는 PS-LTE 기지국을 포함하는 일정 반경의 영역을 나타낼 수 있다. 예컨대, 도 1에서, CoMP 사이트는 도 1의 관심지역(ROI)에 해당하는 하나의 PS-LTE 사이트 및 중첩되는 4개의 LTE-R 사이트들을 포함할 수 있다.
- [0086] 520 단계에서, CoMP 사이트 내에 위치하는 사용자 단말들로부터 피드백(feedback)되는 SIR(signal-to-

interference ratio)에 기초하여 자원을 할당하기 위한 CS CoMP 스케줄링이 수행될 수 있다.

[0087] CS CoMP 스케줄링을 위해 먼저 CoMP 협력 세트(CoMP cooperating set, 이하, 'CoMP 세트'라 칭함.)가 미리 생성될 수 있다. CoMP 세트는 직접 또는 간접적으로 물리적 다운링크 공유 채널(physical DL shared channel, PDSCH)에 참여하여 사용자 단말로 데이터를 전송하는 지리적으로 떨어진 포인트들(points), 또는 기지국들(eNBs)의 집합을 나타낼 수 있다. 즉, CoMP 세트는 PS-LTE 기지국들과 LTE-R 기지국들을 포함할 수 있으며, 상기 기지국들은 여러 개의 전송 포인트들(Transmission Points, TPs)을 나타낼 수 있다. 예컨대, CoMP 세트는 아래의 수학적 식 7과 같이 표현될 수 있다.

[0088] [수학적 식 7]

[0089]
$$Coop_Set = PS_eNB_s, R_eNB_{M+1}, ..., R_eNB_{M+N}$$

[0090] 수학적 식 7에서, PS_eNB_s 는 PS-LTE 망의 중앙에 위치한 기지국을 나타내고, R_eNB 는 PS-LTE 기지국에 해당하는 사이트와 중첩되는 LTE-R 망에 속하는 LTE-R 기지국을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 도 1의 중앙에 위치한 PS-LTE 기지국과 관심지역(ROI) 내에 존재하는 모든 N개의 LTE-R 기지국들이 CoMP 세트에 포함될 수 있다. 여기서, CoMP 세트에 참여하는 기지국들의 수를 결정하기 위해 미리 정의된 기준 SIR이 메트릭(metric)으로 이용될 수 있다. 그러면, 기준 SIR을 조정하여 CoMP 세트에 참여하는 기지국들의 수가 조정될 수 있다. 예컨대, 기준 SIR이 높아질수록 협력하는 기지국들의 수가 증가, 즉, CoMP 세트에 참여하는 기지국들의 수가 증가할 수 있다. 기준 SIR이 낮아질수록 협력하는 기지국들의 수가 감소할 수 있다. 즉, 가장 멀리에 위치한 기지국도 사용자 단말로 간섭 영향을 미치기 때문에 기준 SIR을 높이거나 낮춤으로써 협력하는 기지국들의 수가 증가 또는 감소되도록 조정될 수 있다.

[0091] 530 단계에서, CoMP 사이트 내에 위치하는 사용자 단말들 중 CoMP가 필요한 사용자 단말이 결정될 수 있다. 즉, 협력 통신이 필요한 사용자 단말이 결정될 수 있다. 그러면, 결정된 사용자 단말에 방해가 되는 간섭 기지국이 결정될 수 있다. 이때, 사용자 단말들로부터 피드백되는 SIR과 기정의된 기준 SIR에 기초하여 협력 통신, 즉, CoMP가 필요한 사용자 단말이 결정될 수 있다. 예를 들어, 아래의 수학적 식 8에 기초하여 CoMP가 필요한 사용자 단말이 결정될 수 있다.

[0092] [수학적 식 8]

[0093]
$$SIR_j^i < SIR_threshold_{CoMP}$$

[0094] 수학적 식 8에서, i는 사용자 단말을 나타내는 인덱스이고, j는 CoMP 세트에 포함된 기지국들 중 상기 사용자 단말 i에 방해가 되는 간섭 기지국을 나타내는 인덱스일 수 있다. 그리고, $SIR_threshold_{CoMP}$ 는 기준 SIR을 나타낼 수 있다.

[0095] CoMP 전송에서 높은 성능을 달성하기 위해서는 정확한 채널 상태 정보(CSI)가 필수적이다. 이에 따라, CoMP 세트에 포함된 협력하는 기지국들이 3GPP 릴리즈 11(release 11)의 기지국간 이상적인 백홀에 대한 가정에 따라 지연(delay) 측면에서 완벽하게 동기(sync)가 맞다고 가정할 수 있다. 그리고, 서로 다른 기지국들 간에 간섭 정보를 교환하기 위해 3GPP LTE에서 기지국들을 연결하기 위한 프로토콜 스택으로 정의된 X2 인터페이스가 이용되고, 특히, 지연이 없는 이상적인 X2 인터페이스가 이용됨을 가정할 수 있다. 이때, 피드백으로 인한 네트워크 부담을 감소시키기 위해 CoMP가 필요한 사용자 단말만 CoMP 세트에 포함된 모든 기지국들 각각에 해당하는 CQI 정보를 중앙의 CS 객체, 즉 자원 할당 및 간섭 관리 장치(300)로 제공함을 가정한다. 그리고, CoMP가 필요하지 않은 사용자 단말(즉, non-CoMP UE)은 적절한 MSC(Modulation and Coding Scheme)의 선택을 위해 자신의 CQI 정보만을 제공할 수 있다. 그러면, 위의 수학적 식 8에 따라 CoMP가 필요한 사용자 단말(CoMP assistance가 필요한 UE)과 CoMP가 필요한 사용자 단말에 방해가 되는 적어도 하나의 기지국(즉, 간섭 기지국(aggressor eNB))이 결정될 수 있다. 그리고, 결정된 사용자 단말 및 간섭 기지국의 식별자 정보가 저장부(미도시)에 저장될 수 있다.

[0096] 540 단계에서, LTE-R 기지국들은 LTE-R 사용자 단말들을 위한 자원(PRB) 스케줄링을 수행할 수 있다.

[0097] 550 단계에서, 상기 CoMP가 필요한 것으로 결정된 단말이 LTE-R 사용자 단말인 경우, 560 단계에서, 상기 결정된 LTE-R 사용자 단말에 해당하는 간섭 기지국(aggressor eNB)이 상기 LTE-R 사용자 단말에 주어진 자원(PRBs)

에 대한 스케줄링을 중단(mute)하도록 제어될 수 있다.

- [0098] 즉, LTE-R 사용자 단말의 MCS(mission critical service) 요구사항(예컨대, 기차 제어 신호 전송의 안정성 등)에 영향을 주지 않도록 LTE-R 사용자 단말에 항상 가장 좋은 자원을 먼저 할당하고, 간섭 기지국들이 자신의 자원(PRB)을 중단(mute)하도록 제어하는 CoMP 사이트들 간 협력 통신을 통해 동일채널간섭이 제어될 수 있다. 이처럼, 이웃 셀들이 CoMP가 필요한 사용자 단말을 지원하기 위해 어떤 자원에 대한 스케줄링을 중단(mute)함에 따라, MCS(modulation and coding scheme) 레벨은 이웃 셀들로부터의 간섭이 없다는 가정하에 선택될 수 있으며, 결국 상응하는 자원(PRB)에 대해 더 높은 스펙트럼 효율이 달성될 수 있다.
- [0099] 다시 550 단계에서, CoMP 지원이 필요한 사용자 단말이 LTE-R 사용자 단말이 아닌 경우, 570 단계에서, 다른 기지국들(예컨대, PS-LTE 기지국, 이웃 LTE-R 기지국 등)은 LTE-R 사용자 단말에 주어진 자원(PRBs)에 대한 스케줄링을 수행할 수 있다.
- [0100] 이처럼, LTE-R 사용자 단말을 우선적으로 고려하고, 특히, CoMP가 필요한지 여부까지 고려하여 자원을 할당하고 난 이후, PS-LTE 단말을 위한 CoMP 전송이 고려될 수 있다.
- [0101] 580 단계에서, CoMP 세트 내의 나머지 PS-LTE 사용자 단말들에 대해서는 협력 규칙이 적용될 수 있다. 여기서, PS-LTE 사용자 단말을 위한 스케줄링은 도 6을 참고하여 설명하기로 한다.
- [0103] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 있어서, PS-LTE 단말을 대상으로 CS CoMP 스케줄링을 수행하는 동작을 설명하는 흐름도이다.
- [0104] 610 단계에서, CoMP 세트에 참여한 기지국들 중 어느 하나의 기지국이 랜덤하게 선택될 수 있다.
- [0105] 620 단계에서, 선택된 기지국(eNB)이 PS-LTE 사용자 단말을 위해 스케줄링 가능한 자원(PRB)을 가지고 있는지 여부가 확인될 수 있다.
- [0106] 630 단계에서, 선택된 기지국(eNB)이 PS-LTE 사용자 단말을 위해 스케줄링 가능한 자원(PRB)을 가지고 있는 것으로 확인됨에 따라, 선택된 현재 기지국에서 PS-LTE 사용자 단말로 스케줄링 하려는 자원이 결정될 수 있다. 예컨대, 사용자 단말 i (즉, PS-LTE 사용자 단말)로 자원(PRB) b 를 스케줄링할지 여부가 결정될 수 있다.
- [0107] 640 단계에서, 상기 PS-LTE 사용자 단말이 CoMP가 필요한지(CoMP assistance) 여부가 확인될 수 있다. 이때, CoMP 필요 여부는 도 5에서 SIR에 기초하여 결정되는 것임을 이미 설명하였으므로 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0108] 650 단계에서, PS-LTE 사용자 단말에 CoMP가 필요한 것으로 확인되면, 저장된 PS-LTE 사용자 단말에 매칭하는 간섭 기지국의 인덱스에 기초하여 해당 간섭 기지국이 상기 PS-LTE 사용자 단말에 주어진 자원(PRB b)에 대한 스케줄링을 중단(mute)하도록 제어될 수 있다.
- [0109] 660 단계에서, PS-LTE 사용자 단말에 CoMP가 필요하지 않은 것으로 확인되면, CoMP 세트 내의 기지국들 중 상기 PS-LTE 사용자 단말에 주어진 자원(PRB b)에 대한 스케줄링을 수행하는 기지국들은 중단없이 스케줄링을 계속 수행할 수 있다.
- [0110] 이때, CoMP 세트 내의 모든 기지국들이 더 이상 스케줄링할 자원(PRBs)을 가지고 있지 않거나, 또는 데이터 전송을 위해 CoMP가 필요한 사용자 단말이 존재하지 않을 때까지 CoMP 세트 내에서 어느 하나의 기지국을 랜덤하게 선택하고, PS-LTE 사용자 단말을 위한 CS CoMP 스케줄링이 수행될 수 있다(610 내지 660 단계).
- [0111] 이상의 도 5 및 도 6에서 설명한 CS CoMP 스케줄링 프로세스는 CC2로 표현될 수 있다. 그리고, 도 5 및 도 6에서는 CoMP 세트 내에 참여한 기지국들이 협력하여 다운링크 채널에서의 동일채널간섭을 제어하는 동작에 대해 설명하였는데, CoMP가 필요한(또는 CoMP를 요청한) 특정 사용자 단말에 방해가 되는 간섭 기지국은 다음과 같이 결정될 수 있다.
- [0112] 먼저, CoMP 세트 내에 참여 가능한 최대 셀의 수는 $S_{\max}(=11)$ 로 표현되고, CS CoMP에 따라 전송을 중단(mute)해야 하는 셀들의 수는 m 으로 표현될 수 있다. 그리고, CoMP 세트 내의 활성 기지국(즉, active cell)을 $C_{CoMP_set}(=1+m)$ 로 표현하면, 특정 사용자 단말을 위해 요구되는 협력 기지국 수의 선택은 위의 수학적 식 8에서 설명한 기준 SIR, 즉, $SIR_threshold_{CoMP}$ 를 따를 수 있다. 이때, 사용자 단말들은 최대 $(S_{\max}-1)$ 개의 기지국들로 CoMP(즉, CoMP assistance)를 요청할 수 있다. 그러면, CoMP 세트에 포함된 모든 기지국들 각각과 특정 사용자 단말에서의 SIR 측정 결과에 따라 m 개의 기지국들이 자신의 자원(PRBs)에 대한 스케줄링을 중단(mute)할

간섭 기지국으로 결정될 수 있다. 여기서, 기지국 j에서 사용자 단말 i(예컨대, CoMP가 필요한 것으로 결정된 특정 사용자 단말)에서 수신되는 신호는 아래의 수학적식 9와 같이 표현될 수 있다.

[수학적식 9]

$$P_i^{Rx} = \underbrace{G_{i,j}P_{i,j}^{Tx}}_{\text{Desired Signal}} + \underbrace{\sum_{n=1+m}^{S_{\max}} G_{i,n}P_{i,n}^{Tx}}_{\text{Non-active Cells in a Cooperating Set}} + \underbrace{\sum_{n=S_{\max}+1}^C G_{i,m}P_{i,m}^{Tx}}_{\text{Cells excluded from the Cooperating Set}} + \sigma_i^2$$

수학적식 9에 따르면, 사용자 단말 i에서 수신된 신호 P_i^{Rx} 은 원하는 신호(desired signal), CoMP 세트에 포함된 비활성 기지국들(즉, 비활성 셀들에 해당하는 간섭 기지국들)로부터 수신되는 신호(Non-active cells in a cooperating set), 및 CoMP 세트에 포함된 활성 기지국들(즉, 활성 셀들에 해당하는 비간섭 기지국들)로부터 수신되는 신호(cells excluded from the cooperating set)의 합으로써 표현될 수 있다.

수학적식 9에 따르면, CoMP 세트 내에서 총 $S_{\max} - 1 + m$ 개의 비활성 기지국들이 간섭으로 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 즉, $(C - S_{\max})$ 개수의 기지국들, 즉, 셀들이 관심지역(ROI) 측면에서 협력적이지 않은 동작을 수행함을 알 수 있다. 이에 따라, $(C - m - 1)$ 개의 기지국으로부터 수신한 전력(power)만이 간섭으로 작용하는 데, 상기 간섭은 CoMP 사용자 단말들에게는 무시할 수 있는 수준에 해당하므로 셀 경계의 사용자 단말들에게 현격한 SINR 증가가 발생할 수 있다. 여기서, C는 도 1에서 설명한 전체 PS-LTE 및 LTE-E 기지국의 수를 나타낼 수 있다.

CS CoMP를 사용하는 사용자 단말과, CoMP를 사용하지 않는 사용자 단말의 SINR은 아래의 수학적식 10과 같이 표현될 수 있다.

[수학적식 10]

$$SINR_{i,j} = \begin{cases} \frac{G_{i,j}P_{i,j}^{Tx}}{\sum_{n=i, n=1}^C P_{i,n}^{Tx} G_{i,n} + \sigma_i^2} & \text{[Non-CoMP Users]} \\ \frac{G_{i,j}P_{i,j}^{Tx}}{\sum_{n=j, n=C-m_i+1}^C P_{i,n}^{Tx} G_{i,n} + \sigma_i^2} & \text{[CS-CoMP Users]} \end{cases}$$

수학적식 10에서, $G_{i,j}P_{i,j}^{Tx}$ 는 사용자 단말 i가 경로 손실(PassLoss, PL), 섀도잉(shadowing), 고속 페이딩(fast fading) 및 안테나 이득을 포함하는 채널 이득을 고려하여 기지국 j로부터 수신한 전력을 나타낼 수 있다.

지금까지 도 5 및 도 6을 참고하여 PS-LTE 망과 LTE-R 망이 공존하는 네트워크에서, CS CoMP에 기반하여 협력통신을 수행하여 동일채널간섭을 제어하는 동작에 설명하였다. 이하에서는 도 7을 참고하여 ICIC 기반 협력통신을 통해 동일채널간섭을 제어하는 동작에 대해 설명하기로 한다.

도 7은 본 발명의 일실시예에 있어서, 동적 FFR을 위한 대역폭(BW) 구조를 도시한 도면이다.

셀 간 간섭, 즉, 동일채널간섭을 해소하기 위한 방법 중 하나는 망의 다양한 채널에서 주파수 사용을 제어하는 것일 수 있다. 이에 따라, 자원 할당 및 간섭 제어 장치(300)는 PS-LTE 망과 LTE-R 망 간의 동일채널간섭을 해결하기 위해 동적 부분 주파수 재사용(dynamic fractional frequency reuse, dynamic FFR)을 이용하여 주파수 사용을 제어할 수 있다.

[0125] 먼저, 기지국(PS-LTE 기지국 또는 LTE-R 기지국)에 해당하는 셀은 간섭이 낮고 재사용 1 (reuse-1)이 적용되는 중앙부와 높은 주파수 재사용 팩터(예컨대, reuse factor = 3)가 적용되는 주변부로 구분될 수 있다. FFR에서

전체 대역폭(B_{TOT})은 아래의 수학적 식 1과 같이 중앙 대역 B_{FR} 과 셀 경계 주파수 대역 B_{PR} 의 합으로 표현될 수 있다.

[0126] [수학적 식 11]

$$B_{TOT} = B_{FR} + 3B_{PR}$$

[0127]

[0128] 수학적 식 3에서, 주파수 재사용 팩터가 3임에 따라, 전체 가용 대역폭 B_{TOT} 은 B_{FR} 과 $3B_{PR}$ 의 합으로 표현될 수 있다. 여기서, B_{FR} 는 전체 재사용 대역(full reuse)을 나타내고, B_{PR} 은 부분 재사용 대역(partial reuse)를 나타낼 수 있다. 정규화된 FR 과 PR 대역은 각각 아래의 수학적 식 12 및 13과 같이 표현될 수 있다.

[0129] [수학적 식 12]

$$\beta_{FR} = B_{FR} / B_{TOT}, \quad \text{with } \beta_{FR} \in [0,1]$$

[0130]

[0131] [수학적 식 13]

$$\alpha_{PR} = B_{PR} / B_{TOT}, \quad \text{with } \alpha_{PR} \in [0, \frac{1}{3}]$$

[0132]

[0133] 수학적 식 12에서, β_{FR} 은 전체 재사용 대역 B_{FR} 을 정규화한 값을 나타내고, 수학적 식 13에서, α_{PR} 은 부분 재사용 대역 B_{PR} 을 정규화한 값을 나타낼 수 있다.

[0134] 이때, 사용자 단말들에게 효율적으로 주파수 대역을 할당하여 동적인 망 부하 상황이 반영되도록, 도 7과 같이 적어도 하나의 보너스 대역(Bonus Bandwidth, BBW)을 FR 대역 및 PR 대역 사이에 위치할 수 있다. 도 7에서는 보너스 대역(BBW)이 3개인 경우를 도시하였으나, 보너스 대역(BBW)은 3개 이외의 값을 가질 수 있다.

[0135] 여기서, 보너스 대역(BBW)은 사용자 단말의 QoS 요구사항에 따라 동적으로 할당되는 대역폭을 나타낼 수 있다. 즉, 동적 FFR 에서 BBW를 사용함으로써, 추가적인 대역을 더 많이 요구하는 사용자 단말에게 BBW가 동적으로 할당될 수 있다.

[0136] 도 7에 따르면, 전체 대역폭(BW_{Total})은 FR 대역(FR band)에 해당하는 대역폭 BW_F , PR 대역(PR band)에 해당하는 3개의 대역폭 BW_{Pa} , $BW_{P\beta}$, BW_{Py} , 및 3개의 보너스 대역폭 $BW_{Ba} + BW_{B\beta} + BW_{By}$ 으로 구분될 수 있다. 즉, 전체 대역폭(BW_{Total})은 7개의 대역으로 구분될 수 있으며, 아래의 수학적 식 14와 같이 표현될 수 있다.

[0137] [수학적 식 14]

$$B_{Total} = \underbrace{BW_F + \underbrace{BW_{Ba} + BW_{B\beta} + BW_{By}}_{\text{Bonus Band}}}_{\text{FR Band}} + \underbrace{BW_{Pa} + BW_{P\beta} + BW_{Py}}_{\text{PR Band}}$$

[0138]

[0139] 수학적 식 14와 같이, 기지국은 초기에 대역폭을 7개의 대역으로 구분할 수 있다. 이때, 7개의 대역폭들 중에서, 4개의 주파수 대역이 초기에 FR 대역으로 할당될 수 있다. 여기서, 초기 FR 대역은 3개의 보너스 대역(BBW)들을 포함할 수 있다. 그러면, 나머지 3개의 주파수 대역은 아래의 수학적 식 15에 기초하여 PR 대역으로 동일하게

나뉘어질 수 있다.

[수학식 15]

$$BW_{PR_α} = BW_{PR_β} = BW_{PR_γ} = \frac{1}{3}(1 - \beta_{FR})BW_{Total}$$

수학식 15에 따르면, 나머지 3개의 주파수 대역은 동일하게 3개의 PR 대역들로 구분될 수 있다.

사용자 단말들은 아래의 수학식 16과 같이 기정의된 기준 SINR에 따라 FR 대역을 사용하는 사용자 그룹(FR zone) 및 PR 대역을 사용하는 사용자 그룹(PR zone) 중 어느 하나에 포함되도록 결정될 수 있다.

[수학식 16]

$$\begin{cases} SINR_i < SINR_{Threshold} & UE_i \in PR\ Zone \\ SINR_i > SINR_{Threshold} & UE_i \in FR\ Zone \end{cases}$$

수학식 16에 따라 SINR이 기준 SINR보다 작은 사용자 단말들이 PR 대역에 해당하는 사용자 그룹(PR zone)에 FR zone에 해당하는 사용자 단말들 또는 기정의된 기준 단말의 수보다 더 많이 위치하는 경우, FR 대역이 감소하고 PR 대역이 증가하도록 제어될 수 있다. 예컨대, 초기 FR 대역에 포함된 보너스 대역(BBW) 중 적어도 일부를 PR 대역에 포함되도록 조정함으로써, FR 대역을 이전보다 한 단계 감소시키고 PR 대역을 한 단계 증가시킬 수 있다. 3개의 보너스 대역(BBW) 중 적어도 하나가 PR 대역에 포함된 상태에서, FR zone에 해당하는 사용자 단말의 수가 PR zone에 해당하는 사용자 단말의 수보다 많거나 또는 기준 단말의 수보다 많은 경우, PR 대역에 포함된 보너스 대역(BBW)이 FR 대역에 포함되도록 조정될 수 있다. 이처럼, 보너스 대역(BBW)은 사용자 단말의 QoS 요구사항에 따라 동적으로 PR 또는 FR 대역에 할당될 수 있다.

이하에서는 LTE-R 망과 PS-LTE 망이 공존하는 네트워크에서 다양한 시나리오를 통해 LTE-R 사용자 단말의 우선 순위를 고려하여 CS CoMP, ICIC 기반의 협력 통신, 그리고 RAN 공유 여부에 따른 동일채널간섭 제어에 대한 결과를 나타내는 UE(user equipment) 평균처리량, UE가 수신하는 간섭량, 그리고 UE 아웃티지 확률과 같은 다양한 성능 지표들을 각 시나리오 별로 평가하여 설명하고자 한다.

1. 시나리오 0(Scenario 0: LTE-R eNBs 만 존재하는 경우)

시나리오 0는 육각형의 섹터 내에 오직 4개의 LTE-R 기지국들만 포함되는 경우를 가정한다. 즉, 시나리오 0는 LTE-R 망만 설치된 경우를 고려한 시나리오를 나타낼 수 있다. 시나리오 0에서, 각 기지국은 ISD 1km 안에 두 개의 섹터를 커버(cover)하는 것임을 가정할 수 있다.

도 8은 LTE-R 망만 설치된 시나리오 0에 따른 SINR 분포를 컬러맵(color map)으로 도시한 도면이다. 그리고, 도 9는 CS CoMP를 이용하지 않는 경우에 시나리오 0에 따라 LTE-R 사용자 단말의 수신 SINR을 도시한 도면이고, 도 10은 CS CoMP를 이용하는 경우에 시나리오 0에 따라 LTE-R 사용자 단말의 수신 간섭을 도시한 도면이다. 도 11은 CS CoMP를 이용하는 경우에 시나리오 0에 따라 LTE-R 사용자 단말의 수신 SINR을 도시한 도면이고, 도 12는 CS CoMP를 이용하는 경우에 시나리오 0에 따라 LTE-R 사용자 단말의 수신 간섭을 도시한 도면이다

도 9에서는, LTE-R 사용자 단말의 위치, x-좌표는 선로를 따라 이동하니까 일정하다고 가정하고, y-좌표를 x축에 나타내어, 위치 변동에 따른 LTE-R 사용자 단말의 SINR을 도시하고 있다. 도 8에서, 다양한 색상의 마커들(markers)이 위치 변화에 따른 LTE-R 사용자 단말의 서비스 사이트를 나타내고 있다.

도 9에 따르면, LTE-R 사용자 단말이 이웃 섹터 사이에 해당하는 셀 경계에 있을 때와 이웃 사이트 사이에 해당하는 셀 경계에 있을 때, LTE-R 사용자 단말이 높은 간섭과 나쁜 채널 상태(즉, 섹터와 사이트의 경계로부터 각각 $\pm 100\ m$ and $\pm 50\ m$ 의 범위에 있을 때), LTE-R 사용자 단말의 SINR이 -5 dB 이하를 겪는 것을 확인할 수 있다.

도 10에 따르면, LTE-R 사용자 단말이 LTE-R 섹터들이나 LTE-R 사이트들 사이의 경계를 지나갈 때 LTE-R 사용자 단말은 높은 간섭과 요구되는 신호의 낮은 수신 강도를 겪는 것을 확인할 수 있다. 이에 따라, LTE-R 기지국의 섹터나 사이트의 경계에서 요구되는 신호의 수신 강도를 높이기 위해 CS CoMP가 적용될 수 있으며, 도 11에

따르면, CS CoMP를 통한 간섭 완화로 LTE-R 사용자 단말의 셀 경계 SINR이 크게 증가되는 것을 확인할 수 있다. 도 12에 따르면, CS CoMP를 적용하여 협력통신을 수행하는 경우에, LTE-R 사용자 단말이 셀 경계를 지날 때 더 높은 수신 SINR과 낮은 수신 간섭(즉, 이웃한 LTE-R 기지국/섹터들로부터의 간섭)을 받는 것을 확인할 수 있다.

2. 시나리오 1(Scenario 1: LTE-R Network이 PS-LTE Network과 RAN Sharing 없이 공존하는 경우)

시나리오 1은 4개의 LTE-R 기지국들이 7개의 PS-LTE 기지국들과 공존하며 중앙에 위치한 셀이 관심지역(ROI)에 해당하는 경우를 나타낼 수 있다. 시나리오 1은, RAN을 공유하지 않음에 따라, PS-LTE 단말들은 오직 PS-LTE 기지국에만 접속하고, LTE-R 단말들은 오직 LTE-R 기지국에만 접속될 수 있다. 그리고, LTE-R 기지국들은 오직 LTE-R 단말을 대상으로 자원(PRBs)을 스케줄링하고, PS-LTE 기지국들은 오직 PS-LTE 단말을 대상으로 자원(PRBs)을 스케줄링할 수 있다. 이때, PS-LTE 기지국 및 LTE-R 기지국은 PF 스케줄링에 기초하여 해당 사용자 단말들의 자원을 스케줄링할 수 있다.

도 13은 본 발명의 일실시예에 있어서, 시나리오 1에 따른 네트워크 환경을 도시한 도면이다.

도 13을 참고하면, 시나리오 1에 따르면 PS-LTE 사용자 단말들은 RAN 공유를 하지 않음에 따라, PS-LTE 망과 중첩되는 커버리지가 적은 LTE-R 기지국에 접속하는 것이 허용되지 않을 수 있다. 이는, 매크로 셀들이 펌토셀의 CSG(closed subscriber group)와 공존하는 상황에서 저전력 노드들(LPN)이 사용자 그룹들에 대해서만 접속을 허용하는 것과 유사하나, LTE-R 기지국들은 선로를 따라 제한된 커버리지를 가지는 고전력 노드들(HPN)이므로, 도 13과 같이, LTE-R 기지국들이 PS-LTE 망의 셀 경계에 위치할 때 더 심한 동일채널간섭이 발생할 수 있다.

도 13에 따르면, PS-LTE 사용자 단말(UE B)은 PS-LTE 기지국(eNB_A)의 셀 커버리지의 경계에서 상대적으로 낮은 전력의 원하는 신호를 PS-LTE 기지국(eNB_A)으로부터 수신할 수 있다. 동시에, PS-LTE 사용자 단말(UE B)은 LTE-R 기지국(eNB_B)으로부터 신호를 수신할 수 있으며, PS-LTE 사용자 단말(UE B)은 LTE-R 기지국(eNB_B)의 셀 커버리지의 중심부에 위치하고 있기 때문에 LTE-R 기지국(eNB_B)으로부터 받는 간섭의 전력이 상당히 높을 수 있다.

3. 시나리오 2(Scenario 2: LTE-R Network이 PS-LTE Network과 RAN Sharing은 하지 않으나 CS CoMP를 수행하여 공존하는 경우)

시나리오 2는 RAN을 공유하지는 않으나(non-RAN sharing), PS-LTE 기지국과 LTE-R 기지국이 CS CoMP를 기반으로 협력통신을 사용하는 경우를 나타낼 수 있다.

도 14는 본 발명의 일실시예에 있어서, 시나리오 2에 따른 네트워크 환경을 도시한 도면이다.

도 14를 참고하면, CoMP 사이트에 포함된 기지국들 간에 협력을 통해 간섭 기지국들은 자신의 자원(PRB)에 대한 스케줄링을 중단(mute)하여 LTE-R 사용자 단말의 MCS(mission critical service) 요구사항에 영향을 주지 않도록 자원 할당을 제어할 수 있다. 이때, LTE-R 사용자 단말은 PS-LTE 사용자 단말보다 항상 더 높은 우선순위를 가질 수 있다.

도 14와 같이, PS-LTE 사용자 단말과 LTE-R 기지국 간, PS-LTE 사용자 단말과 PS-LTE 기지국 간, 그리고 LTE-R 사용자 단말과 LTE-R 기지국 간에 CS CoMP에 기반하여 협력통신이 수행될 수 있다. 시나리오 2에서는 RAN을 공유하지 않음에 따라, LTE-R 단말은 오직 LTE-R 기지국에 접속되며, LTE-R 기지국은 오직 LTE-R 단말들에게만 자원을 스케줄링할 수 있다. 마찬가지로, PS-LTE 단말은 오직 PS-LTE 기지국에 접속되며, PS-LTE 기지국은 오직 PS-LTE 단말들에게만 자원을 스케줄링할 수 있다. 이때, CS CoMP에 기반하여 협력통신을 수행하므로, PS-LTE 사용자 단말(UE B)에서 CoMP를 필요로 하는 경우, 앞에서 설명한 도 5 및 도 6의 CC2 프로세스에 따라 PS-LTE 사용자 단말(UE B)을 대상으로 자원 할당 프로세스가 수행될 수 있다.

4. 시나리오 3(Scenario 3: PS-LTE UEs가 LTE-R의 RAN을 Sharing 하는 경우)

시나리오 3은 PS-LTE 사용자 단말들이 LTE-R 망을 공유하는 경우를 나타낼 수 있다. 시나리오 3에서는 LTE-R 기지국들을 높은 간섭의 근원으로 간주하지 않고, 액티브 RAN 공유(active RAN sharing)를 통해 PS-LTE 망의 셀 경계 커버리지를 향상시킬 기지국들로 가정할 수 있다.

RAN을 공유하는 경우, PS-LTE 사용자 단말은 LTE-R 기지국에 접속할 수 있으므로, 동일채널간섭이 감소하고 LTE-R 기지국의 자원 활용도가 향상될 수 있다. 이때, LTE-R 사용자 단말들이 선로를 따라 움직이고 주로 LTE-R 기지국으로부터 고전력을 수신하기 때문에, PS-LTE 망이 LTE-R 사용자 단말들을 위해 RAN을 공유(RAN sharing)하는 것은 필요하지 않을 수 있다. 이에 따라, 시나리오 3에서는 PS-LTE 사용자 단말들에 의한 LTE-R

RAN 공유만을 고려한 것일 수 있다. 이에 따라, LTE-R 기지국은 위의 도 4에서 설명한 CC1에 따라 LTE-R 사용자 단말의 우선순위를 기반으로 PS-LTE UE들을 관리할 수 있다. 즉, 시나리오 3에서, PS-LTE 기지국은 PF 스케줄링에 기초하여 오직 PS-LTE 사용자들을 대상으로 자원 스케줄링을 수행하나, LTE-R 기지국은 CC1에 기초하여 LTE-R 사용자 단말 및 PS-LTE 사용자 단말을 대상으로 자원 스케줄링을 수행할 수 있다.

5. 시나리오 4(Scenario 4: PS-LTE UEs가 LTE-R RAN Sharing과 CS CoMP를 동시에 수행하는 경우)

시나리오 4는 PS-LTE 망과 LTE-R 망이 RAN을 공유(RAN sharing)하는 경우에 기지국간에 CS CoMP를 기반으로 협력 통신을 수행하는 경우를 나타낼 수 있다. 시나리오 4는, PS-LTE 기지국과 LTE-R 기지국 간, PS-LTE 기지국 간, 그리고 LTE-R 기지국 간에 CS CoMP가 사용될 수 있다. RAN Sharing은 CC1에 따라 수행되며, 이때, LTE-R 사용자 단말에 CoMP가 필요한 경우, CC2에 따라 LTE-R 사용자 단말을 위한 CoMP가 수행될 수 있다. 즉, 상기 LTE-R 사용자 단말에 방해가 되는 간섭 기지국이 LTE-R 사용자 단말에 주어진 자원(PRBs)에 대한 스케줄링을 중단(mute)하도록 제어될 수 있다. 이어, LTE-R 사용자 단말에서 전송할 데이터가 존재하지 않으면, LTE-R 기지국과 PS-LTE 기지국 모두 PS-LTE 단말들을 대상으로 PF 스케줄링을 수행할 수 있다.

6. 시나리오 5(Scenario 5: PS-LTE UEs가 LTE-R RAN Sharing과 ICIC 및 CS CoMP를 동시에 수행하는 경우)

시나리오 5는 PS-LTE 망과 LTE-R 망이 RAN을 공유(RAN sharing)하는 경우에 동적 FFR 기법을 고려하여 사용자 단말들에게 주파수 대역을 할당하는 ICIC 기반의 협력통신을 나타낼 수 있다.

도 15는 본 발명의 일실시예에 있어서, CS CoMP 및 ICIC 기반의 협력 통신 그리고 RAN 공유를 고려한 네트워크 환경을 도시한 도면이고, 도 16은 본 발명의 일실시예에 있어서, ICIC 기반으로 주파수 사용을 제어하는 동작을 도시한 흐름도이다.

도 15에서, 시나리오 5는 서비스 우선순위와 사용자 단말들의 QoS 요구사항에 기반한 동적 자원 할당을 위해 보너스 대역(BBW)을 이용할 수 있다. FFR 기법과 함께 보너스 대역(BBW)을 사용함에 따라 더 많은 대역이 요구되는 사용자 단말들에게 추가 대역이 동적으로 할당될 수 있다.

도 16을 참고하면, 1610 단계에서, 각 기지국은 주파수 대역을 초기화할 수 있다. 예컨대, 위의 도 7에서 설명한 바와 같이, 전체 주파수 대역이 보너스 대역을 포함하는 FR 대역과 PR 대역으로 구분됨에 따라 초기화될 수 있다.

1620 단계에서, 각 셀에 대역을 할당할 수 있다. 예컨대, 각 셀에는 오직 하나의 PR 대역만이 할당될 수 있다.

1630 단계에서, 사용자 단말로부터 피드백되는 SINR 및 지정된 기준 SINR에 기초하여 해당 사용자 단말이 PR 대역을 사용하는 사용자 그룹(PR Zone) 및 FR 대역을 사용하는 사용자 그룹(FR Zone) 중 어디에 해당하는지 여부가 결정될 수 있다.

1640 단계에서, 사용자 그룹(PR Zone) X의 트래픽(traffic)이 높아지고 있는지 여부가 확인될 수 있다.

높아지고 있는 것으로 확인되면, 1650 단계에서, 이용 가능한 보너스 대역이 존재하는지 여부가 확인될 수 있다.

1660 단계에서, 이용 가능한 보너스 대역(BBW)이 존재함에 따라, 상기 사용자 그룹(PR Zone) X에 보너스 대역(BBW)이 추가적으로 할당될 수 있다.

1670 단계에서, 상기 사용자 그룹(FR zone)에서 점유하고 있는 보너스 대역이 사용자 그룹(PR Zone) X에 할당됨에 따라, 상기 사용자 그룹(FR zone)에서 점유하고 있는 보너스 대역을 통한 서비스(예컨대, 데이터 전송 등)가 이용 가능한 다른 대역(예컨대, FR 대역)을 통해 수행되도록 서비스 전환이 수행될 수 있다.

다시 1640 단계에서, 사용자 그룹(PR Zone) X의 트래픽(traffic)이 높아지고 있지 않는 것으로 확인되면, 1680 단계에서, 보너스 대역의 이용을 위해 대기(waiting)할 수 있다.

1690 단계에서, 상기 사용자 그룹 X와는 다른 PR 대역을 사용하는 다른 사용자 그룹(PR zone)의 트래픽이 감소되고, 하나의 보너스 대역 X가 만료된 것으로 확인되면, 만료된 보너스 대역 X(BW_{bx})가 상기 사용자 그룹(PR Zone) X를 대상으로 할당될 수 있다.

이때, 1695 단계에서, 사용자 그룹(PR Zone) X의 트래픽(traffic)이 감소하고 있고, 더 이상 보너스 대역(BBW)이 필요하지 않는 것으로 확인되면, 보너스 대역의 이용을 위해 대기(waiting)할 수 있다. 예컨대, 사용자 단말의 트래픽 요구가 수시로 변경될 수 있으므로, 해당 사용자 그룹의 트래픽 요구가 다시 증가할 때를 대비하여

보너스 대역의 이용을 위한 대기(waiting) 프로세스가 수행될 수 있다.

[0189] 아래의 표 1은 PS-LTE 망과 LTE-R 망이 공존하기 위한 다양한 시나리오들(위에서 설명한 시나리오 1 내지 시나리오 5)에 따른 자원 할당 및 간섭 관리 기법의 성능 평가를 위한 시뮬레이션에서 이용된 파라미터들을 도시하고 있다.

표 1

TABLE I SYSTEM-LEVEL SIMULATION PARAMETERS	
Parameters	Values
Carrier Frequency	778 MHz
Bandwidth (B_{m})	10 MHz
Number of PS-LTE eNBs	21 Sectors (1-tier, 7 Sites) [Only 3 Inner Sectors in the ROI]
Number of LTE-R eNBs	Maximum 2 eNBs/Sector beside the Railway
Inter-eNB Distance	PS-LTE eNBs : 4 km LTE-R eNBs : 1 km
No. of UEs/Sector	PS-LTE UEs : 40 LTE-R UE : 1 (Train Control Signal)
Maximum Antenna Gain	PS-LTE : 3-D Pattern (or 15 dBi) LTE-R : 17 dBi
Transmission Power	PS-LTE : 46 dBm LTE-R : 43 dBm
Minimum Coupling Loss	70 dB
Noise Spectral Density	-174 dBm/Hz
Path Loss Model	Rural Macro (3GPP TR 36.837)
Shadowing	Log-normal Distribution (Mean : 0 dB, St. Dev.: 6 dB) (Correlation between eNBs/Sectors : 0.5/1)
Fast Fading	PS-LTE : Winner II (D1-Rural Macro) LTE-R : Winner II (D2a-Rural Moving Networks)
UE Mobility	PS-LTE UE: 3 Km/h LTE-R UE: 250 Km/h
Transmission Modes	SISO (1x1)
Effective SINR	MIESM
UE Receiver	Zero Forcing
Traffic Models	PS-LTE : VoIP, Video LTE-R : VoIP
Scheduling	Proportional Fair Traffic

[0190]

[0191] 시나리오 1 내지 시나리오 5를 대상으로, 동일채널간섭 분석을 검증하기 위하여 위의 도 1에서 설명한 바와 같이 LTE-R 망과 one-tier(K=1) PS-LTE 망이 공존하는 경우의 시스템 레벨의 시뮬레이션이 고려될 수 있다. 시뮬레이션에서 채널 모델은 위의 수학식 1 내지 3을 설명하면서 고려된 채널 모델이 적용될 수 있다. 그리고, 대기열이 막힌 경우에 대한 시뮬레이션 대신에 현실적인 트래픽 모델이 고려되었으며, LTE-R 사용자 단말의 경우 VoIP 트래픽 전송을 가정하고, PS-LTE 사용자 단말의 경우 VoIP(80%)와 video(20%)의 두 가지 유형의 트래픽 전송을 고려하여 시뮬레이션이 수행될 수 있다. PS-LTE 사용자 단말들은 관심지역(ROI)을 통하여 일정하고 랜덤한 방식으로 배치될 수 있다. 이때, 몇몇 PS-LTE 사용자 단말들은 LTE-R 기지국 영역에 배치될 수도 있으며, 이 경우, LTE-R 기지국이 속하는 셀에 오직 하나의 LTE-R 사용자 단말이 존재함을 가정할 수 있다.

[0193] 도 17은 본 발명의 일실시예에 있어서, 시나리오 1 내지 시나리오 5에 따른 UE 평균 처리량을 도시한 그래프이

다.

- [0194] 도 17에서, UE 평균 처리량(UE average throughput)에 따른 성능을 50%의 CDF(cumulative distribution function)에 기초하여 시나리오 별로 비교할 수 있다.
- [0195] 도 17에 따르면, 50% CDF에서 RAN 공유(RAN sharing) 시나리오가 RAN 비공유(non-RAN sharing) 시나리오 보다 더 나은 성능을 제공함을 확인할 수 있다. 더욱이, CS CoMP를 적용하는 경우가 적용하지 않은 경우보다 더 좋은 성능을 가짐을 확인할 수 있다.
- [0196] 또한, 시나리오 3의 경우, UE 처리량 성능이 시나리오 1에 비해 17.11% 높았으나, 시나리오 2와는 유사함을 확인할 수 있다. 그리고, 시나리오 4의 경우, RAN 공유(RAN sharing) 뿐만 아니라 CS CoMP 수행에 따른 이득으로 인해, 시나리오 3 보다 좋은 성능을 가짐을 확인할 수 있다. 그리고, 시나리오 5의 경우, 동적 ICIC가 모든 시나리오에서 최상의 경계 처리량을 가짐을 확인할 수 있다. ICIC 기반으로 주파수 사용을 제어함에 따라, 사용자 단말들이 PR 대역과 보너스 대역(BBW)을 할당받아 사용함으로써 더 나은 채널 조건을 가지기 때문에 경계 처리량이 좋아지는 것임을 확인할 수 있다. 그리고, 시나리오 5는 모든 시나리오(시나리오 1 내지 시나리오 5) 중 가장 나쁜 피크 처리량(peak throughput)을 가짐을 확인할 수 있다. 이처럼, 시나리오 5의 피크 처리량이 가장 나쁜 것은 대역을 분할(band partitioning) 하여 사용하므로, 시스템에 부분적으로 부하(partially loaded)가 발생되기 때문이다.
- [0197] 도 17에 따르면, 시나리오 4에서 CS CoMP를 다른 시나리오들과 비교할 때 효과적으로 UE 평균 처리량이 향상됨을 확인할 수 있다. 시나리오 4의 경우, 1)RAN 공유(RAN sharing)를 통해 사용자 단말들에 더 좋은 채널 품질을 제공하고 PS-LTE 사용자 단말들에게 더 많은 자원들이 가용되며, 2)CS CoMP가 간섭 기지국(즉, 간섭이 높은 기지국)에서의 자원 사용을 중단(mute)시켜 동일채널간섭을 줄이기 때문에 UE 평균 처리량이 효과적으로 향상될 수 있다. 결국, 사용자 단말 당 처리량이 향상되어 전체 시스템 처리량이 상승될 수 있다.
- [0199] 도 18 및 도 19는 본 발명의 일실시예에 있어서, SINR 및 스펙트럼 효율을 시나리오 별로 비교하기 위해 도시한 그래프이다.
- [0200] 도 18은 시나리오 1 내지 시나리오 4의 SINR 및 스펙트럼 효율을 도시한 것이고, 도 19는 시나리오 5의 SINR 및 스펙트럼 효율을 도시한 것이다.
- [0201] 도 18에서, x 축은 사용자 단말의 SINR을 나타내고, y축은 사용자 단말의 스펙트럼 효율을 나타내는 것으로서 채널 사용 당 유효 데이터 비트(bit/cu)들로 표현될 수 있다. 즉, 도 18은 사용자 단말의 SINR에 대한 스펙트럼 효율을 확인하기 위한 것이다. 스펙트럼 효율은 MCS(modulation and coding scheme) 레벨과 BLER(Block Error Rate)에 의해 결정될 수 있다. 물리 계층에서 적응적 MCS(adaptive modulation and coding scheme)를 사용하여 BLER을 10%이하로 보장하는 정책에 따라 MCS 레벨이 선택될 수 있다.
- [0202] 도 18에 따르면, 시나리오 4에서는 간섭 기지국들이 자원 스케줄링을 중단(muting)하여 더 나은 채널 품질을 가짐을 확인할 수 있고, 이에 따라 더 높은 MCS 레벨이 선택될 수 있기 때문에 최대 스펙트럼 효율이 다른 시나리오들 보다 더 높은 것을 확인할 수 있다. 그리고, 시나리오 2에서는 RAN을 비공유(non-RAN sharing)함에 따라 LTE-R 기지국들이 PS-LTE 기지국들에 의해 서비스되는 사용자 단말들에게 강한 간섭으로 작용하여 최대 스펙트럼 효율이 시나리오 4보다 낮음을 확인할 수 있다. 종합적으로 SINR 대 스펙트럼 효율 곡선은 모든 시나리오들이 거의 겹치는 것을 확인할 수 있는데, 이는 LTE 망에서는 모든 사용자들에 대해 동일한 AMC(adaptive modulation and coding) 기법이 사용되었기 때문이다.
- [0203] 도 19는 동적 ICIC에 기반하여 사용자 단말의 SINR 대 스펙트럼 효율을 도시하고 있다.
- [0204] 도 19에서, 사용자 단말의 SINR은 전체 대역에 걸쳐 평균을 낸 값에 해당될 수 있다. 낮은 SINR은 PR 대역을 사용하는 사용자 그룹(PR zone)에 대한 더 넓은 경로 손실이 발생함을 나타낼 수 있다. 높은 SINR과 FR 대역을 사용하는 사용자 그룹(FR zone)에서도 작은 경로 손실이 존재할 수 있다.
- [0205] 도 19에 따르면, 상기 PR zone에 속하는 사용자 단말들은 PR 대역을 이용하여 스케줄링을 수행하므로, 즉, 부분적으로 주파수를 재사용하므로 더 나은 스펙트럼 효율과 더 높은 SINR을 가짐을 확인할 수 있다. 이에 따라, 더 높은 MCS(modulation and coding scheme) 레벨이 PR zone에 속하는 사용자 단말들을 위해 사용되어, 결과적으로 PR zone에 속하는 사용자 단말들이 더 높은 스펙트럼 효율을 가질 수 있다.
- [0207] 도 20은 본 발명의 일실시예에 있어서, 시나리오 별 사용자 수신 간섭을 도시한 그래프이다.

[0208] 도 20에서 이용된 사용자 수신 간섭은, 아래의 수학식 17과 같이 표현될 수 있다.

[0209] [수학식 17]

$$I_i = \sum_{j \neq i, k \neq i} G_{j,k}^N P_{j,k}^N + \eta$$

[0210]

[0211] 수학식 17에서, I_i 는 서비스 되는 기지국을 제외한 모든 이웃한 PS-LTE 기지국과 LTE-R 기지국으로부터 수신된 간섭의 합을 나타내고, $G_{j,k}^N$ 는 자원(PRB) N에 대해 사용자 단말 j와 k를 둘러싼 PS-LTE 기지국과 LTE-R 기지국들 사이의 채널 이득을 나타내고, $P_{j,k}^N$ 는 자원(PRB) N에 대해 사용자 단말 j와 k를 둘러싼 PS-LTE 기지국과 LTE-R 기지국들로부터의 전송 전력을 나타낼 수 있다. 그리고, η 는 자원(PRB) 당 열잡음(thermal noise)를 나타낼 수 있다.

[0212] PS-LTE 망과 LTE-R 망의 공존을 위해 이용된 간섭 관리 기법들의 간섭 감소를 보여주기 위해, 도 20에서는, 사용자 단말의 수신(Rx) 간섭이 매우 낮은 수준의 간섭, 즉, 간섭이 -50 dBm이하인 지역과 비교되었다.

[0213] 도 20에 따르면, CS CoMP를 적용함에 따라 간섭이 높은 기지국들(즉, 간섭 기지국들)을 차단하는 시나리오 2가 시나리오 1 및 시나리오 3보다, 사용자 단말이 더 낮은 간섭을 받음을 확인할 수 있다. 그리고, 시나리오 2의 경우, 최대 21%의 사용자 단말들이 낮은 간섭을 받음을 확인할 수 있으며, 시나리오 3의 경우, 최대 3%의 사용자 단말들이 낮은 간섭을 받고, 시나리오 1의 경우, 2%의 사용자 단말들만이 낮은 간섭을 받음을 확인할 수 있다.

[0214] 특히, 시나리오 3의 경우, 최대 31%의 사용자 단말들이 낮은 간섭을 경험하고, 시나리오 5는 CS CoMP 및 ICIC 기반의 협력 통신을 적용함에 따라 시나리오 4보다 좋은 최대 44%의 사용자 단말들이 낮은 간섭을 경험함을 확인할 수 있다. 이에 따라, CS CoMP 및 ICIC 기반의 협력 통신을 이용한 간섭 제어를 수행함으로써, 시나리오 1, 시나리오 3보다 시나리오 2, 시나리오 4, 시나리오 5에서 더 많은 사용자 단말들이 적은 간섭을 경험함을 확인할 수 있다. 즉, 도 20에 따르면, PS-LTE 망과 LTE-R망의 공존을 위해 CS CoMP 및 ICIC 기반의 협력 통신을 이용한 간섭 제어를 사용하는 경우에 사용자 단말들이 경험하는 간섭의 수준이 크게 낮아짐을 나타낼 수 있다.

[0216] 도 21은 본 발명의 일실시예에 있어서, 시나리오 별 아웃티지 확률(outage probability)을 도시한 그래프이다.

[0217] 도 21에서 이용된 아웃티지 확률은 아래의 수학식 18과 같이 표현될 수 있다.

[0218] [수학식 18]

$$P(\text{outage}) = 1 - P(\text{SINR} > \text{SINR_Threshold})$$

[0219]

[0220] 수학식 18에서, $P(\text{SINR} > \text{SINR_Threshold})$ 는 사용자 단말의 SINR이 기정의된 기준 SINR(SINR_Threshold) 보다 클 확률을 나타내는 것으로서, 사용자 단말의 수신 SINR이 상기 기준 SINR보다 큰 경우에 해당 사용자 단말이 아웃티지 단말(outage UE)이 될 수 있다.

[0221] 도 21에 따르면, 시나리오 2, 시나리오 4, 및 시나리오 5는 CS CoMP 및 ICIC 기반의 협력통신을 이용하여 동일 채널간섭을 제어함에 따라, 시나리오 1과 시나리오 3보다 아웃티지 확률이 감소함을 확인할 수 있다. 이때, RAN 공유(RAN sharing)를 수행하는 시나리오 3은 RAN 공유에 따른 이득으로 인해 시나리오 1보다 더 적은 수의 사용자 단말들이 아웃티지됨을 확인할 수 있다. 시나리오 4는 RAN 공유(RAN sharing) 및 CS CoMP에 기반하여 동일채널간섭을 제어함에 따라 사용자 단말들의 아웃티지 확률이 시나리오 3보다 더 낮음을 확인할 수 있다. 마지막으로, 시나리오 5는 ICIC와 CS CoMP를 기반으로 동일채널간섭을 제어하므로 다른 시나리오들(시나리오 1 내지 시나리오 4) 보다 가장 좋은 성능을 가짐을 확인할 수 있다.

[0222] 이상의 도 17 내지 도 21을 통해 이중망(LTE-R 망, PS-LTE 망)이 공존하는 경우, RAN 공유(RAN sharing)는 처리량(throughput)을 높일 뿐만 아니라, 더 나은 채널 조건(즉, 채널 상태)을 형성하여 사용자 단말들에게 더 큰 이득을 제공함을 확인할 수 있다. 예를 들어, 시나리오 4와 같이 CS CoMP를 사용하는 경우, 사용자 단말들은 대략 60.7% UE 평균 처리량을 얻게 되며, 사용자 단말의 수신(Rx) 간섭과 아웃티지 확률 또한 감소함을 확인할 수 있었다. 즉, PS-LTE 사용자 단말보다 더 높은 우선순위를 가진 LTE-R 사용자 단말이 CoMP를 필요로 할 때마

다(즉, CoMP assistance를 필요로 할 때마다) 다른 기지국들(예컨대, CoMP 사이트 내의 PS-LTE 기지국 및 이웃 LTE-R 기지국 등)은 높은 우선순위의 LTE-R 사용자 단말에 이미 할당 되어 있는 동일 자원(PRBs)을 스케줄링 하지 않기 때문에, 상기 평균 처리량이 향상되고, 수신 간섭 및 아웃티지 확률이 감소하는 것임을 확인할 수 있다. 이에 따라, 사용자 단말의 QoS 우선순위에 기반한 협력 통신이 가능하여, 스펙트럼 자원이 효율적으로 사용될 수 있다.

[0223] 또한, 시나리오 5와 같이 동적 ICIC에 기반하여 동일채널간섭을 제어하는 경우, 사용자 단말의 트래픽 요구에 따라 보너스 대역(BBW)을 우선순위가 높은 PR zone에 동적으로 할당함으로써 각 PR zone의 용량(capacity)이 최적화될 수 있다. 이러한 동적 ICIC는 PR 대역뿐만 아니라 보너스 대역(BBW)을 사용함으로써 모든 시나리오에서 셀 경계쪽에서의 처리량(throughput)에 상당한 이득(gain)을 획득할 수 있고, 사용자 단말의 수신(Rx) 간섭과 아웃티지 확률을 감소시킬 수 있다.

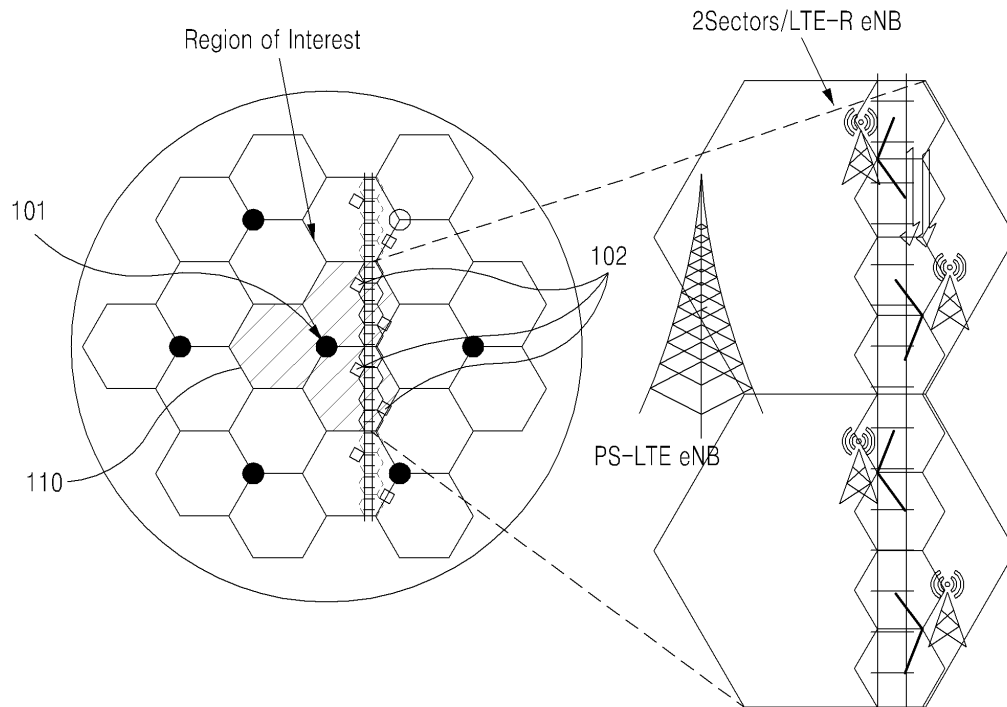
[0224] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic 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.

[0225] 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.

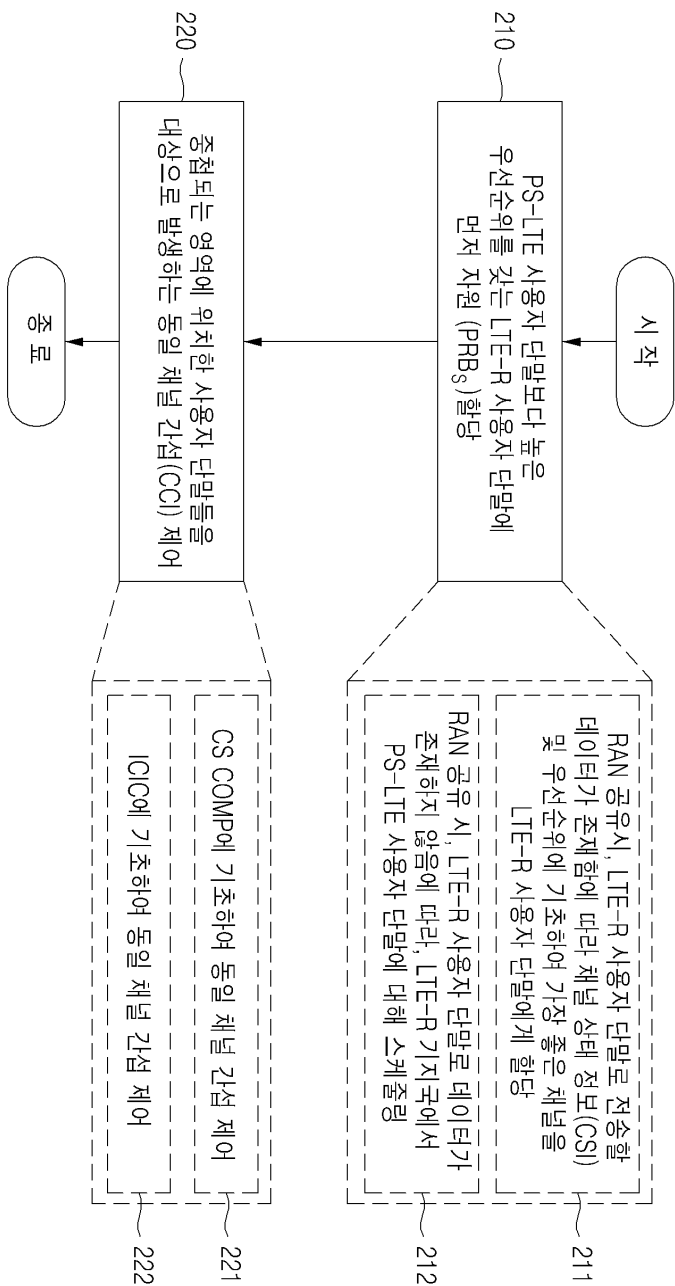
[0226] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

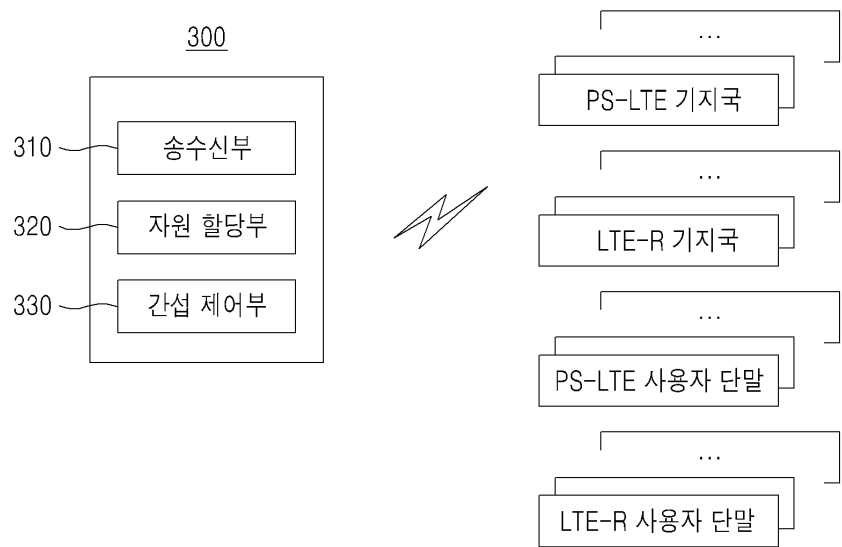
도면1



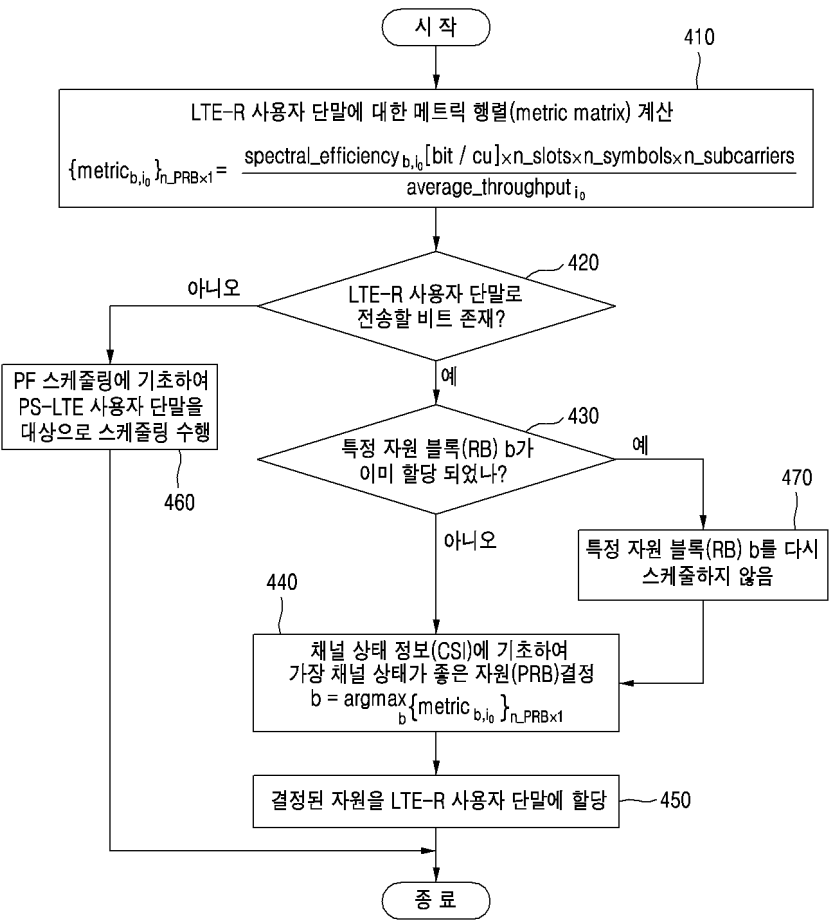
도면2



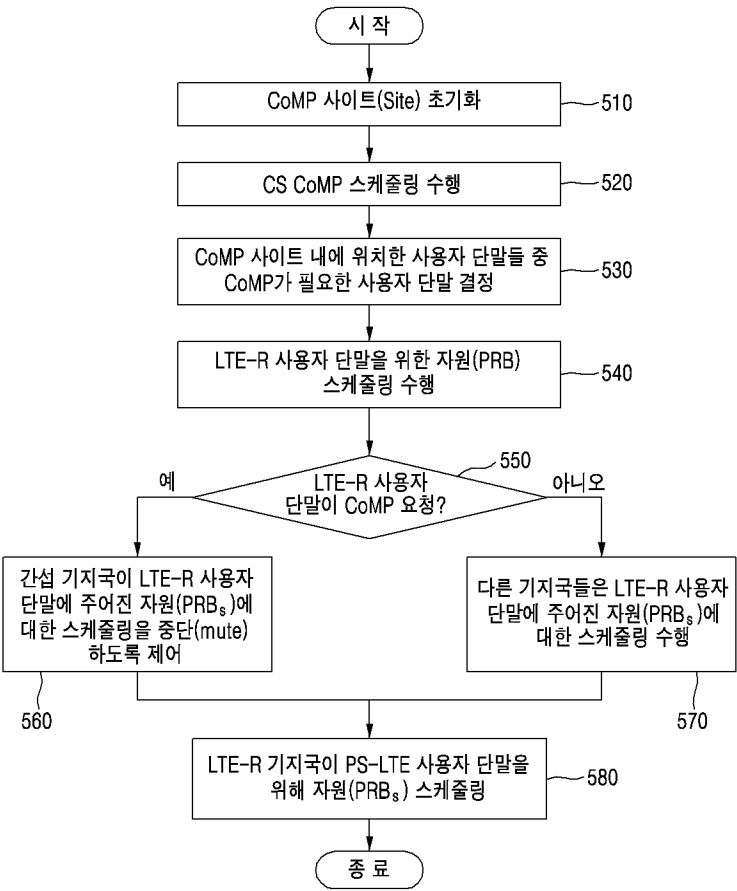
도면3



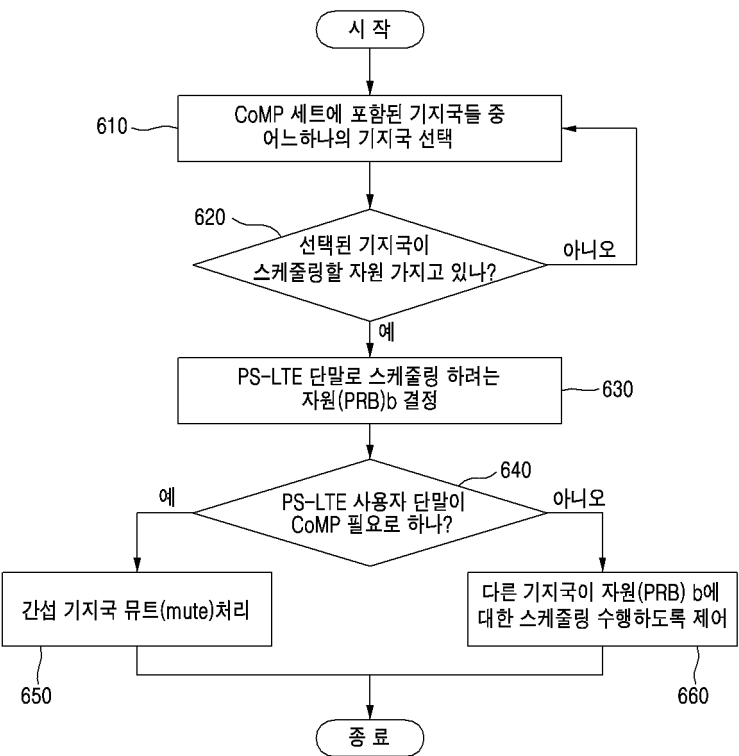
도면4



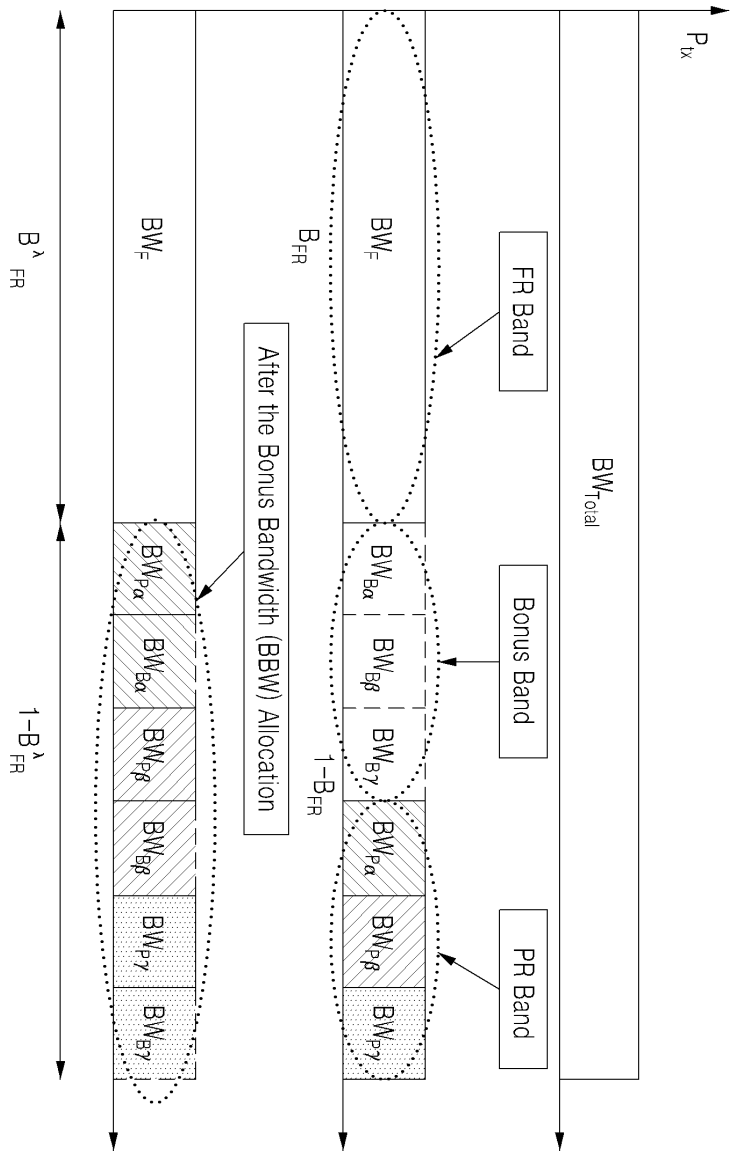
도면5



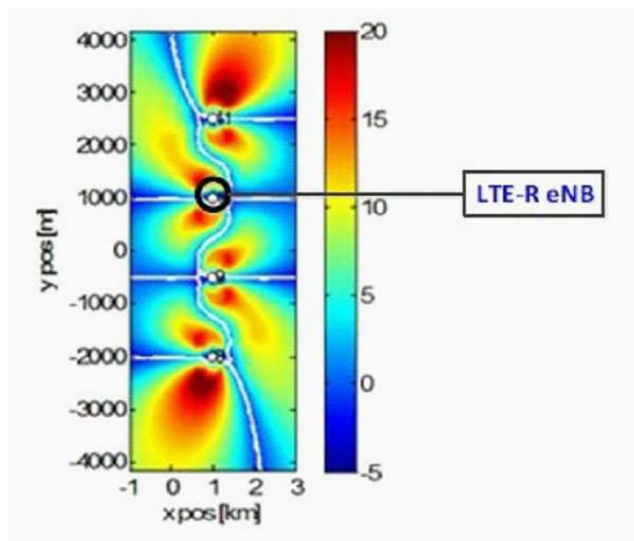
도면6



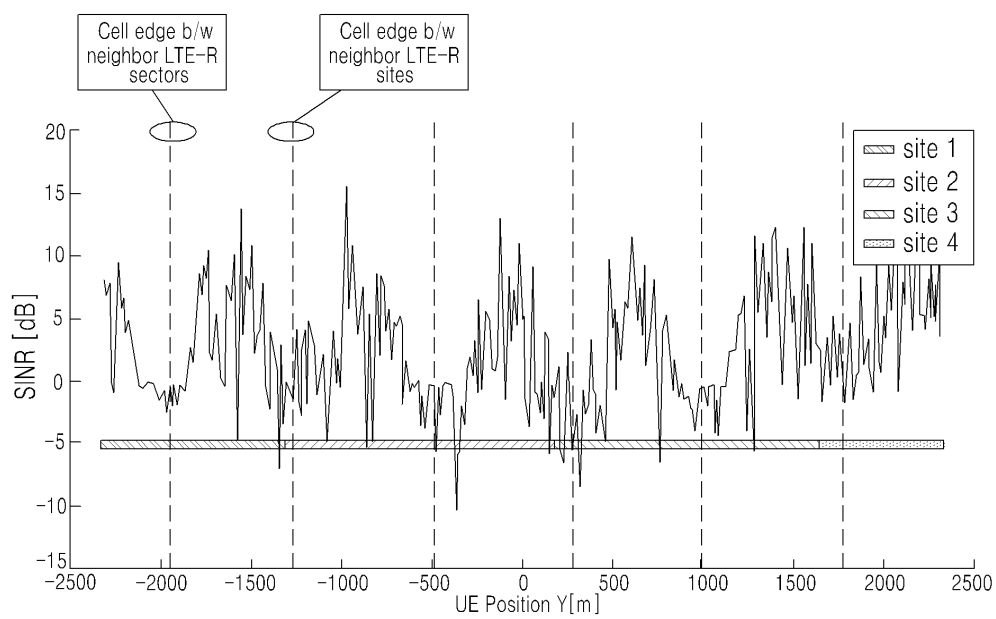
도면7



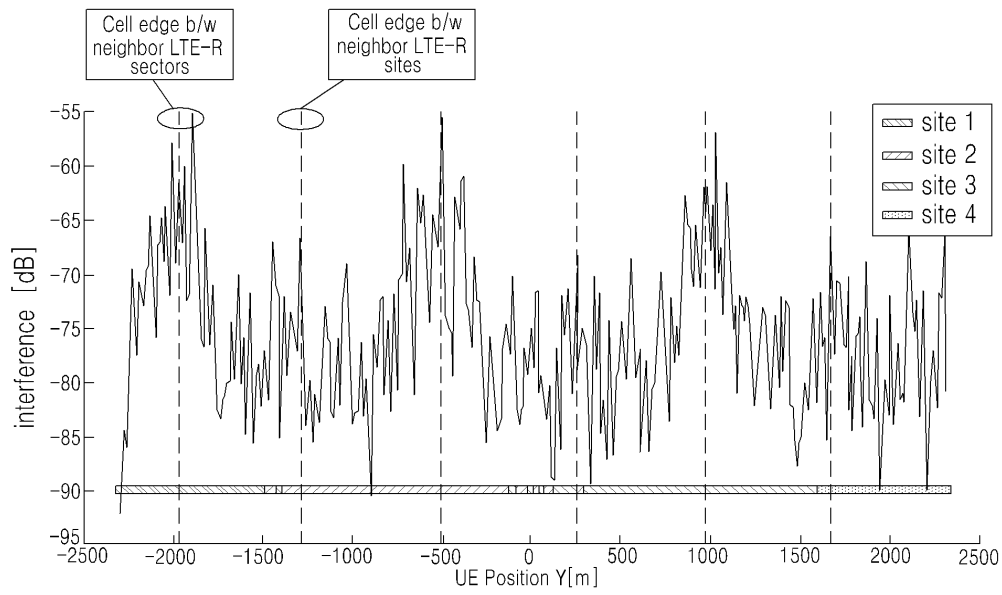
도면8



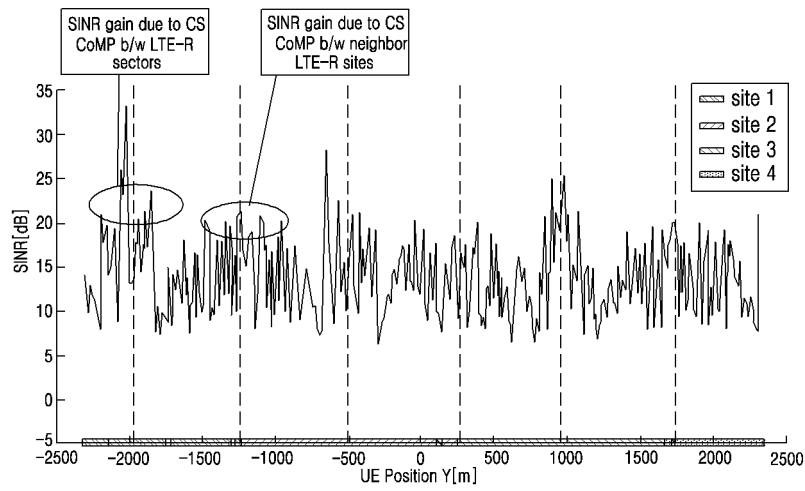
도면9



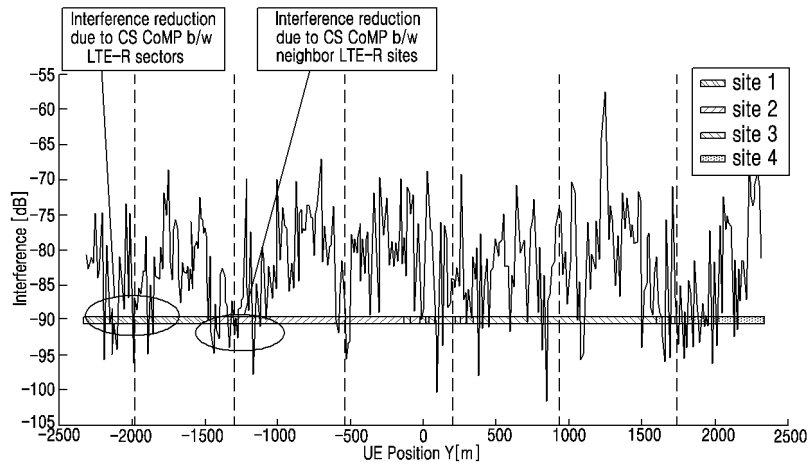
도면10



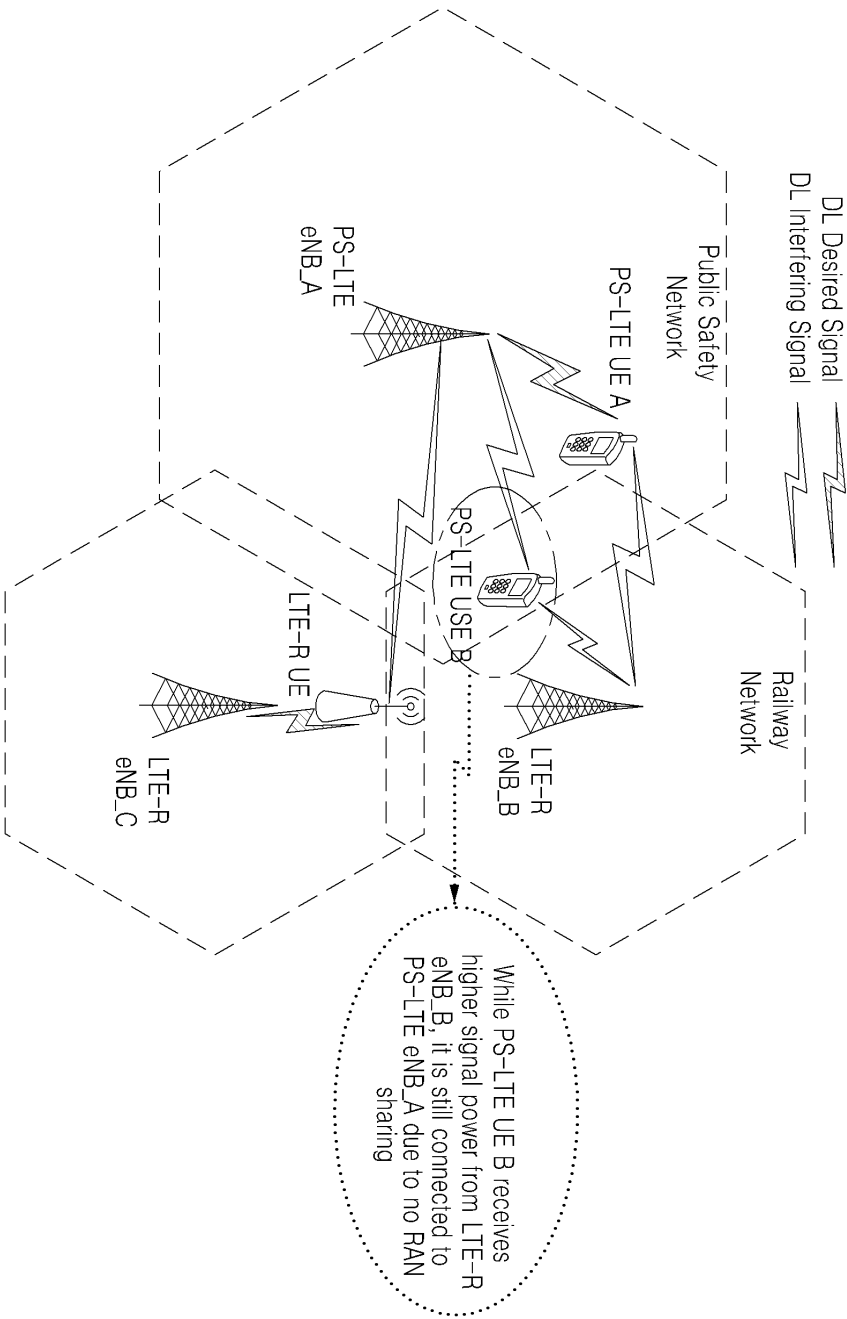
도면11



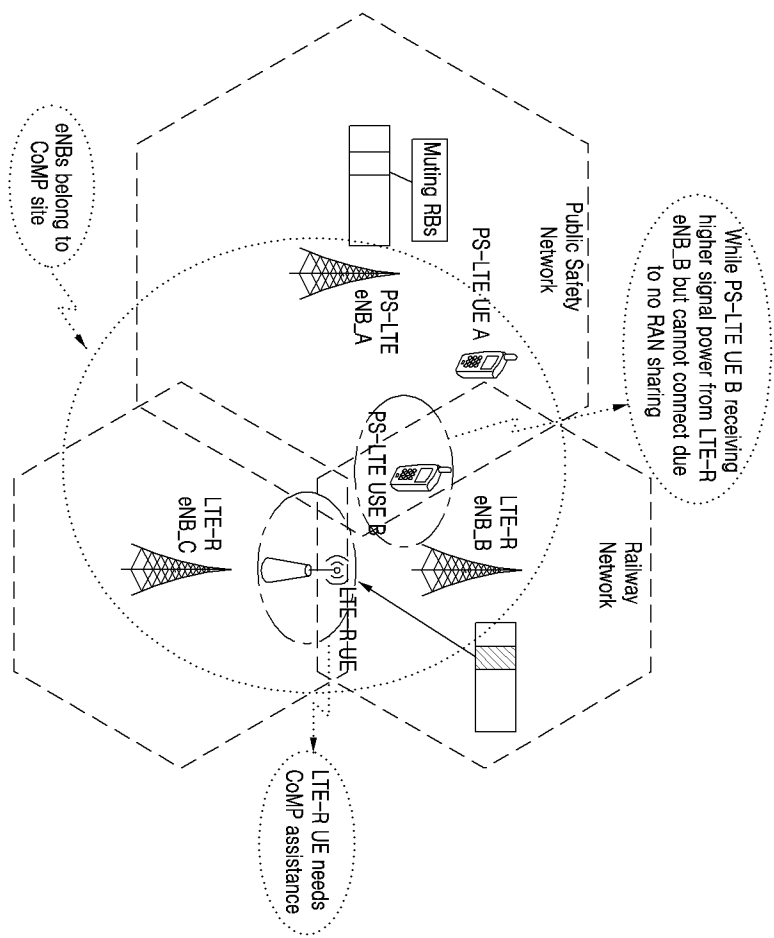
도면12



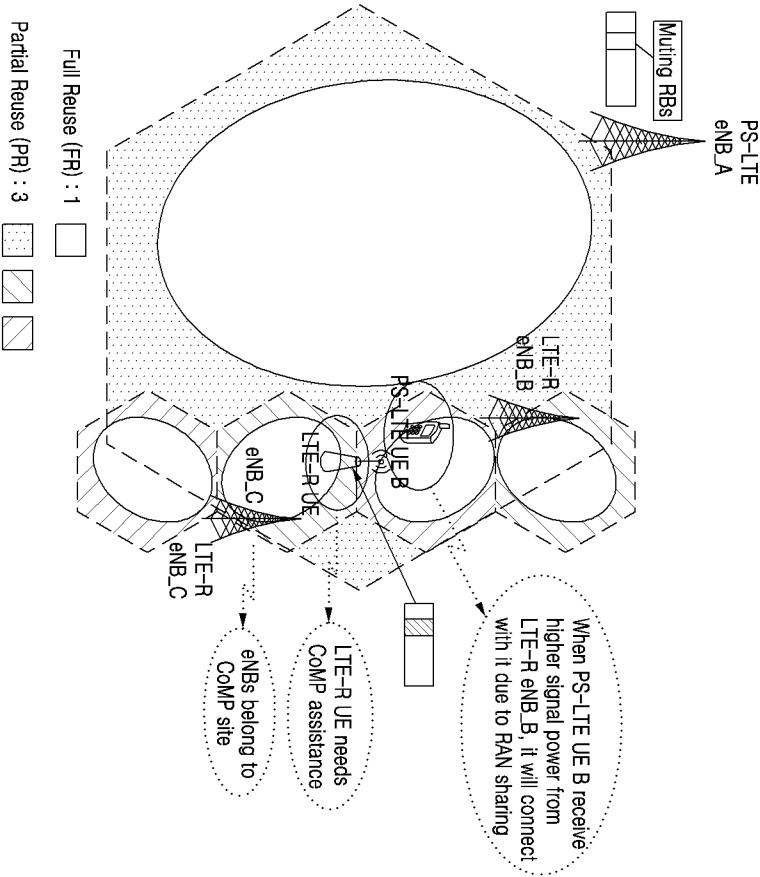
도면13



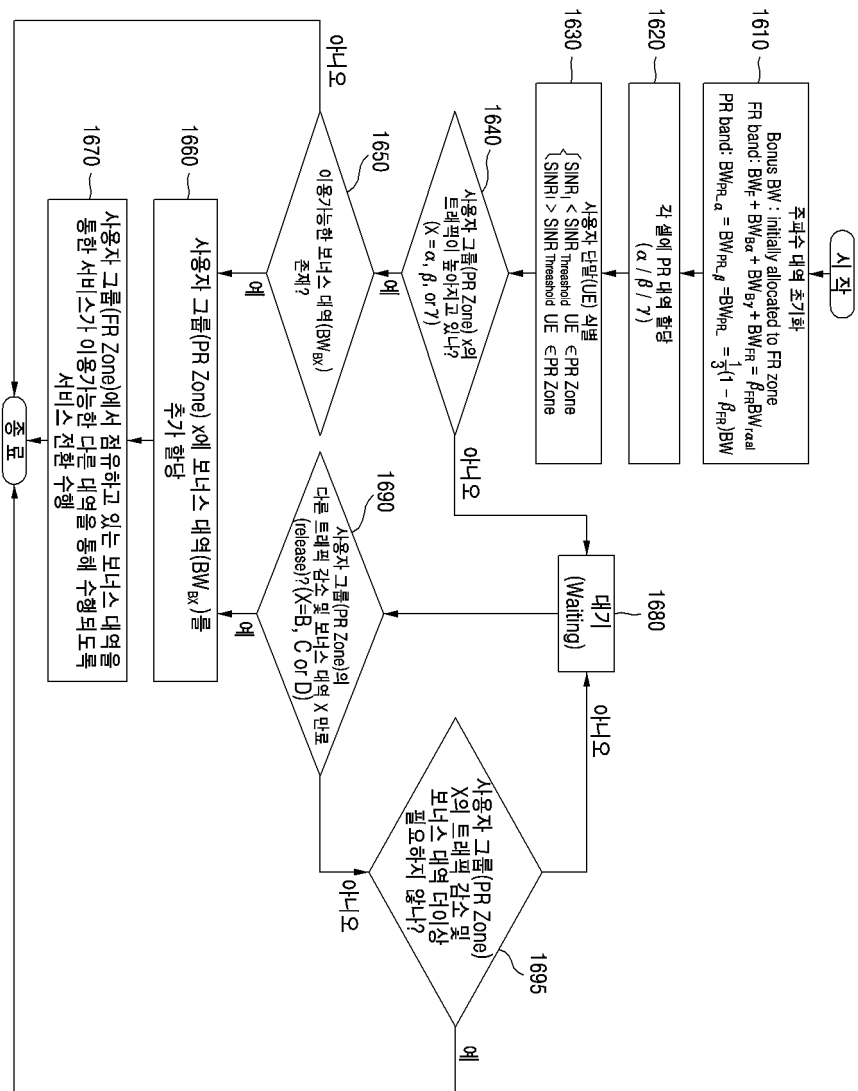
도면14



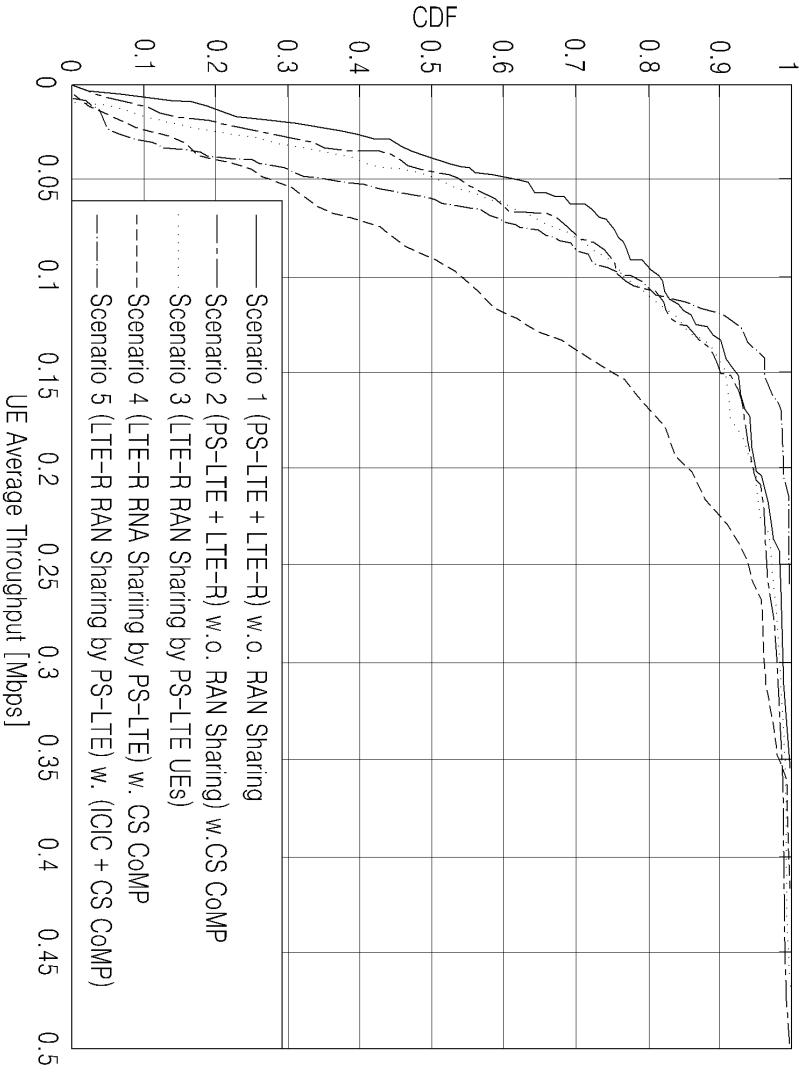
도면15



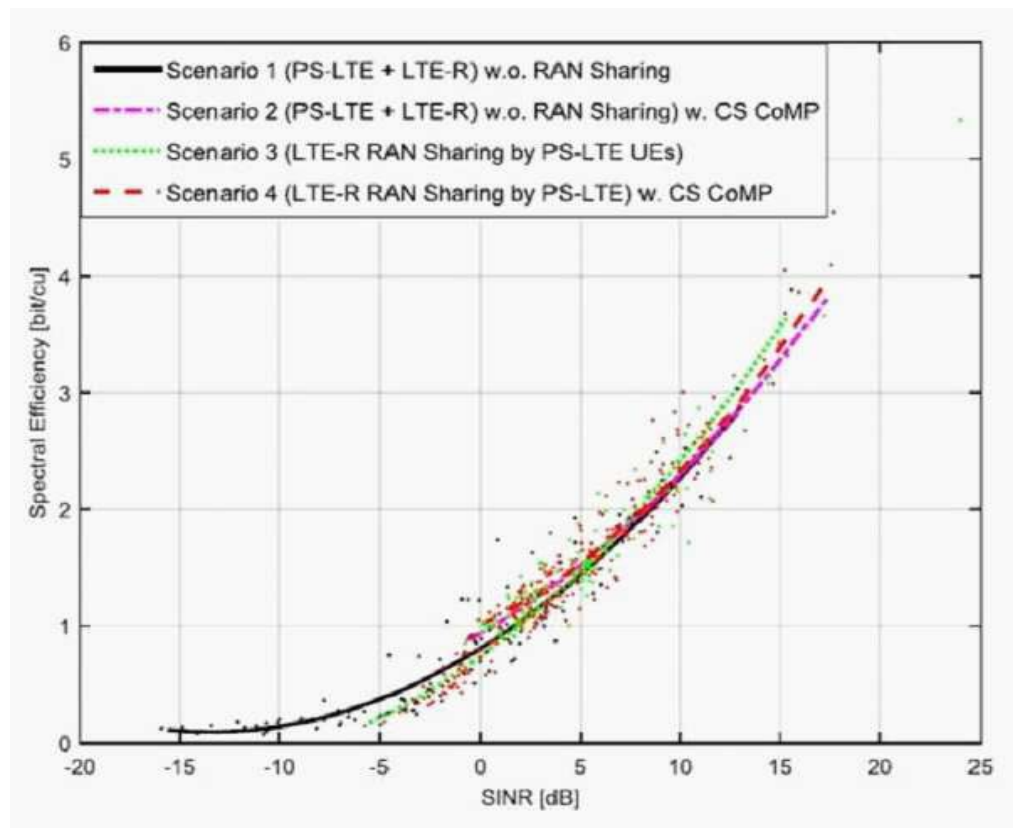
도면16



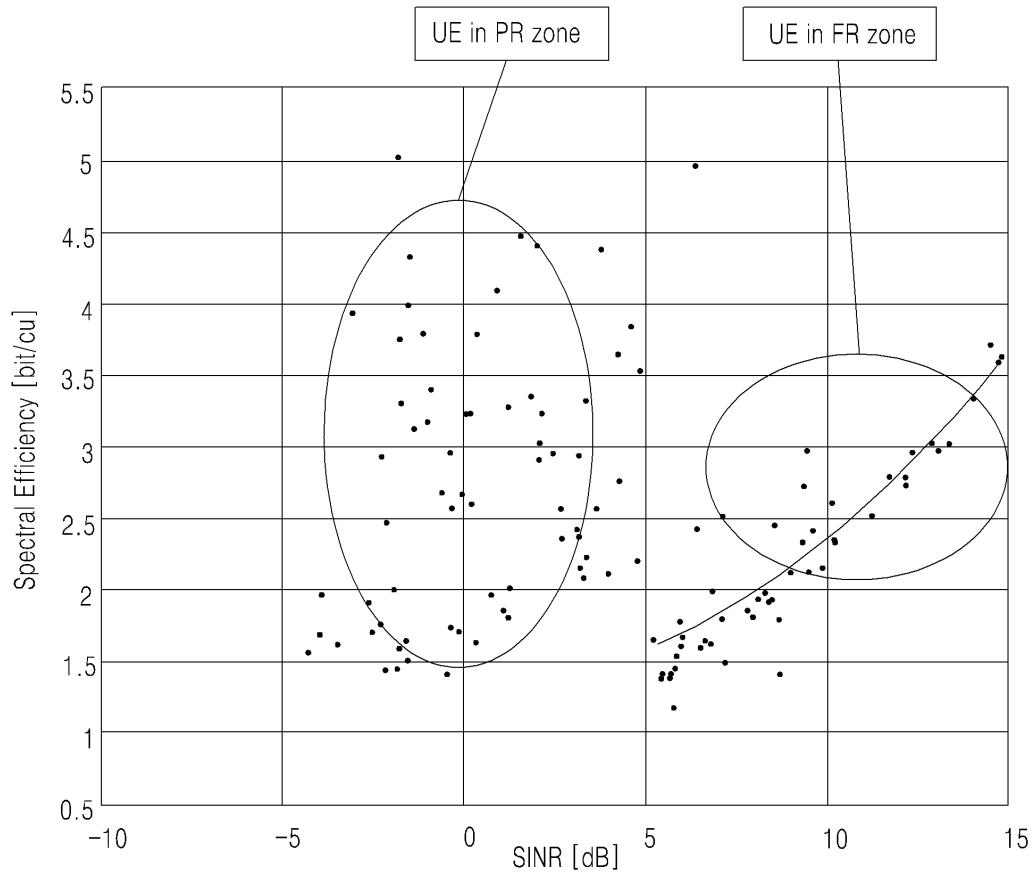
도면17



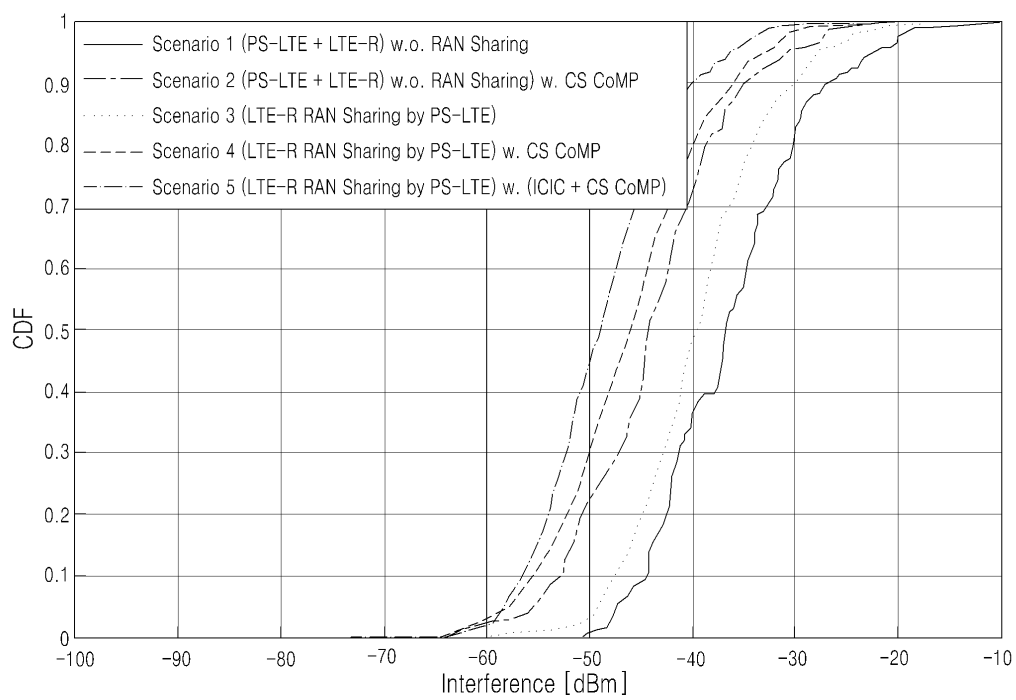
도면18



도면19



도면20



도면21

