



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0039993  
(43) 공개일자 2020년04월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04W 74/08 (2019.01)

(52) CPC특허분류

H04W 74/0875 (2013.01)

H04W 74/085 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0119666

(22) 출원일자 2018년10월08일

심사청구일자 2018년10월08일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)

(72) 발명자

장경희

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

아마드 이쉬티아크

인천광역시 미추홀구 재념이길39번길 11, 비02호(학익동, 대청빌라)

(74) 대리인

양성보

전체 청구항 수 : 총 6 항

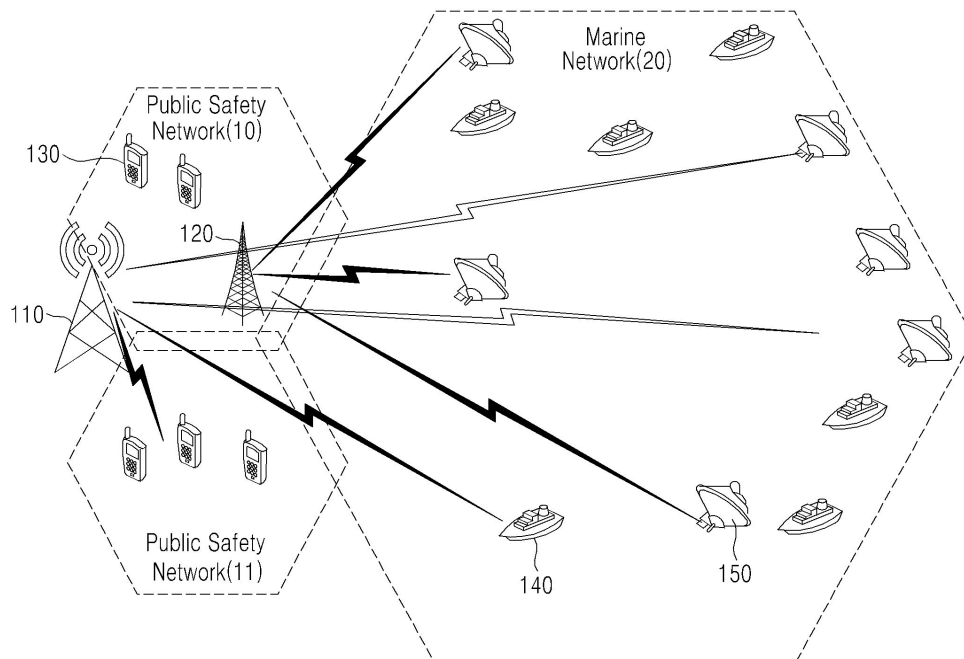
(54) 발명의 명칭 공존하는 PS-LTE 및 LTE-M 네트워크의 충돌 해결을 위한 미션 크리티컬 사용자의 우선순위 기반 랜덤 액세스 방법 및 장치

(57) 요약

공존하는 PS-LTE 및 LTE-M 네트워크의 충돌 해결을 위한 미션 크리티컬 사용자의 우선순위 기반 랜덤 액세스 방법 및 장치가 제시된다. 일 실시예에 따른 미션 크리티컬 사용자의 우선순위 기반 랜덤 액세스 방법은, PS-LTE 네트워크와 LTE-M 네트워크가 공존하는 네트워크 환경에서, 기지국에서 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯의 할당을

(뒷면에 계속)

대표도



위해 시스템 정보 블록 2의 일부로 정보를 브로드캐스팅하는 단계; 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)의 수가 미리 정의된 임계값보다 큰 경우, 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯으로 비상 슬롯을 선택하여 랜덤 액세스 절차 동안 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)을 처리하는 단계; 및 상기 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)의 수가 미리 정의된 임계값보다 작은 경우, 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯으로 일반 슬롯을 선택하여 사용자 단말(UE)을 처리하는 단계를 포함하고, 프리앰블(Preamble) 충돌의 방지를 위해 설정에 따라 상기 기지국에서 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯을 할당할 수 있다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

|          |                                        |
|----------|----------------------------------------|
| 과제고유번호   | 1711065493 (세부과제번호:2017-0-00316-002)   |
| 부처명      | 과학기술정보통신부                              |
| 연구관리전문기관 | 정보통신기술진흥센터                             |
| 연구사업명    | 방송통신산업기술개발사업                           |
| 연구과제명    | [IITP-Ezbaro] 차세대 공공안전통신 원천기술 연구(2차년도) |
| 기 여 율    | 1/1                                    |
| 주관기관     | 인하대학교 산학협력단                            |
| 연구기간     | 2018.01.01 ~ 2018.12.31                |

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

PS-LTE(LTE-based Public Safety) 네트워크와 LTE-M(LTE-based Marine) 네트워크가 공존하는 네트워크 환경에서, 기지국에서 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯의 할당을 위해 시스템 정보 블록(System Information Block, SIB) 2의 일부로 정보를 브로드캐스팅하는 단계;

미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)의 수가 미리 정의된 임계값보다 큰 경우, 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯으로 비상 슬롯을 선택하여 랜덤 액세스 절차 동안 미션 크리티컬의 높은 우선순위(Mission Critical High Priority, MCHP) 사용자 단말(UE)을 처리하는 단계; 및

상기 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)의 수가 미리 정의된 임계값보다 작은 경우, 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯으로 일반 슬롯을 선택하여 사용자 단말(UE)을 처리하는 단계

를 포함하고,

프리앰블(Preamble) 충돌의 방지를 위해 설정에 따라 상기 기지국에서 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯을 할당하는 것을 특징으로 하는, 미션 크리티컬 사용자의 우선순위 기반 랜덤 액세스 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯의 할당을 위해 시스템 정보 블록 2의 일부로 정보를 브로드캐스팅하는 단계는,

사용자 단말(UE)이 랜덤 액세스 절차를 시작할 때마다, 랜덤 액세스 채널(RACH) 구성을 포함하는 상기 시스템 정보 블록 2(SIB2)를 수신했는지 여부를 확인하는 단계; 및

상기 사용자 단말(UE)이 상기 시스템 정보 블록 2(SIB2)를 수신한 경우, 현재 슬롯 통계에 기초하여 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯의 할당을 위해 상기 시스템 정보 블록 2(SIB2)의 일부로서 정보를 브로드캐스팅하는 단계

를 포함하는, 미션 크리티컬 사용자의 우선순위 기반 랜덤 액세스 방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯의 할당을 위해 시스템 정보 블록 2의 일부로 정보를 브로드캐스팅하는 단계는,

상기 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯의 특정 패턴에 따라 상기 비상 슬롯을 위한 상기 시스템 정보 블록 2(SIB2)에 1 비트를 삽입하여, 비상 플래그를 1로 표시하는 단계;

각각의 상기 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯 내 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)에 대해 최소 2 개의 프리앰블(Preamble)을 예약하는 단계; 및

상기 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)들에 대한 랜덤 액세스 프리앰블 풀은 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯 통계에 기초하여 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯에서 업데이트되는 단계

를 포함하는, 미션 크리티컬 사용자의 우선순위 기반 랜덤 액세스 방법.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)의 프리앰블 할당 조건을 설정하는 단계

를 더 포함하고,

상기 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)의 프리앰블 할당 조건을 설정하는 단계는,

상기 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)들의 수에 대한 미리 정의된 임계값보다 랜덤 액세스에서 성공한 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)들의 수가 많은 경우를 판단하는 프리앰블 할당 조건을 설정하는 것

을 특징으로 하는, 미션 크리티컬 사용자의 우선순위 기반 랜덤 액세스 방법.

## 청구항 5

PS-LTE(LTE-based Public Safety) 네트워크와 LTE-M(LTE-based Marine) 네트워크가 공존하는 네트워크 환경에서, 기지국에서 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯의 할당을 위해 시스템 정보 블록 2의 일부로 정보를 브로드캐스팅하는 브로드캐스팅부;

미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)의 수가 미리 정의된 임계값보다 큰 경우, 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯으로 비상 슬롯을 선택하여 랜덤 액세스 절차 동안 미션 크리티컬의 높은 우선순위(Mission Critical High Priority, MCHP) 사용자 단말(UE)을 처리하는 비상 슬롯부; 및

상기 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)의 수가 미리 정의된 임계값보다 작은 경우, 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯으로 일반 슬롯을 선택하여 사용자 단말(UE)을 처리하는 일반 슬롯부

를 포함하고,

프리앰블(Preamble) 충돌의 방지를 위해 설정에 따라 상기 기지국에서 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯을 할당하는 것을 특징으로 하는, 미션 크리티컬 사용자의 우선순위 기반 랜덤 액세스 장치.

## 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)의 프리앰블 할당 조건을 설정하는 프리앰블 할당 조건 설정부

를 더 포함하고,

상기 프리앰블 할당 조건 설정부는,

상기 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)들의 수에 대한 미리 정의된 임계값보다 랜덤 액세스에서 성공한 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)들의 수가 많은 경우를 판단하는 프리앰블 할당 조건을 설정하는 것

을 특징으로 하는, 미션 크리티컬 사용자의 우선순위 기반 랜덤 액세스 장치.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001]

아래의 실시예들은 공존하는 PS-LTE 및 LTE-M 네트워크의 충돌 해결을 위한 미션 크리티컬 사용자의 우선순위 기반 랜덤 액세스 방법 및 장치에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002]

현대의 셀룰러 네트워크에서 이동국은 랜덤 액세스 채널(Random Access Channel, RACH)을 사용해 요청을 전송하고 연결을 설정하여 네트워크에 대한 초기 액세스를 수행한다. 일반적으로 사용자 단말(UE)과 기지국(BS) 간의 랜덤 액세스(Random Access, RA) 절차에는 네 종류의 메시지 응답 확인 방식(handshake) 또는 단계가 있다. 네 가지 메시지는 프리앰블(Preamble) 전송(UE to eNB), 랜덤 액세스 응답(eNB to UE), 연결 요청(UE to eNB) 및 연결 설정(eNB to UE)이다. 여기서, eNB는 PS-LTE 기지국이 될 수 있다. 공유 전송 리소스의 교환은 처음 2 개의 메시지에서 발생하며, 한편 나머지 2 개의 메시지에서 전용 논리적 채널(특히, 사용자 단말(UE)의 경우)의 교환이 수행된다. 랜덤 액세스 시도는 이들 4 개의 메시지 교환이 성공적으로 이루어졌을 때 완료된다. 3GPP

LTE 시스템에서 랜덤 액세스(RA)는 데이터 전송을 위한 주요 단계이다.

[0003] 3GPP-LTE 시스템에서 업 링크(Up-Link, UL)가 동기화되지 않을 때, contention 기반 랜덤 액세스는 네트워크에 대한 초기 액세스, RRC(Radio Resource Connection) 복구, 데이터 전송 및 위치 식별과 같은 세 가지 경우에 발생한다. contention 기반 RA 절차는 슬롯화된 ALOHA(비특허문헌 1)를 기반으로 한다. 여기서 모든 사용자 단말(UE)은 첫 번째 액세스 가능한 RA 슬롯(slot)에 프리앰블을 보낸다. 3GPP LTE 시스템에서, 랜덤 액세스 채널(RACH) 관리는 특히나 불규칙하고 방대한 사용자 단말(UE) 전송으로 인해 랜덤 액세스 채널(RACH) 과부하가 발생할 때 매우 어려운 작업이다. 이것은 사용자 단말(UE)이 기지국(BS)으로부터 채널 액세스를 요구하여 공유 채널을 통해 랜덤하게 선택된 프리앰블을 전송하는 경우를 의미한다.

[0004] 3GPP LTE 시스템에서 랜덤 액세스 프리앰블의 수는 제한되어 있으므로, 충돌로 간주되는 다수의 사용자 단말(UE)에서 동일한 프리앰블을 선택할 가능성이 높다. 게다가, 만일 방대한 사용자 단말(UE)이 짧은 시간 안에 랜덤 액세스 채널(RACH)에 접속을 시도한다면 충돌 빈도가 높아져 액세스 지연이 더 길어질 것이다.

[0005] 이러한 랜덤 액세스 채널(RACH) 과부하 문제를 해결하기 위해, 수많은 해법이 제안되었다. 일반적으로, 랜덤 액세스 방식은 랜덤 액세스 채널(RACH)의 효율적인 사용(즉, 성공적인 전송 시도 개선, 프리앰블 충돌 감소 등)에 초점을 맞춘다. 가이드라인은 랜덤 액세스 채널(RACH) 성공 시도를 최대화하고, 충돌 확률을 줄이며, 액세스 지연을 최소화하는 것이다. 기존의 많은 제안에서 사용자가 일부 확률에 기초하여 랜덤 액세스 채널(RACH)에 액세스하는 것을 방지하기 위해 액세스 확률이 브로드캐스트 된다. 여기서 주요 목표는 최적의 액세스 확률의 결정이다. 그러나 일부 연구는 접근 시도 도착 속도를 제한하는 충돌 회피 방식을 제안했다. 이렇게 하면 액세스 지연 시간이 길어져 사용자의 QoS(서비스 품질) 요구 사항이 충족되지 않을 수 있다. 또한, 미션 크리티컬 우선순위 사용자의 리소스 관리 문제를 해결하기 위해 많은 제안이 있었지만, 기존의 기술에서는 공존하는 PS-LTE와 LTE-M 네트워크에 대한 랜덤 액세스 절차 중에 미션 크리티컬 사용자의 요구사항을 처리하는 제안은 없었다.

[0006] 이와 같이, 랜덤 액세스 채널(Random Access Channel, RACH)은 사용자 단말(User Equipments, UE)과 네트워크 사이의 연결을 설정하도록 설계되었으나, 현재의 롱텀 에볼루션(Long-Term Evolution, LTE) 표준은 랜덤 액세스 채널(RACH) 리소스를 대규모 사용자 단말(UE) 연결에 제공하는 데 한계가 있다. 다수의 사용자 단말(UE)에 동시에 연결 요청을 보낸다면, 시스템 성능을 저하시키는 프리앰블 충돌과 상당한 액세스 지연이 발생한다. 이러한 과부하를 제어하기 위한 많은 이전의 연구들이 있었으나, 공존하는 LTE 기반 공공 안전(LTE-based Public Safety, PS-LTE) 네트워크와 LTE 기반 해양(LTE-based Maritime, LTE-M) 네트워크(network)에 대한 미션 크리티컬의 높은 우선순위(Mission Critical High Priority, MCHP) 사용자 단말(UE)에 대한 랜덤 액세스 채널(RACH) 과부하 문제를 해결하기 위한 연구는 없었다.

[0007] 따라서 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자가 존재할 때, 랜덤 액세스 절차에서 사용자 단말(UE) 초기 액세스 문제를 해결하려면 막대한 관심과 실질적인 연구가 시급히 필요하다.

## 선행기술문헌

### 비특허문헌

[0008] (비특허문헌 0001) S. Ali, E. Hossain, and D. Kim, "LTE/LTE-A random access for massive machine-type communications in smart cities," IEEE Communications Magazine, vol. 55, no. 1, pp: 76 - 83, Jan. 2017.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0009] 실시예들은 공존하는 PS-LTE 및 LTE-M 네트워크의 충돌 해결을 위한 미션 크리티컬 사용자의 우선순위 기반 랜덤 액세스 방법 및 장치에 관하여 기술하며, 보다 구체적으로 PS-LTE와 LTE-M 네트워크들이 공존할 수 있도록 효율적인 미션 크리티컬 사용자 우선순위 랜덤 액세스 기술을 제공한다.

[0010] 또한, 실시예들은 다중 사용자 단말(UE)이 PS-LTE 네트워크와 LTE-M 네트워크의 네트워크 공존을 위한 액세스를 시도할 때, 프리앰블(Preamble) 충돌의 방지를 위해 RA 프리앰블을 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)에 효율적으로 할당할 수 있는 공존하는 PS-LTE 및 LTE-M 네트워크의 충돌 해결을 위한 미션 크리티

컬 사용자의 우선순위 기반 랜덤 액세스 방법 및 장치를 제공하는데 있다.

## 과제의 해결 수단

- [0011] 일 실시예에 따른 미션 크리티컬 사용자의 우선순위 기반 랜덤 액세스 방법은, PS-LTE 네트워크와 LTE-M 네트워크가 공존하는 네트워크 환경에서, 기지국에서 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯의 할당을 위해 시스템 정보 블록(System Information Block, SIB) 2의 일부로 정보를 브로드캐스팅하는 단계; 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)의 수가 미리 정의된 임계값보다 큰 경우, 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯으로 비상 슬롯을 선택하여 랜덤 액세스 절차 동안 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)을 처리하는 단계; 및 상기 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)의 수가 미리 정의된 임계값보다 작은 경우, 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯으로 일반 슬롯을 선택하여 사용자 단말(UE)을 처리하는 단계를 포함하고, 프리앰블(Preamble) 충돌의 방지를 위해 설정에 따라 상기 기지국에서 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯을 할당할 수 있다.
- [0012] 또한, 상기 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯의 할당을 위해 시스템 정보 블록 2의 일부로 정보를 브로드캐스팅하는 단계는, 사용자 단말(UE)이 랜덤 액세스 절차를 시작할 때마다, 랜덤 액세스 채널(RACH) 구성을 포함하는 상기 시스템 정보 블록 2(SIB2)를 수신했는지 여부를 확인하는 단계; 상기 사용자 단말(UE)이 상기 시스템 정보 블록 2(SIB2)를 수신한 경우, 현재 슬롯 통계에 기초하여 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯의 할당을 위해 상기 시스템 정보 블록 2(SIB2)의 일부로서 정보를 브로드캐스팅하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯의 할당을 위해 시스템 정보 블록 2의 일부로 정보를 브로드캐스팅하는 단계는, 상기 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯의 특정 패턴에 따라 상기 비상 슬롯을 위한 상기 시스템 정보 블록 2(SIB2)에 1 비트를 삽입하여, 비상 플래그를 1로 표시하는 단계; 각각의 상기 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯 내의 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)에 대해 최소 2 개의 프리앰블(Preamble)을 예약하는 단계; 및 상기 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)들에 대한 랜덤 액세스 프리앰블 풀(pool)은 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯 통계에 기초하여 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯에서 업데이트되는 단계를 포함할 수 있다.
- [0014] 또한, 상기 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)의 프리앰블 할당 조건을 설정하는 단계를 더 포함할 수 있다. 여기서, 상기 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)의 프리앰블 할당 조건을 설정하는 단계는, 상기 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)들의 수에 대한 미리 정의된 임계값보다 랜덤 액세스에서 성공한 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)들의 수가 많은 경우를 판단하는 프리앰블 할당 조건을 설정할 수 있다.
- [0015] 다른 실시예에 따른 미션 크리티컬 사용자의 우선순위 기반 랜덤 액세스 장치는, PS-LTE 네트워크와 LTE-M 네트워크가 공존하는 네트워크 환경에서, 기지국에서 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯의 할당을 위해 시스템 정보 블록 2의 일부로 정보를 브로드캐스팅하는 브로드캐스팅부; 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)의 수가 미리 정의된 임계값보다 큰 경우, 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯으로 비상 슬롯을 선택하여 랜덤 액세스 절차 동안 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)을 처리하는 비상 슬롯부; 및 상기 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)의 수가 미리 정의된 임계값보다 작은 경우, 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯으로 일반 슬롯을 선택하여 사용자 단말(UE)을 처리하는 일반 슬롯부를 포함하고, 프리앰블(Preamble) 충돌의 방지를 위해 설정에 따라 상기 기지국에서 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯을 할당할 수 있다.
- [0016] 상기 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)의 프리앰블 할당 조건을 설정하는 프리앰블 할당 조건 설정부를 더 포함하고, 상기 프리앰블 할당 조건 설정부는, 상기 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)들의 수에 대한 미리 정의된 임계값보다 랜덤 액세스에서 성공한 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)들의 수가 많은 경우를 판단하는 프리앰블 할당 조건을 설정할 수 있다.

## 발명의 효과

- [0017] 실시예들에 따르면 다중 사용자 단말(UE)이 PS-LTE 네트워크와 LTE-M 네트워크의 네트워크 공존을 위한 액세스를 시도할 때, 프리앰블(Preamble) 충돌의 방지를 위해 RA 프리앰블을 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)에 효율적으로 할당할 수 있는 공존하는 PS-LTE 및 LTE-M 네트워크의 충돌 해결을 위한 미션 크리티컬 사용자의 우선순위 기반 랜덤 액세스 방법 및 장치를 제공할 수 있다.
- [0018] 또한, 실시예들에 따르면 성공적인 랜덤 액세스 채널(RACH) 시도 횟수를 개선시키고, 충돌 횟수를 줄이며, PS-



LTE 네트워크와 LTE-M 네트워크의 공존에 따른 액세스 지연을 최소화하여 매우 잘 실행되는 공존하는 PS-LTE 및 LTE-M 네트워크의 충돌 해결을 위한 미션 크리티컬 사용자의 우선순위 기반 랜덤 액세스 방법 및 장치를 제공할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1은 일 실시예에 따른 공존하는 PS-LTE 및 LTE-M 네트워크를 위한 시스템 모델을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 2는 일 실시예에 따른 랜덤 액세스 슬롯을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3은 일 실시예에 따른 미션 크리티컬 사용자의 우선순위 기반 랜덤 액세스 방법을 나타내는 흐름도이다.
- 도 4는 일 실시예에 따른 미션 크리티컬 사용자의 우선순위 기반 랜덤 액세스 장치를 나타내는 블록도이다.
- 도 5는 일 실시예에 따른 성공적인 랜덤 액세스 채널(RACH) 시도와 총 사용자의 시간을 나타내는 도면이다.
- 도 6은 일 실시예에 따른 MCHP UE들에 대한 성공적인 RACH 시도 대 시간을 나타내는 도면이다.
- 도 7은 일 실시예에 따른 전체 사용자의 시간 대 충돌 시간을 나타내는 도면이다.
- 도 8은 일 실시예에 따른 MCHP UE들에 대한 충돌 대 시간의 수를 나타내는 도면이다.
- 도 9는 일 실시예에 따른 전체 UE들에 대한 최적의 MCHP  $UE_{threshold}$ 를 나타내는 도면이다.
- 도 10은 일 실시예에 따른 MCHP UE들에 대한 최적의 MCHP  $UE_{threshold}$ 를 나타내는 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 실시예들을 설명한다. 그러나, 기술되는 실시예들은 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 이하 설명되는 실시예들에 의하여 한정되는 것은 아니다. 또한, 여러 실시예들은 당해 기술분야에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 도면에서 요소들의 형상 및 크기 등은 보다 명확한 설명을 위해 과장될 수 있다.
- [0022] 본 발명에서는 PS-LTE 네트워크와 LTE-M 네트워크가 공존할 경우 충돌 해결을 위해 미션 크리티컬의 높은 우선순위 사용자 기반 랜덤 액세스(Mission Critical High Priority User-Based Random Access, MCHP-RA) 방식을 제안한다.
- [0023] 본 발명에 따르면 다중 사용자 단말(UE)이 PS-LTE 네트워크와 LTE-M 네트워크의 네트워크 공존을 위한 액세스를 시도할 때, 랜덤 액세스 프리앰블을 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)에 효율적으로 할당할 수 있다. PS-LTE 사용자 단말(UE)은 미션 크리티컬의 우선순위 사용자이므로, 초기 액세스 프로세스 동안 우선순위에 따라 채널 액세스를 제공해야 한다. 제안된 MCHP-RA 방식은 랜덤 액세스 프리앰블을 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)에 동적으로 할당하고, 활성화된 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 수에 따라 최적의 채널 액세스 기회를 제공한다. 아래에서는 사용자 단말(UE)을 간단히 사용자로 혼용하여 설명할 수 있다.
- [0024] 이와 관련하여, 얼마나 많은 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)이 현재의 랜덤 액세스 슬롯에 대한 성공적인 시도를 하였는지, 그리고 현재의 랜덤 액세스 슬롯의 통계에 따라 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)에 대한 임계치를 초과하는지를 알기 위해 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE) 임계치를 설정한다. 이 때, 다음 랜덤 액세스 슬롯을 위해 더 많은 프리앰블들을 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)들에 할당한다. 유사하게, 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)이 임계값보다 덜 활성화되면, 그에 따라 랜덤 액세스 프리앰블 할당이 줄어든다.
- [0025] 본 발명은 랜덤 액세스 채널(RACH) 과부하 문제를 최적의 방식으로 해결하고 랜덤 액세스 프리앰블을 할당하면서 미션 크리티컬 요구사항을 충족하는 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)을 다룬다. 더욱이, 제안된 MCHP-RA 방식은 두 개의 LTE 네트워크가 공존할 수 있는 최상의 방법이다. 예를 들어, 한국에서는 700 MHz 주파수 대역이 PS-LTE 네트워크에 할당되어 있지만, 동일한 대역이 LTE-M 네트워크에도 할당되어 있다. 따라서 제안된 MCHP-RA 방식은 랜덤 액세스 절차 중에 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)을 보호하는 데 매우 효과적이다. 또한 성공적인 시도, 충돌 횟수 및 액세스 지연과 같은 성능 측정 기준을 제시하

여 제안된 MCHP-RA 방식을 분석하므로, 시뮬레이션 결과가 기존 방법과 비교하여 제안된 방식의 우수성을 검증한다.

[0026] 아래에서는 PS-LTE와 LTE-M 네트워크 공존을 위한 시스템 모델을 제공한다. 또한, 제안된 MCHP-RA 방식을 자세히 설명하고 그 성능을 평가한다.

[0028] 도 1은 일 실시예에 따른 공존하는 PS-LTE 및 LTE-M 네트워크를 위한 시스템 모델을 설명하기 위한 도면이다.

[0029] 도 1을 참조하면, 본 발명에서는 PS-LTE 네트워크와 LTE-M 네트워크가 공존하는 업 링크 시스템을 고려한다. 아래에서는 하나의 예를 들어 보다 구체적으로 설명한다.

[0030] PS-LTE 기지국(eNB)(110)과 LTE-M 기지국(eNB)(120)에 의해 PS-LTE 네트워크와 LTE-M 네트워크가 공존하는 업 링크 시스템에서, L 육각형 섹터( $L_p = 3$ )로 구성된 하나의 PS-LTE 사이트( $P = 1$ )(10, 11)와 L 육각형 섹터( $L_m = 2$ )로 구성된 하나의 LTE-M 사이트( $M = 1$ )(20)를 배치한다. PS-LTE 사이트(10, 11)에 대해서, 여기에서는 단지 두 개의 섹터를 고려하고, LTE-M 사이트(20)에 대해서는 하나의 섹터만 가정한다. 여기에서, PS-LTE 사용자 단말(130)은 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 ( $U_{MCHP}$ )로 불리는 소방관, 경찰, 해상 경찰(140) 등이 해당될 수 있다. 다른 한편, LTE-M 사용자 단말(150)은 여기에서 일반 사용자( $U_{NORMAL}$ )로 명명된 선박에 탑재된 라우터가 될 수 있다.

[0031] 여기에서는, PS-LTE 기지국(eNB)(110)을 기준으로, PS-LTE 기지국(eNB)(110)과 PS-LTE 사용자 단말(130) 사이와, PS-LTE 기지국(eNB)(110)과 해상 경찰(140) 사이에는 요구된 신호(desired signal)가 표시되고, PS-LTE 기지국(eNB)(110)과 LTE-M 사용자 단말(150) 사이에는 간섭 신호(interfering signal)가 표시될 수 있다. 또한, LTE-M 기지국(eNB)(120)을 기준으로, LTE-M 기지국(eNB)(120)과 LTE-M 사용자 단말(150) 사이에는 요구된 신호(desired signal)가 표시될 수 있다.

[0032] 공존하는 PS-LTE 및 LTE-M 네트워크는 전체 시스템 대역폭을 활용한다. 직교 주파수 도메인 다중 액세스(Orthogonal Frequency Domain Multiple Access, OFDMA)에서, 시간은 고정 길이 무선 프레임으로 분할된다. 각 프레임은 여러 개의 서브 프레임으로 더 나누어질 수 있다. 프리앰블 전송은 랜덤 액세스 슬롯으로 지정된 랜덤 액세스 절차를 위한 일부 서브 프레임으로 제한될 수 있다. LTE 시스템에서, 랜덤 액세스 리소스는 랜덤 액세스 기회(Random Access Opportunities, RAO)라고 불린다. 랜덤 액세스 기회(RAO)는 랜덤 액세스 슬롯에서 각각의 주파수 대역에 할당된 랜덤 액세스 프리앰블이다. 랜덤 액세스 슬롯에서, 총 랜덤 액세스 기회(RAO)는 각 주파수 대역에 할당된 프리앰블의 수와 주파수 대역의 수를 곱한 값과 동일하다. 명확성을 위해, 여기서는 단일 주파수 대역을 고려한다. 프리앰블과 랜덤 액세스 기회(RAO)라는 용어는 여기에서 상호교환적으로 사용될 수 있다. 따라서 사용자는 랜덤 액세스 슬롯에서 랜덤 액세스 기회(RAO)를 무작위로 선택하여 네트워크에 연결 요청을 전송한다.

[0033] 시간 슬롯이 인덱스( $i \geq 0$ )으로 표시되는 슬롯화된 랜덤 액세스 채널(RACH) 동작을 가정한다. 활성 사용자 ( $U_{MCHP} + U_{Normal} = U_{Active}$ )는 각각의 랜덤 액세스 슬롯  $i$ 에 대한 채널에 액세스하려고 시도한다. 기지국(eNB)은 각 랜덤 액세스 슬롯에서 R로 표시된 랜덤 액세스 기회(RAO)를 생성할 수 있다. 사용자는 R로 표시된 유효한 랜덤 액세스 기회(RAO) 중에서 랜덤 액세스 기회(RAO)를 무작위로 선택하여, 기지국(eNB)과 연결을 설정하기 위해 프리앰블을 전송할 수 있다. 사용자가 성공적인 시도를 얻으면, 랜덤 액세스 채널(RACH)을 통한 전송이 더 이상 발생하지 않는다. 반대로, 충돌을 경험한 사용자는 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯에서 전송할 것이다.

[0034] 공존하는 PS-LTE 및 LTE-M 네트워크의 일반적인 전송 모델은 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

[0035] [수학식 1]

$$\bar{U}_i = \langle U_i[MCHP\_UEs, Normal\_UEs] \rangle$$

[0037] 여기서,  $U_i[n]$ 은  $n \in (U_{MCHP}, U_{Normal})$ 과 함께 랜덤 액세스 슬롯  $i$ 에서 네트워크와의 연결을 설정하려고 시도하는 사용자 수를 나타낸다. 간략화를 위해 백 오프 윈도우를 무시하고, 모든 사용자가 각 랜덤 액세스 슬롯에서 송신한다고 가정한다(즉, 백 오프 없음). 따라서 접속을 설정하기 위해 참여하는 활성 사용자의 수는 총



돌 횟수와 성공적인 시도의 합계, 즉, 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

[수학식 2]

$$U_{i,C}[n] + U_{i,S}[n] = U_i[n] \quad \forall i \geq 0, n \in (U_{MCHP}, U_{Normal})$$

여기서,  $U_{i,C}[n]$  및  $U_{i,S}[n]$  는 각각 랜덤 액세스 슬롯 i에서의 충돌 횟수 및 성공적인 시도 횟수를 나타내는 랜덤 변수이다.

명확하게 하기 위해, PS-LTE와 LTE-M 네트워크의 공존하에 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯에서 실패 및 성공적인 시도에 대한 표현을 자세히 설명할 수 있으며, 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

[수학식 3]

$$U_{i,C}[n] + U_{i,S}[n] = \left\langle \sum_{n=1}^{U_{Active}} u_{i,C}(n) + \sum_{n=1}^{U_{Active}} u_{i,S}(n) \right\rangle = U_i[n]$$

$$\begin{cases} \forall i \geq 0, n \in (U_{MCHP}, U_{Normal}) \\ U_{Active} = U_{Total} = U_{MCHP} + U_{Normal} \end{cases}$$

여기서,  $U_{Active}$ 는 현재 랜덤 액세스 슬롯에서 네트워크와의 연결을 설정하려는 총 활성 사용자 수이다.

사용자는 임의로 선택한 프리앰블을 모든 사용자가 공유하는 공통 채널을 통해 전송할 수 있다. 동일한 프리앰블 ID를 가진 사용자는 액세스를 성공적으로 얻는 반면, 서로 상관된 프리앰블 ID가 있는 사용자는 실패로 기록된다. 단순화를 위해 본 시나리오에서 프리앰블 전송 단계만을 고려한다. 왜냐하면 랜덤 액세스 절차 동안 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)을 처리하는 것이 주된 관심사이기 때문이다. 따라서, 단계 1 (프리앰블 전송)을 완료한 사용자는 자신의 프리앰블 전송이 충돌되지 않고, 기지국(eNB)에 의해 검출되며, 랜덤 액세스 응답으로 표시된다(RARs). 따라서 응답 메시지가 백 오프 윈도우와 함께 공존하는 PS-LTE 및 LTE-M 네트워크에 대한 랜덤 액세스 절차의 나머지 단계를 수행하는 것을 무시한다.

무선 라디오 전파 모델은 다음 식과 같이 계산된 FSPL(Free Space Path Loss)로 구성될 수 있다.

[수학식 4]

$$FSPL = \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2$$

$$= \left( \frac{4\pi d}{c} \right)^2$$

여기서,  $\lambda$ 는 신호 파장(미터),  $f$ 는 신호 주파수(Hz),  $d$ 는 송신기로부터의 거리(미터),  $c$ 는 진공에서의 광속(초당 미터)이다.

아래에서는 충돌 해결을 위해 제안된 미션 크리티컬 우선순위 기반 랜덤 액세스 방식에 대해 자세히 설명한다. 제안된 방식의 세부 사항에 들어가기 전에 우선 랜덤 액세스 슬롯에 대해 설명한다.

도 2는 일 실시예에 따른 랜덤 액세스 슬롯을 설명하기 위한 도면이다.

도 2를 참조하면, 랜덤 액세스 슬롯은 물리적 랜덤 액세스 채널(Physical Random Access Channel, PRACH)이라고 하는 LTE 시스템의 물리적 리소스를 나타낸다. 도 2에 도시된 바와 같이, 일 실시예에 따르면 PS-LTE와 LTE-M 네트워크를 공존시키기 위해 일반 슬롯(normal slot)(210)과 비상 슬롯(emergency slot)(220)과 같은 2 가지 유형의 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯을 사용할 수 있다.

일반 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯(간단히, 일반 슬롯이라 함.) (210)은 3GPP에 의해 정의된 전형적인 랜덤 액세스 슬롯이다. 이는 일반 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯(210)이 3GPP LTE 기반 랜덤 액세스 절차를 계속한다는 것을 의미한다. 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯에서, 랜덤 액세스 프리앰블은 맵핑되어 기지국으로 송신된다. 랜덤

엑세스 채널(RACH) 슬롯은 주파수 도메인에서 6개의 리소스 블록을 포함하는 반면, 시간 도메인은 프리앰블 포맷에 대한 랜덤 액세스 채널(RACH) 커버리지에 의존한다.

- [0055] 3GPP는 4 개의 프리앰플 포맷을 명시한다. 즉, 프리앰플 포맷 0(지원 셀 사이즈: 15km), 프리앰플 포맷 1(지원 셀 사이즈: 75km), 프리앰플 포맷 2(지원 셀 사이즈: 30km), 프리앰플 포맷 3(지원 셀 100km가 넘는 크기)을 명시한다. 본 발명에서는 LTE-M 기지국의 커버리지 영역이 100km이기 때문에 프리앰플 포맷 3을 채택할 수 있다.
- [0056] 모든 64개의 프리앰블은 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯에 맵핑되며, 이는 기지국(eNB)이 각각의 랜덤 액세스 슬롯에서 R을 이용 가능한 랜덤 액세스 기회(RAO)를 예약한다는 것을 의미한다. 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯은 포맷 3(211)을 기반으로 하므로 각 일반 슬롯(210)의 지속 시간은 3ms이다.
- [0057] 비상 랜덤 액세스 슬롯(간단히, 비상 슬롯이라 함.)(220)은 PS-LTE 및 LTE-M 네트워크 공존을 위한 랜덤 액세스 절차 동안 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)을 처리하는 것이다.
- [0058] 시스템 정보 블록 2(SIB2)는 주기적으로 기지국(eNB)에 의해 브로드캐스팅되는 프리앰블 정보를 갖는다. 시스템 정보 블록 2(SIB2)의 일부는 RA 슬롯, 프리앰플 포맷, 프리앰플 구성 등과 같은 모든 랜덤 액세스 파라미터 정보를 담고 있다. 따라서, 기지국(eNB)은 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯을 할당하면서 프리앰블 할당할 수 있다.
- [0059] 다음의 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯에서의 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)에 대한 프리앰블 할당은 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯 통계에 기반을 두고 있다. 기지국(eNB)은 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)들에 대한 RA 프리앰블 인덱스를 나타내기 위해, 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯의 특정 패턴을 따르는 비상 슬롯(220)에 대해 시스템 정보 블록 2(SIB2)에 1 비트를 추가함으로써, 비상 플래그를 1(기본값은 0)로 표시한다. 비상 슬롯(220)은 또한 프리앰플 형식 3을 기반으로 하며 지속 시간은 최대 3ms이다. 도 2에 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)(221)들에 할당된 자원의 존재가 표시되어 있다.
- [0060] 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)의 수가 미리 정의된 임계값보다 커지면, 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)에 대한 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯(비상 슬롯(220)이라 함.)에서 더 많은 프리앰블이 예약된다. 이러한 방식으로, 랜덤 액세스 채널(RACH) 리소스를 할당하면서 미션 크리티컬 사용자에게 더 높은 우선순위를 제공할 수 있다.
- [0062] 아래에서는 랜덤 액세스 절차 중에 우선순위가 높은 미션 크리티컬 사용자들의 프리앰블 충돌을 보호하고 감소시키기 위해, MCHP-RA 방식을 제안한다.
- [0063] 도 3은 일 실시예에 따른 미션 크리티컬 사용자의 우선순위 기반 랜덤 액세스 방법을 나타내는 흐름도이다.
- [0064] 도 3을 참조하면, 일 실시예에 따른 미션 크리티컬 사용자의 우선순위 기반 랜덤 액세스 방법은, PS-LTE 네트워크와 LTE-M 네트워크가 공존하는 네트워크 환경에서, 기지국에서 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯의 할당을 위해 시스템 정보 블록 2의 일부로 정보를 브로드캐스팅하는 단계(S120), 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)의 수가 미리 정의된 임계값보다 큰 경우, 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯으로 비상 슬롯을 선택하여 랜덤 액세스 절차 동안 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)을 처리하는 단계(S140) 및 상기 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)의 수가 미리 정의된 임계값보다 큰 경우, 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯으로 일반 슬롯을 선택하여 사용자 단말(UE)을 처리하는 단계(S150)를 포함하고, 프리앰블(Preamble) 충돌의 방지를 위해 설정에 따라 상기 기지국에서 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯을 할당할 수 있다.
- [0065] 또한, 상기 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)의 프리앰블 할당 조건을 설정하는 단계(S110)를 더 포함할 수 있다.
- [0066] 이에 따라 프리앰블(Preamble) 충돌의 방지를 위해 설정에 따라 상기 기지국에서 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯을 할당하면서 프리앰블 할당할 수 있다. 일 실시예에 따른 미션 크리티컬 사용자의 우선순위 기반 랜덤 액세스 방법을 아래에서 하나의 예를 들어 설명하기로 한다.
- [0068] 일 실시예에 따른 미션 크리티컬 사용자의 우선순위 기반 랜덤 액세스 방법은 일 실시예에 따른 미션 크리티컬 사용자의 우선순위 기반 랜덤 액세스 장치를 이용하여 구체적으로 설명할 수 있다.

- [0069] 도 4는 일 실시예에 따른 미션 크리티컬 사용자의 우선순위 기반 랜덤 액세스 장치를 나타내는 블록도이다.
- [0070] 도 4를 참조하면, 일 실시예에 따른 미션 크리티컬 사용자의 우선순위 기반 랜덤 액세스 장치(400)는 브로드캐스팅부(420), 비상 슬롯부(430) 및 일반 슬롯부(440)를 포함하여 이루어질 수 있다. 또한 실시예에 따라 미션 크리티컬 사용자의 우선순위 기반 랜덤 액세스 장치(400)는 프리앰블 할당 조건 설정부(410)를 더 포함하여 이루어질 수 있다.
- [0071] 먼저, 단계(S110)에서, 프리앰블 할당 조건 설정부(410)는 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)의 프리앰블 할당 조건을 설정할 수 있다. 프리앰블 할당 조건 설정부(410)는 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)들의 수에 대한 미리 정의된 임계값보다 랜덤 액세스에서 성공한 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)들의 수가 많은 경우를 판단하는 프리앰블 할당 조건을 설정할 수 있다. 이러한 프리앰블 할당 조건은 아래에서 [수학식 5]를 참조하여 보다 구체적으로 설명하기로 한다.
- [0072] 단계(S120)에서, 브로드캐스팅부(420)는 PS-LTE 네트워크와 LTE-M 네트워크가 공존하는 네트워크 환경에서, 기지국에서 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯의 할당을 위해 시스템 정보 블록 2의 일부로 정보를 브로드캐스팅할 수 있다.
- [0073] 보다 구체적으로, 브로드캐스팅부(420)는 사용자 단말(UE)이 랜덤 액세스 절차를 시작할 때마다, 랜덤 액세스 채널(RACH) 구성을 포함하는 시스템 정보 블록 2(SIB2)를 수신했는지 여부를 확인할 수 있다. 이후, 사용자 단말(UE)이 시스템 정보 블록 2(SIB2)를 수신한 경우, 브로드캐스팅부(420)는 현재 슬롯 통계에 기초하여 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯의 할당을 위해 시스템 정보 블록 2(SIB2)의 일부로서 정보를 브로드캐스팅할 수 있다.
- [0074] 또한, 브로드캐스팅부(420)는 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯의 특정 패턴에 따라 비상 슬롯을 위한 시스템 정보 블록 2(SIB2)에 1 비트를 삽입하여, 비상 플래그를 1로 표시하고, 각각의 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯 내의 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)에 대해 최소 2 개의 프리앰블(Preamble)을 예약할 수 있다. 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)들에 대한 랜덤 액세스 프리앰블 풀은 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯 통계에 기초하여 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯에서 업데이트될 수 있다.
- [0075] 단계(S130)에서, 브로드캐스팅부(420)는 프리앰블 할당 조건을 확인하여 비상 슬롯부(430) 또는 일반 슬롯부(440)를 선택하여 동작시킬 수 있다. 단계(S140)에서, 비상 슬롯부(430)는 PS-LTE 및 LTE-M 네트워크 공존을 위한 랜덤 액세스 절차 동안 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)을 처리하기 위한 것으로, 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)의 수가 미리 정의된 임계값보다 큰 경우, 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯으로 비상 슬롯을 선택하여 랜덤 액세스 절차 동안 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)을 처리할 수 있다.
- [0076] 여기서, 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)은 일반 랜덤 액세스 풀 및 비상 랜덤 액세스 풀을 사용하여 랜덤 액세스의 성공 확률을 계산하고 랜덤 액세스의 성공 확률이 높은 랜덤 액세스 풀을 사용하여 경쟁 기반 랜덤 액세스 절차를 수행할 수 있다.
- [0077] 단계(S150)에서, 일반 슬롯부(440)는 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)의 수가 미리 정의된 임계값보다 작은 경우, 임의의 비상 플래그를 표시하지 않음에 따라 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯으로 일반 슬롯을 선택하여 사용자 단말(UE)을 처리할 수 있다. 이러한 일반 슬롯부(440)는 3GPP에 기반한 프리앰블을 선택할 수 있고, 일반 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯에서 선택된 프리앰블을 기지국으로 송신할 수 있다.
- [0078] 일 실시예에 따른 미션 크리티컬 사용자의 우선순위 기반 랜덤 액세스 방법 및 장치에 대해 아래에서 보다 상세히 설명한다.
- [0080] MCHP-RA 방식은 현재 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯의 통계 및 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯에서의 프리앰블 할당과 같은 2 개의 주요 단계에 기초한다. 논리적으로 이 단계들은 서로 의존적이어서 충돌 확률이 낮아지고 성공 확률이 증가하고 액세스 지연이 최소화된다. MCHP-RA 방식의 세부 사항은 다음과 같이 설명될 수 있다.
- [0081] 1) 현재의 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯의 통계
- [0082] 이 단계는 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)들에 대한 프리앰블을 할당하기 위한 조건을 포함하며, 따라서 통계는 현재의 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯에 대해 수행될 수 있다. 시뮬레이션에서, 첫 번

제 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯은 임의의 통계 없이 일반 랜덤 액세스 절차에 기초하여 할당될 수 있다. 프리앰블을 할당하기 위한 조건은 현재 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯의 정보 또는 통계를 제공하는 하나의 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯의 전송 후에 검사될 수 있다. 프리앰블의 할당 조건은 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

[수학식 5]

$$Nr. \text{ of } MCHP \text{ UEs who are successful in RA} > MCHP_{Threshold}$$

여기서,  $MCHP_{threshold}$  은 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)들의 수에 대한 미리 정의된 임계값이다.

이 조건이 만족되면, 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯에서 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)에 대해 보다 많은 프리앰블이 예약될 것이다. 즉, 현재의 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯으로부터 이 상태를 체크함으로써, 더 많거나 적은 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)이 활성 상태이고 네트워크와의 접속을 설정하기 위해 컨텐션 기반 랜덤 액세스를 시도한다고 가정할 수 있다. 랜덤 액세스를 위한 3GPP 제안을 포함한 기존의 기술에서, 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)이 랜덤 액세스를 시도하여 네트워크와의 연결을 설정하려고 시도하고 있음을 알 수 있는 방법이 없다. 이는, 단지 랜덤 액세스 프로세스이기 때문이다. 사용자는 무작위로 채널에 액세스하여 성공을 시도하므로, 네트워크는 경합하는 사용자가 미션 크리티컬 사용자인지 일반 사용자임을 알지 못한다. 따라서 기존 기술에 대한 제안이 없기 때문에, 이것은 랜덤 액세스 과정에서 미션 크리티컬 사용자에게 어려운 도전이나 갭이 발생한다. 이러한 갭을 메우기 위해, 본 발명에서는 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯에서 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)들에 대한 프리앰블 할당에 대한 대략적으로 정확한 판단을 제공하는 현재 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯의 통계와 같은 전략을 만들 수 있다.

앞에서 언급한 [수학식 5]의 조건에 따르면, 조건이 충족되면 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯에서 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)에 대해 더 많은 프리앰블이 예약될 것이다. 이러한 방식으로, 랜덤 액세스 절차 동안 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)에 대한 충돌을 감소시킬 수 있다.

유사하게, [수학식 5]의 조건이 현재 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯의 통계들에 기초하여 충족되지 않으면, 미리 정의된 값에 기초하여 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)들에 대한 프리앰블을 감소시킬 수 있다. 이 프로세스는 현재의 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯의 통계에 따라 계속될 것이며, 따라서 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯에서의 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)에 대한 프리앰블 할당은 최대 또는 최소의 미리 정의된 값에 도달할 수 있다.

2) 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯에서의 프리앰블 할당

이 단계는, 논리적으로 이전 단계에 의존한다는 것을 의미하는, 다음 슬롯에 대한 랜덤 액세스 채널(RACH) 절차를 포함한다. 시뮬레이션에서 첫 번째 슬롯은 통계 없이 전송된다. 하나의 슬롯 전송 후에, 단계는 랜덤 액세스 절차 동안 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)들의 컨텐션에 대해 의미 있는 역할을 수행할 수 있다. 사용자가 랜덤 액세스 절차를 시작할 때마다, 랜덤 액세스 채널(RACH) 구성을 포함하는 시스템 정보 블록 2(SIB2)를 수신했는지 여부를 확인할 수 있다. 현재 슬롯 통계에 기초하여, 기지국(eNB)은 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯의 할당을 위해 시스템 정보 블록 2(SIB2)의 일부로서 정보를 브로드캐스팅함으로써 제약(restriction)을 부과할 수 있다.

명확성을 위해, 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)에 대한 랜덤 액세스 프리앰블의 부분을 나타내기 위하여, 기지국(eNB)은 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯의 특정 패턴에 따라 비상 슬롯을 위한 시스템 정보 블록 2(SIB2)에 1 비트를 삽입하여, 비상 플래그를 1(디폴트는 0)로 표시할 수 있다. 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)들에 대한 RA 프리앰블 풀은 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯 통계에 기초하여 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯에서 업데이트 될 것이다. 기지국(eNB)은 각 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯 내의 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)에 대해 최소 2 개의 프리앰블을 예약할 수 있다. 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)들에 대한 예약된 프리앰블은 현재 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯의 통계에 기초하여 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯을 위해 증가되거나 감소될 것이다.

[수학식 5]의 조건이 만족될 때 기지국(eNB)이 비상 슬롯을 표시하면, 2 개의 더 많은 프리앰블이 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)에 대해 예약된 RA 프리앰블에 추가될 것이고, 따라서 이 프로세스는 [수학식 5]의 조건이 참이 될 때까지 반복된다. 반면에, [수학식 5]의 조건이 현재 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬



롯의 통계에 기초하여 참이 아니면, 기지국(eNB)은 임의의 비상 플래그를 표시하지 않을 것이고, 따라서 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯은 일반 슬롯이 될 것이다.

[0093] 프리앰블은 일반 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯에서의 3GPP 사양에 기초하여 선택된다. 비상 슬롯의 경우, 프리앰블은 이전의 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯 통계에 기초하여 다음 랜덤 액세스 채널(RACH) 슬롯에서 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)에 할당될 것이다.

[0094] 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)들은 일반 RA 풀(normal RA pool) 또는 비상 RA 풀(emergency RA pool)을 사용하여 RA의 성공 확률을 계산하고, RA의 성공 확률이 더 높은 RA 풀을 사용하여 컨테이션 기반 RA 절차를 수행할 수 있다. 이것은 성공적인 시도들의 상당한 개선, 프리앰블 충돌의 감소 및 랜덤 액세스 절차 동안 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)들에 대한 액세스 지연을 최소화할 것이다.

[0096] 아래에서는 실시예들에 따른 제안된 MCHP-RA 방식의 성능을 평가한다. 제안된 MCHP-RA 방식의 성능과 기존의 3GPP 랜덤 액세스 방식을 비교한다. 본 발명에서는 제안된 MCHP-RA 기법의 유효성을 검증하기 위해 PS-LTE와 LTE-M 네트워크의 중복 네트워크를 고려한 시스템 레벨 시뮬레이션을 수행한다.

[0097] 표 1은 주요 시뮬레이션 파라미터를 나타낸다.

[0098] [표 1]

| 파라미터                        | 값                                                      |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------|
| Bandwidth                   | 10 MHz                                                 |
| PS-LTE eNB                  | 1 Site / 3 Sectors<br>(Only 2 Sectors are considered.) |
| LTE-M eNB                   | 1 Site / 2 Sectors<br>(Only 1 Sectors are considered.) |
| Height / RSRP of PS-LTE eNB | 790m / -117dBm                                         |
| Height / RSRP of LTE-M eNB  | 350m / -115dBm                                         |
| Nr. of UEs                  | PS-LTE UEs : 20 active<br>LTE-M UEs : 50 active        |
| RA Type                     | Contention-based Procedure                             |
| RA Preambles                | 54                                                     |
| Preamble Format             | 3                                                      |
| MCHP <sub>Threshold</sub>   | 4                                                      |
| Simulation Unit             | TTI (3msec)                                            |

[0099]

[0100] PS-LTE 및 LTE-M 네트워크 공존을 위해 제안된 MCHP-RA 방식의 성능은 성공적인 시도 횟수, 충돌 횟수 및 액세스 지연과 같은 중요한 성능 매트릭을 사용하여 평가된다. 또한 제안된 MCHP-RA는 앞서 언급한 성능 매트릭을 기반으로 미션 크리티컬의 높은 우선순위(MCHP) 사용자 단말(UE)뿐만 아니라 전체 사용자 단말(UE) (MCHP UE + 일반 UE)을 고려하여 평가한다.

[0101] 도 5는 일 실시예에 따른 성공적인 랜덤 액세스 채널(RACH) 시도와 총 사용자의 시간을 나타내는 도면이다.

[0102] 도 5에 도시된 바와 같이, 모든 사용자가 성공적인 랜덤 액세스 채널(RACH) 시도를 달성하기 위한 총 시간은 종래의 방식보다 적다. 또한, 성공적인 랜덤 액세스 채널(RACH) 시도의 최대 수는 실시예에 따른 제안된 방식에서 34이며, 반면에 종래의 방식에서는 최대 값이 약 24이다. 따라서 제안된 방식에 의하여 최대 성공적인 랜덤 액세스 채널(RACH) 시도 달성 성능이 약 41.67 % 좋아진다.

[0103] 도 6은 일 실시예에 따른 MCHP UE들에 대한 성공적인 RACH 시도 대 시간을 나타내는 도면이다.

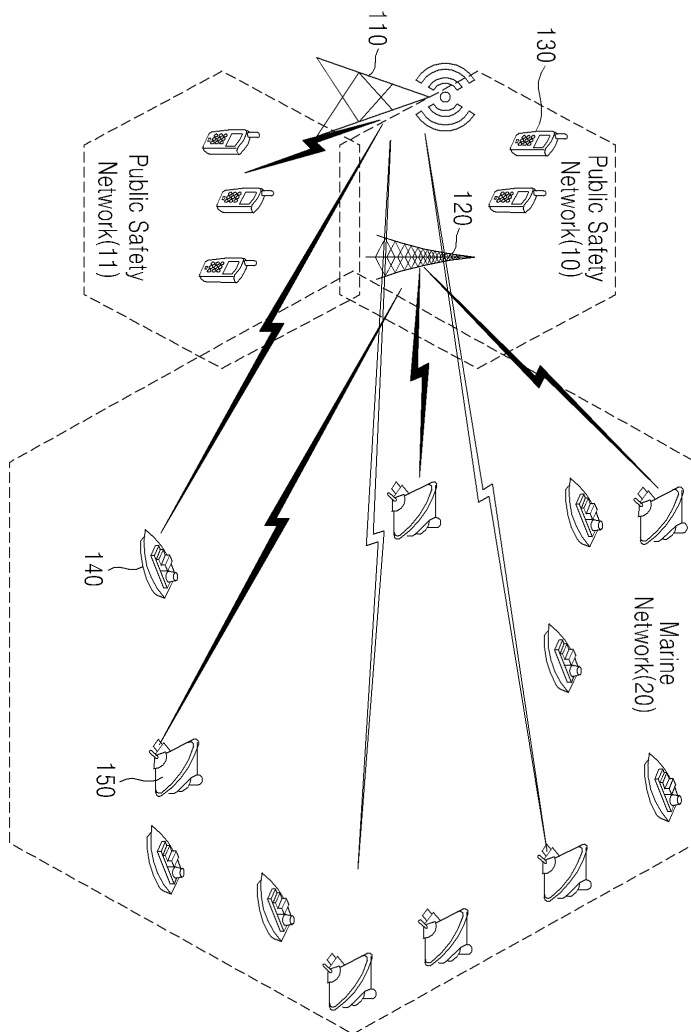


- [0104] 도 6에 도시된 바와 같이, 제안된 방식에서 성공적인 RACH 시도의 최대 수는 16이지만, 종래의 방식에서 최대 값은 9.5에 도달했다. 따라서 제안된 방식에 의하여 최대 성공 RACH 시도 달성 성능이 약 68.4 % 좋아지며, 따라서 MCHP 단말에 매우 효과적임을 확인할 수 있다.
- [0105] 도 7은 일 실시예에 따른 충돌 횟수를 전체 사용자의 시간으로 나타내는 도면이다.
- [0106] 도 7에 도시된 바와 같이, 제안된 방식에서 충돌 횟수는 이전의 충돌 해결 방법으로 인해 기존의 방식보다 적다. 또한 기존 방식에서 발생하는 최대 충돌 횟수는 47회, 제안된 방식은 최대 36회까지 감소하였다. 따라서 제안된 방식은 최대 충돌 횟수를 30.56 % 감소시킨다.
- [0107] 도 8은 일 실시예에 따른 MCHP UE들에 대한 충돌 횟수 대 시간을 나타내는 도면이다.
- [0108] 도 8에 도시된 바와 같이, 기존 방식에서 발생하는 최대 충돌 횟수는 11이고 제안된 방식은 4까지 횟수를 감소시킨다. 따라서 제안된 방식은 최대 충돌 횟수를 약 175 % 감소시킨다.
- [0109] 아래에서는 측정 통계를 기반으로 MCHP-RA 방식을 분석할 수 있다. 먼저, [수학식 5]의 조건을 이용하여 MCHP  $UE_{threshold}$ 에 대한 최적의 수를 찾은 다음, 제안된 MCHP-RA 방식의 분석 모델을 사용한다.
- [0110] [수학식 5]의 조건은 제안된 MCHP-RA 방식의 성능을 최적화하는데 매우 중요하다. 따라서 MCHP UE 임계값에 대한 최적값을 찾는 것이 필요하다. MCHP UE 임계값에 대한 최적의 값을 찾지 못하면 다음과 같은 문제가 예상된다. (i) MCHP  $UE_{threshold}$ 가 낮은 값(예를 들어, 1)로 설정되면, 비상 슬롯의 수가 높을 것이다. (ii) MCHP  $UE_{threshold}$ 가 높은 값(예컨대, 10)으로 설정되면, MCHP UE는 성공 시도를 얻는 데 더 많은 시간이 걸릴 것이고, 따라서 MCHP UE는 더 많은 충돌에 직면할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 MCHP UE 임계 값에 대해 최적 또는 적절한 수를 찾기 위해 다른 MCHP UE 임계값을 설정하여 더 많은 시뮬레이션을 실행할 수 있다. 성공적인 RACH 시도 횟수, 충돌 횟수 및 액세스 지연을 기반으로 최적 값을 찾을 수 있다.
- [0111] 도 9는 일 실시예에 따른 전체 UE들에 대한 최적의 MCHP  $UE_{threshold}$ 를 나타내는 도면이다.
- [0112] 도 9에 도시된 바와 같이, MCHP UE에 대한 가변 개수를 설정함으로써 임계 값은 제안된 방식의 성능에 상당한 영향을 제공한다. MCHP UE 임계치가 매우 낮 으면(예를 들어, 1), 제안된 방식의 성능은 종래의 방식과 거의 같다. 성공적인 시도 성능은 MCHP UE의 임계치가 4일 때까지 더 좋아지고 있으며, 그 후 MCHP UE의 임계치를 4보다 높게 설정하면 제안된 성능이 다시 떨어지는 것을 확인할 수 있다. 따라서, MCHP UE에 대한 적절한 또는 최적의 수는 4이다.
- [0113] 도 10은 일 실시예에 따른 MCHP UE들에 대한 최적의 MCHP  $UE_{threshold}$ 를 나타내는 도면이다.
- [0114] 도 10에 도시된 바와 같이, MCHP UE만 성공적으로 시도한 경우, 더 낮은 MCHP UE 임계값(예를 들어, 1)을 설정할 때, 제안된 방식의 성능 또한 종래 기술과 동일하다는 것을 명확하게 알 수 있다. 따라서 MCHP UE 임계값에 대한 적절한 또는 최적의 수는 4이다.
- [0115] 실시예들에 따르면 성공적인 랜덤 액세스 채널(RACH) 시도 횟수를 개선시키고, 충돌 횟수를 줄이며, PS-LTE 네트워크와 LTE-M 네트워크의 공존에 따른 액세스 지연을 최소화하여 실행될 수 있다.
- [0117] 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, 컨트롤러, 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 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

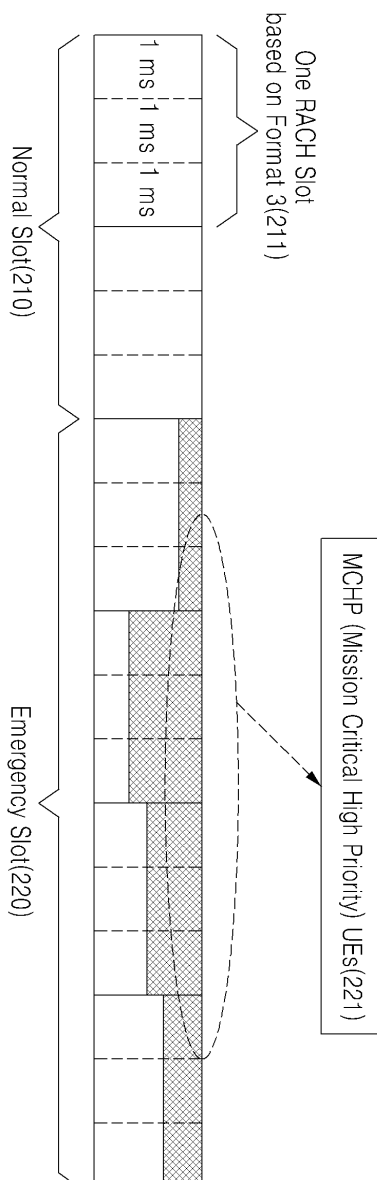
- [0118] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치에 구체화(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.
- [0119] 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.
- [0120] 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.
- [0121] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

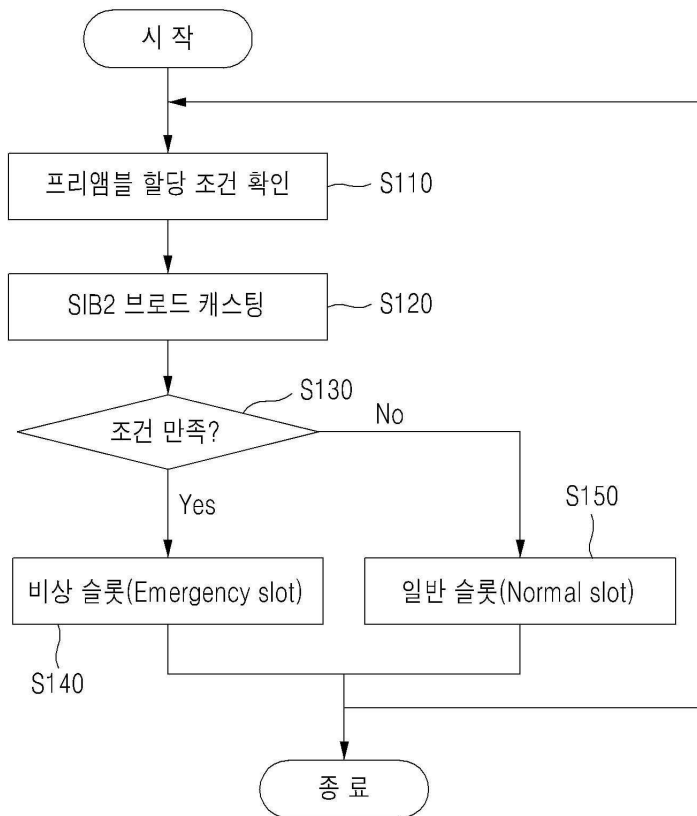
도면1



도면2

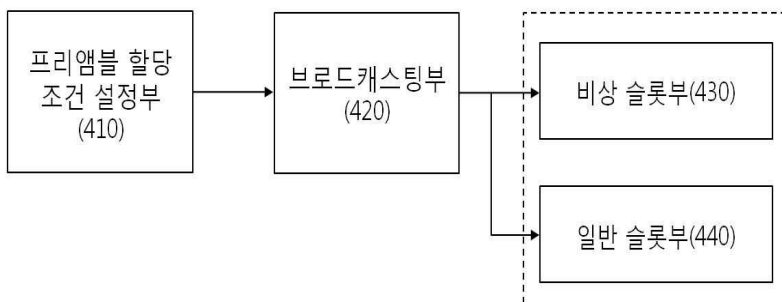


도면3



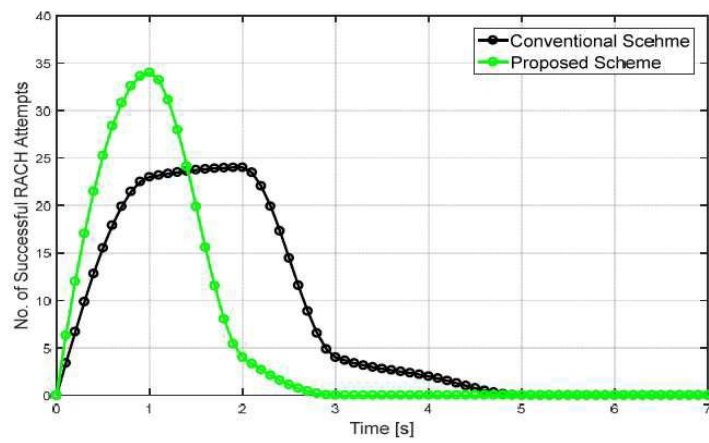
도면4

400

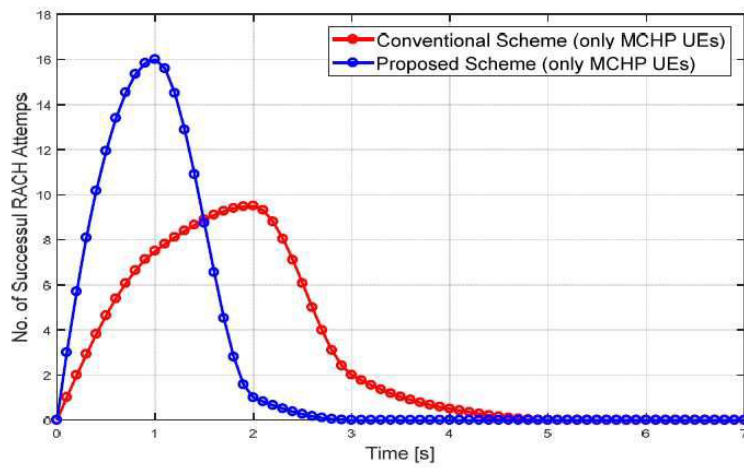




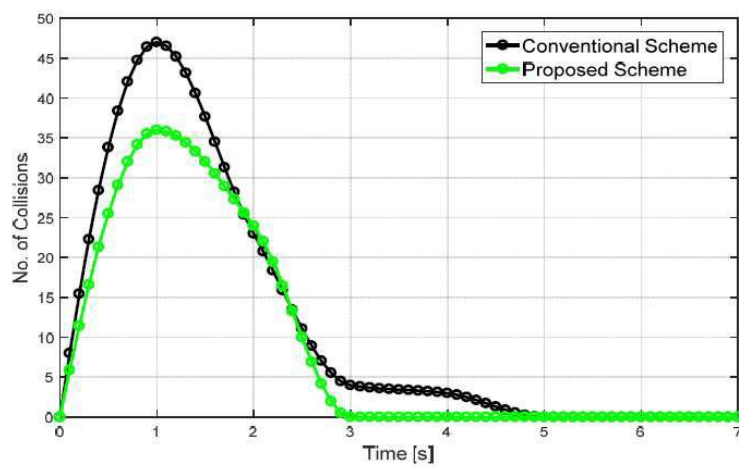
도면5



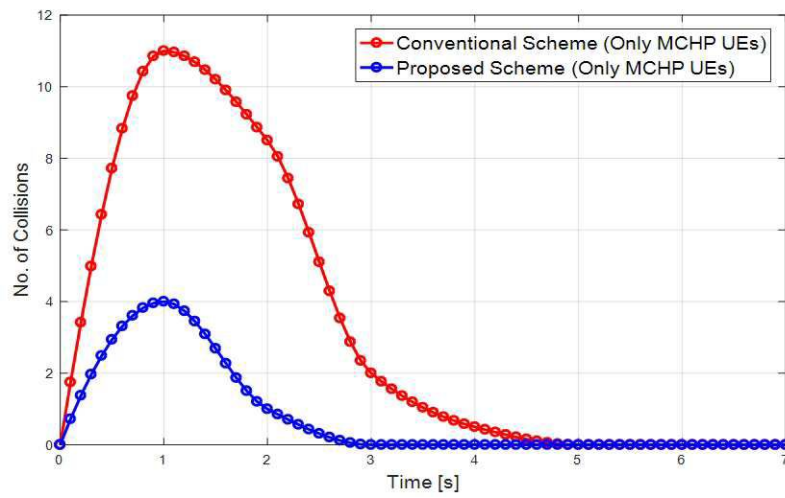
도면6



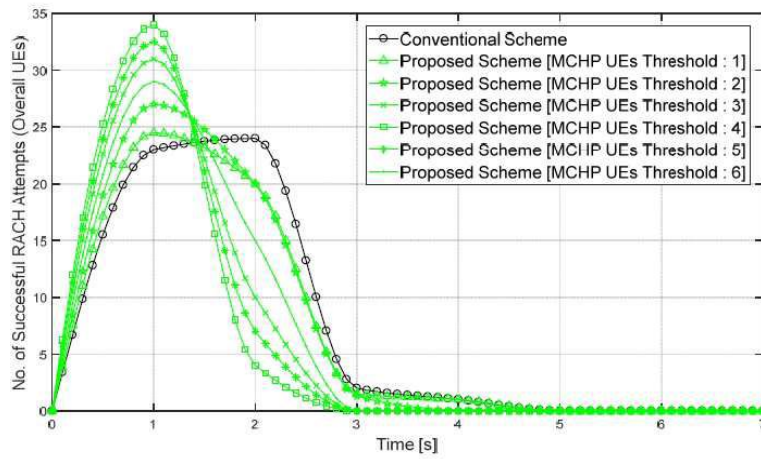
도면7



도면8



도면9



도면10

