



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0114624  
(43) 공개일자 2018년10월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H04W 74/00 (2009.01) H04W 24/08 (2009.01)  
H04W 74/08 (2009.01)  
(52) CPC특허분류  
H04W 74/002 (2013.01)  
H04W 24/08 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2017-0046515  
(22) 출원일자 2017년04월11일  
심사청구일자 2017년04월11일

(71) 출원인  
충남대학교산학협력단  
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)  
(72) 발명자  
정방철  
대전광역시 서구 관저동로90번길 15 관저리슈빌아파트 102동 1901호  
진후  
경기도 용인시 기흥구 영통로525번길 35, 청명센트레빌 102동 1901호  
(74) 대리인  
김영재

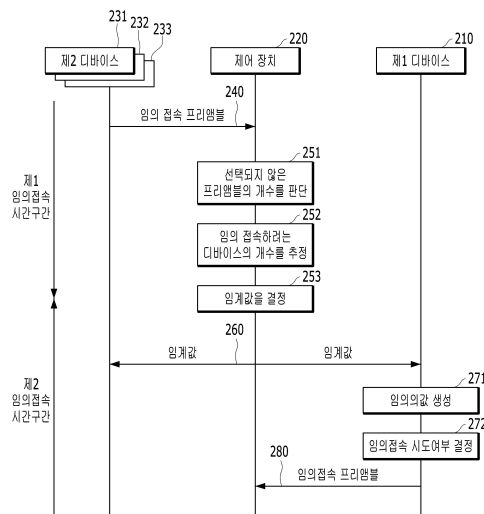
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 접속 클래스 제한 기법을 이용하는 임의 접속 시스템

### (57) 요약

접속 클래스 제한 기법을 이용하는 임의 접속 시스템이 개시된다. 개시된 임의 접속 시스템은 다수의 디바이스들이 동일한 제어 시스템에 동시에 임의 접속을 시도하는 경우에, 임의 접속을 시도하는 디바이스들의 개수를 추정함으로써, 임의 접속 절차에서의 시간 지연을 최소화 할 수 있다.

### 대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류

**H04W 74/0833** (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711038836

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 개인연구지원

연구과제명 실시간 IoT서비스 실현을 위한 포그 컴퓨팅 네트워크 원천기술

기 여 율 1/1

주관기관 충남대학교

연구기간 2016.06.01 ~ 2017.05.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

임의 접속을 제어하는 제어 장치에 있어서,

제1 임의 접속 시간 구간 동안 임의 접속 프리앰블 집합 중에서 선택된 제1 임의 접속 프리앰블들을 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스들로부터 수신하는 프리앰블 수신부;

상기 수신된 제1 임의 접속 프리앰블들에 기반하여 상기 임의 접속 프리앰블 집합 중에서 상기 디바이스들로부터 선택되지 않은 임의 접속 프리앰블의 개수를 판단하는 프리앰블 개수 판단부;

상기 디바이스들로부터 선택되지 않은 임의 접속 프리앰블의 개수에 기반하여 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스들의 개수를 추정하는 디바이스 개수 추정부;

상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스들의 개수에 기반하여 임계값을 결정하는 임계값 결정부; 및

상기 결정된 임계값을 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스들로 전송하는 임계값 전송부

를 포함하고,

상기 프리앰블 수신부는, 상기 제1 임의 접속 시간 구간 이후의 제2 임의 접속 시간 구간 동안에, 상기 전송된 임계값에 기반하여 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스들로부터 제2 임의 접속 프리앰블을 수신하는 임의 접속 제어 장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 디바이스 개수 추정부는

상기 디바이스들로부터 선택되지 않은 임의 접속 프리앰블의 개수에 기반하여 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스들의 개수를 확률 분포의 형태로 추정하는 임의 접속 제어 장치.

#### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 디바이스 개수 추정부는

상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스들의 개수를 푸아송(poisson) 분포로 가정하고, 상기 푸아송 분포의 평균값은 하기 수학식 1에 따라 추정하는 임의 접속 제어 장치.

[수학식 1]

$$\nu_t = \nu_{t-1} + \Delta \nu_t$$

여기서,  $\nu_t$  는 상기 제2 임의 접속 시간 구간 동안에 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스의 개수의 평균값이고,  $\nu_{t-1}$  는 상기 제1 임의 접속 시간 구간 동안에 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스의 개수의 평균값이다.  $\Delta \nu_t$  는 상기 평균값의 증가분이고, 하기 수학식 2에 따라서 결정될 수 있다.

[수학식 2]

$$\Delta \nu_t = \nu_{t-1} p_{t-1} \left( e^{-\frac{p_{t-1} \nu_{t-1}}{M}} - \frac{r}{M} \right) \left( 1 - e^{-\frac{p_{t-1} \nu_{t-1}}{M}} \right)^{-1}$$

여기서,  $p_{t-1}$  는 상기 제1 임의 접속 시간 구간에서 상기 임계값이고, M은 상기 임의 접속 프리앰블 집합에 포

함된 임의 접속 프리앰블의 개수이다.  $r$ 은 상기 임의 접속 프리앰블 집합 중에서 상기 디바이스들로부터 선택되지 않은 임의 접속 프리앰블의 개수이다.

#### 청구항 4

제1항에 있어서, 상기 디바이스 개수 추정부는

상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스들의 개수를 푸아송(poisson) 분포로 가정하고, 상기 푸아송 분포의 평균값은 하기 수학식 3에 따라 추정하는 임의 접속 제어 장치.

[수학식 3]

$$\nu_t = \nu_{t-1} + k_t \cdot \Delta \nu_t$$

여기서,  $\nu_t$ 는 상기 제2 임의 접속 시간 구간 동안에 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스의 개수의 평균값이고,  $\nu_{t-1}$ 는 상기 제1 임의 접속 시간 구간 동안에 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스의 개수의 평균값이다.  $\Delta \nu_t$ 는 상기 평균값의 증가분이고, 하기 수학식 4에 따라서 결정될 수 있다. 여기서,  $k_t$ 는 가중치로서, 지난 업데이트 시점에서 연속적으로  $\nu_t$ 가 증가한 횟수로 결정된다.

[수학식 4]

$$\Delta \nu_t = \nu_{t-1} p_{t-1} \left( e^{-\frac{p_{t-1} \nu_{t-1}}{M}} - \frac{r}{M} \right) \left( 1 - e^{-\frac{p_{t-1} \nu_{t-1}}{M}} \right)^{-1}$$

여기서,  $p_{t-1}$ 는 상기 제1 임의 접속 시간 구간에서 상기 임계값이고,  $M$ 은 상기 임의 접속 프리앰블 집합에 포함된 임의 접속 프리앰블의 개수이다.  $r$ 은 상기 임의 접속 프리앰블 집합 중에서 상기 디바이스들로부터 선택되지 않은 임의 접속 프리앰블의 개수이다.

#### 청구항 5

제1항에 있어서, 상기 임계값 결정부는

하기 수학식 5에 따라서 상기 임계값을 결정하는 임의 접속 제어 장치.

[수학식 5]

$$p_t = \min \left( 1, \frac{M}{\nu_t} \right)$$

여기서,  $p_t$ 는 상기 임계값을 나타내고,  $M$ 은 상기 임의 접속 프리앰블 집합에 포함된 임의 접속 프리앰블의 개수이고,  $\nu_t$ 는 상기 제2 임의 접속 시간 구간 동안에 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스의 개수의 평균값이다.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 전송된 임계값은 상기 각 디바이스가 임의로 생성한 값과 비교되고, 상기 제2 임의 접속 프리앰블은 상기 비교 결과에 따라 전송 여부가 결정되는 임의 접속 제어 장치.

#### 청구항 7

제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스에 있어서,

제1 임의 접속 시간 구간 동안에 상기 제어 장치로 임의 접속하기 위하여 전송된 제1 임의 접속 프리앰블들에 기반하여 결정된 임계값을 수신하는 임계값 수신부; 및

임의로 생성한 값과 상기 임계값을 비교하고, 비교 결과에 따라서 상기 제1 임의 접속 시간 구간 이후의 제2 임의 접속 시간 구간 동안에 상기 제어 장치로 임의 접속을 시도할지 여부를 판단하는 판단부

를 포함하고,

상기 제1 임의 접속 프리앰블들에 기반하여 상기 제1 임의 접속 시간 구간 동안 선택되지 않은 임의 접속 프리앰블의 개수가 판단되고,

상기 선택되지 않은 임의 접속 프리앰블의 개수에 기반하여 상기 제1 임의 접속 시간 구간 동안 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 제2 디바이스들의 개수가 추정되고,

상기 임계값은 상기 제1 임의 접속 시간 구간 동안 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 제2 디바이스들의 개수에 기반하여 결정된 것인 디바이스.

#### 청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스들의 개수는 푸아송(poisson) 분포로 가정되고, 상기 푸아송 분포의 평균값은 하기 수학식 6에 따라 추정되는 디바이스.

[수학식 6]

$$\nu_t = \nu_{t-1} + \Delta\nu_t$$

여기서,  $\nu_t$  는 상기 제2 임의 접속 시간 구간 동안에 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스의 개수의 평균값이고,  $\nu_{t-1}$  는 상기 제1 임의 접속 시간 구간 동안에 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스의 개수의 평균값이다.  $\Delta\nu_t$  는 상기 평균값의 증가분이고, 하기 수학식 7에 따라서 결정될 수 있다.

[수학식 7]

$$\Delta\nu_t = \nu_{t-1} p_{t-1} \left( e^{-\frac{p_{t-1} \nu_{t-1}}{M}} - \frac{r}{M} \right) \left( 1 - e^{-\frac{p_{t-1} \nu_{t-1}}{M}} \right)^{-1}$$

여기서,  $p_{t-1}$  는 상기 제1 임의 접속 시간 구간에서 상기 임계값이고, M은 상기 임의 접속 프리앰블 집합에 포함된 임의 접속 프리앰블의 개수이다. r은 상기 임의 접속 프리앰블 집합 중에서 상기 디바이스들로부터 선택되지 않은 임의 접속 프리앰블의 개수이다.

#### 청구항 9

제7항에 있어서, 상기 프리앰블 개수 판단부는

상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스들의 개수는 푸아송(poisson) 분포로 가정되고, 상기 푸아송 분포의 평균값은 하기 수학식 8에 따라 추정되는 디바이스.

[수학식 8]

$$\nu_t = \nu_{t-1} + k_t \cdot \Delta \nu_t$$

여기서,  $\nu_t$  는 상기 제2 임의 접속 시간 구간 동안에 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스의 개수의 평균값이고,  $\nu_{t-1}$  는 상기 제1 임의 접속 시간 구간 동안에 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스의 개수의 평균값이다.  $\Delta \nu_t$  는 상기 평균값의 증가분이고, 하기 수학식 9에 따라서 결정될 수 있다. 여기서, K는 가중치로서, 지난 업데이트 시점에서 연속적으로  $\nu_t$  가 증가한 횟수로 결정된다.

[수학식 9]

$$\Delta \nu_t = \nu_{t-1} p_{t-1} \left( e^{-\frac{p_{t-1} \nu_{t-1}}{M}} - \frac{r}{M} \right) \left( 1 - e^{-\frac{p_{t-1} \nu_{t-1}}{M}} \right)^{-1}$$

여기서,  $p_{t-1}$  는 상기 제1 임의 접속 시간 구간에서 상기 임계값이고, M은 상기 임의 접속 프리앰블 집합에 포함된 임의 접속 프리앰블의 개수이다. r은 상기 임의 접속 프리앰블 집합 중에서 상기 디바이스들로부터 선택되지 않은 임의 접속 프리앰블의 개수이다.

## 청구항 10

제1항에 있어서,

상기 임계값은 하기 수학식 10에 따라서 결정되는 디바이스.

[수학식 10]

$$p_t = \min \left( 1, \frac{M}{\nu_t} \right)$$

여기서,  $p_t$  는 상기 임계값을 나타내고, M은 상기 임의 접속 프리앰블 집합에 포함된 임의 접속 프리앰블의 개수이고,  $\nu_t$  는 상기 제2 임의 접속 시간 구간 동안에 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스의 개수의 평균값이다.

## 발명의 설명

## 기술 분야

[0001] 하기의 실시예들은 셀룰러 방식의 통신 시스템에서 임의 접속에 관련된 것으로, 구체적으로는 접속 클래스 제한 기법(access class barring)을 이용하는 임의 접속 시스템에 관한 것이다.

[0002] 본 발명은 미래창조과학부 및 한국연구재단의 개인연구지원사업의 일환으로 수행한 연구로부터 도출된 것이다 [과제관리번호: 1711038836, 과제명: 실시간 IoT서비스 실현을 위한 포그 컴퓨팅 네트워크 원천기술].

## 배경 기술

[0003] 현재의 LTE 시스템은 가장 대표적인 셀룰러 방식의 통신 시스템이다. LTE 시스템은 인간의 음성 통화나, 인간의 웹 브라우징 등 인간이 해당 통신 시스템을 이용할 것을 가정하여 개발된 시스템이다.

[0004] 반면, 앞으로의 통신 시스템에서는 M2M 통신 등 무인 통신이 일반화될 것으로 기대되고 있다. 즉, 가스 검침 장

치, 수위 경보 장치, 웨어러블 장치 등 주위 환경을 센싱하고, 주기적/비주기적으로 데이터를 공유하는 장치들이 인간의 개입 없이 서로간에 데이터를 전송할 것으로 예상된다.

[0005] M2M 통신의 경우 다수의 디바이스들이 중앙 집중적인 제어 장치에 의해 등록 및 관리된다. 또한, 특정한 이벤트가 발생하면 다수의 디바이스들이 동시에 기지국으로 데이터를 전송한다. 또한, M2M 통신의 경우, 인간이 의사에 따른 통신 보다는 데이터의 양이 작고 서비스 이용 시간이 짧은 것이 특징이다.

[0006] 기존의 통신 시스템의 경우, 이러한 M2M 통신 시스템의 특징을 고려하지 않고 설계되었기 때문에, M2M 통신이 도입될 경우 통신 리소스를 효율적으로 이용할 수 없다. 예를 들어, 기존 통신 시스템의 경우 다수의 디바이스들이 동시에 임의 접속을 시도하는 경우, 다수의 임의 접속을 처리할 수 없거나, 임의 접속의 성공 확률이 현저히 낮아지는 문제점이 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0007] 하기의 실시예들의 목적은 다수의 디바이스들이 동일한 제어 시스템에 동시에 임의 접속을 시도하는 경우에, 이를 처리하는 것이다.

[0008] 하기의 실시예들의 목적은 임의 접속 절차에서의 시간 지연을 최소화 하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0009] 예시적 실시예에 따르면, 임의 접속을 제어하는 제어 장치에 있어서, 제1 임의 접속 시간 구간 동안 임의 접속 프리앰블 집합 중에서 선택된 제1 임의 접속 프리앰블들을 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스들로부터 수신하는 프리앰블 수신부, 상기 수신된 제1 임의 접속 프리앰블들에 기반하여 상기 임의 접속 프리앰블 집합 중에서 상기 디바이스들로부터 선택되지 않은 임의 접속 프리앰블의 개수를 판단하는 프리앰블 개수 판단부, 상기 디바이스들로부터 선택되지 않은 임의 접속 프리앰블의 개수에 기반하여 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스들의 개수를 추정하는 디바이스 개수 추정부, 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스들의 개수에 기반하여 임계값을 결정하는 임계값 결정부 및 상기 결정된 임계값을 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스들로 전송하는 임계값 전송부를 포함하고, 상기 프리앰블 수신부는, 상기 제1 임의 접속 시간 구간 이후의 제2 임의 접속 시간 구간 동안에, 상기 전송된 임계값에 기반하여 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스들로부터 제2 임의 접속 프리앰블을 수신하는 임의 접속 제어 장치가 제공된다.

[0010] 여기서, 상기 프리앰블 개수 판단부는 상기 디바이스들로부터 선택되지 않은 임의 접속 프리앰블의 개수에 기반하여 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스들의 개수를 확률 분포의 형태로 추정할 수 있다.

[0011] 그리고, 상기 디바이스 개수 추정부는 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스들의 개수를 푸아송(poisson) 분포로 가정하고, 상기 푸아송 분포의 평균값은 하기 수학식 1에 따라 추정할 수 있다.

[0013] [수학식 1]

$$\nu_t = \nu_{t-1} + \Delta \nu_t$$

[0017] 여기서,  $\nu_t$  는 상기 제2 임의 접속 시간 구간 동안에 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스의 개수의 평균값이고,  $\nu_{t-1}$  는 상기 제1 임의 접속 시간 구간 동안에 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스의 개수의 평균값이다.  $\Delta \nu_t$  는 상기 평균값의 증가분이고, 하기 수학식 2에 따라서 결정될 수 있다.

[0019] [수학식 2]

$$\Delta \nu_t = \nu_{t-1} p_{t-1} \left( e^{-\frac{p_{t-1} \nu_{t-1}}{M}} - \frac{r}{M} \right) \left( 1 - e^{-\frac{p_{t-1} \nu_{t-1}}{M}} \right)^{-1}$$

[0021]

[0023] 여기서,  $p_{t-1}$  는 상기 제1 임의 접속 시간 구간에서 상기 임계값이고, M은 상기 임의 접속 프리앰블 집합에 포함된 임의 접속 프리앰블의 개수이다. r은 상기 임의 접속 프리앰블 집합 중에서 상기 디바이스들로부터 선택되지 않은 임의 접속 프리앰블의 개수이다.

[0024] 또한, 상기 디바이스 개수 추정부는 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스들의 개수를 푸아송(poisson) 분포로 가정하고, 상기 푸아송 분포의 평균값은 하기 수학식 3에 따라 추정할 수 있다.

[0026] [수학식 3]

$$\nu_t = \nu_{t-1} + k_t \cdot \Delta \nu_t$$

[0028]

[0030] 여기서,  $\nu_t$  는 상기 제2 임의 접속 시간 구간 동안에 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스의 개수의 평균값이고,  $\nu_{t-1}$  는 상기 제1 임의 접속 시간 구간 동안에 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스의 개수의 평균값이다.  $\Delta \nu_t$  는 상기 평균값의 증가분이고, 하기 수학식 4에 따라서 결정될 수 있다. 여기서, K는 가중치로서, 지난 업데이트 시점에서 연속적으로  $\nu_t$  가 증가한 횟수로 결정된다.

[0032] [수학식 4]

$$\Delta \nu_t = \nu_{t-1} p_{t-1} \left( e^{-\frac{p_{t-1} \nu_{t-1}}{M}} - \frac{r}{M} \right) \left( 1 - e^{-\frac{p_{t-1} \nu_{t-1}}{M}} \right)^{-1}$$

[0034]

[0036] 여기서,  $p_{t-1}$  는 상기 제1 임의 접속 시간 구간에서 상기 임계값이고, M은 상기 임의 접속 프리앰블 집합에 포함된 임의 접속 프리앰블의 개수이다. r은 상기 임의 접속 프리앰블 집합 중에서 상기 디바이스들로부터 선택되지 않은 임의 접속 프리앰블의 개수이다.

[0037] 여기서, 상기 임계값 결정부는 하기 수학식 5에 따라서 상기 임계값을 결정할 수 있다.

[0039] [수학식 5]

$$p_t = \min \left( 1, \frac{M}{\nu_t} \right)$$

[0041]

[0043] 여기서,  $p_t$  는 상기 임계값을 나타내고,  $M$ 은 상기 임의 접속 프리앰블 집합에 포함된 임의 접속 프리앰블의 개수이고,  $\nu_t$  는 상기 제2 임의 접속 시간 구간 동안에 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스의 개수의 평균값이다.

[0044] 그리고, 상기 전송된 임계값은 상기 각 디바이스가 임의로 생성한 값과 비교되고, 상기 제2 임의 접속 프리앰블은 상기 비교 결과에 따라 전송 여부가 결정될 수 있다.

[0045] 또 다른 예시적 실시예에 따르면, 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스에 있어서, 제1 임의 접속 시간 구간 동안에 상기 제어 장치로 임의 접속하기 위하여 전송된 제1 임의 접속 프리앰블들에 기반하여 결정된 임계값을 수신하는 임계값 수신부 및 임의로 생성한 값과 상기 임계값을 비교하고, 비교 결과에 따라서 상기 제1 임의 접속 시간 구간 이후의 제2 임의 접속 시간 구간 동안에 상기 제어 장치로 임의 접속을 시도할지 여부를 판단하는 판단부를 포함하고, 상기 제1 임의 접속 프리앰블들에 기반하여 상기 제1 임의 접속 시간 구간 동안 선택되지 않은 임의 접속 프리앰블의 개수가 판단되고, 상기 선택되지 않은 임의 접속 프리앰블의 개수에 기반하여 상기 제1 임의 접속 시간 구간 동안 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 제2 디바이스들의 개수가 추정되고, 상기 임계값은 상기 제1 임의 접속 시간 구간 동안 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 제2 디바이스들의 개수에 기반하여 결정될 수 있다.

[0046] 여기서, 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스들의 개수는 푸아송(poisson) 분포로 가정되고, 상기 푸아송 분포의 평균값은 하기 수학식 6에 따라 추정될 수 있다.

[0048] [수학식 6]

$$\nu_t = \nu_{t-1} + \Delta \nu_t$$

[0050]

[0052] 여기서,  $\nu_t$  는 상기 제2 임의 접속 시간 구간 동안에 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스의 개수의 평균값이고,  $\nu_{t-1}$  는 상기 제1 임의 접속 시간 구간 동안에 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스의 개수의 평균값이다.  $\Delta \nu_t$  는 상기 평균값의 증가분이고, 하기 수학식 7에 따라서 결정될 수 있다.

[0054] [수학식 7]

$$\Delta \nu_t = \nu_{t-1} p_{t-1} \left( e^{-\frac{p_{t-1} \nu_{t-1}}{M}} - \frac{r}{M} \right) \left( 1 - e^{-\frac{p_{t-1} \nu_{t-1}}{M}} \right)^{-1}$$

[0056]

[0058] 여기서,  $p_{t-1}$  는 상기 제1 임의 접속 시간 구간에서 상기 임계값이고, M은 상기 임의의 접속 프리앰블 집합에 포함된 임의의 접속 프리앰블의 개수이다. r은 상기 임의의 접속 프리앰블 집합 중에서 상기 디바이스들로부터 선택되지 않은 임의의 접속 프리앰블의 개수이다.

[0060] 그리고, 상기 프리앰블 개수 판단부는 상기 제어 장치에 임의의 접속하려는 디바이스들의 개수는 푸아송(poisson) 분포로 가정되고, 상기 푸아송 분포의 평균값은 하기 수학식 8에 따라 추정될 수 있다.

[0062] [수학식 8]

$$\nu_t = \nu_{t-1} + k_t \cdot \Delta \nu_t$$

[0066] 여기서,  $\nu_t$  는 상기 제2 임의의 접속 시간 구간 동안에 상기 제어 장치에 임의의 접속하려는 디바이스의 개수의 평균값이고,  $\nu_{t-1}$  는 상기 제1 임의의 접속 시간 구간 동안에 상기 제어 장치에 임의의 접속하려는 디바이스의 개수의 평균값이다.  $\Delta \nu_t$  는 상기 평균값의 증가분이고, 하기 수학식 9에 따라서 결정될 수 있다. 여기서, K는 가중치로서, 지난 업데이트 시점에서 연속적으로  $\nu_t$  가 증가한 횟수로 결정된다.

[0068] [수학식 9]

$$\Delta \nu_t = \nu_{t-1} p_{t-1} \left( e^{-\frac{p_{t-1} \nu_{t-1}}{M}} - \frac{r}{M} \right) \left( 1 - e^{-\frac{p_{t-1} \nu_{t-1}}{M}} \right)^{-1}$$

[0072] 여기서,  $p_{t-1}$  는 상기 제1 임의의 접속 시간 구간에서 상기 임계값이고, M은 상기 임의의 접속 프리앰블 집합에 포함된 임의의 접속 프리앰블의 개수이다. r은 상기 임의의 접속 프리앰블 집합 중에서 상기 디바이스들로부터 선택되지 않은 임의의 접속 프리앰블의 개수이다.

[0074] 또한, 상기 임계값은 하기 수학식 10에 따라서 결정될 수 있다.

[0076] [수학식 10]

$$p_t = \min \left( 1, \frac{M}{\nu_t} \right)$$

[0078]

[0080] 여기서,  $P_t$  는 상기 임계값을 나타내고,  $M$ 은 상기 임의 접속 프리앰블 집합에 포함된 임의 접속 프리앰블의 개수이고,  $\nu_t$  는 상기 제2 임의 접속 시간 구간 동안에 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스의 개수의 평균값이다.

### 발명의 효과

[0081] 하기의 실시예들에 따르면, 다수의 디바이스들이 동일한 제어 시스템에 동시에 임의 접속을 시도하는 경우에, 이를 처리할 수 있다.

[0082] 하기의 실시예들에 따르면, 임의 접속 절차에서의 시간 지연을 최소화 할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0083] 도 1은 예시적 실시예에 따른 임의 접속 방법을 적용한 임의 접속 시스템의 개념을 간단히 도시한 것이다.

도 2는 예시적 실시예에 따른 임의 접속 방법을 단계별로 설명한 순서도이다.

도 3은 예시적 실시예에 따른 제어 장치의 구조를 도시한 블록도이다.

도 4는 예시적 실시예에 따른 디바이스의 구조를 도시한 블록도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0084] 이하, 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0085] 도 1은 예시적 실시예에 따른 임의 접속 방법을 적용한 임의 접속 시스템의 개념을 간단히 도시한 것이다.

[0086] 향후 본격화될 M2M 통신에서는 도 1에 도시된 바와 같이 특정한 제어 장치(110)가 다수의 디바이스(121, 122, 123, 124, 125, 126)를 등록하여 관리한다. 각 디바이스들(121, 122, 123, 124, 125, 126)은 평소에는 제어 장치(110)와 통신 채널을 유지하지 않지만, 특별한 이벤트가 발생하거나, 각 디바이스들(121, 122, 123, 124, 125, 126)이 제어 장치(110)로 전송해야할 데이터가 생성되면 제어 장치(110)와의 통신 채널을 새롭게 셋업한다. M2M 통신에서는 각 디바이스들(121, 122, 123, 124, 125, 126)이 한번에 전송해야할 데이터의 양은 작아지므로, 각 디바이스들(121, 122, 123, 124, 125, 126)은 현재의 통신 시스템에서보다 좀더 자주 통신 채널을 셋업해야 한다.

[0087] 통신 채널을 셋업하기 위하여 각 디바이스들(121, 122, 123, 124, 125, 126)은 제어 장치(110)로 임의 접속(Random Access)을 시도할 수 있다. 임의 접속은 제어 장치(110)에 대한 접속이 해지된 디바이스들(121, 122, 123, 124, 125, 126)이 제어 장치(110)로 데이터를 전송하기 위하여 무선 자원을 할당받기 위한 절차의 하나이다.

[0088] 제어 장치(110)에 할당된 무선 자원들 중에서, 일부 무선 자원만이 임의 접속을 위해 할당된다. 임의 접속 절차에 할당되는 무선 자원은 제어 장치(110)에 접속하려는 모든 디바이스(121, 122, 123, 124, 125, 126)들이 이용할 수 있는 공용 채널(common channel)에 포함된다.

[0089] 제어 장치(110)에 접속하려는 디바이스(121, 122, 123, 124, 125, 126)는 임의 접속 절차를 통해 전용 채널(dedicated channel)에 포함된 무선 자원을 할당 받을 수 있다. 임의 접속 절차를 완료한 디바이스는 전용 채널에 포함된 무선 자원을 이용하여 제어 장치(110)로 데이터를 전송할 수 있다.

[0090] 임의 접속 절차에 할당되는 무선 자원은 모든 디바이스(121, 122, 123, 124, 125, 126)들이 이용할 수 있기 때문에, 특정 시점에 복수의 디바이스들이 동일한 무선 자원을 이용하여 임의 접속을 시도할 수 있다. 예를 들어, 제1 디바이스(121)와 제2 디바이스(122)가 모두 제1 임의 접속 프리앰블을 제어 장치(110)로 전송하여 임의 접속을 시도할 수 있다.

[0091] 이 경우에, 제어 장치(110)는 제1 디바이스(121)가 전송한 프리앰블과 제2 디바이스(122)가 전송한 프리앰블을 구분하지 못하고, 임의 접속 응답(Random Access Response)를 전송한다.

[0092] 제1 디바이스(121)와 제2 디바이스(122)는 임의 접속 응답을 수신하고, 임의 접속 응답에 대응하여 연결 요청 메시지(Connection Request Message)를 전송한다. 연결 요청 메시지는 제1 디바이스(121)와 제2 디바이스(122)

2)의 식별자(TMRI: Temporary Mobile Subscriber Identity)를 포함한다. 제어 장치(110)는 연결 요청 메시지에 포함된 식별자를 이용하여 복수의 디바이스(121, 122)들이 동일한 프리앰블을 선택하였음을 알 수 있다.

[0093] 임의 접속 절차에서, 복수의 디바이스(121, 122)들이 동일한 프리앰블을 선택한 경우에도, 제어 장치(110)는 이를 즉시 파악하지 못하고, 임의 접속 절차는 추가적으로 진행된다. 제어 장치는 임의 접속 절차가 추가적으로 진행된 이후 프리앰블에 대한 경쟁(contention)이 해소되므로 불필요한 절차가 진행되는 것으로 생각할 수 있다.

[0094] 예시적 실시예에 따른 제어 장치는 접속 클래스 제한 기법(ACB: Access Class Barring)을 이용하여 다수의 디바이스(121, 122, 123, 124, 125, 126)가 하나의 제어 장치(110)에 데이터를 전송해야 하는 상황에서도 임의 접속 절차를 순조롭게 진행할 수 있다.

[0095] 특히, 예시적 실시예에 따른 제어 장치(110)는 전체 디바이스(121, 122, 123, 124, 125, 126)들 중에서, 데이터를 전송하려는 디바이스의 개수를 추정하고, 이에 따라 접속 클래스 제한 기법에서 사용되는 임계값(ACB factor)을 적절히 변경할 수 있다.

[0096] 이에 따라 매 임의 접속 시간 구간에서 데이터를 전송하려는 디바이스의 임의 접속 성공률이 최대화 될 수 있다.

[0098] 도 2는 예시적 실시예에 따른 임의 접속 방법을 단계별로 설명한 순서도이다.

[0099] 도 2에 도시된 순서도에서, 제어 장치(220)는 제1 디바이스(210) 및 제2 디바이스들(231, 232, 233)을 등록하여 관리한다.

[0100] 단계(240) 내지 단계(253)까지의 제1 임의 접속 시간 구간에서 제2 디바이스들(231, 232, 233)은 제어 장치(220)로 임의 접속을 시도한다.

[0101] 단계(240)에서, 제2 디바이스들(231, 232, 233)은 임의 접속 프리앰블 집합에 포함된 임의 접속 프리앰블들 중에서 하나의 임의 접속 프리앰블을 선택하고, 선택된 임의 접속 프리앰블을 제어 장치(220)로 전송하여 임의 접속 절차를 시작한다. 일측에 따르면, 일부 임의 접속 프리앰블은 복수의 제2 디바이스들(231, 232, 233)에 의해 선택되어 전송될 수 있고, 일부 임의 접속 프리앰블은 하나의 제2 디바이스(231, 232, 233)에 의해 선택되어 전송될 수 있다. 또한, 일부 임의 접속 프리앰블은 제2 디바이스(231, 232, 233)에 의해 선택되지 않을 수 있다. 선택되지 않은 임의 접속 프리앰블은 제2 디바이스(231, 232, 233)로부터 제어 장치(220)로 전송되지 않는다.

[0102] 일측에 따르면, 제2 디바이스들(231, 232, 233)은 접속 클래스 제한 기법에 따라 임의 접속 프리앰블을 전송할 수 있다. 즉, 제2 디바이스들(231, 232, 233)은 제어 장치로부터 임계값을 미리 수신하고, 임의로 생성한 값과 임계값을 비교할 수 있다. 예를 들어, 임계값은 '0' 보다 크고 '1' 보다 작은 값이고, 제2 디바이스들(231, 232, 233)은 균등 분포(uniform distribution)에 따라 임의로 값을 생성할 수 있다. 일측에 따르면, 임의로 생성된 값이 임계값 보다 작은 경우에 제2 디바이스들(231, 232, 233)은 임의 접속 프리앰블을 선택하여 전송할 수 있다.

[0104] 단계(251)에서, 제어 장치(220)는 임의 접속 프리앰블 집합 중에서, 제2 디바이스들(231, 232, 233)에 의해 선택되지 않은 프리앰블의 개수를 판단한다. 제어 장치(220)는 임의 접속 프리앰블 집합에 포함된 임의 접속 프리앰블의 개수를 알고 있고, 제2 디바이스들(231, 232, 233)에 의해 선택된 임의 접속 프리앰블도 수신하였으므로, 제2 디바이스들(231, 232, 233)에 의해 선택되지 않은 프리앰블의 개수는 손쉽게 판단할 수 있다.

[0106] 단계(252)에서, 제어 장치(220)는 제2 디바이스(231, 232, 233)로부터 선택되지 않은 임의 접속 프리앰블의 개수에 기반하여 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스들(231, 232, 233)의 개수를 추정한다.

[0107] 일측에 따르면, 제어 장치(220)는 제어 장치(220)에 임의 접속하려는 디바이스들의 개수를 확률 분포의 형태로 추정할 수 있다. 예를 들어, 제어 장치(220)는 선택되지 않은 임의 접속 프리앰블의 개수가  $n$  인 경우, 제어 장

치(220)에 임의 접속 하려는 디바이스들(231, 232, 233)의 개수  $n$  을 확률 분포  $P(n|r)$  의 형태로 추정할 수 있다. 또한, 제어 장치(220)는 확률 분포  $P(n|r)$  에 기반하여 임의 접속 하려는 디바이스들(231, 232, 233)의 개수  $n$  의 개수를 매 임의 접속 시간 구간마다 업데이트할 수 있다.

[0108] 일측에 따르면, 제어 장치(220)는 임의 접속 하려는 디바이스들(231, 232, 233)의 개수  $n$  의 개수는 하기 수학적 식 1과 같이 푸아송(poisson) 분포로 가정할 수 있다.

[0110] [수학적 식 1]

$$P(n) = \frac{\nu^n}{n!} e^{-\nu}$$

[0112]

[0114] 여기서,  $\nu$  는  $n$  의 평균값이다.

[0116] 또한,  $n$  값이 주어진 경우,  $m$ 개의 디바이스가 접속 클래스 제한 기법(ACB)를 통과하여 임의 접속 프리앰블을 전송할 확률은 하기 수학적 식 2와 같이 표현된다.

[0118] [수학적 식 2]

$$P(m|n) = \binom{n}{m} p^m (1-p)^{n-m}$$

[0120]

[0122]  $m$ 개의 디바이스가 임의 접속 프리앰블을 전송한 경우, 임의 접속 프리앰블 집합에 포함된  $M$ 개의 임의 접속 프리앰블들 중에서,  $r$ 개의 임의 접속 프리앰블이 디바이스에 의해 선택되지 않았을 확률은 하기 수학적 식 3과 같이 표현된다.

[0124] [수학적 식 3]

$$P(r|m) = \binom{M}{r} \sum_{i=0}^{M-r} (-1)^i \binom{M-r}{i} \left(1 - \frac{r+i}{M}\right)^m$$

[0126]

[0128] 여기서,  $\binom{M}{r}$  은 r 개의 임의 접속 프리앰블이 선택되는 확률이고,  $\binom{M-r}{i}$  은 나머지 M-r개의 임의 접속 프리앰블들 중에서 i개의 임의 접속 프리앰블이 선택되는 확률이다.  $\left(1 - \frac{r+i}{M}\right)^m$  은 r+i개의 임의 접속 프

리앰블이 선택되지 않을 확률이다. 따라서,  $\binom{M}{r} \binom{M-r}{i} \left(1 - \frac{r+i}{M}\right)^m$  은 적어도 r+i개의 임의 접속 프리앰블이 선택되지 않을 확률이며, 선택된 r+i개의 임의 접속 프리앰블들 중에서 r은 모든 가능한 i에 대하여 항상 선택되는 임의 접속 프리앰블을 표현한다.

[0130] 따라서, n개의 디바이스들이 r개의 임의 접속 프리앰블을 선택하는 확률은 아래 수학적 식 4와 같다.

[0132] [수학적 식 4]

$$P(r, n) = P(r|n)P(n) = \left\{ \sum_{m=0}^n P(r|m)P(m|n) \right\} \cdot P(n)$$

[0136] 따라서,  $P(r)$  은 하기 수학적 식 5와 같이 계산할 수 있다.

[0138] [수학적 식 5]

$$\begin{aligned} P(r) &= \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^n \sum_{i=0}^{M-r} (-1)^i \binom{M}{r} \binom{M-r}{i} \left(1 - \frac{r+i}{M}\right)^m \binom{n}{m} p^m (1-p)^m \frac{\nu^n}{n!} e^{-\nu} \\ &= \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{i=0}^{M-r} (-1)^i \binom{M}{r} \binom{M-r}{i} \left(1 - \frac{r+i}{M}\right)^m \sum_{n=m}^{\infty} \binom{n}{m} p^m (1-p)^m \frac{\nu^n}{n!} e^{-\nu} \\ &= \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{i=0}^{M-r} (-1)^i \binom{M}{r} \binom{M-r}{i} \left(1 - \frac{r+i}{M}\right)^m \frac{(p\nu)^m}{m!} e^{-p\nu} \\ &= \sum_{i=0}^{M-r} (-1)^i \binom{M}{r} \binom{M-r}{i} \sum_{m=0}^{\infty} \left(1 - \frac{r+i}{M}\right)^m \frac{(p\nu)^m}{m!} e^{-p\nu} \\ &= \binom{M}{r} \sum_{i=0}^{M-r} (-1)^i \binom{M-r}{i} e^{-\frac{(r+i)p\nu}{M}} \\ &= \binom{M}{r} e^{-\frac{rp\nu}{M}} \left[1 - e^{-\frac{p\nu}{M}}\right]^{M-r}. \end{aligned}$$

[0142] 수학식 4, 5를 참고하여  $P(n|r)$  은 하기 수학식 6과 같이 얻을 수 있다.

[0144] [수학식 6]

[0146]

$$P(n|r) = \frac{P(n, r)}{P(r)}$$

[0148]  $P(n|r)$  은 바로 임의 접속을 시도하는 디바이스의 개수 n에 대한 베이지안 추정(Bayesian estimation)이다. 이 값은 현재 임의 접속 시간 구간에서 선택되지 않은 임의 접속 프리앰블의 개수 r을 이용하여 추정된 값이다.

이 분포는 푸아송 분포는 아니지만,  $P(n|r)$  가 푸아송 분포를 가진다고 가정하면 그 평균은 아래와 같이 얻을 수 있다.

[0150] [수학식 7]

$$\begin{aligned} E[n|r] &= \frac{\sum_{n=0}^{\infty} nP(r, n)}{P(r)} \\ &= \nu \left[ (1-p) + p \left( 1 - \frac{r}{M} \right) \left( 1 - e^{-\frac{rv}{M}} \right)^{-1} \right] \end{aligned}$$

[0152]

[0154] 여기서,  $\sum_{n=0}^{\infty} nP(r, n)$  는 하기 수학식 8과 같이 정리된다.

[0156] [수학식 8]

[0158]

$$\sum_{n=0}^{\infty} nP(r, n) = \binom{M}{r} e^{-\frac{rv}{M}} \left[ 1 - e^{-\frac{rv}{M}} \right]^{M-r} \nu \left[ (1-p) + p \left( 1 - \frac{r}{M} \right) \left( 1 - e^{-\frac{rv}{M}} \right)^{-1} \right]$$

[0160] 이상의 수식 전개를 참고하면, r개의 임의 접속 프리앰블이 선택되지 않은 것으로 판단되면, 임의 접속을 시도하는 디바이스의 개수 n의 평균값은 아래 수학식 9에 따라 업데이트될 수 있다.

[0162] [수학식 9]

$$\nu' = \nu + \Delta\nu'$$

[0166] 여기서,  $\nu'$  는 이전 임의 접속 시간 구간에서 n의 평균값이고,  $\nu$  는 다음 임의 접속 시간 구간에서의 n의 평균값이다.  $\Delta\nu'$  는 하기 수학식 10과 같이 표현될 수 있다.

[0168] [수학식 10]

$$\Delta\nu' = \nu p^* \left( e^{-\frac{p^* \nu}{M}} - \frac{r}{M} \right) \left( 1 - e^{-\frac{p^* \nu}{M}} \right)^{-1}$$

[0172] 여기서,  $p^*$  은 임의 접속에 성공하는 디바이스의 개수를 최대화하는 최적의 임계값이며 아래에서 설명한다.

[0174] 단계(253)에서, 제어 장치(220)는 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스들의 개수에 기반하여 임계값  $p^*$  을 계산한다.

[0175] 만약 m개의 디바이스가 접속 클래스 제한 기법(ACB)를 통과한 경우, 특정 임의 접속 프리앰블이 하나의 디바이스에 의해 선택될 확률은 하기 수학식 11과 같이 표현될 수 있다.

[0177] [수학식 11]

$$P(s_j|m) = \binom{m}{1} \frac{1}{M} \left( 1 - \frac{1}{M} \right)^{m-1}$$

[0181] 만약 임의 접속을 시도하는 디바이스의 개수의 평균이  $\nu$ 이면, j번째 임의 접속 프리앰블이 하나의 디바이스에 의해 선택되는 확률은 하기 수학식 12와 같다.

[0183] [수학식 12]

$$P(s_j) = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^n P(s_j|m)P(m|n)P(n) = \frac{p\nu}{M} e^{-\frac{p\nu}{M}}$$

[0185]

[0187] 따라서, j번째 임의 접속 프리앰블을 이용하여 임의 접속에 성공하는 평균적인 디바이스의 수는 하기 수학식 13과 같다.

[0189] [수학식 13]

$$E[s_j] = 1 \cdot P(s_j) + 0 \cdot [1 - P(s_j)] = \frac{p\nu}{M} e^{-\frac{p\nu}{M}}$$

[0191]

[0193] 임의 접속 프리앰블 집합에는 모두 M개의 임의 접속 프리앰블이 포함되어 있으므로, 각 임의 접속 시간 구간에 서 임의 접속에 성공하는 디바이스의 평균값은 하기 수학식 14와 같다.

[0195] [수학식 14]

$$E \left[ \sum_{j=1}^M s_j \right] = \sum_{j=1}^M E[s_j] = p\nu e^{-\frac{p\nu}{M}}$$

[0197]

[0199] 최적의 임계값  $p^*$  는 수학식 14를 최대화하는 값이며, 그 값은 하기 수학식 15와 같다.

[0201] [수학식 15]

$$p^* = \min \left( 1, \frac{M}{\nu} \right)$$

[0203]

[0205] 참고로, 수학식 14를 최대화하는  $p^*$  의 값은  $\frac{M}{\nu}$  이나, 임계값  $p^*$  은 1 보다 작은 값을 가져야 하므로, min 함수가 포함된다.

- [0206] 따라서, 제어 장치(220)는 상기 수학식 15에 따라서 임계값  $p^*$  을 결정할 수 있다.
- [0208] 단계(260)에서 제어 장치(220)는 결정된 임계값을 제어 장치(220)에 임의 접속 하려는 디바이스들로 전송한다.
- [0210] 단계(271)에서 결정된 임계값을 수신한 제1 디바이스(210)는 임의의 값을 생성할 수 있다. 예를 들어, 임계값은 '0' 보다 크고 '1' 보다 작은 값이고, 제1 디바이스(210)는 균등 분포(uniform distribution)에 따라 임의의 값을 생성할 수 있다.
- [0212] 단계(272)에서, 제1 디바이스(210)는 임의로 생성한 값과 임계값을 비교할 수 있다.
- [0213] 단계(273)에서, 제1 디바이스(210)는 비교 결과에 따라서 임의 접속 여부를 결정할 수 있다. 예를 들어, 임의로 생성한 값이 임계값 보다 작은 경우에만 제1 디바이스(210)는 임의 접속을 시도하는 것으로 결정할 수 있다. 또는 그 반대도 가능하다.
- [0214] 단계(280)에서, 제1 디바이스(210)는 단계(273)에서의 결정에 따라 임의 접속 프리앰블을 전송하여 임의 접속을 시도할 수 있다.
- [0216] 도 3은 예시적 실시예에 따른 제어 장치의 구조를 도시한 블록도이다. 예시적 실시예에 따른 제어 장치(300)는 프리앰블 수신부(310), 프리앰블 개수 판단부(320), 디바이스 개수 추정부(330), 임계값 결정부(340) 및 임계값 전송부(350)를 포함한다.
- [0217] 제어 장치(300)는 제1 디바이스(370) 및 제2 디바이스(361, 362, 363)들을 관리하고, 제1 디바이스(370) 및 제2 디바이스(361, 362, 363)들의 임의 접속을 제어한다.
- [0218] 제1 임의 접속 시간 구간 동안, 제어 장치(300)에 접속하려는 제2 디바이스들(361, 362, 363)은 임의 접속 프리앰블 집합에 포함된 M개의 임의 접속 프리앰블들 중에서 어느 하나의 임의 접속 프리앰블을 선택한다. 일측에 따르면, 일부 임의 접속 프리앰블들은 복수의 제2 디바이스들(361, 362)에 의해 선택되어 전송될 수 있고, 일부 임의 접속 프리앰블은 하나의 제2 디바이스(363)에 의해 선택되어 전송될 수 있다. 또한, 일부 임의 접속 프리앰블은 제2 디바이스(361, 362, 363)에 의해 선택되지 않을 수 있다.
- [0220] 프리앰블 수신부(310)는 제1 임의 접속 시간 구간 동안 임의 접속 프리앰블 집합 중에서 선택된 제1 임의 접속 프리앰블들을 제어 장치(300)에 임의 접속하려는 제2 디바이스들(361, 362, 363)로부터 수신한다.
- [0222] 프리앰블 개수 판단부(320)는 수신된 제1 임의 접속 프리앰블들에 기반하여 임의 접속 프리앰블 집합 중에서, 제2 디바이스들(361, 362, 363)로부터 선택되지 않은 임의 접속 프리앰블의 개수를 판단할 수 있다. 제어 장치(300)는 임의 접속 프리앰블 집합에 포함된 임의 접속 프리앰블의 개수를 알고 있고, 제2 디바이스들(361, 362, 363)에 의해 선택된 임의 접속 프리앰블도 수신하였으므로, 제2 디바이스들(361, 362, 363)에 의해 선택되지 않은 프리앰블의 개수는 손쉽게 판단할 수 있다.
- [0224] 디바이스 개수 추정부(330)는 제2 디바이스들(361, 362, 363)로부터 선택되지 않은 임의 접속 프리앰블의 개수에 기반하여 제어 장치(300)에 임의 접속하려는 디바이스들의 개수를 추정한다. 일측에 따르면, 디바이스 개수 추정부(330)는 제2 디바이스들(361, 362, 363)로부터 선택되지 않은 임의 접속 프리앰블의 개수에 기반하여 제어 장치(300)에 임의 접속하려는 디바이스들의 개수를 확률 분포의 형태로 추정할 수 있다. 일측에 따르면, 디바이스 개수 추정부는 상기 수학식 1의 형태로 제어 장치(300)에 임의 접속하려는 디바이스들의 개수를 추정할 수 있다.

[0226] 일측에 따르면, 디바이스 개수 추정부(330)는 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스들의 개수를 푸아송 분포로 가정하고, 푸아송 분포의 평균값을 매 임의 접속 시간 구간마다 업데이트할 수 있다.

[0227] 여기서, 디바이스 개수 추정부(330)는 두 가지 알고리즘을 이용하여 푸아송 분포의 평균값을 업데이트 할 수 있다.

[0229] 1. 알고리즘 1

[0231] 일측에 따르면, 디바이스 개수 추정부(330)는 하기 수학식 16에 따라 푸아송 분포의 평균값을 추정할 수 있다.

[0234] [수학식 16]

[0236] 
$$\nu_t = \nu_{t-1} + \Delta\nu_t$$

[0238] 여기서,  $\nu_t$  는 제2 임의 접속 시간 구간 동안에 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스의 개수의 평균값이고,  $\nu_{t-1}$  는 제1 임의 접속 시간 구간 동안에 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스의 개수의 평균값이다.  $\Delta\nu_t$  는 평균값의 증가분이고, 하기 수학식 17에 따라서 결정될 수 있다. 제2 임의 접속 시간 구간은 제1 임의 접속 시간 구간 이후에 위치하는 시간 구간이다.

[0240] [수학식 17]

[0242] 
$$\Delta\nu_t = \nu_{t-1} p_{t-1} \left( e^{-\frac{p_{t-1} \nu_{t-1}}{M}} - \frac{r}{M} \right) \left( 1 - e^{-\frac{p_{t-1} \nu_{t-1}}{M}} \right)^{-1}$$

[0244] 여기서,  $p_{t-1}$  는 상기 제1 임의 접속 시간 구간에서 상기 임계값이고, M은 상기 임의 접속 프리앰블 집합에 포함된 임의 접속 프리앰블의 개수이다. r은 상기 임의 접속 프리앰블 집합 중에서 상기 디바이스들로부터 선택되지 않은 임의 접속 프리앰블의 개수이다.

[0246] 일측에 따르면, 디바이스 개수 추정부(330)는 제1 임의 접속 시간 구간 동안 새롭게 액티베이션(activation)된 디바이스들의 개수를 고려하여 디바이스의 개수를 업데이트 할 수 있다. 여기서, 액티베이션은 제어 장치로 전송할 데이터가 생성되거나, 네트워크에 등록하기 위해 임의 접속이 필요한 것을 의미한다. 제1 임의 접속 시간 구간과 제2 임의 접속 시간 구간이 연속된 경우에, 임의 접속이 필요한 디바이스의 개수는 크게 변하지 않는다.

따라서, 제1 임의 접속 시간 구간 동안에 새로 액티베이션된 디바이스의 수는  $V_t - V_{t-1}$  로 근사화 할 수 있다.

[0248] 따라서,  $\nu_t$  는 하기 수학식 18에 따라 업데이트될 수 있다.

[0250] [수학식 18]

[0252] 
$$\nu_t = \nu_t + \max(0, \Delta \nu_t)$$

[0254] 여기서, max 함수는 새로 액티베이션 되는 디바이스의 수가 0 보다 작을 수 없다는 것을 반영한 것이다.

[0256] 일측에 따르면, 디바이스 개수 추정부(330)는 제1 임의 접속 시간 구간 동안 임의 접속 절차를 완료한 디바이스의 개수를 고려하여 디바이스의 개수를 업데이트 할 수 있다. 임의 접속에 성공한 디바이스의 개수를  $C_t$ 라고 하면  $\nu_t$  는 하기 수학식 19와 같이 업데이트될 수 있다.

[0258] [수학식 19]

[0260] 
$$\nu_t = \nu_t - c_t$$

[0262] 임계값 결정부(340)는 접속 클래스 제한 기법의 임계값을 결정한다. 일측에 제2 따르면, 임계값 결정부(340)는 제2 접속 시간 구간 동안에 임의 접속에 성공하는 디바이스의 개수가 최대화되도록 접속 클래스 제한 기법의 임계값을 결정할 수 있다.

[0263] 일측에 따르면, 임계값 결정부(340)는 하기 수학식 20에 따라서 접속 클래스 제한 기법의 임계값을 결정할 수 있다.

[0265] [수학식 20]

[0267] 
$$p_t = \min \left( 1, \frac{M}{\nu_t} \right)$$

[0269] 만약  $\nu_t$  의 값이 임의 접속 프리엠블 집합에 포함된 임의 접속 프리엠블의 개수 M 보다 작다면 임계값  $p_t$  는 1 보다 큰 값을 가지게 된다. 접속 클래스 제한 기법에서 각 디바이스가 균등 분포(uniform distribution)에 따라 임의로 값을 생성한다면, 임계값  $p_t$  가 1보다 클 수는 없으므로, min 함수를 적용한다.

[0271] 따라서,  $\nu_t$  또한 유사한 이유로 아래 수학적 식 21과 같이 업데이트 된다.

[0273] [수학적 식 21]

$$\nu_t = \max(M, \nu_t)$$

[0275]

[0277] 위에서 설명된 알고리즘 1은 아래 도면과 같이 요약할 수 있다.

#### Algorithm 1 Pseudo-Bayesian ACB Algorithm (B-ACB)

1. Initialize  $\nu_0 = M$  and  $p_0 = 1/M$ .
2. if the number of idle preambles is  $r$  then
3.  $\Delta\nu_t = \nu_{t-1}p_{t-1} \left( e^{-\frac{p_{t-1}\nu_{t-1}}{M}} - \frac{r}{M} \right) \left( 1 - e^{-\frac{p_{t-1}\nu_{t-1}}{M}} \right)^{-1}$
4.  $\nu_t = \nu_{t-1} + \Delta\nu_t$
5.  $\nu_t = \nu_t + \max(0, \Delta\nu_t)$
6.  $\nu_t = \nu_t - c_t$
7. end if
8.  $p_t = \min \left( 1, \frac{M}{\nu_t} \right)$
9.  $\nu_t = \max(M, \nu_t)$ .

[0279]

[0281] 2. 알고리즘 2

[0283] 임의 접속 프리앰블 집합에 포함된 임의 접속 프리앰블의 개수인  $M$ 이 큰 값인 경우, 알고리즘 1은 잘 작동한다. 그러나,  $M$ 의 값이 작거나, 제어 장치에 지나치게 많은 디바이스가 접속하려는 경우, 임의 접속을 시도하려는 디바이스의 개수가 급격히 증가하는 경우에는 알고리즘 1은 잘 동작하지 않을 수 있다.

[0285] 임의 접속을 시도하려는 디바이스의 개수가 급격히 증가하면, 추정된  $\nu_t$ 의 값이 디바이스의 개수 증가를 따라가지 못할 수 있다. 따라서, 연속적으로  $\nu_t$ 의 값이 증가하였다면  $\nu_t$ 의 증가에 가속화 팩터를 적용할 수도 있다.

[0286] 가속화 팩터를 적용한 경우, 디바이스 개수 추정부(330)는 하기 수학적 식 22에 따라 푸아송 분포의 평균값을 추정할 수 있다.

[0288] [수학적 식 22]

$$\nu_t = \nu_{t-1} + k_t \cdot \Delta \nu_t$$

여기서,  $\nu_t$  는 상기 제2 임의 접속 시간 구간 동안에 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스의 개수의 평균값이고,  $\nu_{t-1}$  는 상기 제1 임의 접속 시간 구간 동안에 상기 제어 장치에 임의 접속하려는 디바이스의 개수의 평균값이다.  $\Delta \nu_t$  는 상기 평균값의 증가분이고, 하기 수학식 23에 따라서 결정될 수 있다. 여기서,  $k_t$  는 가중치로서, 지난 업데이트 시점에서 연속적으로  $\nu_t$  가 증가한 횟수로 결정된다.

[수학식 23]

$$\Delta \nu_t = \nu_{t-1} p_{t-1} \left( e^{-\frac{p_{t-1} \nu_{t-1}}{M}} - \frac{r}{M} \right) \left( 1 - e^{-\frac{p_{t-1} \nu_{t-1}}{M}} \right)^{-1}$$

여기서,  $p_{t-1}$  는 상기 제1 임의 접속 시간 구간에서 상기 임계값이고, M은 상기 임의 접속 프리앰블 집합에 포함된 임의 접속 프리앰블의 개수이다. r은 상기 임의 접속 프리앰블 집합 중에서 상기 디바이스들로부터 선택되지 않은 임의 접속 프리앰블의 개수이다.

$\nu_t$  의 증가에 가속화 팩터를 적용한 알고리즘 2는 하기의 도면과 같이 정리할 수 있다.

#### Algorithm 2 Enhanced PB-ACB Algorithm (EB-ACB)

1. Initialize  $\nu_0 = M$ ,  $p_0 = 1/M$ , and  $k_0 = 1$ .
2. **if** the number idle preambles is  $r$  **then**
3.  $\Delta \nu_t = \nu_{t-1} p_{t-1} \left( e^{-\frac{p_{t-1} \nu_{t-1}}{M}} - \frac{r}{M} \right) \left( 1 - e^{-\frac{p_{t-1} \nu_{t-1}}{M}} \right)^{-1}$
4. **if**  $\Delta \nu_t > 0$  **then**
5.  $k_t = k_{t-1} + 1$  and  $\nu_t = \nu_{t-1} + k_t \cdot \Delta \nu_t$
6. **else**
7.  $k_t = 1$  and  $\nu_t = \nu_{t-1} + \Delta \nu_t$
8. **end if**
9.  $\nu_t = \nu_t - c_t$
10. **end if**
11.  $p_t = \min \left( 1, \frac{M}{\nu_t} \right)$ .
12.  $\nu_t = \max (M, \nu_t)$ .

- [0304] 임계값 전송부(350)는 결정된 임계값을 제2 임의 접속 시간 구간에 제어 장치(300)에 임의 접속하려는 디바이스들(361, 362, 363, 370)로 전송한다. 전송된 임계값은 각 디바이스(361, 362, 363, 370)가 임의로 생성한 값과 비교된다. 각 디바이스들(361, 362, 363, 370)은 비교 결과에 따라 제2 임의 접속 시간 구간 동안에 임의 접속을 시도할 수 있다.
- [0306] 프리앰블 수신부(310)는 제2 임의 접속 시간 구간 동안에 각 디바이스(361, 362, 363, 370)들로 전송된 임계값에 기반하여 각 디바이스들(361, 362, 363, 370)로부터 전송된 제2 임의 접속 프리앰블을 수신한다. 여기서, 제2 임의 접속 프리앰블은 각 디바이스(361, 362, 363, 370)들에서 임의로 생성한 값과 임계값과의 비교 결과에 따라 전송 여부가 결정된 것이다.
- [0308] 도 4는 예시적 실시예에 따른 디바이스의 구조를 도시한 블록도이다. 예시적 실시예에 따른 디바이스(400)는 임계값 수신부(410), 판단부(420) 및 프리앰블 전송부(430)를 포함한다.
- [0309] 임계값 수신부(410)는 제어 장치(440)로부터 임계값을 수신한다. 여기서, 임계값 수신부(410)가 수신한 임계값은 제1 임의 접속 시간 구간 동안에 제어 장치(440)로 임의 접속하기 위하여 제2 디바이스(451, 452, 453)로부터 제어 장치(440)로 전송된 제1 임의 접속 프리앰블에 기반하여 결정된 것일 수 있다.
- [0310] 예를 들어, 제1 시간 구간 동안에 제2 디바이스(451, 452, 453)들로부터 제어 장치(440)로 전송된 제1 임의 접속 프리앰블에 기반하여 제어 장치(440)는 임의 접속 프리앰블 집합에 포함된 임의 접속 프리앰블들 중에서, 제2 디바이스(451, 452, 453)들에 의해 선택되지 않은 임의 접속 프리앰블의 개수를 판단할 수 있다.
- [0311] 또한, 제어 장치(440)는 선택되지 않은 임의 접속 프리앰블의 개수에 기반하여 제1 임의 접속 시간 구간 동안 제어 장치(440)에 임의 접속하려는 제2 디바이스들(451, 452, 453)의 개수를 추정할 수 있다. 일측에 따르면, 제어 장치(440)는 제2 디바이스들(451, 452, 453)의 개수를 확률 분포의 형태로 추정할 수 있다. 일측에 따르면, 제어 장치(440)는 푸아송 분포로 제2 디바이스(451, 452, 453)의 개수를 추정하기 위해 제2 디바이스(451, 452, 453)의 개수의 평균을 추정할 수 있다.
- [0312] 일측에 따르면, 제어 장치(440)는 위에서 설명된 알고리즘 1에 따라 수학적 식 16 및 수학적 식 17을 이용하여 제2 디바이스(451, 452, 453)의 개수의 평균을 추정할 수 있다.
- [0313] 다른 측면에 따르면, 제어 장치(440)는 위에서 설명된 알고리즘 2에 따라 수학적 식 22 및 23을 이용하여 제2 디바이스(451, 452, 453)의 개수의 평균을 추정할 수 있다.
- [0314] 일측에 따르면, 임계값 수신부(410)가 수신한 임계값은 위에서 설명된 수학적 식 20에 따라 결정된 것일 수 있다.
- [0316] 판단부(420)는 임의로 값을 생성한다. 판단부(420)는 임의로 생성한 값과 임계값을 비교한다. 일측에 따르면, 판단부(420)는 균등 분포(uniform distribution)에 따라 0과 같거나 크고, 1보다는 작은 범위에서 임의로 값을 생성할 수 있다. 이 경우에, 임계값 수신부(410)가 수신한 임계값은 0과 같거나 크고, 1보다는 작은 범위를 가질 수 있다.
- [0317] 판단부(420)는 임의로 생성한 값과 임계값을 비교하고, 비교 결과에 따라서 제1 임의 접속 시간 구간 이후의 제2 임의 접속 시간 구간 동안에 제어 장치(440)로 임의 접속을 시도할지 여부를 판단할 수 있다.
- [0318] 예를 들어, 임의로 생성한 값이 임계값 보다 작은 경우에, 판단부(420)는 디바이스(400)가 제2 임의 접속 시간 구간 동안에 제어 장치(400)로 임의 접속을 시도하는 것으로 판단할 수 있다. 만약 임의로 생성한 값이 임계값 보다 큰 경우에는, 판단부(420)는 디바이스(400)가 제2 임의 접속 시간 구간 동안 제어 장치(400)로 임의 접속을 시도하지 않는 것으로 판단할 수 있다.
- [0319] 디바이스(400)가 제2 임의 접속 시간 구간 동안에 제어 장치(400)로 임의 접속을 시도하는 것으로 판단한 경우에, 프리앰블 전송부(430)는 임의 접속 프리앰블 그룹에 포함된 임의 접속 프리앰블들 중에서 어느 하나의 임의 접속 프리앰블(제2 임의 접속 프리앰블)을 선택하고, 선택된 제2 임의 접속 프리앰블을 제1 임의 접속 시간 구간 이후의 제2 임의 접속 시간 구간 동안에 제어 장치(440)로 전송한다.

[0321] 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. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0322]

[0323] 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.

[0324] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

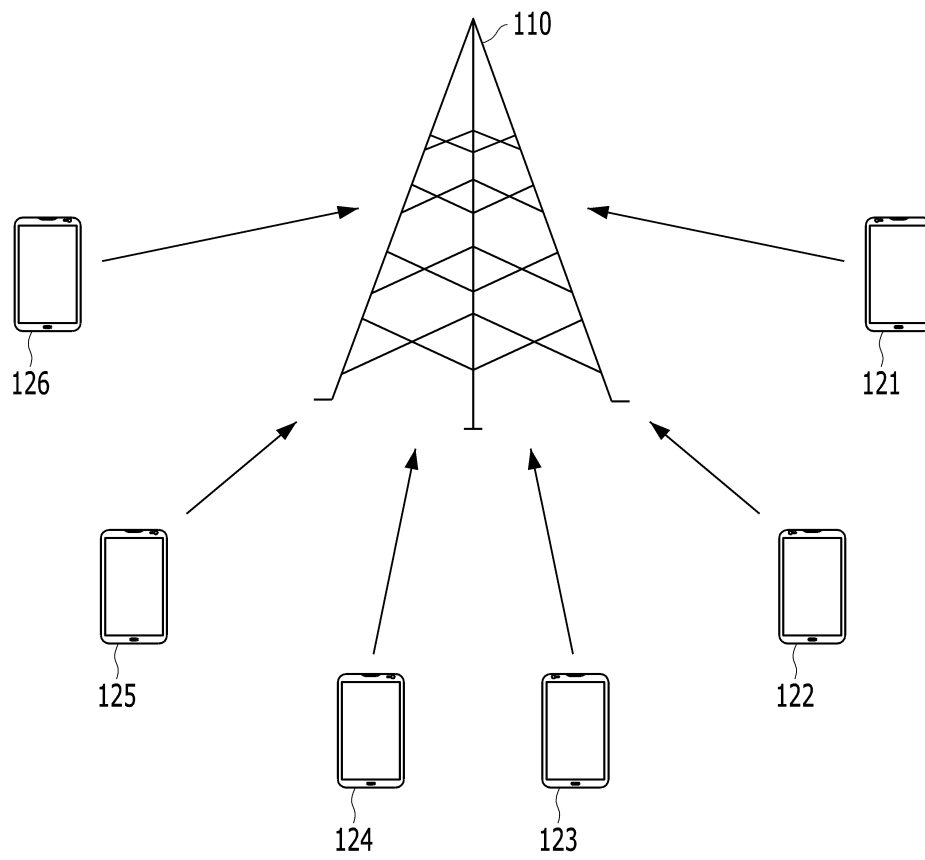
### 부호의 설명

[0325] 110: 제어 장치

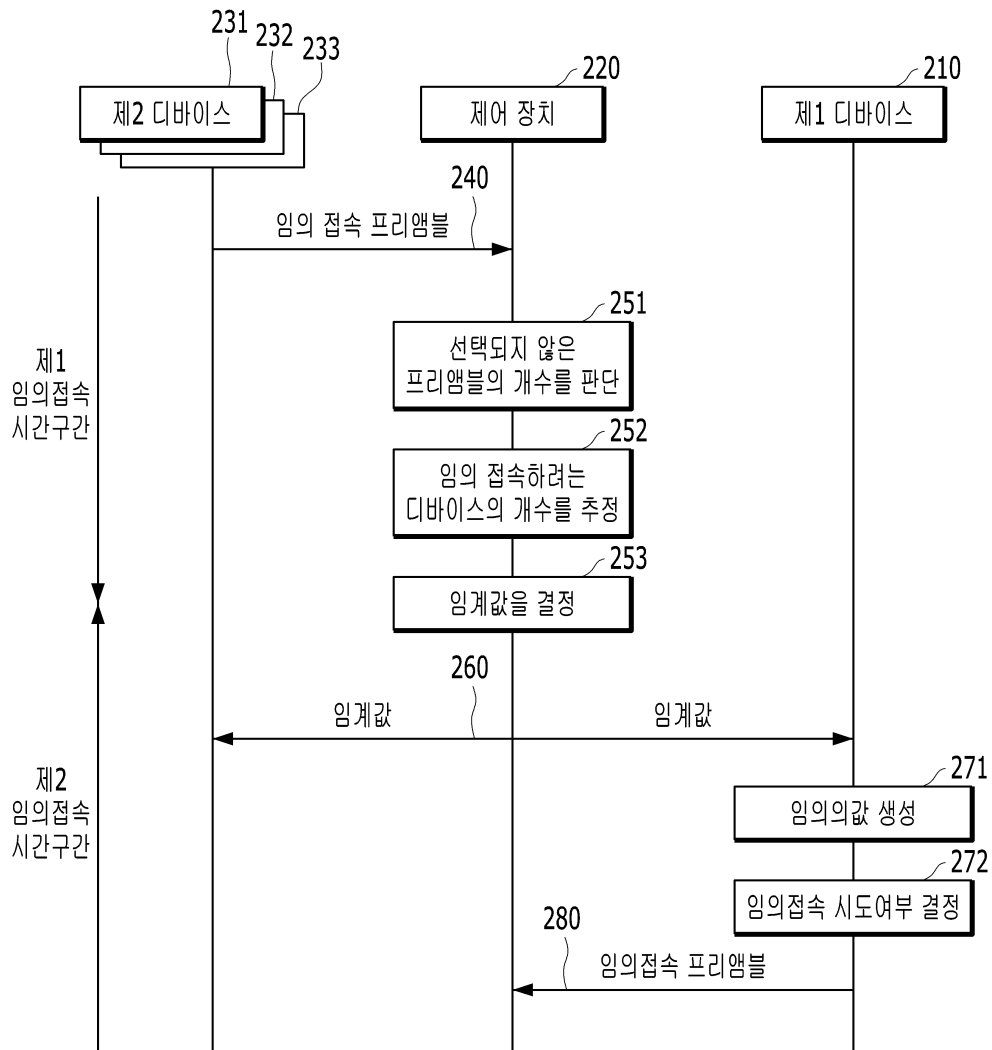
121, 122, 123, 124, 125, 126: 디바이스

도면

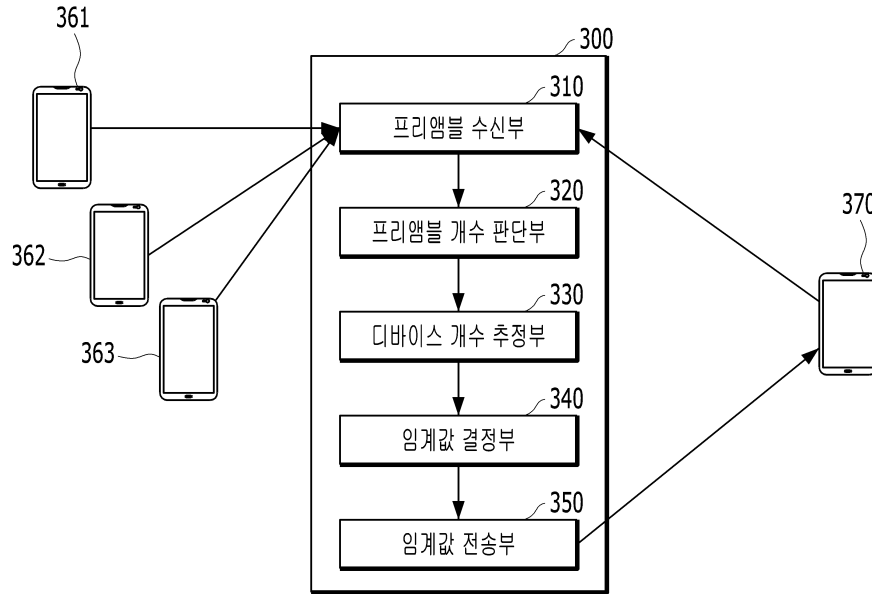
도면1



도면2



도면3



도면4

