(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0027823
(43) 공개일자 2021년03월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 72/12 (2009.01) *H04J 11/00* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H04W 72/1215 (2013.01)
H04J 11/005 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0108746
(22) 출원일자 2019년09월03일
심사청구일자 2019년09월03일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
장경희
서울특별시 마포구 백범로 205, 101동 1110호(신공덕동, 마포펜트라우스)
이쉬티아크
인천광역시 미추홀구 재넘이길39번길 11, 비02호(학익동, 대청빌라)
(74) 대리인
양성보

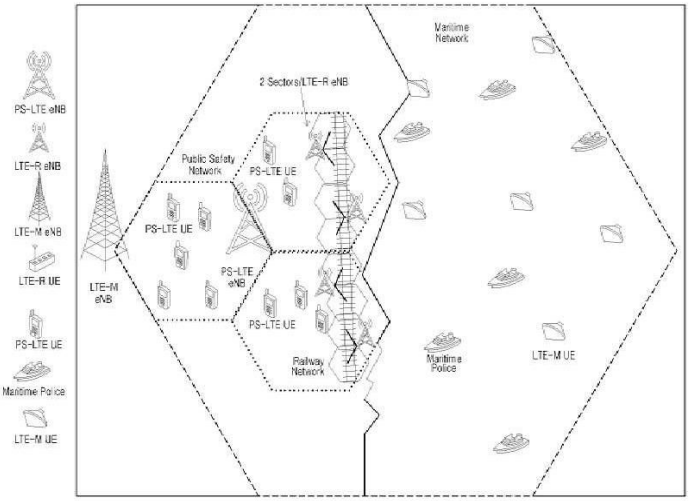
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 **다층 구조의 차세대 공공안전통신망을 위한 위기임무 사용자 우선권 기반 협력 자원 할당 방법**

(57) 요 약

다층 구조의 차세대 공공안전통신망을 위한 위기임무 사용자 우선권 기반 협력 자원 할당 방법 및 장치가 제시된다. 본 발명에서 제안하는 다층 구조의 차세대 공공안전통신망을 위한 위기임무 사용자 우선권 기반 협력 자원 할당 방법은 CoMP 스케줄러를 통해 CoMP를 필요로 하는 사용자와 해당 공격자 eNB를 식별하여, CoMP 세트에 저장하는 단계, LTE-R 네트워크에서의 CoMP 사이트(S_R) 공격자 eNB에 대하여 LTE-R 네트워크의 사용자(U_R)에 대한 스케줄링을 결정하는 단계 및 PS-LTE 및 LTE-M 네트워크에서의 각 CoMP 사이트 내의 나머지 사용자(U_P 및 U_M)에 대한 스케줄링을 경쟁 규칙에 따라 결정하는 단계를 포함한다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
H04W 72/1247 (2013.01)
H04W 72/1257 (2013.01)

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

명 세 서

청구범위

청구항 1

CoMP 스케줄러를 통해 CoMP를 필요로 하는 사용자와 해당 공격자 eNB를 식별하여, CoMP 세트에 저장하는 단계;

LTE-R 네트워크에서의 CoMP 사이트(S_R) 공격자 eNB에 대하여 LTE-R 네트워크의 사용자(U_R)에 대한 스케줄링을 결정하는 단계; 및

PS-LTE 및 LTE-M 네트워크에서의 각 CoMP 사이트 내의 나머지 사용자(U_P 및 U_M)에 대한 스케줄링을 경쟁 규칙에 따라 결정하는 단계

를 포함하는 협력 자원 할당 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

CoMP 스케줄러를 통해 CoMP를 필요로 하는 사용자와 해당 공격자 eNB를 식별하여, CoMP 세트에 저장하는 단계는,

협력 스케줄링을 위해 CoMP 스케줄러를 통해 CoMP를 필요로 하는 사용자와 해당 공격자 eNB를 식별하고, 상기 사용자의 ID 및 가장 간섭하는 공격자 eNB를 CoMP 세트에 저장하고,

협력 스케줄링을 위한 참여 공격자 eNB는 신호 대 간섭 비율 임계값 메트릭을 사용하여 결정하는

협력 자원 할당 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

LTE-R 네트워크에서의 CoMP 사이트(S_R) 공격자 eNB에 대하여 LTE-R 네트워크의 사용자(U_R)에 대한 스케줄링을 결정하는 단계는,

LTE-R 네트워크의 사용자(U_R)가 CoMP를 필요로 하는 경우, 공격자 eNB는 LTE-R 네트워크의 사용자(U_R)에 의해 점유된 PRB를 뮤트하고,

LTE-R 네트워크의 사용자(U_R)가 CoMP를 필요로 하지 않는 경우, 다른 eNB가 LTE-R 네트워크의 사용자(U_R)에 의해 점유된 PRB를 스케줄링하는

협력 자원 할당 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

PS-LTE 및 LTE-M 네트워크에서의 각 CoMP 사이트 내의 나머지 사용자(U_P 및 U_M)에 대한 스케줄링을 경쟁 규칙에 따라 결정하는 단계는,

CoMP 스케줄러를 통해 자원을 할당하기 위해 PF 절차에 따라 스케줄링을 결정할 때, eNB를 무작위로 선택하는

협력 자원 할당 방법.

청구항 5

CoMP를 필요로 하는 사용자와 해당 공격자 eNB를 식별하여, CoMP 세트에 저장하는 CoMP 스케줄러; 및

LTE-R 네트워크에서의 CoMP 사이트(SR) 공격자 eNB에 대하여 LTE-R 네트워크의 사용자(UR)에 대한 스케줄링을

결정하는 고, PS-LTE 및 LTE-M 네트워크에서의 각 CoMP 사이트 내의 나머지 사용자(UP 및 UM)에 대한 스케줄링을 경쟁 규칙에 따라 결정하는 자원 할당부

를 포함하는 협력 자원 할당 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

CoMP 스케줄러는,

협력 스케줄링을 위해 CoMP 스케줄러를 통해 CoMP를 필요로 하는 사용자와 해당 공격자 eNB를 식별하고, 상기 사용자의 ID 및 가장 간섭하는 공격자 eNB를 CoMP 세트에 저장하고,

협력 스케줄링을 위한 참여 공격자 eNB는 신호 대 간섭 비율 임계값 메트릭을 사용하여 결정하는

협력 자원 할당 장치.

청구항 7

제5항에 있어서,

자원 할당부는,

LTE-R 네트워크의 사용자(U_R)가 CoMP를 필요로 하는 경우, 공격자 eNB는 LTE-R 네트워크의 사용자(U_R)에 의해 점유된 PRB를 뮤트하고,

LTE-R 네트워크의 사용자(U_R)가 CoMP를 필요로 하지 않는 경우, 다른 eNB가 LTE-R 네트워크의 사용자(U_R)에 의해 점유된 PRB를 스케줄링하는

협력 자원 할당 장치.

청구항 8

제5항에 있어서,

자원 할당부는,

CoMP 스케줄러를 통해 자원을 할당하기 위해 PF 절차에 따라 스케줄링을 결정할 때, eNB를 무작위로 선택하는

협력 자원 할당 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 다층 구조의 차세대 공공안전통신망을 위한 위기임무 사용자 우선권 기반 협력 자원 할당 방법 및 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 대한민국은 세계 최초로 차세대 LTE(Long Term Evolution) 공공 안전망을 구축한 국가가 되었으며, 한국의 주요 통신 분야 발전도 주도하고 있다. 단, 동일한 700 MHz 주파수 대역을 PS-LTE(LTE-based Public Safety) 네트워크, LTE-R(LTE-based high-speed railway) 네트워크, LTE-M(LTE-maritime) 네트워크에 할당하고 있어, 동일 채널 간섭 관리 체계에 대한 광범위한 관심과 실용적인 연구가 필요하다. LTE/LTE-어드밴스드(Advanced)가 모바일 광대역 데이터 전달과 HD(고화질) 음성 전송을 위한 무선 통신 표준이 된 큰 성과는 정부 당국으로부터 차세대 공공 안전 네트워크의 기반 기술로 LTE를 선택하겠다는 약속을 이끌어냈다. 공공 안전 애플리케이션과 일반 상업 애플리케이션(예를 들어, 유틸리티 기업 및 철도용)은 모두 MCPTT(Mission-Critical Push-to-Talk) 서비스를 기반으로 사용할 수 있다. MCPTT를 통해, 최초 대응자는 여러 기기에 의존하지 않고, 모든 모바일 음성 및 광대역 데이터 애플리케이션을 하나의 기기에 통합하는 것이 용이하며, 공공 안전 기능(예를 들어, 스마트 운영 체제의 상황 인식 또는 원격 모니터링과 같은 비디오 기능)을 통합하는 것도 가능하다.

[0003] 한국은 차세대 PS-LTE(LTE-based Public Safety) 네트워크를 전세계에 배포하는 데 있어 적극적인 역할을 수행해 왔다. 한국 정부는 세계 최초로 PS-LTE 투자를 촉발한 LTE-R(LTE-based high-speed railway)과 LTE-M(LTE-based high-speed railway) 네트워크를 구축한다. 현재 상황에서는 통신망이 달라 공공 안전 이용자(예를 들어, 경찰, 소방관, 해경 요원 등)가 재난 정보를 공유하기 어렵다. 이 문제를 해결하기 위해, PS-LTE는 LTE-R 및 LTE-M 네트워크와 협력해야 한다. 이를 통해 재난 현장의 정보를 신속하게 공유할 수 있는 통합 재난 관리 및 구조 시스템을 제공할 것이다.

[0004] 대한민국은 고속철도망에 배치된 새로운 미션 크리티컬 LTE-R 통신 단말기로 철도 세계를 선도하고 있다. LTE-R 네트워크는 철도 네트워크의 미션 크리티컬 요구사항을 충족하며, 운영 및 유지보수 서비스를 모두 지원한다. 해상 통신 기술은 선박에 설치된 각종 장치에서 육지의 안전센터로 전송되는 신호를 수집하는 LTE 라우터와 둘 이상의 이동 통신사가 무선 인프라 구조를 공유할 수 있도록 하는 무선접속 네트워크(RAN) 공유기술을 활용하여 해상 및 육상 안전센터 간의 영상통신을 촉진한다. 개선된 LTE 해상 통신 범위는 해안에서 최대 100km 떨어진 곳에 도달할 수 있다.

[0005] 대한민국은 세계 최초로 차세대 PS-LTE 네트워크를 구축한 국가가 되었으며, 한국의 주요 통신 분야 발전도 주도하고 있다. 이는 광대역 기술의 빠른 발전과 주요 통신에서의 LTE 솔루션 채택으로 인해 데이터 집약적인 서비스(예를 들어, 멀티미디어 통신, 비디오 감시 및 원격 데이터 수집)에 대한 수요 증가에 대처하기 위하여 PS-LTE 및 LTE-R 솔루션을 제공하고 있다. PS-LTE 솔루션은 다중 모드 어드밴스드 무선(advanced radio) 장치, 바디 카메라 장치, 원격 무선 장치(RRU) 및 기타 광대역 장치로 구성된 3세대 파트너 프로젝트(3GPP) 기술을 준수하여 업무상 중요한 운영에 혁신적인 데이터 및 비디오 서비스를 제공한다. 많은 시나리오(예를 들어, 메가 이벤트, 도시 사건, 도시 순찰, 이동 사무소 등)에서 공공 안전 요건을 충족하며, 광대한 네트워크 범위를 제공할 수 있다. 차세대 LTE-R 솔루션은 제어 콘솔, 서버, LTE 네트워크, 온 보드(on board) 열차 통신 시스템 및 다중 모드 어드밴스드 무선 장치로 구성되어 있으며, 열차, 운영 제어 센터, 도로변 등의 음성, 데이터 및 비디오 통신을 지원한다.

[0006] 재난안전 네트워크인 PS-LTE와는 별도로 정부는 차세대 LTE-R과 LTE-M 네트워크를 구축하고 있으며, PS-LTE 네트워크와 함께 LTE-R 및 LTE-M 네트워크의 개발은 이에 대응하는 조직들 간 긴밀한 협력을 가능하게 한다. LTE-R 네트워크는 기본적으로 열차 운행과 설비 정비를 위한 열차 대 지상 간, 구간간, 지상간 제어, 그룹 및 PTT(Push-to-Talk) 서비스와 같은 열차 제어를 위한 통신을 제공한다. 한편, LTE-M은 대한민국에서 진행 중인 프로젝트로, 높은 데이터 전송률과 함께 약 100km의 네트워크 범위를 제공할 수 있다. 실제로, 해양 네트워크는 국제 해양 기구에 의해 개발되고 있는 전자 탐색 시스템으로 촉진된다. 전자 탐색 시스템은 안전과 보안을 위한 전자적 수단에 의하여 해상 정보의 조화 수집, 통합, 교환, 프레젠테이션 및 분석을 제공한다. LTE-M은 해상에서의 전자 탐지 서비스를 가능하게 하고, 국내 해상 교통을 위한 전문 통신 서비스도 제공한다. 그것은 해상 사용자들에게 토지 이용자와 동일한 인터넷 서비스를 제공할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 다층 구조 차세대 공공 안전망에 초점을 맞추고 효율적인 위기임무 사용자 우선순위 기반 자원 할당 체계를 채택하여 동일 채널 간섭, 위기임무 사용자 요건, 서비스 품질(Quality of Service; QoS) 우선 순위 지정 등과 같은 주요 과제를 해결하기 위한 방법 및 장치를 제공하는데 있다. 무선접속 네트워크(RAN) 공유 환경 하에서 협력 스케줄링(Coordinated Scheduling; CS), 협력 다중접속(Coordinated Multipoint; CoMP), 셀간 간섭 제거(Intercell Interference Cancellation; ICIC)를 활용하여 주파수를 공유하고 커버리지가 중복되는 차세대 PS-LTE, LTE-R, LTE-M 네트워크 간의 상호운영성을 극대화 하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 다층 구조의 차세대 공공안전통신망을 위한 위기임무 사용자 우선권 기반 협력 자원 할당 방법은 CoMP 스케줄러를 통해 CoMP를 필요로 하는 사용자와 해당 aggressor (공격자) eNB를 식별하여, CoMP 세트에 저장하는 단계, LTE-R 네트워크에서의 CoMP 사이트(S_R) 공격자 eNB에 대하여 LTE-R 네트워크의 사용자(U_R)에 대한 스케줄링을 결정하는 단계 및 PS-LTE 및 LTE-M 네트워크에서의 각 CoMP 사이트

내의 나머지 사용자(U_P 및 U_M)에 대한 스케줄링을 경쟁 규칙에 따라 결정하는 단계를 포함한다.

[0009] CoMP 스케줄러를 통해 CoMP를 필요로 하는 사용자와 해당 공격자 eNB를 식별하여, CoMP 세트에 저장하는 단계는 협력 스케줄링을 위해 CoMP 스케줄러를 통해 CoMP를 필요로 하는 사용자와 해당 공격자 eNB를 식별하고, 상기 사용자의 ID 및 가장 간섭하는 공격자 eNB를 CoMP 세트에 저장하고, 협력 스케줄링을 위한 참여 공격자 eNB는 신호 대 간섭 비율 임계값 메트릭을 사용하여 결정한다.

[0010] LTE-R 네트워크에서의 CoMP 사이트(S_R) 공격자 eNB에 대하여 LTE-R 네트워크의 사용자(U_R)에 대한 스케줄링을 결정하는 단계는 LTE-R 네트워크의 사용자(U_R)가 CoMP를 필요로 하는 경우, 공격자 eNB는 LTE-R 네트워크의 사용자(U_R)에 의해 점유된 PRB를 뮤트하고, LTE-R 네트워크의 사용자(U_R)가 CoMP를 필요로 하지 않는 경우, 다른 eNB가 LTE-R 네트워크의 사용자(U_R)에 의해 점유된 PRB를 스케줄링한다.

[0011] PS-LTE 및 LTE-M 네트워크에서의 각 CoMP 사이트 내의 나머지 사용자(U_P 및 U_M)에 대한 스케줄링을 경쟁 규칙에 따라 결정하는 단계는 CoMP 스케줄러를 통해 자원을 할당하기 위해 PF 절차에 따라 스케줄링을 결정할 때, eNB를 무작위로 선택한다.

[0012] 또 다른 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 다층 구조의 차세대 공공안전통신망을 위한 위기임무 사용자 우선권 기반 협력 자원 할당 장치는 CoMP를 필요로 하는 사용자와 해당 공격자 eNB를 식별하여, CoMP 세트에 저장하는 CoMP 스케줄러 및 LTE-R 네트워크에서의 CoMP 사이트(SR) 공격자 eNB에 대하여 LTE-R 네트워크의 사용자(UR)에 대한 스케줄링을 결정하는 고, PS-LTE 및 LTE-M 네트워크에서의 각 CoMP 사이트 내의 나머지 사용자(UP 및 UM)에 대한 스케줄링을 경쟁 규칙에 따라 결정하는 자원 할당부를 포함한다.

발명의 효과

[0013] 본 발명의 실시예들에 따르면 CS CoMP는 세 개의 LTE 공공 안전 네트워크(PS-LTE, LTE-R 및 LTE-M) 사이에서 구현됨으로써 인접 간섭 기지국을 변경하여 셀-에지 사용자 성능을 향상시킬 수 있다. 이것은 공존하는 차세대 공공 안전 네트워크를 위한 시스템 처리량의 엄청난 향상을 달성한다. RAN 공유 환경에서 CS CoMP와 함께 ICIC를 채택함으로써 공존하는 PS-LTE, LTE-R 및 LTE-M 네트워크에 대해 최상의 간섭 및 아웃티지(outage) 성능을 달성할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 PS-LTE, LTE-R, LTE-M 네트워크의 다층 구조 배치를 나타내는 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 다층 구조의 차세대 공공안전통신망을 위한 위기임무 사용자 우선권 기반 협력 자원 할당 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 동적 ICIC를 위한 대역폭 분할을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 다층 구조의 차세대 공공안전통신망을 위한 위기임무 사용자 우선권 기반 협력 자원 할당 장치의 구성을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 본 발명에서는 다층 구조 차세대 PS-LTE, LTE-R, LTE-M 네트워크를 분석한다. 이 세 개의 LTE 네트워크의 성능을 평가하기 위해, UE 평균 처리량, UE 수신 간섭, 아웃티지 확률 등 중요한 성능 지수를 분석했다. 또한 PS-LTE, LTE-R, LTE-M 네트워크는 700 MHz 주파수를 사용하므로 심각한 동일 채널 간섭이 발생한다. 따라서 공존하는 LTE 네트워크에 대한 동일 채널 간섭 문제를 소홀히 할 수 없다. 이 중요한 동일 채널 간섭 문제를 극복하기 위한 연구가 절실히 필요하다. 따라서, 동일 채널 간섭과 아웃티지(outage)를 줄이는 데 도움이 되는 효율적인 자원 할당 체계(CS CoMP, ICIC 등)를 채택하고 있다. 3GPP 기술 사양서에 표준화된 CS-CoMP 기술로는 공동처리(Joint Processing; JP)와 CS의 두 가지 범주가 있다. JP는 높은 처리량을 달성할 수 있지만, 복잡성이 크기 때문에, 시나리오에서 CS CoMP를 고려한다. LTE-R 등을 위한 채널 모델링과 같은 단순한 기여가 종래기술들에서 이루어졌다. 그러나 PS-LTE와 LTE-R의 중복과 같은 복잡한 시나리오는 심각한 동일 채널 간섭 문제를 야기하므로, 이 주제에 기여하는 연구를 하는 것이 중요하다. 종래기술에서 간섭 관리와 자원 배분에 많은 기여가 이루어졌다. 따라서, PS-LTE와 LTE-R 네트워크 내에서 공존하는 동일 채널 간섭 문제를 해결하기 위해 능동 RAN 공유 하에서 효율적인 간섭 관리 체계를 채택한다. 이는 공존하는 PS-LTE, LTE-R 및 LTE-M 네트워크에 대한 간섭

과 아웃티지의 감소뿐만 아니라 시스템 처리량의 엄청난 향상으로 이어질 것이다. 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 PS-LTE, LTE-R, LTE-M 네트워크의 다층 구조 배치를 나타내는 도면이다.

[0018] 도 1을 참조하여 차세대 PS-LTE, LTE-R 및 LTE-M 네트워크의 공존에 대한 세부사항을 설명한다. LTE 다운링크(Downlink; DL) 전송은 3개의 LTE 네트워크의 공존 하에 고려된다. 전체 대역폭(Bandwidth; BW)은 물리적 자원 블록(Physical Resource Block; PRB)이 각 UE에 할당되는 3개의 LTE 네트워크의 eNB에 의해 활용된다. 각 사이트에 S 육각 섹터(SP=3)로 구성된 *P* PS-LTE eNB 사이트(P=1)와 S 육각 섹터(SP=2)로 구성된 *R* LTE-R eNB 사이트(R=4), *S* 육각 섹터(SM=1)로 구성된M LTE-M eNB 사이트(M=1)를 각 사이트에 배치한다. 그래서 K는 PS-LTE, LTE-R, LTE-M 네트워크의 공존을 고려한 총 셀 수(K=12)를 제시한다.

[0019] 본 발명의 실시예에 따르면, 모든 기지국을 $K=\{PS_eNB_p, R_eNB_{1,\ldots,R}, M_eNB_M\}$ 라 표현하며, 모든 사용자(즉, PS-LTE UE U_P, LTE-R U_R, LTE-M UE U_M)를 U로 표현한다. P, R, M 사이트의 육각형 길이는 각각 4km, 1km, 100km이다. 따라서 관심 영역(Region of Interest; ROI)은 도 1과 같이 네 개의 LTE-R eNB 사이트와 하나의 LTE-M eNB 사이트와 겹치는 하나의 PS-LTE eNB 사이트로 구성된다. U_P 는 각 섹터에 무작위로 분포하며, 아마도 일부 U_P 는 LTE-M과 LTE-R eNB 근처에 떨어질 수 있다. 마찬가지로, LTE-M UE도 해안을 넘어 물 위에 임의로 배치된다. 세 개의 LTE 네트워크(즉, PS-LTE, LTE-R, LTE-M)는 활성 RAN 공유를 통해 주변 사용자에게 네트워크 접속을 제공할 수 있다.

[0020] 아래에서, 공존하는 PS-LTE, LTE-R 및 LTE-M 네트워크에 대한 채널 모델 세부사항을 설명한다. 각 링크의 전파 손실을 계산하기 위해 채널 이득 수학식(1)을 사용한다.

[0021] $$G = AntennaGain - PathLoss - Shadowing - Fading$$ 수학식(1)

[0022] 경로 손실을 계산하기 위해, rural 매크로 모델을 고려하고, 700 MHz를 기반으로 하며, 수학식(2)를 이용한다.

[0023] $$\begin{aligned} Pathloss = {} & 69.55 + 26.16\log_{10}(F) - 13.82\log_{10}(L_h) \\ & + \left[44.9 - 6.55\log_{10}(L_h)\right]\log(D) - 4.78\left(\log_{10}(F)\right)^2 \\ & + 18.33\log_{10}(F) - 40.94 \end{aligned}$$ 수학식(2)

[0024] 여기서 F와 L_h 는 각각 주파수 및 기지국 안테나 높이를 나타내며, D는 기지국으로부터의 사용자 거리이다.

[0025] 본 발명에서는 로그 정규 쉐도잉 분포를 고려한다. 위너(Winner) II 고속 페이딩 채널 모델은 D1 시나리오(느린 동작의 U_P)와 D2a 시나리오(고속 동작의 U_R 및 U_M)에 따라 고려된다. 수평과 수직 절단에 의해 주어진 3차원 안테나 패턴을 기지국에 사용했고, 다음 수학식(3)과 같이 계산했다.

[0026] $$A(\theta,\varphi) = -\min\left[A_V(\theta_V) + A_H(\varphi_H), A_m\right]$$ 수학식(3)

[0027] 물리적 계층의 추상화는 UE 처리량 계산을 위한 정확한 변조 및 코딩을 소비하는 단독 전송 블록에 대하여 블록 오류율(Block Error Rate; BLER)을 획득하는 것을 의미한다. 15개 채널의 품질 지표 지수(다른 변조 방식 및 코딩율에 기반)는 LTE-A 시스템에 정의되어 있다. SLS에 대한 연산 노력을 최소화하기 위해, BLER 값(부가 백색 가우스 노이즈 [AWGN] 채널 모델을 사용한 링크 레벨 시뮬레이션[LLS]에서 얻은)의 10%만 링크 시스템 매핑에 활용했다. 페이딩 채널을 이용하여 BLER를 예측하기 위해서는 상호 정보 기반의 지수 SNR 매핑(MIESM) 방법으로 얻어지는 유효 신호 대 간섭 잡음 비율(SINR)이 필요하다.

[0028] 본 발명의 실시예들에 따르면, 전형적인 네트워크 부하 상황을 시뮬레이션하기 위한 실용적인 트래픽 모델을 고려한다. 사용자는 음성 인터넷 프로토콜(Voice over Internet Protocol; VoIP) 및 비디오와 같은 애플리케이션에 따라 분리된다. LTE 프로토콜 스택과 베어러 모델은 본 발명에서 UE 수준에서 트래픽 모델을 완전히 채택하는 것으로 가정한다.

[0029] 본 발명에서는 일반 비례공정(Proportional Fair; PF) 스케줄러를 고려하며, 그 식 수학식(4)와 같다.

[0030] $$k = \arg\max \frac{R_i}{\bar{R}_i}$$ 수학식(4)

[0031] 여기서 R_i와 $\bar{R}_i$ 각각 사용자 i에 대한 순간 비율과 평균 비율이다.

[0032] U_R 은 자원 할당 시 오류를 허용하지 않으므로, 우리는 중복된 PS-LTE, LTE-R 및 LTE-M 네트워크에 대한 U_R 의 미션 크리티컬 서비스(MCS) 수요를 충족시키는 효율적인 알고리즘을 정의한다. 알고리즘 1은 다층 구조 공공 안전망에 대한 미션 크리티컬 U_R 우선순위 MCU_RP(Mission-Critical U_R Priority)기반 자원 할당의 구현 절차를 제시한다. MCU_RP 알고리즘에서, 항상 U_R 에 가장 좋은 자원을 먼저 제공한다. 그 다음에는 더 신뢰할 수 있는 통신과 짧은 대기 시간을 위해 필요하다. PF 스케줄링에 따라 U_P 와 U_R 에 속하는 나머지 U를 스케줄링한다.

[0033]

ALGORITHM 1. IMPLEMENTATION OF MCU_RP-BASED RESOURCE ALLOCATION.

Initialization $x \leftarrow 0$

$(U_P, U_R, U_M \in U = 161) \leftarrow (U_P = 120, U_R = 1, U_M = 40)$

$Total_PRBs = 50 \leftarrow \begin{cases} U_R & \text{First schedule the best PRBs.} \\ U_P, U_M & \text{Schedule the remained PRBs.} \end{cases}$

while $x \leftarrow 1,\ x_{max}$ **do**

Calculate the metric matrix for LTE-R UE.

$$\{metric_{b,I_b}\}_{n_PRB\times 1} = \frac{spectral_efficiency_{b,I_b}[\text{bit/cu}] \times n_slots \times n_symbols \times n_subcarriers}{average_throughput_{I_b}}$$

if U_R has no more bits to receive **then**

if Any PRB b has already been allocated **then**

elseif yes

Do not schedule PRB b gain.

metric(b,:) = -Infinite

elseif no

Find index of PRBs with best channel condition for U_R.

$$b = \arg\max_b \{metric_{b,I_b}\}_{n_PRB\times 1}$$

Allocate the PRBs to U_R until required $\{metric_{b,I_b}\}_{n_PRB\times 1}$

end

else

schedule the rest of U based on PF scheduling rules.

end

end

[0035] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 다층 구조의 차세대 공공안전통신망을 위한 위기임무 사용자 우선권 기반 협력 자원 할당 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0036] 다층 구조의 차세대 공공안전통신망을 위한 위기임무 사용자 우선권 기반 협력 자원 할당 방법은 CoMP 스케줄러를 통해 CoMP를 필요로 하는 사용자와 해당 공격자 eNB를 식별하여, CoMP 세트에 저장하는 단계(210), LTE-R 네트워크에서의 CoMP 사이트(S_R) 공격자 eNB에 대하여 LTE-R 네트워크의 사용자(U_R)에 대한 스케줄링을 결정하는 단계(220) 및 PS-LTE 및 LTE-M 네트워크에서의 각 CoMP 사이트 내의 나머지 사용자(U_P 및 U_M)에 대한 스케줄링을 경쟁 규칙에 따라 결정하는 단계(230)를 포함한다.

[0037] 단계(210)에서, CoMP 스케줄러를 통해 CoMP를 필요로 하는 사용자와 해당 공격자 eNB를 식별하여, CoMP 세트에 저장한다.

[0038] 3GPP 규격에서는 중첩된 공공 안전망에 대해 여기에서 고려되는 사이트 내 및 사이트 간 CoMP 시나리오에 기초하여 네 개의 CoMP 배치 시나리오가 있다. U_R 은 MCS 수요가 더 높고 인접 eNB로부터 심각한 동일 채널 간섭을 겪을 수 있으므로, 미션 크리티컬 U_R 우선순위 기반 CoMP(MCU_RP -CoMP) 알고리즘을 정의한다.

[0039] 단계(220)에서, LTE-R 네트워크에서의 CoMP 사이트(S_R) 공격자 eNB에 대하여 LTE-R 네트워크의 사용자(U_R)에 대한 스케줄링을 결정한다. 상기 알고리즘에서 CoMP 지원에 대한 첫 번째 우선 순위가 U_R 에 주어진다.

[0040] 그 후에 단계(230)에서, PS-LTE 및 LTE-M 네트워크에서의 각 CoMP 사이트 내의 나머지 사용자(UP 및 UM)에 대한 스케줄링을 경쟁 규칙에 따라 결정하여 나머지 U는 CoMP 지원을 받을 수 있다. 알고리즘 2는 다층 구조 공공 안전 네트워크에 대한 MCU_RP -COMP 기반 자원 할당의 구현 단계를 상세히 기술하고 있다.

ALGORITHM 2. IMPLEMENTATION OF MCU_RP-COMP–BASED RESOURCE ALLOCATION.

Initialization $x \leftarrow 0$

CoMP site $(S_P, S_R, S_M \in K = 12) \leftarrow (S_P = 3, S_R = 8, S_M = 1)$

Step 1 CoMP Scheduler for Coordinated Scheduling

- Identify U that need CoMP, and corresponding aggressor eNBs.

  Apply $SIR_j^i < SIR_threshold_{CoMP}$

  for each UE $\in U$ and eNB $\in K$

  Calculate *SIR*

  for

  i index need CoMP assitance $\leftarrow$ *SIR*

  j index aggressor eNB $\leftarrow$ *SIR*

  end

  Send *CSI feedback*

  end

- Store the UE IDs and the most interfering eNBs in the CoMP set.

Step 2 S_R **eNBs make the scheduling decision for** U_R.

if U_R needs CoMP assistance **then**

Agressor eNBs mute the PRBs occupied by U_R.

else

other eNBs can schedule the PRBs occupied by U_R.

end

Step 3 Make scheduling decision for the rest of U **within CoMP site based on cooperation rules.**

- Randomly choose one eNB in the CoMP set.

while ∀ K have no more PRBs t ∨ no U need transmission.

if K has no more PRB to schedule **then**

Check the scheduling decesion of current eNB.

schedule the PRB b to UE i.

end

if UE i need CoMP assistance **then**

Aggressor eNBs mute the PRB b.

else

Other eNB can schedule the PRB b.

end

end

[0042]

[0043] 동적 동일 뮤팅(muting) 기반 CS CoMP를 고려하고 있으며, PRB 할당을 위해 단일 중앙 스케줄러를 중첩된 공공 안전망에 사용한다. 이를 통해 주파수 효율 개선 및 동일 채널 간섭 감소 효과를 얻을 수 있다.

[0044] CoMP 집합은 PS-LTE, LTE-R 및 LTE-M eNB로 구성되며, 다음과 같이 표시된다.

[0045] $$K_{CoMP_set} = \{PS_eNB_P, R_eNB_{P+1}, \ldots, R_eNB_{P+R}, M_eNB_{P+R+M}\}.$$ 수학식(5)

[0046] 수학식(5)은 활성 및 비활성 셀을 기반으로 하는 CoMP 집합을 제시하며, 최대 수의 협력 eNB가 항상 협력 집합에 존재하는 것은 아니라는 점에 유의해야 한다. 협력을 위한 참여 eNB는 다음과 같은 신호 대 간섭 비율(SIR) 임계값 메트릭을 사용하여 결정된다.

[0047] $$SIR_j^i < SIR_threshold_{CoMP},$$ 수학식(6)

[0048] 여기서 i는 CoMP 지원이 필요한 UE의 지수이고, j는 뮤트 되어야 하는 CoMP 세트의 공격자 eNB를 나타내고 있다. 따라서, 단일 중앙 스케줄러는 각 셀에 대한 스케줄을 독립적으로 만드는 대신 간섭 조건을 고려함으로써 자원을 쉽게 스케줄링할 수 있다. 이는 eNB 간의 협력에 기반한 최고의 자원을 제공함으로써 본 발명의 실시예에 따른 MCS 요구를 충족시킬 수 있다. 마찬가지로, 공격자 eNB는 U_R이 MCU_RP-COMP 알고리즘 2에 따라 CoMP 지원을 요청할 경우 해당 PRB를 뮤트한다. 나머지 U(U_P 및 U_M) 스케줄링은 경쟁 규칙을 기반으로 한다. 즉, 중앙 CoMP 스케줄러가 자원을 할당하기 위해 PF 절차에 따라 스케줄링 결정을 내릴 때 eNB를 무작위로 선택한다는 것이다.

[0049] CS CoMP에 참여하기 위해, 총 셀 수를 kmax(=12)로 나타내는데, 이는 m 셀이 전송을 뮤트할 수 있다는 것을 의미하며, 따라서 CoMP 세트에서 활성 셀을 K_{CoMP_set} (=1+t) 로 표기한다.

[0050] 협력 셀에 대한 결정은 $SIR_threshold_{CoMP}$ 에 기초하고, CS CoMP에서, CoMP는 U가 최대(kmax - 1) 셀까지 CoMP 지원을 요청한다는 점에 유의해야 한다. CS CoMP 후, 서비스 기지국 j로부터 UE i의 수신신호는 다음과 같이 기록된다.

[0051] $$pow_i^{rx} = \underbrace{g_{i,j}\, pow_{i,j}^{tx}}_{Desired\ Signal} + \underbrace{\sum_{n=1+t}^{k_{max}} g_{i,n}\, pow_{i,n}^{tx}}_{Non-active\ Cells\ in\ a\ Cooperating\ Set} + \underbrace{\sum_{n=k_{max}+1}^{K} g_{i,t} P_{i,t}^{tx}}_{Cells\ excluded\ from\ the\ Cooperating\ Set} + \sigma_i^2.$$ 수학식(7)

[0052] KCoMP_set의 비활성 셀에서 허용되는 간섭은 $(k_{max} - [1+t])$ 로 주어지며, 이는 $(K - k_{max})$ 셀이 조정되지 않은 방식으로 작동함을 의미한다. 따라서 CoMP U에 대해 제거될 수 있는 원치 않는 간섭을 $(K-t-1)$ 셀만 제공하고 있다. 이는 셀-엣지 U에 대한 SINR 개선 결과를 가져올 것이다. CS CoMP를 활용하는 U와 비 CoMP U에 대한 SINR( ) 은 다음과 같이 계산할 수 있다.

[0053] $$\gamma_{i,j} = \begin{cases} \dfrac{g_{i,j}\, pow_{i,j}^{tx}}{\sum_{n\neq j,\, n=1}^{K} pow_{i,n}^{tx} g_{i,n} + \sigma_i^2} & [\text{Non-CoMP } U] \\ \dfrac{g_{i,j}\, pow_{i,j}^{tx}}{\sum_{n\neq j,\, n=K-t_i+1}^{K} pow_{i,n}^{tx} g_{i,n} + \sigma_i^2} & [\text{CS-CoMP } U] \end{cases},$$ 수학식(8)

[0054] 여기서 $g_{i,j}\, pow_{i,j}^{tx}$ 는 채널을 통과한 후 기지국 j로부터 UE i를 수신한 전원을 나타낸다. 비 CoMP 사용자의 데이터 속도를 계산하기 위해 다음 수학식을 사용한다.

$$\tau^{b}_{u_w.o.CoMP} = bw_{w.o.CoMP}\log_2(1+\gamma^{w.o.CoMP}_{i,j})$$
$$= bw_{w.o.CoMP}\log_2(1+\frac{g_{i,j}pow^{tx}_{i,j}}{\sum_{n\neq j,\, n=1}^{K} pow^{tx}_{i,n}g_{i,n}+\sigma^2_i}) \cdot$$

[0055] 수학식(9)

[0056] 마찬가지로 CS-COMP 사용자의 데이터 속도를 계산하기 위해 다음과 같은 수학식을 사용한다.

$$\tau^{b}_{u_w.CoMP} = bw_{w.CoMP}\log_2(1+\gamma^{w.CoMP}_{i,j})$$
$$= bw_{w.CoMP}\log_2(1+\frac{g_{i,j}pow^{tx}_{i,j}}{\sum_{n\neq j,\, n=K-t_i+1}^{K} pow^{tx}_{i,n}G_{i,n}+\sigma^2_i}),$$

[0057] 수학식(10)

[0058] 여기서 $bw_{w.o.CoMP}$ 와 $t^{b}_{u_w.o.CoMP}$ 는 각각 CoMP가 아닌 사용자의 대역폭과 데이터 속도를 나타내고 $bw_{w.CoMP}$ 와 $t^{b}_{u_w.CoMP}$ 는 CS CoMP 사용자의 대역폭과 데이터 속도를 나타낸다.

[0059] 따라서 전체 시스템 처리량($\Re$)은 다음과 같이 계산된다.

$$\Re_{w.o.CoMP+w.CoMP} = \underbrace{\sum_{r\in R}\sum_{b\in RB^{n}_{w.o.CoMP},u\in U^{R}_{w.o.CoMP}}\tau^{b}_{u_w.o.CoMP} + \sum_{n\in R}\sum_{b\in RB^{n}_{w.CoMP},u\in U^{R}_{w.CoMP}}\tau^{b}_{u_w.CoMP}}_{\text{Throughput of LTE-R cells}} + \underbrace{\sum_{p\in P}\sum_{b\in RB^{m}_{w.o.CoMP},u\in U^{P}_{w.o.CoMP}}\tau^{b}_{u_w.o.CoMP} + \sum_{p\in P}\sum_{b\in RB^{m}_{w.CoMP},u\in U^{P}_{w.CoMP}}\tau^{b}_{u_w.CoMP}}_{\text{Throughput of PS-LTE cells}} + \underbrace{\sum_{m\in M}\sum_{b\in RB^{m}_{w.o.CoMP},u\in U^{M}_{w.o.CoMP}}\tau^{b}_{u_w.o.CoMP} + \sum_{m\in M}\sum_{b\in RB^{m}_{w.CoMP},u\in U^{M}_{w.CoMP}}\tau^{b}_{u_w.CoMP}}_{\text{Throughput of LTE-M cell}}.$$

[0060] 수학식(11)

[0062] 부분 주파수 재사용(FFR) 체계는 각각 재사용-1과 고차 주파수 재사용의 피크 및 에지 주파수 효율을 통합할 수 있는 능력을 가지고 있다. 주파수 스펙트럼은 셀 중심과 에지 영역용 다양한 주파수 대역으로 구분되어 간섭을 제거할 수 있다. 본 발명에서는 셀 센터 영역(사용자의 수신 신호 전력이 충분히 강한 곳)과 셀 에지 영역(사용자가 인접한 동일 채널 간섭이 심할 수 있는 곳)에 대해 각각 주파수 재사용-1과 재사용-3을 사용한다. 따라서 FFR은 재사용-1인 셀 센터를 나타내는 완전 재사용(FR) 영역과 셀 내부의 재사용-3인 셀 에지를 나타내는 부분 재사용(PR) 영역을 결합한다. 종래의 FFR에서는 FFR을 이용한 셀 중심과 셀 에지 사이 총 대역폭의 구분이 다음과 같이 주어진다.

$$bw_{Total} = bw_{FR} + 3bw_{PR},$$

[0063] 수학식(12)

[0064] 여기서 bw_{Total} 은 FR (bw_{FR}) 및 PR (bw_{PR}) 영역으로 분할되는 총 대역폭을 나타낸다. β_{FR}과 α_{PR}는 각각 정규화된 FR 및 PR 대역을 나타낸다.

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

[0065] 수학식(13)

$$\alpha_{PR} = bw_{PR} / bw_{Total}, \quad \text{with} \quad \alpha_{PR} \in [0, \frac{1}{3}].$$

[0066] 수학식(14)

$$\tau_{FR,\rho,\beta_{FR}}(x,y) = \frac{\beta_{FR}}{A_{FR}(\rho)} \log_2\left[1 + \gamma_{FR}(x,y)\right].$$

[0067] 수학식(15)

$$\tau_{PR,\rho,\alpha_{PR}}(x,y) = \frac{\alpha_{PR}}{A_{PR}(\rho)} \log_2\left[1 + \gamma_{PR}(x,y)\right].$$

[0068] 수학식(16)

[0069] 여기서 ρ는 분할 경계, $A_{FR}(\rho)$과 $A_{PR}(\rho)$은 각각 FR과 PR 영역을 나타낸다.

[0070] 위의 대역 분할은 지속적인 네트워크 로딩 상황에서만 유효하며, 3개의 LTE 네트워크의 중복 시나리오에서는 적합하지 않다.

[0072] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 동적 ICIC를 위한 대역폭 분할을 설명하기 위한 도면이다.

[0073] 종래의 FFR이 부적합한 주된 이유는 다층 구조 공공 안전망에 대한 자체 업무상 중요한 서비스 요건을 가지고 있는 U(U_P, U_R, U_M 등)의 여러 가지 유형 때문이다. 따라서, 각 부문 사용자의 QoS 요건이 다양하다는 것은 명백하다. 즉, 어떤 부문에서는 추가 대역폭을 필요로 하는 반면, 동일한 전송 시간 간격 동안 다른 부문에서는 일정한 대역폭을 요구하지 않는다. 이것은 상당한 대역폭 손실을 초래할 것이다. 따라서, 중첩된 공공 안전망에 대한 사용자의 트래픽 상황에 따라 대역폭을 효율적으로 할당하는 동적 FFR 체계를 채택한다. FR 영역의 경우, BW는 bw_F로 표기되는 반면, PR 영역의 BW는 도 3과 같이 $bw_{P\alpha}$, $bw_{P\beta}$ 및 $bw_{P\gamma}$로 정의된다. 더욱이, 위기임무 사용자가 더 많은 자원을 필요로 하는 특정 분야의 제한된 주파수 문제에 쉽게 대처할 수 있는 보너스 대역폭(BBW)의 개념을 이용한다. BBW의 아이디어를 사용하는 핵심 목적은 보다 미션 크리티컬한 U로 여분의 대역동적 제공하는 것이다. 전체 대역폭을 BBW에 할당하면 셀 영역을 FR과 PR 영역으로 분리하는 실제 목표(동일 채널 간섭 완화)가 달성되지 않는다는 점에 유의해야 한다. 그래서, 처음에 기지국은 대역폭을 다음과 같이 일곱 부분으로 나눈다.

$$bw_{Total} = \underbrace{\underbrace{bw_F + \underbrace{bw_{B\alpha} + bw_{B\beta} + bw_{B\gamma}}_{\text{Bonus Band}}}_{\text{FR Band}} + \underbrace{bw_{P\alpha} + bw_{P\beta} + bw_{P\gamma}}_{\text{PR Band}}}.$$

[0074] 수학식(17)

[0075] 처음에 FR 구역과 PR 구역은 각각 BBW와 세 부분(동일하게 분포)을 포함하여 총 대역폭의 네 부분을 포함한다. PR 영역에서 대역폭의 동일한 분할은 다음 수학식으로 표시된다.

$$bw_{PR_\alpha} = bw_{PR_\beta} = bw_{PR_\gamma} = \frac{1}{3}(1 - \beta_{FR})bw_{Total}.$$

[0076] 수학식(18)

[0077] 다음의 SINR 임계값 ($\gamma_{Threshold}$)을 사용하여 FR 및 PR 영역에 속하는 사용자를 구분할 수 있다.

$$\begin{cases} \gamma_i < \gamma_{Threshold} & UE_i \in \text{PR Zone} \\ \gamma_i > \gamma_{Threshold} & UE_i \in \text{FR Zone} \end{cases}$$

[0078] 수학식(19)

[0079] 위기임무 사용자의 QoS 요구가 PR 영역에서 증가하면 FR 영역은 축소되고, 그 반대의 경우도 마찬가지일 것이다. FR 및 PR 영역의 개선 또는 감소는 종래기술에서 언급된 세부사항에 따라 달라진다. 초기에는 FR 영역에 BBW가 포함되어 있지만, PR 영역에서 위기임무 사용자의 QoS 요구가 증가하면, BBW는 그에 따라 PR 영역의 일부가 된다. BBW로 간주되는 사람들은 FR 영역에서 제외되고 요구가 많은 PR 영역에 할당된다. 이것은 또한 동일 채널 간섭과 아웃티지의 현저한 감소를 달성한다.

[0080] 데이터율은 다음과 같이 BBW 할당 후 FR 및 PR 영역에 대해 계산된다.

$$\tau^{\lambda}_{A(\mathrm{FR}),\rho,\beta^{\lambda}_{\mathrm{FR}}(\rho)}(x,y) = \frac{\beta^{\lambda}{}_{\mathrm{FR}}(\rho)}{A_{\mathrm{FR}}(\rho)} \log_2\left[1+\gamma_{\mathrm{FR}}(x,y)\right],$$

[0081] 수학식(20)

$$\tau^{\lambda}_{X,\rho,\alpha^{\lambda}_{\mathrm{PR}}(\rho)}(x,y) = \frac{\alpha_X{}^{\lambda}{}_{\mathrm{PR}}(\rho)}{A_{\mathrm{PR}}(\rho)} \log_2\left[1+\gamma_{\mathrm{PR}}(x,y)\right],$$

[0082] 수학식(21)

[0083] 여기서 $\tau^{\lambda}_{A(\mathrm{FR}),\rho,\beta^{\lambda}_{\mathrm{FR}}}(x,y)$ 와 $\tau^{\lambda}_{X,\rho,\alpha^{\lambda}_{\mathrm{PR}}}(x,y)$ 는 각각 FR과 PR 영역의 데이터율을 나타낸다.

[0084] 3개의 LTE 네트워크(PS-LTE, LTE-R, LTE-M)의 다층 구조 시나리오는 매크로 셀이 겹치는 독특한 이종 네트워크(즉, 사업자에 의해 기지국이 배치된다)이다. 또한 세 가지 유형의 사용자(U_P, U_R, U_M)가 고려된다. U_P 와 U_M 은 무작위로 분산되지만, U_R 은 LTE-R 기지국 사이에 놓인 트랙을 가로로 이동하며, 인접 eNB로부터 더 높은 간섭력을 받는다. 이 시나리오를 고려하여, 본 발명에서는 PS-LTE와 LTE-M 네트워크에서 LTE-R 네트워크에 대한 간섭을 제거하기 위해 미션 크리티컬 UR 우선순위 기반 동적 ICIC(MCU_RP -ICIC)를 적용한다. U_R 은 더 높은 미션 크리티컬 요구사항을 가지고 있기 때문에, 안전하고 신뢰할 수 있는 무선 통신 서비스를 제공할 필요가 있다. 따라서, 미션 크리티컬 사용자에게 추가 대역을 동적으로 할당하는 것은 FFR 체계에 BBW 아이디어를 적용하는 기본적인 목적이다. MCU_RP- ICIC 체계 구현 절차의 세부사항은 알고리즘 3에서 설명한다.

ALGORITHM 3. IMPLEMENTATION OF MCU$_R$P-ICIC–BASED RESOURCE ALLOCATION.

Initialization $x \leftarrow 0$

FR band: $bw_F + bw_{B\alpha} + bw_{B\beta} + bw_{B\gamma} = \beta bw_{Total}$

PR band: $bw_{PR_\alpha} = bw_{PR_\beta} = bw_{PR_\gamma} = \frac{1}{3}(1-\beta_{FR})bw_{Total}$

while $x \leftarrow 1,\ x_{max}$ **do**

Band Allocation $(\alpha / \beta / \gamma)$

UE Identification $\begin{cases} \gamma_i < \gamma_{Threshold} & UE_i \in \text{PR Zone} \\ \gamma_i > \gamma_{Threshold} & UE_i \in \text{FR Zone} \end{cases}$

if traffic demand of PR zone X is getting high **then**

$(X = \alpha, \beta \text{ or } \gamma)$

eNB check the bonus set bw_{BX} for free available BBW.

allocate the bonus band to the PR zone X.

else

wait for BBW until

if any other PR zone traffic demands decrease **and**

any bonus band is released **then**

allocate the bonus band to the PR zone X.

elseif no

PR zone traffic is decreased **and**

no more need for BBW **then**

allocate the bonus band to the PR zone X.

end

end

end

[0085]

[0087] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 다층 구조의 차세대 공공안전통신망을 위한 위기임무 사용자 우선권 기반 협력 자원 할당 장치의 구성을 나타내는 도면이다.

[0088] 다층 구조의 차세대 공공안전통신망을 위한 위기임무 사용자 우선권 기반 협력 자원 할당 장치(400)는 CoMP 스케줄러(410) 및 자원 할당부(420)를 포함한다.

[0089] CoMP 스케줄러(410) 및 CoMP를 필요로 하는 사용자와 해당 공격자 eNB를 식별하여, CoMP 세트에 저장한다.

[0090] 자원 할당부(420)는 LTE-R 네트워크에서의 CoMP 사이트(SR) 공격자 eNB에 대하여 LTE-R 네트워크의 사용자(UR)에 대한 스케줄링을 결정하는 고, PS-LTE 및 LTE-M 네트워크에서의 각 CoMP 사이트 내의 나머지 사용자(UP 및 UM)에 대한 스케줄링을 경쟁 규칙에 따라 결정한다.

[0091] CoMP 스케줄러(410)는 협력 스케줄링을 위해 CoMP 스케줄러를 통해 CoMP를 필요로 하는 사용자와 해당 공격자 eNB를 식별하고, 상기 사용자의 ID 및 가장 간섭하는 공격자 eNB를 CoMP 세트에 저장하고, 협력 스케줄링을 위한 참여 공격자 eNB는 신호 대 간섭 비율 임계값 메트릭을 사용하여 결정한다.

[0092] 자원 할당부(420)는 LTE-R 네트워크의 사용자(U_R)가 CoMP를 필요로 하는 경우, 공격자 eNB는 LTE-R 네트워크의 사용자(U_R)에 의해 점유된 PRB를 뮤트하고, LTE-R 네트워크의 사용자(U_R)가 CoMP를 필요로 하지 않는 경우, 다른 eNB가 LTE-R 네트워크의 사용자(U_R)에 의해 점유된 PRB를 스케줄링한다.

[0093] 자원 할당부(420)는 CoMP 스케줄러를 통해 자원을 할당하기 위해 PF 절차에 따라 스케줄링을 결정할 때, eNB를 무작위로 선택한다.

[0094] 본 발명의 실시예들에 따르면 CS CoMP는 세 개의 LTE 공공 안전 네트워크(PS-LTE, LTE-R 및 LTE-M) 사이에서 구

현됨으로써 인접 간섭 기지국을 변경하여 셀-에지 사용자 성능을 향상시킬 수 있다. 이것은 공존하는 차세대 공공 안전 네트워크를 위한 시스템 처리량의 엄청난 향상을 달성한다. RAN 공유 환경에서 CS CoMP와 함께 ICIC를 채택함으로써 공존하는 PS-LTE, LTE-R 및 LTE-M 네트워크에 대해 최상의 간섭 및 아웃티지 성능을 달성할 수 있다.

[0096] 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.

[0097] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치에 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

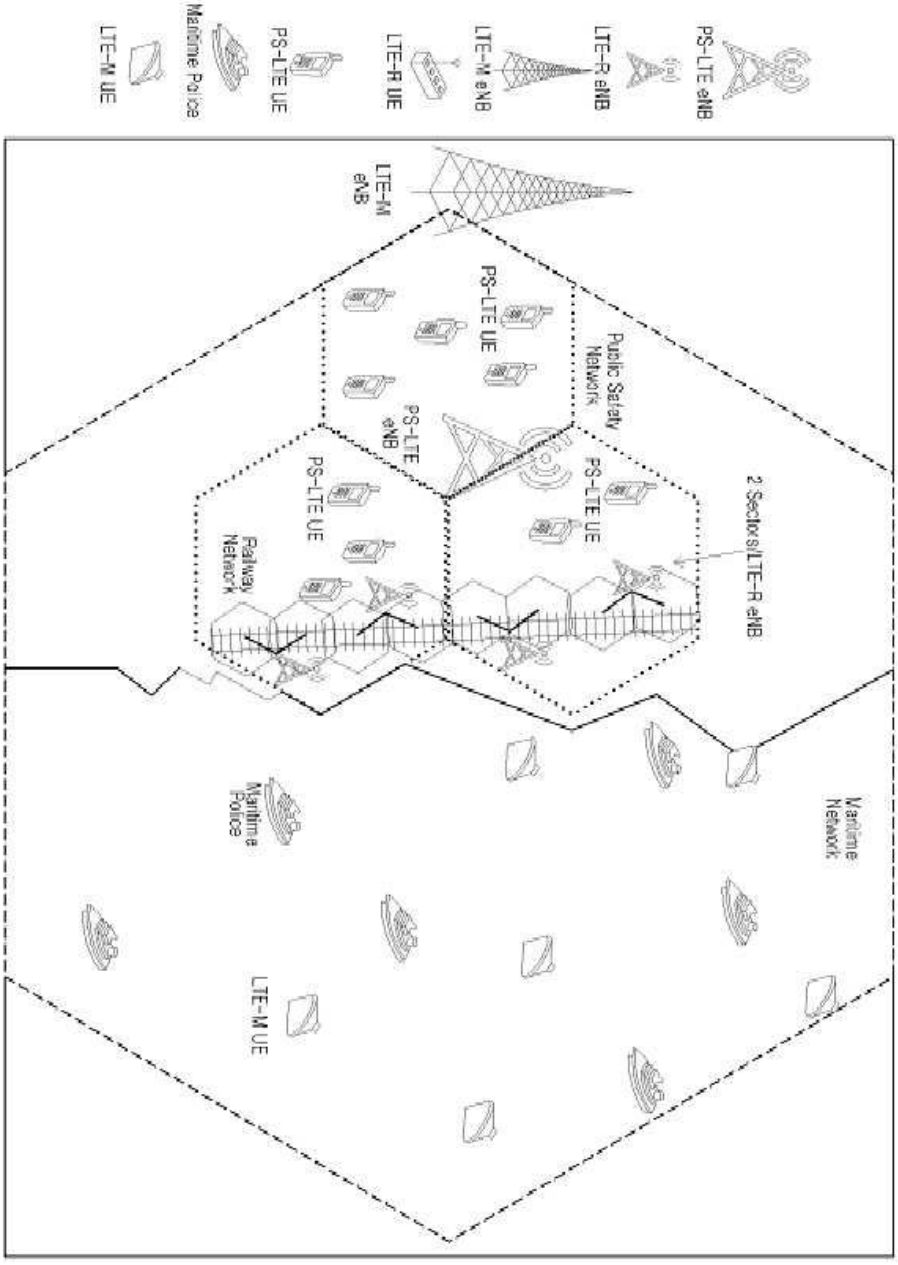
[0098] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic 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.

[0099] 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.

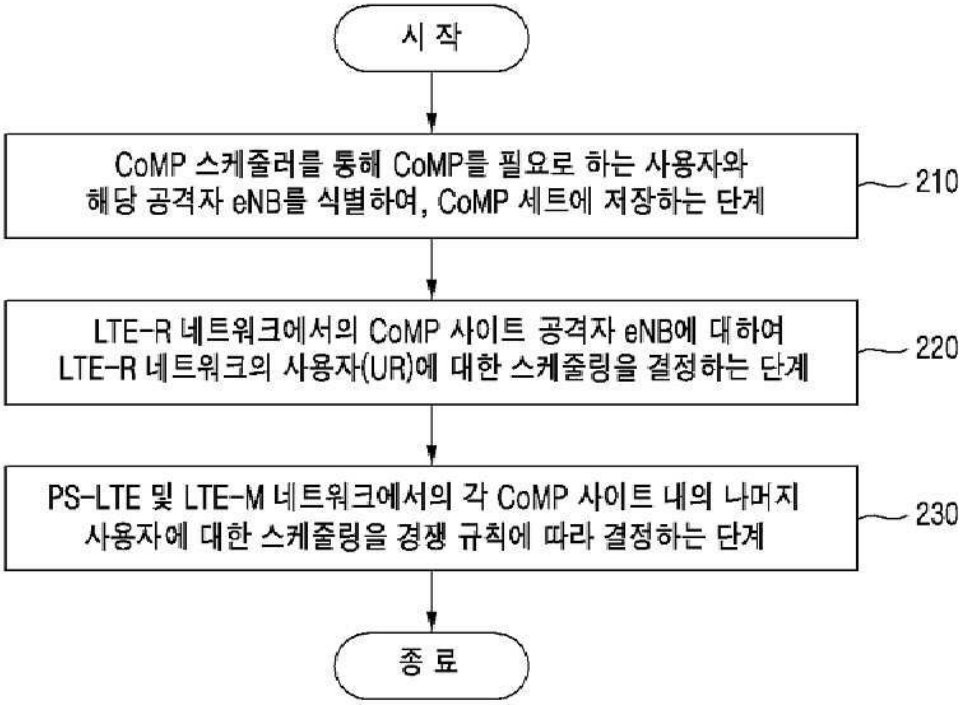
[0100] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

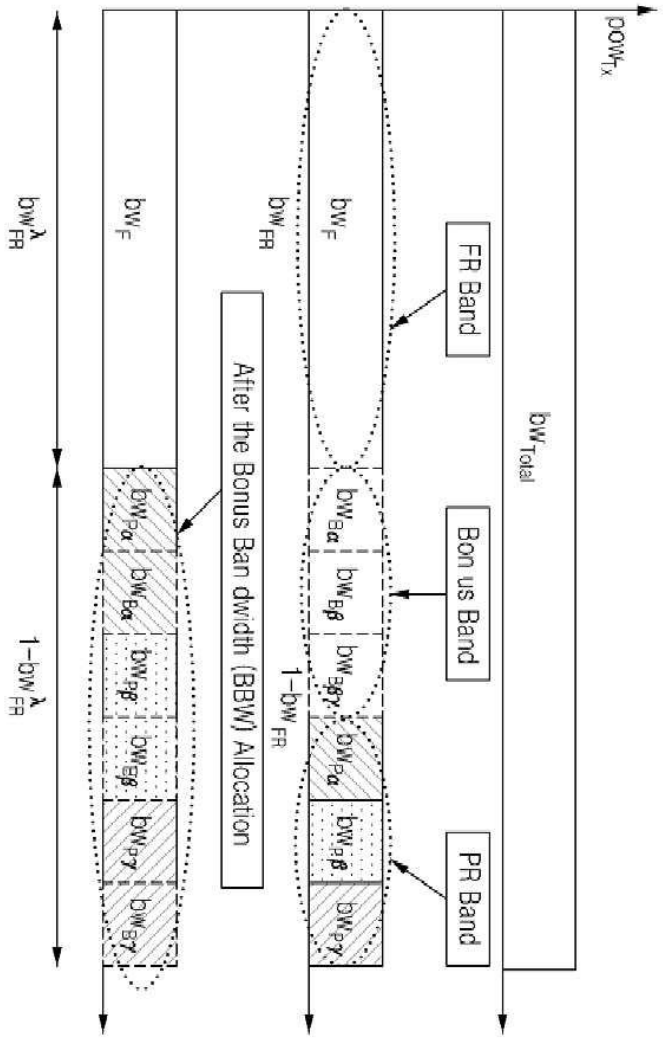
도면1


PS-LTE eNB
LTE-R eNB
LTE-M eNB
LTE-R UE
PS-LTE UE
Maritime Police
LTE-M UE
LTE-M eNB
PS-LTE UE
Public Safety Network
PS-LTE eNB
PS-LTE UE
PS-LTE UE
Railway Network
2 Sectors/LTE-R eNB
Maritime Police
Maritime Network
LTE-M UE

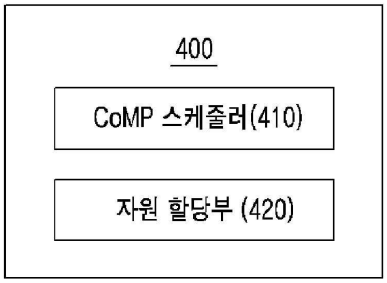
도면2


시 작
CoMP 스케줄러를 통해 CoMP를 필요로 하는 사용자와
해당 공격자 eNB를 식별하여, CoMP 세트에 저장하는 단계
210
LTE-R 네트워크에서의 CoMP 사이트 공격자 eNB에 대하여
LTE-R 네트워크의 사용자(UR)에 대한 스케줄링을 결정하는 단계
220
PS-LTE 및 LTE-M 네트워크에서의 각 CoMP 사이트 내의 나머지
사용자에 대한 스케줄링을 경쟁 규칙에 따라 결정하는 단계
230
종 료

도면3


pow_Tx
bw_Total
FR Band
Bon us Band
PR Band
After the Bonus Ban dwidth (BBW) Allocation
bw_F
bw_FR
1-bw_FR
bw_FR^λ
1-bw_FR^λ
bw_Bα
bw_Bβ
bw_Bγ
bw_Pα
bw_Pβ
bw_Pγ

도면4


400
CoMP 스케줄러(410)
자원 할당부 (420)