



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년02월01일
(11) 등록번호 10-2210066
(24) 등록일자 2021년01월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04W 16/08 (2009.01) H04J 11/00 (2006.01)
H04W 52/24 (2009.01) H04W 52/28 (2009.01)
H04W 72/12 (2009.01) H04W 76/50 (2018.01)

(52) CPC특허분류

H04W 16/08 (2013.01)
H04J 11/005 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0108747

(22) 출원일자 2019년09월03일

심사청구일자 2019년09월03일

(56) 선행기술조사문헌

KR101801487 B1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

인하대학교 산학협력단

인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)

(72) 발명자

장경희

서울특별시 마포구 백범로 205, 101동 1110호(신공덕동, 마포펜트하우스)

장진영

경기도 용인시 수지구 정평로 89, 201동 1501호(풍덕천동, 신정마을현대프라임아파트)

이쉬티아크

인천광역시 미추홀구 재능이길39번길 11, 비02호(학익동, 대청빌라)

(74) 대리인

양성보

전체 청구항 수 : 총 8 항

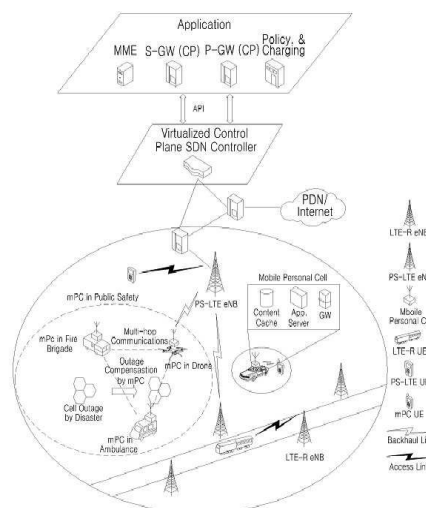
심사관 : 이종익

(54) 발명의 명칭 PS-LTE와 LTE-R 중첩상황에서, PS-LTE 사용자의 로드밸런싱과 간섭 감소를 위한 QoS 우선순위 접속 기반의 mPC 배치 절차

(57) 요약

PS-LTE와 LTE-R 중첩상황에서, PS-LTE 사용자의 로드밸런싱과 간섭 감소를 위한 QoS 우선순위 접속 기반의 mPC 배치 방법 및 장치가 제시된다. 본 발명에서 제안하는 PS-LTE와 LTE-R 중첩상황에서, PS-LTE 사용자의 로드밸런싱과 간섭 감소를 위한 QoS 우선순위 접속 기반의 mPC 배치 방법은 사용자들을 공공안전 우선순위에 따라 스케줄링하기 위해 사용자들에 대한 복수의 상황정보들을 수집하는 단계, 수집된 사용자들에 대한 복수의 상황정보들을 이용하여 해당 기지국에서 사용자 결합(User Association)을 수행하는 단계, 결합된 사용자들에 대하여 공공안전 우선순위에 따라 공공안전 사용자들에게 자원 할당을 수행하는 단계 및 공공안전 사용자들의 위치를 고려하여 간섭 감소를 위한 전력제어를 수행하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H04W 52/243 (2013.01)

H04W 52/283 (2013.01)

H04W 72/121 (2013.01)

H04W 72/1247 (2013.01)

H04W 76/50 (2018.02)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711081193(세부과제번호: 2017-0-00316-003)
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	방송통신산업기술개발사업
연구과제명	[IITP-Ezbaro] 차세대 공공안전통신 원천기술 연구(3차년도)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	인하대학교 산학협력단
연구기간	2019.01.01 ~ 2019.12.31
공지예외적용	: 있음

명세서

청구범위

청구항 1

사용자들을 공공안전 우선순위에 따라 스케줄링하기 위해 사용자들에 대한 복수의 상황정보들을 수집하는 단계;
수집된 사용자들에 대한 복수의 상황정보들을 이용하여 해당 기지국에서 사용자 결합(User Association)을 수행하는 단계;

결합된 사용자들에 대하여 공공안전 우선순위에 따라 공공안전 사용자들에게 자원 할당을 수행하는 단계; 및
공공안전 사용자들의 위치를 고려하여 간섭 감소를 위한 전력제어를 수행하는 단계

를 포함하고,

사용자들을 공공안전 우선순위에 따라 스케줄링하기 위해 사용자들에 대한 복수의 상황정보들을 수집하는 단계는,

기지국의 안테나 이득(Antenna Gain)에서 경로손실(Pathloss), 음영페이딩(Shadowing), 및 고속 페이딩(Fast Fading)을 계산하고, 매크로셀에 연결된 사용자의 경로손실을 계산하고, mPC(mobile Personal Cell)에 연결된 사용자의 경우 LOS(Line of Sight)와 NLOS(Non-LOS)로 나누어 경로손실을 계산하여 구성되는 채널 모델을 이용하고,

수집된 사용자들에 대한 복수의 상황정보들을 이용하여 해당 기지국에서 사용자 결합을 수행하는 단계는,

미리 정의된 사용자 결합 방정식에 따라 공공안전 우선순위 제한 내에서 최소 경로손실에 기초하여 사용자들과 가장 가까운 기지국에 결합하고, 사용자들을 mPC 에 오프로드 시키기 위해 바이어스 팩터(Bias Factor)를 이용하는

QoS 우선순위 접속 기반의 mPC 배치 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

사용자들을 공공안전 우선순위에 따라 스케줄링하기 위해 사용자들에 대한 복수의 상황정보들을 수집하는 단계는,

사용자의 위치 정보(Location Information)에 대한 정보를 수집하고;

기지국에 응급 접속 요청(Emergency Connection Request)을 보내는 사용자들의 수를 수집하고;

상황을 공공안전용 설치 또는 상업용 설치로 구분하여 기지국에 응급서비스 요청(Emergency Service Request)을 보내는 사용자들 수에 기반한 정보를 수집하는

를 포함하는 QoS 우선순위 접속 기반의 mPC 배치 방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

결합된 사용자들에 대하여 공공안전 우선순위에 따라 공공안전 사용자들에게 자원 할당을 수행하는 단계는,

높은 접속 우선순위로 공공안전 사용자들에게 자원을 할당한 후, 라운드 로빈 스케줄링에 따라 상기 공공안전 사용자들에게 평균 데이터률이 최대화되도록 자원을 분배하는

QoS 우선순위 접속 기반의 mPC 배치 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

공공안전 사용자들의 위치를 고려하여 간섭 감소를 위한 전력제어를 수행하는 단계는,

공공안전 사용자들의 위치를 고려한 분할 전력 제어를 이용하여 공공안전 사용자들의 전력제어를 수행하고, 미리 정해진 SINR 을 만족하는지 판단하여,

미리 정해진 SINR 을 만족할 경우 사용자 선택을 종료하며,

미리 정해진 SINR 을 만족하지 못할 경우, 공공안전 사용자들에 대한 추가 간섭 감소를 위해 SDN 기반의 eICIC 를 수행하는

QoS 우선순위 접속 기반의 mPC 배치 방법.

청구항 6

사용자들을 공공안전 우선순위에 따라 스케줄링하기 위해 사용자들에 대한 복수의 상황정보들을 수집하는 정보 수집부;

수집된 사용자들에 대한 복수의 상황정보들을 이용하여 해당 기지국에서 사용자 결합(User Association)을 수행하는 사용자 결합부;

결합된 사용자들에 대하여 공공안전 우선순위에 따라 공공안전 사용자들에게 자원 할당을 수행하는 자원 할당부; 및

공공안전 사용자들의 위치를 고려하여 간섭 감소를 위한 전력제어를 수행하는 전력제어부

를 포함하고,

정보 수집부는,

기지국의 안테나 이득(Antenna Gain)에서 경로손실(Pathloss), 음영페이딩(Shadowing), 및 고속 페이딩(Fast Fading)을 계산하고, 매크로셀에 연결된 사용자의 경로손실을 계산하고, mPC(mobile Personal Cell)에 연결된 사용자의 경우 LOS(Line of Sight)와 NLOS(Non-LOS)로 나누어 경로손실을 계산하여 구성되는 채널 모델을 이용하고,

사용자 결합부는,

미리 정의된 사용자 결합 방정식에 따라 공공안전 우선순위 제한 내에서 최소 경로손실에 기초하여 사용자들과 가장 가까운 기지국에 결합하고, 사용자들을 mPC 에 오프로드 시키기 위해 바이어스 팩터(Bias Factor)를 이용하는

QoS 우선순위 접속 기반의 mPC 배치 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

정보 수집부는,

사용자의 위치 정보(Location Information)에 대한 정보를 수집하고;

기지국에 응급 접속 요청(Emergency Connection Request)을 보내는 사용자들의 수를 수집하고;

상황을 공공안전용 설치 또는 상업용 설치로 구분하여 기지국에 응급서비스 요청(Emergency Service Request)을 보내는 사용자들 수에 기반한 정보를 수집하는

QoS 우선순위 접속 기반의 mPC 배치 장치.

청구항 8

삭제

청구항 9

제6항에 있어서,

자원 할당부는,

높은 접속 우선순위로 공공안전 사용자에게 자원을 할당한 후, 라운드 로빈 스케줄링에 따라 상기 공공안전 사용자에게 평균 데이터률이 최대화되도록 자원을 분배하는

QoS 우선순위 접속 기반의 mPC 배치 장치.

청구항 10

제6항에 있어서,

전력제어부는,

공공안전 사용자들의 위치를 고려한 분할 전력 제어를 이용하여 공공안전 사용자들의 전력제어를 수행하고, 미리 정해진 SINR 을 만족하는지 판단하여,

미리 정해진 SINR 을 만족할 경우 사용자 선택을 종료하며,

미리 정해진 SINR 을 만족하지 못할 경우, 공공안전 사용자에게 대한 추가 간섭 감소를 위해 SDN 기반의 eICIC 를 수행하는

QoS 우선순위 접속 기반의 mPC 배치 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 PS-LTE와 LTE-R 중첩상황에서, PS-LTE 사용자의 로드밸런싱과 간섭 감소를 위한 QoS 우선순위 접속 기반의 mPC 배치 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 재난 상황 발생 시, 신속한 통신 서비스를 통한 골든타임 확보의 중요성이 높아지고 있다. 이에 정부는 기존 아날로그 통신과 디지털 통신으로 혼재되어 있고, 서로 방식이 상이한 국가재난안전통신망(Public Safety LTE), 철도통합무선통신망(LTE-Railway) 및 초고속해상무선통신망(LTE-Maritime)에 대한 통신 규격을 LTE(Long Term Evolution) 방식으로 통합하기로 하였다. 이에 따라 통합공공안전통신망은 재난안전통신망, 철도무선통신망과 해상무선통신망을 통칭하며, 각 정부 부처별로 안전망은 행정안전부, 철도망은 국토교통부, 해상망은 해양수산부를 중심으로 하여 각각 사업이 준비되어 왔다.

[0003] 안전망은 경찰, 소방, 의료 등의 공공안전 업무를 위한 통신 서비스를 제공하는 네트워크로써 행정안전부는 전국적인 국가재난안전망 구축을 위하여, 시범사업에서 본 사업으로 이어지는 총괄 계획을 수립하고, 전국망 구축에 박차를 가하고 있다. 한편 국토교통부에서도 철도 수송능력 증대와 철도운영 효율성을 향상시키기 위해서 차기 철도통신망을 LTE 방식으로 채택하기로 결정하였다. 2012년 국토부의 지능형 철도시스템(IRIS: Intelligent Railway Integrated System) 구축 계획을 토대로 원주~강릉 구간에 최초 상용화를 시작으로 향후 전국 철도망을 LTE-Railway로 확산 구축할 예정이다. 그리고, 해양수산부에서는 국제해사기구(IMO: International Maritime Organization)의 e-Navigation 서비스 기반 하의 초고속해상무선통신망을 구축함으로써 우리나라 연안의 해상교통환경을 고려하여 특화된 서비스를 제공하는 한국형 e-Navigation 사업을 추진하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 PS-LTE 와 LTE-R 중첩상황에서, PS-LTE 사용자의 로드 밸런싱과 간섭 감소를 위해 QoS 우선순위 접속 기반의 mPC(mobile Personal Cell)를 배치하는 방법 및 장치를 제공하는데

있다. 3개 공공망의 서비스 및 QoS 우선순위를 정의하고, PS-LTE QoS 절차와 우선순위 게이트(Priority Gate) 모델을 분석한다. 또한 기존의 상용망과 공공망이 공존하던 PS-LTE 시스템에서 더 나아가, 공공안전 사용자 우선 접속 기반의 mPC 결합 모델을 제안 및 분석하고 국내 통합공공안전통신망 구축현황에 맞추어 적용한다.

과제의 해결 수단

- [0005] 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 PS-LTE와 LTE-R 중첩상황에서, PS-LTE 사용자의 로드밸런싱과 간섭 감소를 위한 QoS 우선순위 접속 기반의 mPC 배치 방법은 사용자들을 공공안전 우선순위에 따라 스케줄링하기 위해 사용자들에 대한 복수의 상황정보들을 수집하는 단계, 수집된 사용자들에 대한 복수의 상황정보들을 이용하여 해당 기지국에서 사용자 결합(User Association)을 수행하는 단계, 결합된 사용자들에 대하여 공공안전 우선순위에 따라 공공안전 사용자들에게 자원 할당을 수행하는 단계 및 공공안전 사용자들의 위치를 고려하여 간섭 감소를 위한 전력제어를 수행하는 단계를 포함한다.
- [0006] 사용자들을 공공안전 우선순위에 따라 스케줄링하기 위해 사용자들에 대한 복수의 상황정보들을 수집하는 단계는 사용자의 위치 정보(Location Information)에 대한 정보를 수집하고, 기지국에 응급 접속 요청(Emergency Connection Request)을 보내는 사용자들의 수를 수집하고, 상황을 공공안전용 설치 또는 상업용 설치로 구분하여 기지국에 응급서비스 요청(Emergency Service Request)을 보내는 사용자들 수에 기반한 정보를 수집한다.
- [0007] 수집된 사용자들에 대한 복수의 상황정보들을 이용하여 해당 기지국에서 사용자 결합을 수행하는 단계는 미리 정의된 사용자 결합 방정식에 따라 공공안전 우선순위 제한 내에서 최소 경로손실에 기초하여 사용자들과 가장 가까운 기지국에 결합하고, 사용자들을 mPC 에 오프로드 시키기 위해 바이어스 팩터(Bias Factor)를 이용한다.
- [0008] 결합된 사용자들에 대하여 공공안전 우선순위에 따라 공공안전 사용자들에게 자원 할당을 수행하는 단계는 높은 접속 우선순위로 공공안전 사용자들에게 자원을 할당한 후, 라운드 로빈 스케줄링에 따라 상기 공공안전 사용자들에게 평균 데이터률이 최대화되도록 자원을 분배하고, 남은 자원을 사용자들에게 할당한다.
- [0009] 공공안전 사용자들의 위치를 고려하여 간섭 감소를 위한 전력제어를 수행하는 단계는 공공안전 사용자들의 위치를 고려한 분할 전력 제어를 이용하여 공공안전 사용자들의 전력제어를 수행하고, 미리 정해진 SINR 을 만족하는지 판단하여, 미리 정해진 SINR 을 만족할 경우 사용자 선택을 종료하며, 미리 정해진 SINR 을 만족하지 못할 경우, 공공안전 사용자들에 대한 추가 간섭 감소를 위해 SDN 기반의 eICIC 를 수행한다.
- [0010] 또 다른 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 PS-LTE와 LTE-R 중첩상황에서, PS-LTE 사용자의 로드밸런싱과 간섭 감소를 위한 QoS 우선순위 접속 기반의 mPC 배치 장치는 사용자들을 공공안전 우선순위에 따라 스케줄링하기 위해 사용자들에 대한 복수의 상황정보들을 수집하는 정보 수집부, 수집된 사용자들에 대한 복수의 상황정보들을 이용하여 해당 기지국에서 사용자 결합(User Association)을 수행하는 사용자 결합부, 결합된 사용자들에 대하여 공공안전 우선순위에 따라 공공안전 사용자들에게 자원 할당을 수행하는 자원 할당부 및 공공안전 사용자들의 위치를 고려하여 간섭 감소를 위한 전력제어를 수행하는 전력제어부를 포함한다.

발명의 효과

- [0011] 본 발명의 실시예들에 따르면 PS-LTE 와 LTE-R 중첩상황에서, PS-LTE 사용자의 로드 밸런싱과 간섭 감소를 위해 QoS 우선순위 접속 기반의 mPC(mobile Personal Cell)를 배치할 수 있다. 3개 공공망의 서비스 및 QoS 우선순위를 정의하고, PS-LTE QoS 절차와 우선순위 게이트(Priority Gate) 모델을 분석할 수 있다. 또한 기존의 상용망과 공공망이 공존하던 PS-LTE 시스템에서 더 나아가, 공공안전 사용자 우선 접속 기반의 mPC 결합 모델을 제안 및 분석하고 국내 통합공공안전통신망 구축현황에 맞추어 적용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0012] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 5G mPC의 배치도를 나타내는 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 랜덤 이동성 모델을 나타내는 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 PS-LTE 사용자의 로드밸런싱과 간섭 감소를 위한 QoS 우선순위 접속 기반의 mPC 배치 알고리즘을 나타내는 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 PS-LTE와 LTE-R 중첩상황에서, PS-LTE 사용자의 로드밸런싱과 간섭 감소를 위한 QoS 우선순위 접속 기반의 mPC 배치 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 eICIC 를 적용한 시스템 구성도이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 QoS 우선순위 접속 기반의 mPC 배치 장치의 구성을 나타내는 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 시스템 레벨 시뮬레이션 레이아웃을 나타내는 도면이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 사용자 평균 처리량 성능을 나타내는 그래프이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 사용자 수신 SINR 성능을 나타내는 그래프이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 사용자 수신 간섭 성능을 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0013] 차세대(5G) 이동통신 시스템에서 요구되는 1,000 배 향상된 데이터 전송 속도에 도달하기 위해 기존의 매크로셀(Macrocell) 기반의 동종 네트워크 내에 저전력의 스몰 셀(Small cell)들이 추가적으로 요구된다. 더욱이, 5G 시스템은 전력 소비 감소, 이동성 증가와 지연성 감소 적용의 용이함, 공공 안전 상황에 대한 안정성, 그리고 어디에서나 동일한 접근성을 제공 가능한 장점들 때문에, 기존의 네트워크 중심의 접근에서 사용자 중심적 접근으로 넓혀가고 있다. 이를 위해 중앙집중적으로 관리하는 SDN(Software Define Networking) 기반의 5G mPC(mobile Personal Cell) 구조를 도입한다. 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0015] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 5G mPC의 배치도를 나타내는 도면이다.
- [0016] 도 1과 같이 설치된 mPC 는 해당 지역의 공공안전 상황과 같이 높은 트래픽 발생지역에서 처리량(Throughput)과 QoS를 향상시킨다. 또한 더 많은 사용자들을 mPC 에 결합시킴으로써 오프로딩(Off-loading) 이득을 가져온다.
- [0017] 그러나 무분별한 mPC 의 설치에 mPC 의 이동성(Mobility) 때문에 발생하는 동적 자원할당 문제와 채널간 간섭 문제로 이어져 심각한 사용자 결합 문제가 발생되어, 특히 공공안전 상황에서 기존의 자원 할당과 사용자 결합 기법들의 사용을 제한한다. 따라서 PS-LTE 사용자 우선 접속 기반의 mPC 결합 모델은 이를 공공 안전 사용자를 우선적 결합하기 위해, 상황인지적(Context-aware) 자원할당 방법 및 시스템을 구성, 그리고 SDN 기반의 eICIC 기술을 적용했다.
- [0018] PS-LTE 사용자 우선 접속 기반의 mPC 결합 모델은 LTE-A 시스템의 상향링크에서, M 개의 매크로셀(eNBs) 사이트가 각각 L 개의 육각형 섹터($L=3$)가 존재하고 각각의 섹터마다 N 개의 mPC가 랜덤하게 설치된 1-tier 이중 네트워크(HetNets) 환경을 가정한다. 이런 상황을 검증하기 위해 구현된 시스템 레벨 시뮬레이션 파라미터는 표 1과 같다.

<표 1>

Parameters	Values
LTE layout	Hexagonal grid, 7 cell sites, 3 sectors per site Option 3: Urban macro (500m ISD) (uniform outdoor UEs)
No. of mPC/eNB	5
Carrier frequency	2 GHz
Network synchronization	eNBs are synchronized with each other
System bandwidth, No. of PRBs	10MHz uplink, 50 PRBs
Antenna configurations	eNB: 1, mPC: 1, MUE/mPUE: 1
Network operation	100% eNBs enabled
mPC mobility pattern, speed	Random waling model, 3 Km/h
UE RF parameters	Max Tx Power: 23 dBm (PS and Non-PS UE) mPC Tx Power : 30 dBm Antenna gain: 0 dBi, Noise Figure: 9 dB
Total No. of UEs	Uniform (outdoor): 8/eNB, 2/mPC PS UE: 60%, Non-PS UE: 40%
Resource selection schedulers	PS UEs: RR Non-PS UEs: MCALOHA/MCALOHA-ES
Pathloss model	eNB: Urban, mPC: WINNER + B1
Shadowing standard deviation	7dB Log-normal
Thermal noise density	174 dBm/Hz
Fast fading	Ped-B
Priority modeling	Using access class barring models

사용자들은 공공안전 우선순위와 부하조건에 따라 BS(Base Station) j 와 결합시켜야 하므로 Non-blank 리소스 블록은 식 (1), Blank 리소스 블록에 대하여 eNB j 에 해당되는 정규화된 부하는 식 (2)와 같다.

$$\rho_{eNBj/mPCj}^{(n)} = \frac{1}{(1-v)R} \sum_{u \in U} \beta_{j,u}^{(n)} r_{j,u}^{(n)} \quad (1)$$

$$\rho_{eNBj}^{(b)} = \frac{1}{vR} \sum_{u \in U} \beta_{j,u}^{(b)} r_{j,u}^{(b)} \quad (2)$$

mPC j 는 공공안전 사용자는 특별한 경우를 제외하고는, 공공안전 사용자만이 ABS 기간 동안 주파수 대역에 접속할 수 있는 높은 우선순위를 갖는다. 따라서 Blank 리소스 블록에 mPC j 에 걸리는 정규화된 부하는 식 (3)과 같다.

$$\rho_{mPCj}^{(b)} = \frac{1}{vR} \sum_{u \in U} \delta_{j,u}^{(b)} \beta_{j,u}^{(b)} r_{j,u}^{(b)} \quad (3)$$

이때 $r_{j,u}^{(n)}$ $r_{j,u}^{(b)}$ 은 on-blank와 Blank 리소스 블록을 사용하여 BS j 와 결합된 사용자 u 에게 요구되는 리소스 블록을 나타낸다. 따라서 BS j 에 걸리는 총 부하는 식 (4)와 같다.

$$\rho_{eNBj/mPCj} = (1-v)R\rho_{eNBj/mPCj}^{(n)} + vR\rho_{eNBj/mPCj}^{(b)} \quad (4)$$

채널 모델은 안테나 이득(Antenna Gain)에서 경로손실(Pathloss), 음영페이딩(Shadowing), 그리고 고속 페이딩(Fast Fading)을 계산하여, 아래 식 (5)와 같이 구성했다. eNB j 에 연결된 사용자 u 에 Urban 모델을 경로손실

모델로 사용했으며, 아래 식 (6)와 같다. 또한 mPC j 에 연결된 사용자 u 의 경우 LOS(Line of Sight)와 NLOS(Non-LOS)로 나누어 WINNER +B1을 적용하여 아래 식 (7)과 같다.

$$H_{u,j}(dB) = AG_{u,j} - PL_{u,j} - Shd_{u,j} - F_{u,j} \quad (5)$$

$$PL_{u,j}(dB) = 15.3 + 37.6 \log_{10}(R) \quad (6)$$

$$PL_{u,j}(dB) = \begin{cases} 33.0 + 22.7 \log_{10}(R) & LOS \\ 33.1 + 38.3 \log_{10}(R) & NLOS \end{cases} \quad (7)$$

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 랜덤 이동성 모델을 나타내는 도면이다.

도 2와 같이 시뮬레이션 내에서 무작위로 이동하는 mPC를 2 차원 평면에서 방향(Direction)과 속도(Speed)를 매개로 하여 구현한다. 이때 처음 시작점(Starting Point)에서 출발해 미리 설정한 [최소 속도, 최대 속도] 범위에서 속력을 그리고 $[0, 2\pi]$ 범위에서 방향을 무작위로 선택해 mPC의 위치를 일정 시간 t 동안 변화시킨다. 변화된 지점에서 계속해서 속도와 방향을 변화시켜 다음 지점으로 이동한다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 PS-LTE 사용자의 로드밸런싱과 간섭 감소를 위한 QoS 우선순위 접속 기반의 mPC 배치 알고리즘을 나타내는 도면이다.

기지국에 이동성을 부여해 필요한 지역에 설치함으로써 공공안전 상황 및 상업지구 등 높은 트래픽이 발생 지역에 처리량과 QoS를 향상시키고 기지국이 이동성을 가짐으로써 보다 많은 공공안전 사용자들을 mPC에 결합시키는 반면에 이동성으로 인해 사용자와 기지국(eNB, mPC) 간의 결합(User Association) 문제가 발생한다. 또한 동일 주파수 대역을 공공안전사용자(First Responders)와 일반사용망 사용자가 같이 존재하는 시나리오에서 진행된 기존 연구와 달리, 현재 국내 통합공공안전망의 자가망(Separated Network)으로 구축되고 별도의 공공안전망 주파수 대역을 할당하여 운용되고 있는 구축 현황을 반영한다. 특히 공공안전상황에서는 기존의 고정된 기지국 보다는 이동성을 바탕으로 유연성이 요구되는 만큼 mPC의 문제해결이 더욱 필요하다. 따라서 제안하는 QoS 우선순위 접속 기반의 mPC 배치 알고리즘은 도 3과 같다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 PS-LTE와 LTE-R 중첩상황에서, PS-LTE 사용자의 로드밸런싱과 간섭 감소를 위한 QoS 우선순위 접속 기반의 mPC 배치 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

제안하는 QoS 우선순위 접속 기반의 mPC 배치 방법은 사용자들을 공공안전 우선순위에 따라 스케줄링하기 위해 사용자들에 대한 복수의 상황정보들을 수집하는 단계(410), 수집된 사용자들에 대한 복수의 상황정보들을 이용하여 해당 기지국에서 사용자 결합(User Association)을 수행하는 단계(420), 결합된 사용자들에 대하여 공공안전 우선순위에 따라 공공안전 사용자들 사용자들에게 자원 할당을 수행하는 단계(430) 및 공공안전 사용자들의 위치를 고려하여 간섭 감소를 위한 전력제어를 수행하는 단계(440)를 포함한다.

단계(410)에서, 사용자들을 공공안전 우선순위에 따라 스케줄링하기 위해 사용자들에 대한 복수의 상황정보들을 수집한다.

사용자들을 공공안전 우선순위에 따라 효율적으로 스케줄링하기 위해 3 가지 종류의 상황정보(Context Information)를 수집한다. 우선, 사용자의 위치 정보(Location Information)에 대한 정보를 수집한다. SINR을 측정해 셀 가장자리 사용자(Cell-edge User) 또는 셀 중심부 사용자(Cell-central User)를 판단한다. 이때 아래 식 (8)을 이용해 사용자의 SINR에 따른 위치 정보를 구분하여 계산한다.

$$SINR_{u,j} < SINR_threshold_{u,j}^{location} \quad (8)$$

이때 $SINR_{u,j}$ 는 j 번째 기지국에 연결된 사용자 u의 SINR 값을 나타내며, 미리 정의된 SINR 임계값보다 작은 값이면 셀 가장자리 사용자(Cell-edge User)로 구분하고, SINR 임계값보다 큰 값이면 셀 중심부 사용자(Cell-central User)로 구분한다.

두 번째는 기지국에 응급 접속 요청(Emergency Connection Request)을 보내는 사용자들의 수를 수집한다. 이때, 미리 정의된 접속 연결 우선 순위에 따른 사용자를 분류하여 정보를 수집한다.

마지막으로 설치 상황을 공공안전용 설치 또는 상업용 설치로 구분하여 기지국에 응급서비스 요청(Emergency

Service Request)을 보내는 사용자들 수에 기반한 정보를 수집한다.

- [0047] 단계(420)에서, 수집된 사용자들에 대한 복수의 상황정보들을 이용하여 해당 기지국에서 사용자 결합을 수행한다.
- [0048] 이전 단계에서 수집된 사용자의 상황정보를 이용하여 해당 기지국에서 사용자 결합(User Association)을 수행한다. 미리 정의된 사용자 결합 방정식에 따라 공공안전 우선순위 제한 내에서 상기 사용자들과 가장 가까운 기지국에 결합한다. 이때 사용자들의 상황정보를 이용해 사용자를 기지국 j 와 결합시킨다. 최소 경로손실 기반의 결합이 가장 최적화된 접근방법이다. 따라서 사용자 결합 방정식에 따라 사용자들은 공공안전 우선순위 제한 안에서 가장 가까운 기지국에 결합된다. 또한, 더 많은 수의 사용자들을 mPC 에 오프로드 시키기 위해서 바이어스 팩터(Bias Factor)가 사용된다. 바이어스 팩터는 mPC 의 통신 범위(Cell Range)를 증가시켜주고, 결과적으로 더 많은 사용자들을 mPC 에 결합시킨다. 이러한 오프로딩은 셀 가장자리 사용자의 처리량을 증가시킨다.
- [0049] 단계(430)에서, 결합된 사용자들에 대하여 공공안전 우선순위에 따라 공공안전 사용자들에게 자원 할당을 수행한다.
- [0050] 결합된 사용자들은 공공안전 우선순위에 따라 공공안전에게 자원 할당을 수행한다. 높은 접속 우선순위로 공공안전 사용자들에게 자원 할당한 후, 라운드 로빈 스케줄링에 따라 상기 공공안전 사용자들에게 평균 데이터율이 최대화되도록 자원들이 분배된다. 높은 접속 우선순위로 공공안전 사용자들에게 자원할당을 수행한 후, 남은 자원들을 할당한다. 즉 모든 자원들이 높은 접속 우선순위의 공공안전 사용자들을 위해 먼저 확보된다.
- [0051] 단계(440)에서, 공공안전 사용자들의 위치를 고려하여 간섭 감소를 위한 전력제어를 수행한다.
- [0052] 공공안전 사용자의 위치를 고려하여 간섭 감소를 위한 전력제어를 수행한다. 분할 전력 제어를 이용하여 공공안전 사용자의 전력제어를 수행하고, 아래 식 (9)를 통해 미리 정해진 SINR 을 만족하는지 판단한다.
- $$SINR_{PS_UE} > SINR_{PS_UE_Required} \quad (9)$$
- [0053]
- [0054] 미리 정해진 SINR 을 만족할 경우 제안하는 사용자 선택 방법을 종료한다. 간섭 감소를 위한 공공안전 사용자 전력 제어 단계에서 모든 사용자들은 전체 전송전력(Full Transmission Power)이 할당된다. 바이어스 팩터(Bias Factor) 증가에 의한 mPC 통신 범위 확장과 전체 전력(Full Power) 할당 때문에 이웃한 사용자들로부터 높은 간섭 지수(High Interference Indicator, HII)를 수신하게 되어 기지국과 mPC 에 높은 간섭 상황이 감지된다. 이러한 상황을 제어하기 위해, 분할 전력 제어(Fractional Power Control; FPC)가 공공안전 사용자들의 위치를 고려하여 적용된다.
- [0056] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 eICIC 를 적용한 시스템 구성도이다.
- [0057] 미리 정해진 SINR 을 만족하지 못할 경우, 상기 공공안전 사용자에게 추가 간섭 감소를 위해 SDN 기반의 eICIC 를 수행한다. 즉 mPC 에 접속된 공공안전 사용자가 FPC 를 적용하여 앞서 설명한 SINR 조건이 충족되지 않는 경우, 바이어스 팩터(Bias Factor)를 도입함으로써 발생한 문제를 SDN 기반의 중앙 관리 eICIC 를 이용하여 추가 간섭 감소를 수행한다. ABS(Almost Blank Subframe)은 기지국으로부터 전송되는 데이터 신호가 없다. 만약 ABS 가 전송되지 않을 경우 여전히 CRE(Cell Range Expansion)를 적용함으로써 mPC 로부터 오프로드된 사용자들이 높은 전력의 전송 신호를 eNB 로부터 수신하게 되어 CRE 가 더 큰 간섭을 야기하므로 기지국에서 ABS 전송을 필요로 한다. 따라서 기지국이 ABS 를 전송하는 서브프레임 동안 저전력 mPC 는 오프로드된 공공안전 사용자들을 스케줄링한다. 이를 통해, 추가적으로 발생하는 간섭을 줄이고, 시스템의 처리량 등의 성능을 최대화한다.
- [0059] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 QoS 우선순위 접속 기반의 mPC 배치 장치의 구성을 나타내는 도면이다.
- [0060] 제안하는 QoS 우선순위 접속 기반의 mPC 배치 장치(600)는 정보 수집부(610), 사용자 결합부(620), 자원 할당부(630) 및 전력제어부(640)를 포함한다. 정보 수집부(610), 사용자 결합부(620), 자원 할당부(630) 및 전력제어부(640)는 도 4의 단계들(410~440)을 수행하기 위해 구성될 수 있다.
- [0061] 정보 수집부(610)는 사용자들을 공공안전 우선순위에 따라 스케줄링하기 위해 사용자들에 대한 복수의 상황정보들을 수집한다.
- [0062] 정보 수집부(610)는 사용자의 위치 정보(Location Information)에 대한 정보를 수집하고, 기지국에 응급 접속 요청(Emergency Connection Request)을 보내는 사용자들의 수를 수집하며, 상황을 공공안전용 설치 또는 상업용

설치로 구분하여 기지국에 응급서비스 요청(Emergency Service Request)을 보내는 사용자들 수에 기반한 정보를 수집한다.

[0063] 사용자 결합부(620)는 수집된 사용자들에 대한 복수의 상황정보들을 이용하여 해당 기지국에서 사용자 결합(User Association)을 수행한다.

[0064] 사용자 결합부(620)는 미리 정의된 사용자 결합 방정식에 따라 공공안전 우선순위 제한 내에서 최소 경로손실에 기초하여 사용자들과 가장 가까운 기지국에 결합하고, 사용자들을 mPC 에 오프로드 시키기 위해 바이어스 팩터(Bias Factor)를 이용한다.

[0065] 자원 할당부(630)는 결합된 사용자들에 대하여 공공안전 우선순위에 따라 공공안전 사용자들에게 자원 할당을 수행한다.

[0066] 자원 할당부(630)는 높은 접속 우선순위로 공공안전 사용자들에게 자원을 할당한 후, 라운드 로빈 스케줄링에 따라 상기 공공안전 사용자들에게 평균 데이터률이 최대화되도록 자원을 분배한다.

[0067] 전력제어부(640)는 공공안전 사용자들의 위치를 고려하여 간섭 감소를 위한 전력제어를 수행한다.

[0068] 전력제어부(640)는 공공안전 사용자들의 위치를 고려한 분할 전력 제어를 이용하여 공공안전 사용자들의 전력제어를 수행하고, 미리 정해진 SINR 을 만족하는지 판단하여, 미리 정해진 SINR 을 만족할 경우 사용자 선택을 종료한다. 반면에, 미리 정해진 SINR 을 만족하지 못할 경우, 공공안전 사용자들에 대한 추가 간섭 감소를 위해 SDN 기반의 eICIC 를 수행한다.

[0070] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 시스템 레벨 시뮬레이션 레이아웃을 나타내는 도면이다.

[0071] PS-LTE 와 LTE-R 중첩상황에서, PS-LTE 사용자 우선 접속 기반의 mPC 결합 모델은 LTE-A 시스템의 상향링크에서, 7 개의 매크로셀(eNBs) 사이트가 각각 3 개의 육각형 섹터 중앙에 PS-LTE 기지국이 존재하고, 2 개의 육각형 섹터로 구성된 4 개의 LTE-R 기지국이 존재한다. 각각의 섹터마다 8 개의 mPC 가 랜덤하게 설치된 1-tier 이중 네트워크(HetNets) 환경을 가정한다. 또한 국내 통합공공안전통신망은 3 개의 공공망이 동일 주파수 대역인 700MHz(상향링크: 718~728MHz 하향링크: 773~783MHz)을 사용함으로 동일채널간섭(Co-Channel Interference; CCI)이 발생하게 되며, 이로 인하여 각 공공망 시스템의 정상 동작에 영향을 미칠 수 있는 가능성이 존재한다. 이러한 동일채널간섭 문제를 해결함과 동시에 상호운영성 및 통화권 확보를 위하여 각기 단일화된 PS-LTE 안전망 운영센터와 LTE-R 및 LTE-M 운영센터 간 망 운영 정책(Policy)에 대한 결정이 필요하며, 서비스 우선권을 고려한 자원관리를 위한 정책이 요구된다. 따라서 공공안전망과 상용망이 공존하여 공공안전 사용자와 비공공안전 사용자가 공존하던 기존의 환경에서 국내의 공공안전망 구축 상황을 반영하여, PS-LTE 와 LTE-R의 간섭시나리오를 설정하고 mPC 를 배치한다.

[0072] 도 7은 PS-LTE 와 LTE-R 중첩 상황에서 mPC 를 배치한 시스템 레벨 시뮬레이션 레이아웃을 나타낸다. 이때 측정구역(Region of Interest; ROI) 중앙부에 3 개의 섹터로 구성된 1 개의 PS-LTE 기지국이 존재하며, PS-LTE 사용자는 파란색 동그라미 마크로 나타낸다. 측정구역의 왼쪽에 2 개의 섹터로 구성된 4 개의 LTE-R 기지국이 빨간색 동그라미 마크와 실선으로 나타내며, LTE-R 사용자는 파란색 네모 마크로 나타낸다.

[0073] 측정구역에서만 존재하는 mPC 는 빨간색 동그라미 마크로 나타내며, mPC 사용자는 mPC 근처에 존재하며 검은색 동그라미 마크로 나타낸다.

[0074] 동일 주파수 대역을 공공안전사용자(First Responders)와 일반사용망 사용자가 같이 존재하는 시나리오에서 진행된 기존 연구와 달리, 현재 국내 통합공공안전망의 자가망(Separated Network)으로 구축되고 별도의 공공안전망 주파수 대역을 할당하여 운용되고 있는 구축 현황을 반영한다. 또한 LTE-R 의 열차 제어 데이터 서비스는 안정적인 열차 제어를 위해 끊김 없는 데이터 통신 지원이 요구됨으로 이를 위해 자원을 우선적으로 할당한다.

[0075] 채널 모델은 안테나 이득(Antenna Gain)에서 경로손실(Pathloss), 음영페이딩(Shadowing), 그리고 고속 페이딩(Fast Fading)을 계산하여, 식 (10)과 같이 구성했다.

[0076]
$$G = \text{AntennaGain} - \text{PathLoss} - \text{Shadowing} - \text{FastFading} \quad (10)$$

[0077] 이때 3GPP TR 36.837 에 제시된 eNB 연결된 사용자에게 Rural Macro 모델을 PathLoss 모델로 사용했으며, 식 (11)과 같다.

$$PL = 69.55 + 26.16 \log_{10}(f) - 26.16 \log_{10}(D_b) + [44.9 - 6.55 \log_{10}(D_b)] \log_{10}(L) - 4.78(\log_{10}(f))^2 + 18.33 \log_{10}(f) - 40.94 \quad (11)$$

여기서 L 는 기지국과 사용자간의 거리, f 는 주파수를 나타내며, D_b 는 기지국의 안테나 높이를 나타낸다. Shadowing 모델은 Log-normal Distribution (Mean: 0 dB, St. Dev.: 6 dB) 모델을 적용한다. Fast Fading 모델에는 mPC 의 경우 Winner II (D1-Rural Macro)을 적용하며, LTE-R 의 경우 Winner II (D2a-Rural Macro) 모델을 적용한다.

시뮬레이션 진행은 앞서 설명한 LTE Prioritization Gates 모델 적용에 따른 자원 할당을 고려한다. 시뮬레이션 내에서 트래픽 모델은 LTE-R 의 열차 제어 데이터와 PS-LTE 의 Voice Call 모델을 가정한다. 이때 LTE-R 의 열차 제어 데이터는 열차의 안전한 운행과 제어에 필수요소임으로 QCI Priority 가 PS-LTE Voice Call 보다 높게 보장되어야 한다. 이때 LTE-R 열차 제어 데이터의 경우 ARP 파라미터 중 Preemption Capability 는 Yes 로써 자원할당 필요 시, 다른 서비스의 자원을 사용할 수 있으며, Preemption Vulnerability 는 No 로써 다른 서비스가 LTE-R 열차 제어 데이터에 할당된 자원을 침해할 수 없다. 반면에 PS-LTE Voice Call 의 경우 ARP 파라미터 중 Preemption Capability 는 Yes 로써 자원할당 필요 시, 다른 서비스의 자원을 사용할 수 있으며, Preemption Vulnerability 는 Yes 로써 우선순위가 더 높은 서비스가 PS-LTE Voice Call 에 할당된 자원을 이용가능하다. 따라서 LTE QoS 절차에서 ARP 파라미터를 통해 서비스 (트래픽 모델) 간의 우선순위를 정할 수 있다. QCI 의 경우 제 1 장에서 설명한 PS-LTE, LTE-R 및 LTE-M 에서 정의된 QCI 에 따라 서비스 간 우선순위를 결정해 LTE-R 열차 제어 데이터의 QCI Priority 는 1 로, PS-LTE Voice Call 의 QCI Priority 는 2 로 정의하였다.

앞에서 설명한 LTE Prioritization Gates 모델 중 첫 번째 Access Priority 단계에서는 디바이스의 유심칩에 따라 사용자의 Access Class 로 우선순위를 분류한다. 국내 공공안전망의 경우 상용망 사용자의 고려없이 공공 안전 사용자만을 고려하기 때문에 공공안전 사용자와 비공공안전 사용자를 구분하는 Access Priority 단계인 AC Barring 은 고려하지 않는다. 두 번째 Admission Priority 단계에서는 QCI 와 달리 ARP 를 사용하여 새로운 EPS Bearer 생성 또는 거절에만 관여하며, 일단 EPS Bearer 가 생성된 후, 패킷 데이터가 전송되는 상황에서는 Packet Forwarding 우선순위에는 관여하지 않는다. LTE Prioritization Gates 모델 적용에 따른 자원 할당을 고려하여 첫 번째 단계(Access Priority) 및 두 번째 단계(Admission Priority)의 적용을 가정한다. 따라서 세 번째 단계(Scheduling Priority)인 QCI 파라미터를 적용하여, 이미 생성된 EPS Bearer 를 통해 사용자의 트래픽 전송에 직접적으로 관여하여, 제시된 표 2와 같이 LTE-R 의 열차 제어 데이터와 PS-LTE 의 Voice Call 에서 Service(Traffic Model)에 따른 QCI Priority 를 적용한다.

<표 2>

	Traffic Model	ARP		QCI	QCI Priority
		Preemption Capability	Preemption Vulnerability		
LTE-R	열차 제어 데이터	Yes	No	0	1
PS-LTE	Voice call	Yes	Yes	1	2

SLS (System Level Simulation) 방식을 이용한 분석을 통하여 PS-LTE 와 LTE-R 중첩상황에서 mPC 를 배치했을 때, PS-LTE 사용자, LTE-R 사용자 및 mPC 사용자의 UE Average Throughput, UE Received SINR, UE Rx Interference 성능을 비교 및 분석한다. 성능분석을 위한 파라미터는 표 3 과 같다.

[0085] <표 3>

Parameters	Values
Carrier Frequency	723 MHz
System Bandwidth, No. of PRBs	10 MHz uplink, 50 PRBs
No. of PS-LTE eNBs	21 Sectors (1-tier, 7 Sites) [Only 3 Inner Sectors in the ROI]
No. 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 mPCs	21 mPCs/Inner Sectors in the ROI
mPC Mobility Pattern, Speed	mPC Random Walking Model, 3km/h
No. of UEs/Sector	mPC UEs : 4/mPC PS-LTE UEs : 8 LTE-R UE : 1 (Control Signal)
UE Mobility	LTE-R UE : 250 km/h
UE RF Parameters	Max Tx Power : 23 dBm Noise Figure : 9 dB
Pathloss Model	Rural Macro (3GPP TR 36.837)
Shadowing	Log-normal Distribution (Mean : 0 dB, St. Dev. : 6 dB)
Fast Fading	mPC : Winner II (D1-Rural Macro) LTE-R : Winner II (D2a-Rural Macro)
MCS	MCS 0 ~ MCS 28
Transmission Modes	SISO (1x1)
Thermal Noise Density	174 dBm/Hz
Scheduling	Proportional Fair Traffic

[0086]

[0088]

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 사용자 평균 처리량 성능을 나타내는 그래프이다.

[0089]

사용자 평균 처리량(UE Average Throughput) 성능은 TB(Transport Block)을 이용하여 확인할 수 있다. 식 (12)는 UE Average Throughput 의 계산 식을 나타낸다.

[0090]

$$UE_{Overall} \text{ Average Throughput} = \frac{TB_{LTE-R UE} + TB_{PS-LTE UE} + TB_{mPC UE}}{Accounted_{TTIS} * TTI_Time} \text{ Mbps} \quad (12)$$

[0091]

여기서 TBLTE-R UE 는 LTE-R 사용자의 TB 를 나타내고, TBPS-LTE UE 는 PS-LTE 사용자의 TB 를 나타낸다. 또한, TBmPC UE는 mPC 사용자의 TB 를 나타낸다. UEOverall Average Throughput 은 항상 LTE-R 사용자의 성능을 포함한 전체 Throughput 의 평균값을 계산한다. 식 (13)은 PS-LTE 사용자의 UEPS-LTE Average Throughput 의 계산식을 나타내며, 식 (14)는 mPC 사용자의 UEmPC Average Throughput 의 계산식을 나타낸다.

[0092]

$$UE_{PS-LTE} \text{ Average Throughput} = \frac{TB_{PS-LTE UE}}{Accounted_{TTIS} * TTI_Time} \text{ Mbps} \quad (13)$$

[0093]

$$UE_{mPC} \text{ Average Throughput} = \frac{TB_{mPC UE}}{Accounted_{TTIS} * TTI_Time} \text{ Mbps} \quad (14)$$

[0094]

이때 UEPS-LTE Average Throughput 은 PS-LTE 사용자만의 Throughput 값을 계산하며, UEmPC Average Throughput 은 mPC 사용자만의 Throughput 값을 계산한다.

[0095]

도 8은 PS-LTE 와 LTE-R 중첩상황에서, mPC 배치하에서 UE Average Throughput 성능을 보이며, x 축은 UE Average Throughput 을 Mbps 로 표현했으며, y 축은 CDF 로 나타낸다. Overall UE Average Throughput 은 PS-LTE 사용자, mPC 사용자 및 LTE-R 사용자의 평균을 계산하여, 검은색 실선으로 표기한다. PS-LTE UE Average

Throughput 은 PS-LTE 사용자만의 Throughput 을 계산하여,

[0096] 빨간색 실선으로 표기한다. mPC UE Average Throughput 은 mPC 사용자만의 Throughput 을 계산하여, 파란색 실선으로 표기한다.

[0097] PS-LTE Coverage 내 넓게 분포되어 있는 PS-LTE 사용자와 비교하여, mPC 사용자는 mPC 근처에 위치하며 보다 높은 Throughput 서비스를 제공받기 때문에 CDF 전 구간에서 mPC 사용자의 UE Average Throughput 값이 PS-LTE 사용자의 Average Throughput 값 보다 높게 나타난다. 표 4에서 LTE-R 사용자를 포함하는 Overall UE Average Throughput 은 CDF 50%에서 약 6.09 Mbps 값을 가진다. 또한 CDF 50%에서 mPC 사용자의 UE Average Throughput 은 약 7.12 Mbps 이며, PS-LTE 사용자의 UE Average Throughput 은 약 0.52 Mbps 로 mPC 사용자와 약 6.6 Mbps 의 차이를 확인할 수 있다.

[0098] <표 4>

	UE Average Throughput [Mbps]		
CDF	PS-LTE UE	mPC UE	Overall UE
10%	0.03	4.19	0.26
50%	0.52	7.12	6.09
90%	3.22	10.47	10.02

[0099]

[0101] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 사용자 수신 SINR 성능을 나타내는 그래프이다.

[0102] 도 9는 PS-LTE 와 LTE-R 중첩상황에서, mPC 배치하에서 UE Received SINR 성능을 보이며, x 축은 UE Received SINR 을 dB 로 표현했으며, y 축은 CDF 로 나타낸다. Overall UE Received SINR 은 PS-LTE 사용자, mPC 사용자 및 LTE-R 사용자의 평균을 계산하여, 검은색 실선으로 표기한다. PS-LTE UE Received SINR 은 PS-LTE 사용자만의 SINR 을 계산하여, 빨간색 실선으로 표기한다. mPC UE Received SINR 은 mPC 사용자만의 SINR 을 계산하여, 파란색 실선으로 표기한다.

[0103] PS-LTE Coverage 내 넓게 분포되어 있는 PS-LTE 사용자와 비교하여, mPC 사용자는 mPC 근처에 위치하며 보다 Signal Power 를 제공받기 때문에 CDF 전 구간에서 mPC UE Received SINR 값이 PS-LTE 사용자의 UE Received SINR 값 보다 낮게 나타난다. 표 5에서 LTE-R 사용자를 포함하는 Overall UE Received SINR 은 CDF 50%에서 약 -3.18 dB 값을 가진다. 또한 CDF 50%에서 mPC 사용자의 UE Received SINR 은 약 -0.77 dB 이며, PS-LTE 사용자의 UE Received SINR 은 약 -9.91 dB 로 mPC 사용자와 약 9.14 dB 의 차이를 확인할 수 있다.

[0104] <표 5>

	UE Received SINR [dB]		
CDF	PS-LTE UE	mPC UE	Overall UE
10%	-24.03	-15.18	-18.38
50%	-9.91	-0.77	-3.18
90%	6.85	15.24	13.99

[0105]

[0107] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 사용자 수신 간섭 성능을 나타내는 그래프이다.

[0108] 도 10는 PS-LTE 와 LTE-R 중첩상황에서, mPC 배치하에서 UE Rx Interference 성능을 보이며, x 축은 UE Rx Interference 를 dBm 으로 표현했으며, y 축은 CDF 로 나타낸다. Overall UE Rx Interference 는 PS-LTE 사용

자, mPC 사용자 및 LTE-R 사용자의 평균을 계산하여, 검은색 실선으로 표기한다. PS-LTE UE Rx Interference 는 PS-LTE 사용자만의 Interference 를 계산하여, 빨간색 실선으로 표기한다. mPC UE Rx Interference 는 mPC 사용자만의 Interference 를 계산하여, 파란색 실선으로 표기한다.

[0109] PS-LTE Coverage 내 넓게 분포되어 있는 PS-LTE 사용자와 비교하여, mPC 사용자는 mPC 근처에 위치하며 서로 다른 종류의 eNB 로부터의 Interference 만을 고려하기 때문에 CDF 전 구간에서 mPC 사용자의 UE Rx Interference 값이 PS-LTE 사용자의 UE Rx Interference 값 보다 낮게 나타난다. 표 6에서 LTE-R 사용자를 포함하는 Overall UE Rx Interference 는 CDF 50%에서 약 -76.92 dBm 값을 가진다. 또한 CDF 50%에서 mPC 사용자의 UE Rx Interference 는 약 -83.24 dBm 이며, PS-LTE 사용자의 UE Rx Interference 는 약 -75.57 dBm 으로 mPC 사용자와 약 7.67 dBm 의 차이를 확인할 수 있다.

[0110] <표 6>

	UE Rx Interference [dBm]		
CDF	PS-LTE UE	mPC UE	Overall UE
10%	-84.53	-93.42	-87.54
50%	-75.57	-83.24	-76.92
90%	-65.05	-70.01	-65.72

[0111]

[0112] mPC 사용자는 mPC 근처에 위치하며 보다 높은 Throughput 서비스 및 Signal Power 를 제공받기 때문에 CDF 전 구간에서 mPC 사용자의 UE Average Throughput 및 UE Received SINR 값이 PS-LTE 사용자 보다 높게 나타난다. 또한 mPC 사용자는 서로 다른 종류의 eNB 로부터의 Interference 만을 고려하기 때문에 CDF 전 구간에서 mPC 사용자의 UE Rx Interference 값이 PS-LTE 사용자의 UE Rx Interference 값 보다 낮게 나타난다. 결론적으로 본 연구에서는 PS-LTE 와 LTE-R 중첩 상황에서 mPC 를 배치하고, LTE Prioritization Gates 모델의 서비스 간 우선순위에 적용한 시나리오를 제시하여, PS-LTE 사용자 및 mPC 사용자의 UE Average Throughput, UE Received SINR 및 UE Rx Interference 를 시스템 레벨 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

[0114] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0115] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치에 구체화(embodiment)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0116] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판

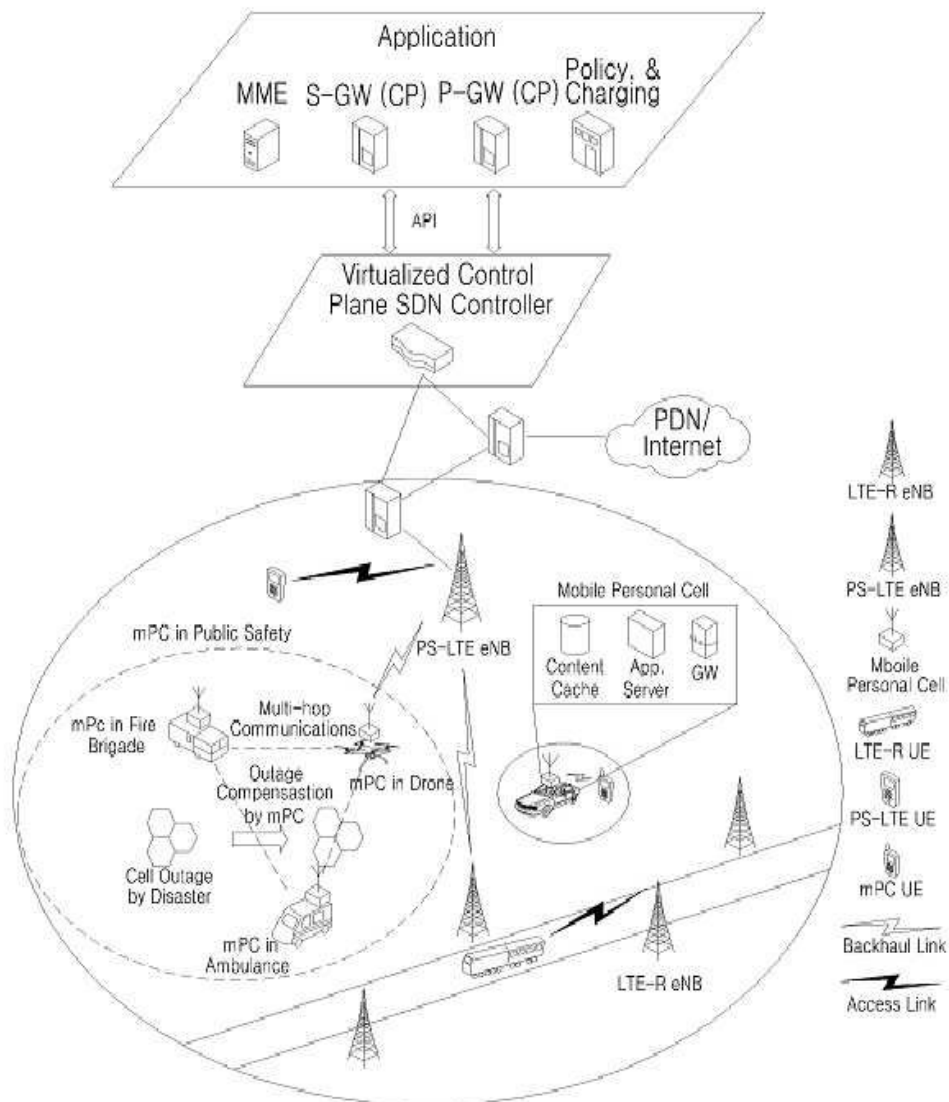
독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical 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.

[0117] 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.

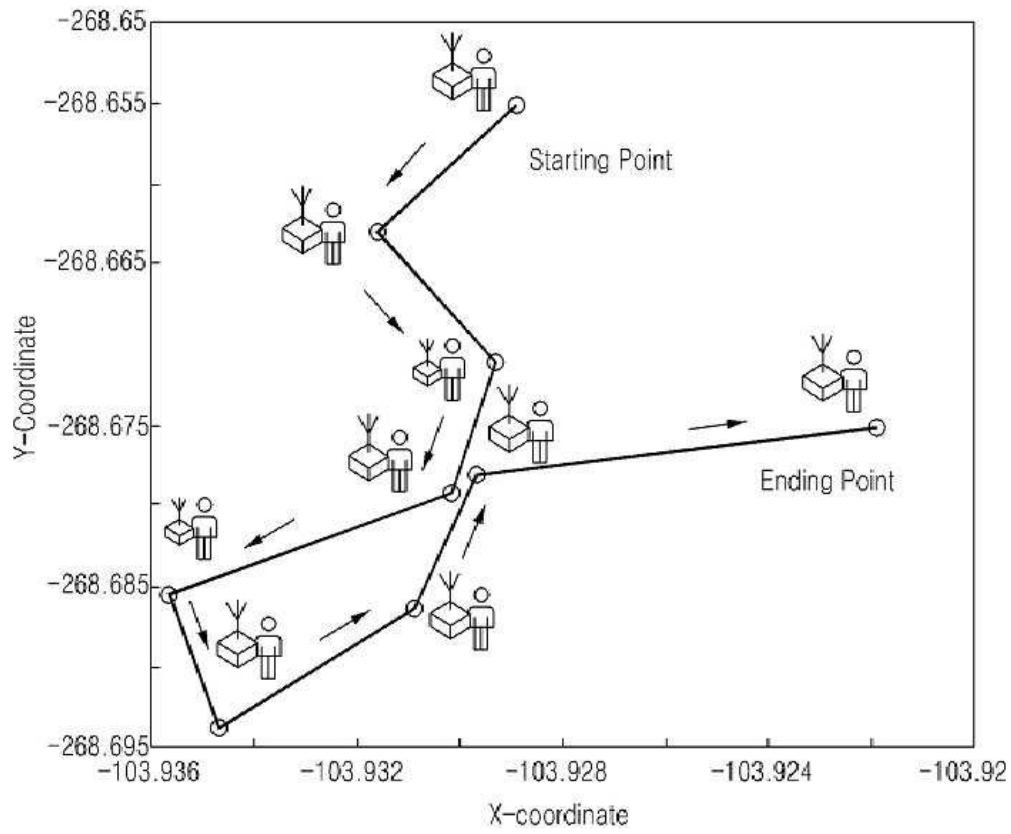
[0118] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

도면1



도면2



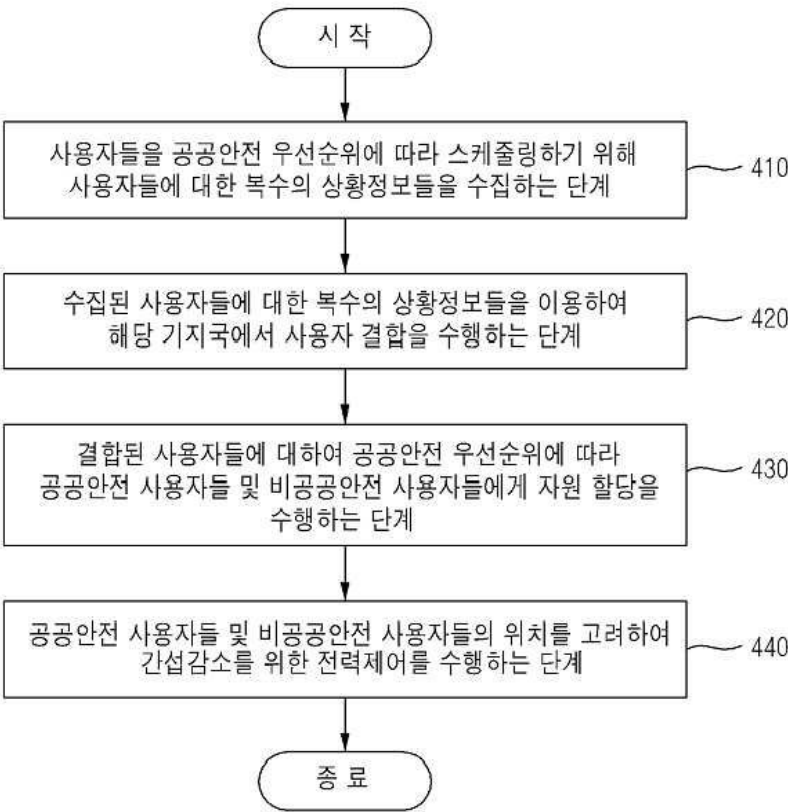
도면3

```

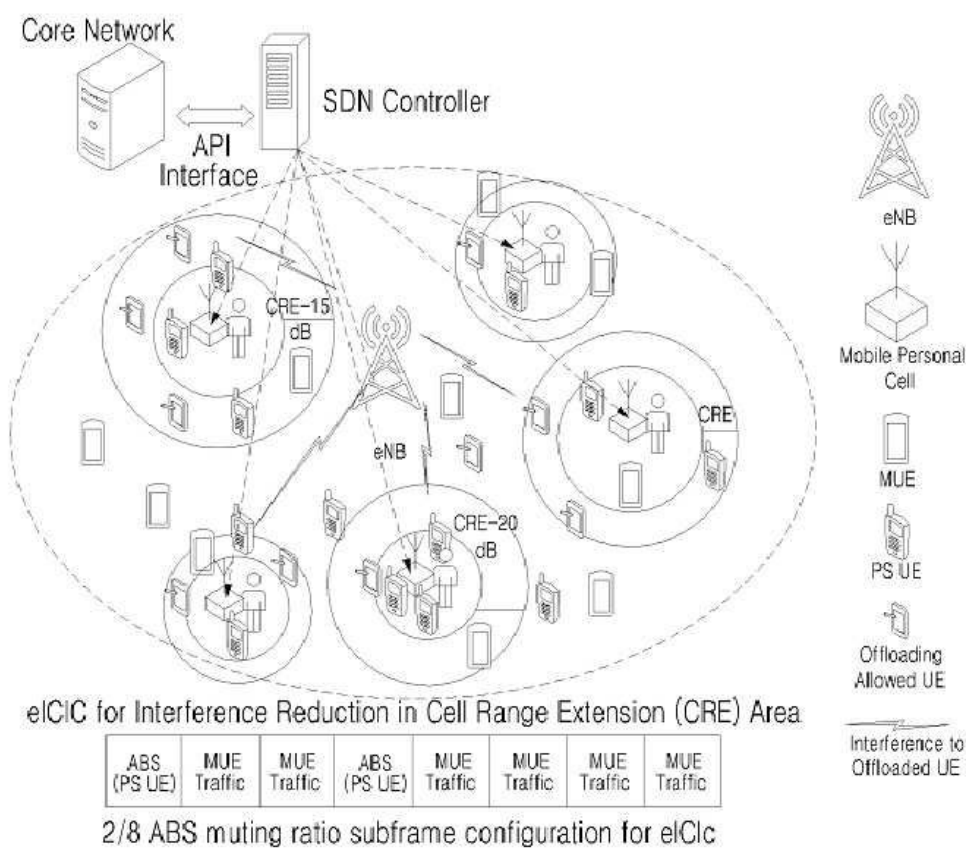
1: For each BS  $j \in B$ 
2: Initialization
3: Initialize parameters ( $i$ , SINR_threshold, cellEdgeUE, cellCenterUE,
LTE RUE, PS UE, mPC UE, HII).
4: Step 1. Context-Information Collection
5: Exchange the context-information between UE and BS
6: Count the number of cell edge users based on SINR threshold.
7: for each UE  $u \in U$  do
8:   Check  $SINR_{u,j} < SINR\_threshold_{u,j}$ 
9:   uedge = uedge + 1
10: end for
11: Users (PS-LTE UE, LTE-R UE, mPC UE) are classified based on Priority.
12: Step 2. User Association and Resource Allocation
13: for each UE  $u \in U$  do
14:   Estimate  $PL_{u,j}$  and select BS  $j$  that maximize and associate user  $u$  with it.
15:   Allocate maximum power transmission to users.
16:   if  $SINR_{LTE-R,j} < SINR\_threshold_{LTE-R,j}$ 
17:     Use distance-based power control scheme for users to meet LTE-R UE SINR.
18:   end if
19:   Dynamically adjust RBs during the RBs allocation for mPC user.
20: end for
21: Caculate the load on each BS  $j$ .
22: Compute Throughput, Received SINR, and Interference on each UE  $u$ , respectively.
23:  $i=i+1$ 
24: Step 3. SDN-based eICIC Application
25: while HII = 0
26:   for each  $M \in B$  in 1st-tier do
27:     Use optimum ABS ratio to accordingly transmit ABS.
28:     Plan offloaded users'  $u$  in mPC during ABS.
29:   end for
30: end while

```

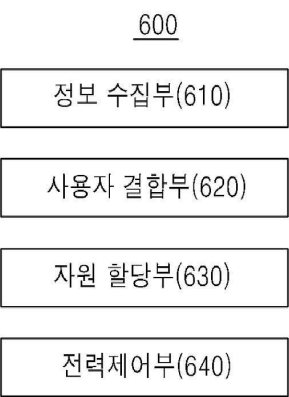
도면4



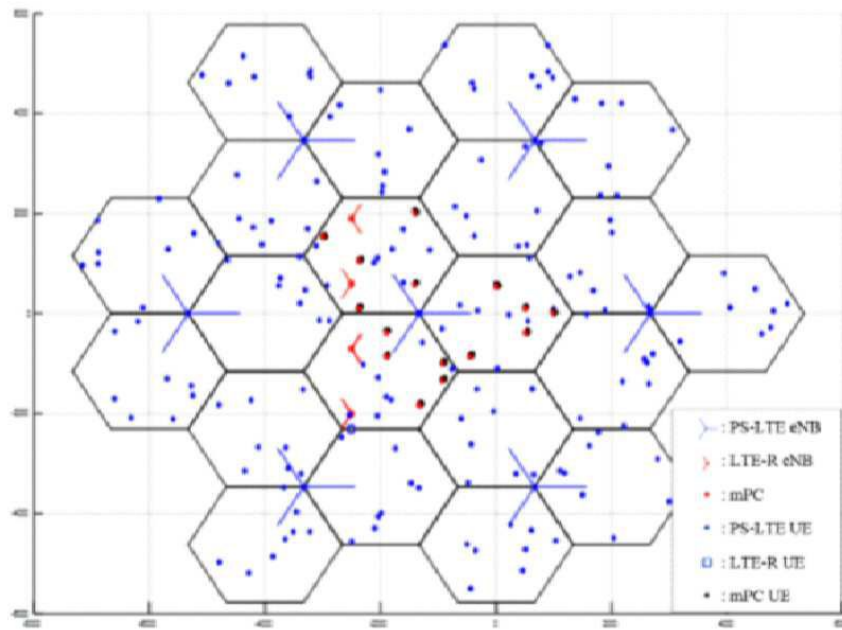
도면5



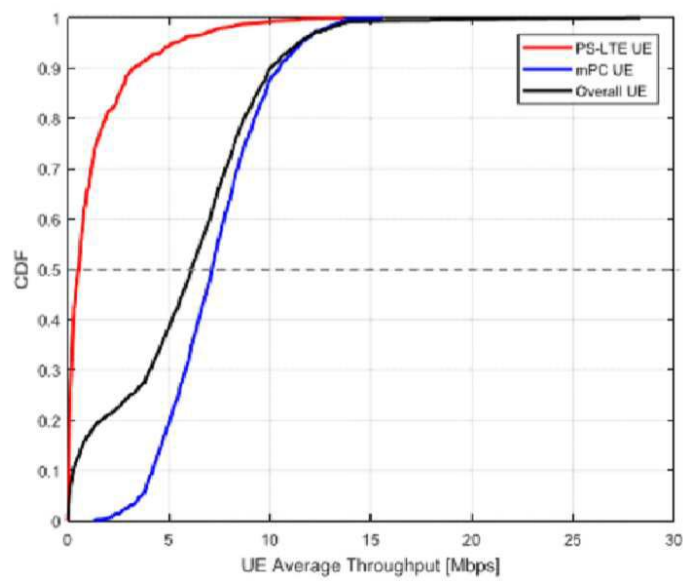
도면6



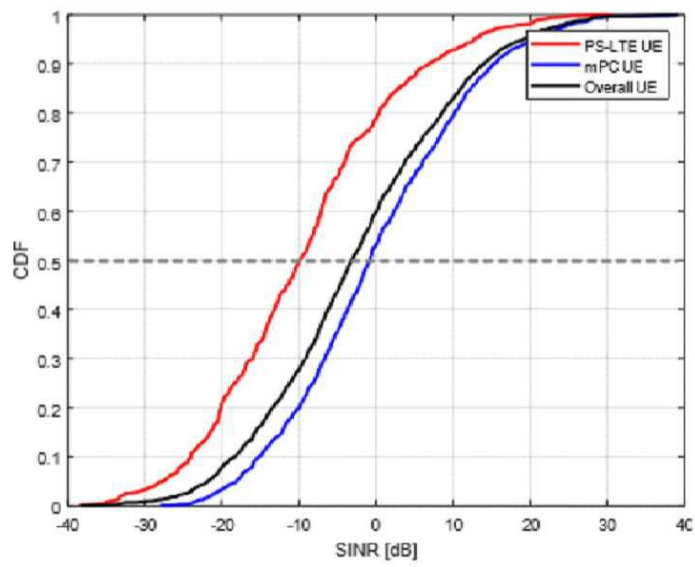
도면7



도면8



도면9



도면10

