



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0021681  
(43) 공개일자 2025년02월14일

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br/> <i>H04W 74/08</i> (2024.01) <i>A61B 5/00</i> (2021.01)<br/> <i>G06N 20/00</i> (2019.01) <i>H04B 13/00</i> (2006.01)<br/> <i>H04L 1/18</i> (2023.01) <i>H04W 84/18</i> (2009.01)</p> <p>(52) CPC특허분류<br/> <i>H04W 74/0816</i> (2024.01)<br/> <i>A61B 5/0024</i> (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2023-0102603<br/> (22) 출원일자 2023년08월07일<br/> 심사청구일자 2023년08월07일</p> | <p>(71) 출원인<br/> <b>한림대학교 산학협력단</b><br/> 강원도 춘천시 한림대학길 1, 한림대학교(옥천동)</p> <p>(72) 발명자<br/> <b>김의직</b><br/> 경기도 남양주시 다산중앙로146번길 7, 2204동<br/> 1902호(다산동, 다산롯데캐슬)</p> <p><b>권정혁</b><br/> 강원도 춘천시 남춘로5번길 14-1, 301호(퇴계동)</p> <p><b>박재훈</b><br/> 강원도 춘천시 동면 춘천순환로 446-13</p> <p>(74) 대리인<br/> <b>특허법인본</b></p> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

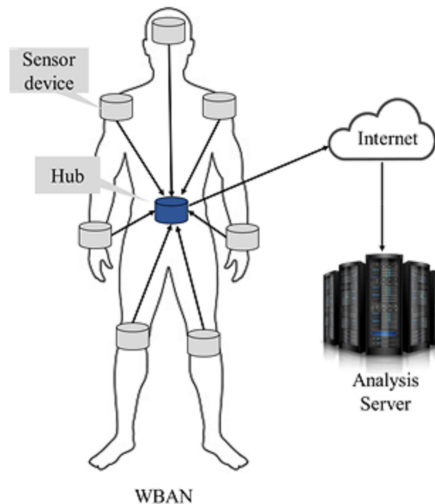
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 **CW(Contention Window)를 조정하는 센서 장치와 연결된 허브 장치 및 시스템**

**(57) 요약**

센서 장치 및 허브 장치를 포함하는 시스템의 제어 방법이 개시된다. 본 제어 방법은, 허브 장치가, 센서 장치로 비콘 프레임을 브로드캐스트하는 단계, 센서 장치가, IFS(Inter-Frame Space)에 따라 대기하는 단계, 센서 장치가, 전송 대상인 데이터의 UP(User Priority)를 바탕으로 CW(Contention Window)를 선택하는 단계, 선택된 CW의 크기 이하의 범위에서 백오프 카운터를 랜덤으로 설정하는 단계, 센서 장치가, IFS에 따라 대기한 이후 랜덤으로 설정된 백오프 카운터만큼 추가로 대기하는 단계, 센서 장치가, 백오프 카운터만큼 추가로 대기한 이후 데이터를 허브 장치로 전송하는 단계, 허브 장치가, 데이터가 수신되면 ACK를 상기 센서 장치로 전송하는 단계, 센서 장치가, 데이터의 전송에 대응하여 허브 장치로부터 ACK가 수신되는지 여부를 바탕으로 UP에 매칭되는 CW를 업데이트하는 단계를 포함한다.

**대표도** - 도1



(52) CPC특허분류

*G06N 20/00* (2021.08)

*H04B 13/005* (2013.01)

*H04L 1/1812* (2023.01)

*H04W 74/0875* (2013.01)

*H04W 84/18* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

|             |                                |
|-------------|--------------------------------|
| 과제고유번호      | 1711167393                     |
| 과제번호        | 2021R1C1C2095696               |
| 부처명         | 과학기술정보통신부                      |
| 과제관리(전문)기관명 | 한국연구재단                         |
| 연구사업명       | 신진연구지원사업(세종과학펠로우십)             |
| 연구과제명       | 의료 사물인터넷을 위한 부하분산 블록엣지 프레임워크개발 |
| 기 여 율       | 1/1                            |
| 과제수행기관명     | 한림대학교                          |
| 연구기간        | 2021.09.01 ~ 2026.02.28        |

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

적어도 하나의 센서 장치 및 허브 장치를 포함하는 시스템의 제어 방법에 있어서,  
 상기 허브 장치가, 상기 센서 장치로 비콘 프레임을 브로드캐스트하는 단계;  
 상기 센서 장치가, IFS(Inter-Frame Space)에 따라 대기하는 단계;  
 상기 센서 장치가, 전송 대상인 데이터의 UP(User Priority)를 바탕으로 CW(Contention Window)를 선택하는 단계;  
 상기 센서 장치가, 상기 선택된 CW의 크기 이하의 범위에서 백오프 카운터를 랜덤으로 설정하는 단계;  
 상기 센서 장치가, 상기 IFS에 따라 대기한 이후 상기 랜덤으로 설정된 백오프 카운터만큼 추가로 대기하는 단계;  
 상기 센서 장치가, 상기 백오프 카운터만큼 추가로 대기한 이후 상기 데이터를 상기 허브 장치로 전송하는 단계;  
 상기 허브 장치가, 상기 데이터가 수신되면 ACK를 상기 센서 장치로 전송하는 단계; 및  
 상기 센서 장치가, 상기 데이터의 전송에 대응하여 상기 허브 장치로부터 ACK가 수신되는지 여부를 바탕으로 상기 UP에 매칭되는 CW를 업데이트하는 단계;를 포함하는, 시스템의 제어 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,  
 상기 시스템의 제어 방법은,  
 상기 센서 장치가, UP의 레벨마다 별도로 지정된 복수의 Q-table을 관리하는 단계;를 포함하고,  
 상기 복수의 Q-table 각각은,  
 CW의 현재 값에 매칭되는 복수의 상태 및 CW의 변경을 위한 복수의 액션 각각에 대한 Q-값을 포함하는, 시스템의 제어 방법.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,  
 상기 CW를 업데이트하는 단계는,  
 상기 ACK를 바탕으로 이하 수학식에 따라 보상( $r_t$ )을 획득하고,

$$r_t = \begin{cases} 1, & \text{If ACK is received} \\ -1, & \text{If ACK is not received} \end{cases}$$

상기 획득된 보상을 바탕으로 상기 UP에 매칭되는 Q-table을 구성하는 적어도 하나의 Q-값을 업데이트하는, 시스템의 제어 방법.

#### 청구항 4

제3항에 있어서,  
 상기 CW를 업데이트하는 단계는,

이하 수학적식에 따라 Q-table의 상태( $s_t$ ) 및 액션( $a_t$ )에 매칭되는 Q-값을 업데이트하고,

$$Q_{UP}(s_t, a_t) \leftarrow (1 - \alpha) \cdot Q_{UP}(s_t, a_t) + \alpha [r_t + \gamma \cdot \max_a Q_{UP}(s_{t+1}, a)]$$

상기 수학적식에서 좌측에 기재된  $Q_{UP}(s_t, a_t)$ 는 t번째 전송에 대하여 업데이트된 Q-값이고, 상기 수학적식에서 우측에 기재된  $Q_{UP}(s_t, a_t)$ 는 t번째 전송에 대한 이전의 Q-값이고,  $\gamma$ 는 감소 요인이고,  $\max_a Q_{UP}(s_{t+1}, a)$ 는 최적의 미래 Q-값의 추정치인, 시스템의 제어 방법.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 복수의 액션은,

감소, 유지, 및 증가를 포함하고,

상기 CW를 업데이트하는 단계는,

Q-table에 포함된 적어도 하나의 Q-값을 업데이트한 이후, 현재 상태의 CW와 관련하여 Q-값이 가장 큰 액션에 따라 상기 CW를 업데이트하는, 시스템의 제어 방법.

#### 청구항 6

제2항에 있어서,

상기 시스템의 제어 방법은,

상기 센서 장치가, 각각의 UP에 매칭되는  $CW_{min}$  및  $CW_{max}$ 를 설정하는 단계; 및

상기 센서 장치가, 상기 복수의 Q-table 각각에 있어서,  $Q_{up}(0, 0)$  및  $Q_{up}(CW_{max}-CW_{min}, 2)$ 를 -100으로 초기화하고, 나머지 Q-값은 0으로 초기화하는 단계;를 포함하는, 시스템의 제어 방법.

#### 청구항 7

제6항에 있어서,

상기 시스템의 제어 방법은,

상기 센서 장치가, 초기 전송 시도에 대한 CW를 각각의 UP에 매칭되는  $CW_{min}$ 에 따라 설정하는 단계;를 포함하는, 시스템의 제어 방법.

#### 청구항 8

적어도 하나의 센서 장치 및 허브 장치를 포함하는 시스템의 제어 방법에 있어서,

상기 센서 장치가, 전송 대상인 데이터의 UP(User Priority)에 매칭되는 CW(Contention Window)에 따라 대기하는 단계;

상기 센서 장치가, 상기 CW에 따라 대기한 이후 상기 데이터를 상기 허브 장치로 전송하는 단계;

상기 허브 장치가, 상기 데이터가 수신되면 ACK를 상기 센서 장치로 전송하는 단계; 및

상기 센서 장치가, 상기 데이터의 전송에 대응하여 상기 허브 장치로부터 ACK가 수신되는지 여부를 바탕으로 상기 UP에 매칭되는 CW를 업데이트하는 단계;를 포함하고,

상기 CW를 업데이트하는 단계는,

CW의 현재 값에 매칭되는 복수의 상태 및 CW의 변경을 위한 복수의 액션 각각에 대한 Q-값을 포함하는 Q-table과 연동되는, Q-agent를 통해 상기 CW를 업데이트하는, 시스템의 제어 방법.

## 청구항 9

적어도 하나의 센서 장치 및 허브 장치를 포함하는 시스템의 제어 방법에 있어서,

상기 센서 장치가, 센서부를 통해 획득된 센싱 데이터의 값을 임계 범위와 비교하여 상기 센싱 데이터의 UP(User Priority)를 설정하는 단계;

상기 센서 장치가, 상기 설정된 UP에 매칭되는 CW(Contention Window)에 따라 대기하는 단계;

상기 센서 장치가, 상기 CW에 따라 대기한 이후 상기 데이터를 상기 허브 장치로 전송하는 단계;

상기 허브 장치가, 상기 데이터가 수신되면 ACK를 상기 센서 장치로 전송하는 단계; 및

상기 센서 장치가, 상기 데이터의 전송에 대응하여 상기 허브 장치로부터 ACK가 수신되는지 여부를 바탕으로 상기 UP에 매칭되는 CW를 업데이트하는 단계;를 포함하는, 시스템의 제어 방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 개시는 WBAN(Wireless Body Area Networks)을 구성하는 센서 장치 및 허브 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는, CW(Contention Window)를 실시간으로 업데이트하는 센서 장치와 연동된 허브 장치를 포함하는 시스템에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 최근, 연결되고 개인화된 헬스케어에 대한 관심이 높아지면서 원격 환자 모니터링, 투약 관리, 원격 진단과 같은 IoMT(Internet of Medical Things) 서비스에 대한 수요가 급증하고 있다. IoMT에서 사용자는 일반적으로 인체의 생체 신호를 측정하기 위해 여러 개의 센서 장치를 갖추고 있다. 센서 장치는 WBAN(Wireless Body Area Networks)을 형성하고 WBAN의 무선 링크를 통해 측정된 생체 의학 데이터를 교환한다. 그러나 센서 장치는 제한된 전원으로만 데이터를 생성하고 전송한다. 또한 일부 바이오메디컬 데이터에는 조기 접근이 필요한 치명적인 정보가 포함될 수 있다. 따라서 안정적인 WBAN을 위해서는 MAC(Medium Access Protocol)의 효율적인 설계가 필수적이다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0003] 본 개시는 강화 학습을 이용하여 WBAN에서 CW를 조정하는 방법인 RL-CWA를 제안한다.

[0004] 본 개시는 CW(Contention Window)의 크기를 적응적으로 조정하는 복수의 센서 장치를 포함하는 WBAN 시스템을 제공한다.

[0005] 본 개시의 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 본 개시의 다른 목적 및 장점들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있고, 본 개시의 실시 예에 의해 보다 분명하게 이해될 것이다. 또한, 본 개시의 목적 및 장점들은 특허 청구 범위에 나타난 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 쉽게 알 수 있을 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0006] 본 개시의 일 실시 예에 따라 적어도 하나의 센서 장치 및 허브 장치를 포함하는 시스템의 제어 방법은, 상기 허브 장치가, 상기 센서 장치로 비콘 프레임을 브로드캐스트하는 단계, 상기 센서 장치가, IFS(Inter-Frame Space)에 따라 대기하는 단계, 상기 센서 장치가, 전송 대상인 데이터의 UP(User Priority)를 바탕으로 CW(Contention Window)를 선택하는 단계, 상기 선택된 CW의 크기 이하의 범위에서 백오프 카운터를 랜덤으로 설정하는 단계, 상기 센서 장치가, 상기 IFS에 따라 대기한 이후 상기 랜덤으로 설정된 백오프 카운터만큼 추가로 대기하는 단계, 상기 센서 장치가, 상기 백오프 카운터만큼 추가로 대기한 이후 상기 데이터를 상기 허브 장치로 전송하는 단계, 상기 허브 장치가, 상기 데이터가 수신되면 ACK를 상기 센서 장치로 전송하는 단계, 상기 센서 장치가, 상기 데이터의 전송에 대응하여 상기 허브 장치로부터 ACK가 수신되는지 여부를 바탕으로 상기 UP에

매칭되는 CW를 업데이트하는 단계를 포함한다.

[0007] 상기 시스템의 제어 방법은, 상기 센서 장치가, UP의 레벨마다 별도로 지정된 복수의 Q-table을 관리하는 단계를 포함할 수 있다. 여기서, 상기 복수의 Q-table 각각은, CW의 현재 값에 매칭되는 복수의 상태 및 CW의 변경을 위한 복수의 액션 각각에 대한 Q-값을 포함한다.

[0008] 이때, 상기 CW를 업데이트하는 단계는, 상기 ACK를 바탕으로 이하 수학식에 따라 보상( $r_t$ )을 획득하고,

$$r_t = \begin{cases} 1, & \text{If ACK is received} \\ -1, & \text{If ACK is not received} \end{cases}$$
, 상기 획득된 보상을 바탕으로 상기 UP에 매칭되는 Q-table을 구성하는 적어도 하나의 Q-값을 업데이트할 수 있다.

[0009] 여기서, 상기 CW를 업데이트하는 단계는, 이하 수학식에 따라 Q-table의 상태( $s_t$ ) 및 액션( $a_t$ )에 매칭되는 Q-값

을 업데이트할 수 있으며, 
$$Q_{UP}(s_t, a_t) \leftarrow (1-\alpha) \cdot Q_{UP}(s_t, a_t) + \alpha[r_t + \gamma \cdot \max_a Q_{UP}(s_{t+1}, a)]$$
, 상기 수학식에서 좌측에 기재된  $Q_{UP}(s_t, a_t)$ 은 t번째 전송에 대하여 업데이트된 Q-값이고, 상기 수학식에서 우측에 기재된  $Q_{UP}(s_t, a_t)$ 은 t번째 전송에 대한 이전의 Q-값이고,  $\gamma$ 는 감소 요인이고,  $\max_a Q_{UP}(s_{t+1}, a)$ 는 최적의 미래 Q-값의 추정치이다.

[0010] 이때, 상기 복수의 액션은, 감소, 유지, 및 증가를 포함할 수 있다. 그리고, 상기 CW를 업데이트하는 단계는, Q-table에 포함된 적어도 하나의 Q-값을 업데이트한 이후, 현재 상태의 CW와 관련하여 Q-값이 가장 큰 액션에 따라 상기 CW를 업데이트할 수 있다.

[0011] 한편, 상기 시스템의 제어 방법은, 상기 센서 장치가, 각각의 UP에 매칭되는  $CW_{min}$  및  $CW_{max}$ 를 설정하는 단계, 상기 센서 장치가, 상기 복수의 Q-table 각각에 있어서,  $Q_{up}(0, 0)$  및  $Q_{up}(CW_{max}-CW_{min}, 2)$ 를 -100으로 초기화하고, 나머지 Q-값은 0으로 초기화하는 단계를 포함할 수 있다.

[0012] 이때, 상기 시스템의 제어 방법은, 상기 센서 장치가, 초기 전송 시도에 대한 CW를 각각의 UP에 매칭되는  $CW_{min}$ 에 따라 설정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0013] 본 개시의 일 실시 예에 따라 적어도 하나의 센서 장치 및 허브 장치를 포함하는 시스템의 제어 방법은, 상기 센서 장치가, 전송 대상인 데이터의 UP(User Priority)에 매칭되는 CW(Contention Window)에 따라 대기하는 단계, 상기 센서 장치가, 상기 CW에 따라 대기한 이후 상기 데이터를 상기 허브 장치로 전송하는 단계, 상기 허브 장치가, 상기 데이터가 수신되면 ACK를 상기 센서 장치로 전송하는 단계, 상기 센서 장치가, 상기 데이터의 전송에 대응하여 상기 허브 장치로부터 ACK가 수신되는지 여부를 바탕으로 상기 UP에 매칭되는 CW를 업데이트하는 단계를 포함한다. 상기 CW를 업데이트하는 단계는, CW의 현재 값에 매칭되는 복수의 상태 및 CW의 변경을 위한 복수의 액션 각각에 대한 Q-값을 포함하는 Q-table과 연동되는, Q-agent를 통해 상기 CW를 업데이트할 수 있다.

[0014] 본 개시의 일 실시 예에 따라 적어도 하나의 센서 장치 및 허브 장치를 포함하는 시스템의 제어 방법은, 상기 센서 장치가, 센서부를 통해 획득된 센싱 데이터의 값을 임계 범위와 비교하여 상기 센싱 데이터의 UP(User Priority)를 설정하는 단계, 상기 센서 장치가, 상기 설정된 UP에 매칭되는 CW(Contention Window)에 따라 대기하는 단계, 상기 센서 장치가, 상기 CW에 따라 대기한 이후 상기 데이터를 상기 허브 장치로 전송하는 단계, 상기 허브 장치가, 상기 데이터가 수신되면 ACK를 상기 센서 장치로 전송하는 단계, 상기 센서 장치가, 상기 데이터의 전송에 대응하여 상기 허브 장치로부터 ACK가 수신되는지 여부를 바탕으로 상기 UP에 매칭되는 CW를 업데이트하는 단계를 포함한다.

## 발명의 효과

[0015] 본 개시에 따른 RL-CWA는 기존 IEEE 802.15.6 MAC에 비해 충돌 횟수와 집계 처리량 측면에서 우수한 성능을 보였다.

## 도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 개시의 일 실시 예에 따라 복수의 센서 장치와 허브 장치로 구성된 RL-CWA의 전체 시스템 아키텍처를 도시한 도면,

도 2a는 본 개시의 일 실시 예에 따른 센서 장치의 구성을 설명하기 위한 블록도,

도 2b는 본 개시의 일 실시 예에 따른 허브 장치의 구성을 설명하기 위한 블록도,

도 3은 본 개시의 일 실시 예에 따라 허브 장치 및 센서 장치에서 활용되는 슈퍼프레임 구조를 도시한 도면,

도 4는 본 개시의 일 실시 예에 따른 RL-CWA의 시스템 내에서 CW가 업데이트되는 과정을 포함하는 데이터 처리 방식을 설명하기 위한 도면,

도 5는 본 개시의 RL-CWA와 종래 기술을 비교한 실험에서 충돌 횟수와 센서 장치의 수 간의 관계를 도시한 그래프, 그리고

도 6은 본 개시의 RL-CWA와 종래 기술을 비교한 실험에서 다양한 수의 센서 장치에 대한 총 처리량(aggregate throughput)의 변화를 도시한 그래프이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 본 개시에 대하여 구체적으로 설명하기에 앞서, 본 명세서 및 도면의 기재 방법에 대하여 설명한다.
- [0018] 먼저, 본 명세서 및 청구범위에서 사용되는 용어는 본 개시의 다양한 실시 예들에서의 기능을 고려하여 일반적인 용어들을 선택하였다. 하지만, 이러한 용어들은 당해 기술 분야에 종사하는 기술자의 의도나 법률적 또는 기술적 해석 및 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 또한, 일부 용어는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있다. 이러한 용어에 대해서는 본 명세서에서 정의된 의미로 해석될 수 있으며, 구체적인 용어 정의가 없으면 본 명세서의 전반적인 내용 및 당해 기술 분야의 통상적인 기술 상식을 토대로 해석될 수도 있다.
- [0019] 또한, 본 명세서에 첨부된 각 도면에 기재된 동일한 참조번호 또는 부호는 실질적으로 동일한 기능을 수행하는 부품 또는 구성요소를 나타낸다. 설명 및 이해의 편의를 위해서 서로 다른 실시 예들에서도 동일한 참조번호 또는 부호를 사용하여 설명한다. 즉, 복수의 도면에서 동일한 참조 번호를 가지는 구성요소를 모두 도시되어 있다고 하더라도, 복수의 도면들이 하나의 실시 예를 의미하는 것은 아니다.
- [0020] 또한, 본 명세서 및 청구범위에서는 구성요소들 간의 구별을 위하여 "제1", "제2" 등과 같이 서수를 포함하는 용어가 사용될 수 있다. 이러한 서수는 동일 또는 유사한 구성요소들을 서로 구별하기 위하여 사용하는 것이며 이러한 서수 사용으로 인하여 용어의 의미가 한정 해석되어서는 안 된다. 일 예로, 이러한 서수와 결합된 구성요소는 그 숫자에 의해 사용 순서나 배치 순서 등이 제한되어서는 안 된다. 필요에 따라서는, 각 서수들은 서로 교체되어 사용될 수도 있다.
- [0021] 본 명세서에서 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "구성되다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0022] 본 개시의 실시 예에서 "모듈", "유닛", "부(part)" 등과 같은 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 수행하는 구성요소를 지칭하기 위한 용어이며, 이러한 구성요소는 하드웨어 또는 소프트웨어로 구현되거나 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다. 또한, 복수의 "모듈", "유닛", "부(part)" 등은 각각 개별적인 특정한 하드웨어로 구현될 필요가 있는 경우를 제외하고는, 적어도 하나의 모듈이나 칩으로 일체화되어 적어도 하나의 프로세서로 구현될 수 있다.
- [0023] 또한, 본 개시의 실시 예에서, 어떤 부분이 다른 부분과 연결되어 있다고 할 때, 이는 직접적인 연결뿐 아니라, 다른 매체를 통한 간접적인 연결의 경우도 포함한다. 또한, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 포함한다는 의미는, 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0024] 이하에서, 첨부된 도면을 이용하여 본 발명의 다양한 실시 예들에 대하여 구체적으로 설명한다.
- [0025] 본 개시는 Q-learning을 이용하여 CW(Contention Window)의 크기를 적응적으로 조정하는 WBAN에 대한 강화 학습 기반의 CW 조정, 즉 RL-CWA(Reinforcement Learning-based Contention Window Adjustment)를 제안한다. RL-CWA에서 센서 장치는 ACK 수신에 따라 CW를 조정하기 위해 Q-agent를 사용할 수 있다.
- [0026] Q-agent는 여러 Q-table과 Q-function을 유지할 수 있다. 각 Q-table은 트래픽의 각 사용자 우선 순위(UP)에 대해 다르게 지정되며 다양한 상태(즉, CW) 및 작업(즉, 감소, 유지, 증가)에 대한 Q 값을 나열한다. Q-

function은 ACK 수신 결과에 따라 결정된 보상에 따라 Q-값을 업데이트할 수 있다. RL-CWA에서 센서 디바이스의 Q-agent는 전송할 트래픽의 UP을 참조하는 Q-table 중 하나를 선택한다. 이후 이전 상태의 동작을 고려하여 현재 상태를 판단하고 Q-값을 비교하여 현재 상태의 동작을 선택한다. 전송 후 Q-agent는 ACK 수신 결과(즉, 보상)에 따라 현재 상태와 행동에 대한 Q-값을 업데이트할 수 있다.

[0027] 도 1은 여러 센서 장치와 허브로 구성된 본 개시의 RL-CWA의 전체 시스템 아키텍처를 보여준다. 센서 장치는 바이트를 주기적으로 측정할 수 있다. 그런 다음 RL-CWA를 사용하여 생체 의학 데이터를 생성하고 허브로 전송할 수 있다. 여기서, 센서 장치가 단일 홉으로 허브에 연결되어 있다고 가정한다. 또한 센서 장치에서 생성된 데이터에는 생체 의학 정보가 포함되어 있다고 가정한다. 즉, 트래픽의 세 가지 UP들만 고려된다. 표 1은 각 UP에 대한  $CW_{min}$  및  $CW_{max}$ 를 보여준다.

표 1

| UP | Traffic designation                       | $CW_{min}$ | $CW_{max}$ |
|----|-------------------------------------------|------------|------------|
| 5  | Medical data or network control           | 4          | 8          |
| 6  | High-priority data or network control     | 2          | 8          |
| 7  | Emergency or medical implant event report | 1          | 4          |

[0029] 허브는 WBAN 운영을 관리하고 제어하는 데 중요한 역할을 하는 중앙 조정자 역할을 한다. 구체적으로 허브는 슈퍼프레임을 구성하고 센서 장치에 슈퍼프레임 구조를 알려준다. 또한, 허브는 액세스 권한 할당을 관리하고 특정 시간 슬롯 또는 액세스 단계 동안 데이터 전송 권한이 있는 센서 장치를 결정한다. 허브는 모든 센서 장치로부터 데이터를 수신하고 인터넷을 통해 분석을 위한 서버로 전송할 수 있다.

[0030] 도 2a는 본 개시의 일 실시 예에 따른 센서 장치의 구성을 설명하기 위한 블록도이다. 도 2a를 참조하면, 센서 장치(100)는 센서부(110), 메모리(120), 통신부(130), 프로세서(140) 등을 포함할 수 있다.

[0031] 센서부(110)는 사용자의 신체에 부착되거나 근접하여 생체 정보를 획득하기 위한 다양한 센서를 포함할 수 있다. 예를 들어, 센서부(110)는 온도 센서, 혈당 센서, 심박 센서, 산소 포화도 센서, 가속도 센서, 자이로 센서, 근전도 센서, 뇌파 센서, 호흡 센서 등 다양한 센서를 포함할 수 있으며, 신체 외에 신체 주변의 환경(ex. 조도, 습도, 대기질 등)에 대한 정보를 획득하기 위한 센서를 포함할 수도 있다.

[0032] 메모리(120)는 센서 장치(100)의 구성요소들의 전반적인 동작을 제어하기 위한 운영체제(OS: Operating System) 및/또는 적어도 하나의 인스트럭션 또는 데이터를 저장하기 위한 구성이다.

[0033] 메모리(120)는 ROM, 플래시 메모리 등의 비휘발성 메모리를 포함할 수 있으며, DRAM 등으로 구성된 휘발성 메모리를 포함할 수 있다. 또한, 메모리(120)는 하드 디스크, SSD(Solid State Drive) 등을 포함할 수도 있다.

[0034] 메모리(120)는 강화 학습 기반의 Q-agent에 해당하는 인공지능 모델을 포함할 수 있다. Q-agent는 Q-table 및 Q-function을 바탕으로 보상에 따라 Q-table 내 Q-값을 업데이트하여 선택할 수 있다.

[0035] 통신부(130)는 다양한 무선 통신방식으로 허브(허브 장치)와 통신을 수행하기 위한 회로, 모듈, 칩 등을 포함할 수 있다.

[0036] 구체적인 예로, 통신부(130)는 블루투스, BLE, WiFi, NFC(Near Field Communication), Zigbee 등 다양한 근접 통신 방식을 바탕으로 허브와 통신을 수행할 수 있다.

[0037] 프로세서(140)는 센서 장치(100)를 전반적으로 제어하기 위한 구성이다. 구체적으로, 프로세서(140)는 메모리(120)와 연결되는 한편 메모리(120)에 저장된 적어도 하나의 인스트럭션을 실행함으로써 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 동작을 수행할 수 있다.

[0038] 프로세서(140)는 CPU, AP, DSP(Digital Signal Processor) 등과 같은 범용 프로세서, GPU, VPU(Vision Processing Unit) 등과 같은 그래픽 전용 프로세서 또는 NPU와 같은 인공지능 전용 프로세서 등을 포함할 수 있다. 인공지능 전용 프로세서는, 특정 인공지능 모델의 훈련 내지는 이용에 특화된 하드웨어 구조로 설계될 수 있다.

[0039] 일 실시 예로, 센서 장치(100)는 센서부(110)를 통해 획득된 센싱 데이터의 값을 임계 범위와 비교하여 센싱 데이터의 UP(User Priority)를 설정할 수 있다. 예를 들어, 센싱 데이터의 값이 임계 범위 내인 경우, UP은 5로

설정되고, 센싱 데이터의 값이 임계 범위에 포함되지 않는 경우, UP는 6 또는 7로 설정될 수 있다.

- [0040] 도 2b는 본 개시의 일 실시 예에 따른 허브 장치의 구성을 설명하기 위한 블록도이다. 도 2b를 참조하면, 허브 장치(200)는 메모리(210), 통신부(220), 프로세서(230) 등을 포함할 수 있다.
- [0041] 허브 장치(200)는 통신부(220)를 통해 하나 이상의 센서 장치와 근접 통신을 수행할 뿐 아니라, 하나 이상의 외부 서버(ex. 분석 서버)와 유/무선 통신을 수행할 수 있다.
- [0042] 통신부(220)는 하나 이상의 네트워크를 통해 서버와 통신을 수행할 수 있다.
- [0043] 네트워크는 영역 또는 규모에 따라 개인 통신망(PAN; Personal Area Network), 근거리 통신망(LAN; Local Area Network), 광역 통신망(WAN; Wide Area Network) 등일 수 있으며, 네트워크의 개방성에 따라 인트라넷(Intranet), 엑스트라넷(Extranet), 또는 인터넷(Internet) 등일 수 있다.
- [0044] 이때, LTE(long-term evolution), LTE-A(LTE Advance), 5G(5th Generation) 이동통신, CDMA(code division multiple access), WCDMA(wideband CDMA), UMTS(universal mobile telecommunications system), WiBro(Wireless Broadband), GSM(Global System for Mobile Communications), DMA(Time Division Multiple Access), WiFi(Wi-Fi), WiFi Direct, Bluetooth, NFC(near field communication), Zigbee 등 다양한 무선 통신 방식이 활용될 수 있다.
- [0045] 또한, 이더넷(Ethernet), 인터넷, 광 네트워크(optical network), USB(Universal Serial Bus), 선더볼트(ThunderBolt) 등의 유선 통신 방식이 활용될 수도 있다.
- [0046] 본 개시의 일 실시 예에 따라, 도 3과 같은 슈퍼프레임 구조를 사용하는 (허브의) 비콘 모드가 시스템 상에 적용될 수 있다.
- [0047] 슈퍼프레임은 Beacon Phase(이들테면, B), Exclusive Access Phase(이들테면, EAP 1 및 EAP 2), Random Access Phase(이들 테면, RAP1 및 RAP2), Managed Access Phase(이들테면, MAP), Contention Access Phase(CAP)로 구분될 수 있다.
- [0048] B1 및 B2는 각각 슈퍼프레임의 시작 시점과 CAP 시작 전 시점에 비콘 프레임을 브로드캐스트 하기 위해 사용된다. EAP는 우선 순위가 높은 긴급 트래픽에 사용되지만 RAP 및 CAP는 모든 유형의 트래픽에 사용될 수 있다. EAP, RAP, 및 CAP에서는 CSMA/CA 기반 액세스 메커니즘이 사용된다. 우선 순위가 높거나 긴급 트래픽의 경우 센서 장치는 인접한 EAP 및 RAP가 단일 EAP로 취급되는 것으로 간주한다. 마지막으로 MAP는 경쟁 없는 액세스를 위해 전용 슬롯을 할당하는 데 사용된다. 본 개시에서는 EAP와 RAP만이 데이터 전송에 사용된다고 가정한다. 구체적으로, 전송할 트래픽의 UP가 6 또는 7이면 인접한 EAP와 RAP가 단일 EAP로 사용될 수 있다. 단, 전송할 트래픽의 UP가 5인 경우에는 RAP만 사용될 수 있다.
- [0049] 도 4는 본 개시의 일 실시 예에 따른 RL-CWA의 전반적인 동작을 보여준다. 센서 장치는 전송할 데이터가 있으면 먼저 해당 데이터의 UP를 확인할 수 있다. 센서 장치는 Short Inter-Frame Space(SIFS) 후에 [0, CW] 범위에서 백오프 슬롯의 수를 임의로 선택(즉, 백오프 카운터를 임의로 설정)하고 백오프 카운터가 0이 될 때까지 기다릴 수 있다. 초기 전송 시도에 대한 CW(즉, 초기 CW)는 표 1에 나열된  $CW_{min}$ 과 동일하다. 즉, 초기 CW는 데이터의 UP에 따라 달라진다. 백오프 카운터가 0에 도달하면 센서 장치는 데이터를 전송하고 SIFS 이후 허브로부터 ACK를 기다린다.
- [0050] 센서 장치에서 실행되는 Q-agent는 ACK 수신 결과를 고려하여 CW를 조정한다. 이를 위해 Q-agent는 여러 개의 Q-table과 Q-function을 유지할 수 있다. 각각의 Q-table은 UP마다 지정되며, Q-table의 수는 UP의 수와 동일하다. Q-table에는 다양한 상태(즉, CW) 및 액션(즉, 감소, 유지, 증가)에 대한 Q 값이 나열된다. 특정 UP에 대한 Q-table의 Q-값은  $Q_{UP}(s, a)$ 로 표시되며, 여기서 s는 상태 인덱스이고 a는 작업 인덱스이다. 초기 작업은 유지로 설정된다.  $Q_{UP}(0, 0)$  및  $Q_{UP}(CW_{max}-CW_{min}, 2)$ 는 -100으로 초기화되고 다른 Q 값은 0으로 초기화된다. 표 2, 3, 4는 각각 UP=5, UP=6 및 UP=7에 대한 Q-table의 예시를 보여준다.

표 2

| State          | Action             |                |                    |
|----------------|--------------------|----------------|--------------------|
|                | Decrease ( $a=0$ ) | Keep ( $a=1$ ) | Increase ( $a=2$ ) |
| CW=4 ( $s=0$ ) | $Q_d(0,0)$         | $Q_d(0,1)$     | $Q_d(0,2)$         |
| CW=5 ( $s=1$ ) | $Q_d(1,0)$         | $Q_d(1,1)$     | $Q_d(1,2)$         |
| CW=6 ( $s=2$ ) | $Q_d(2,0)$         | $Q_d(2,1)$     | $Q_d(2,2)$         |
| CW=7 ( $s=3$ ) | $Q_d(3,0)$         | $Q_d(3,1)$     | $Q_d(3,2)$         |
| CW=8 ( $s=4$ ) | $Q_d(4,0)$         | $Q_d(4,1)$     | $Q_d(4,2)$         |

[0051]

표 3

| State          | Action             |                |                    |
|----------------|--------------------|----------------|--------------------|
|                | Decrease ( $a=0$ ) | Keep ( $a=1$ ) | Increase ( $a=2$ ) |
| CW=2 ( $s=0$ ) | $Q_d(0,0)$         | $Q_d(0,1)$     | $Q_d(0,2)$         |
| CW=3 ( $s=1$ ) | $Q_d(1,0)$         | $Q_d(1,1)$     | $Q_d(1,2)$         |
| CW=4 ( $s=2$ ) | $Q_d(2,0)$         | $Q_d(2,1)$     | $Q_d(2,2)$         |
| CW=5 ( $s=3$ ) | $Q_d(3,0)$         | $Q_d(3,1)$     | $Q_d(3,2)$         |
| CW=6 ( $s=4$ ) | $Q_d(4,0)$         | $Q_d(4,1)$     | $Q_d(4,2)$         |
| CW=7 ( $s=5$ ) | $Q_d(5,0)$         | $Q_d(5,1)$     | $Q_d(5,2)$         |
| CW=8 ( $s=6$ ) | $Q_d(6,0)$         | $Q_d(6,1)$     | $Q_d(6,2)$         |

[0052]

표 4

| State          | Action             |                |                    |
|----------------|--------------------|----------------|--------------------|
|                | Decrease ( $a=0$ ) | Keep ( $a=1$ ) | Increase ( $a=2$ ) |
| CW=1 ( $s=0$ ) | $Q_d(0,0)$         | $Q_d(0,1)$     | $Q_d(0,2)$         |
| CW=2 ( $s=1$ ) | $Q_d(1,0)$         | $Q_d(1,1)$     | $Q_d(1,2)$         |
| CW=3 ( $s=2$ ) | $Q_d(2,0)$         | $Q_d(2,1)$     | $Q_d(2,2)$         |
| CW=4 ( $s=3$ ) | $Q_d(3,0)$         | $Q_d(3,1)$     | $Q_d(3,2)$         |

[0053]

[0054] Q-function은 현재 상태 및 액션에 대한 Q-값을 업데이트하는 데 사용된다. 수학식 1은 Q-function을 나타낸다.

수학식 1

$$Q_{LP}(s_t, a_t) \leftarrow (1-\alpha) \cdot Q_{LP}(s_t, a_t) + \alpha[r_t + \gamma \cdot \max_a Q_{LP}(s_{t+1}, a)]$$

[0055]

[0056] 여기서, 화살표를 기준으로 좌측에 기재된  $Q_{LP}(s_t, a_t)$ 는 t번째 전송에 대한 업데이트된 Q-값이고, a는 [0, 1]의 범위에서 결정된 학습률이며, 화살표를 기준으로 우측에 기재된  $Q_{LP}(s_t, a_t)$ 는 t번째 전송에 대한 이전 Q-값이고,  $r_t$ 는 t번째 전송의 상태 및 액션에 대한 보상이며,  $\gamma$ 는 감소 요인,  $\max_a Q_{LP}(s_{t+1}, a)$ 는 최적의 미래 Q-값의 추정치이다.

[0057] 수학식 1에서,  $r_t$ 는 ACK 수신 결과에 따라 결정된다. 구체적으로, 보상은 수학식 2에 의해 획득될 수 있다.

## 수학식 2

$$r_i = \begin{cases} 1, & \text{If ACK is received} \\ -1, & \text{If ACK is not received} \end{cases}$$

Q-값을 업데이트한 후 Q-agent는 다음 상태를 결정하기 위해 액션 중 하나를 선택할 수 있다. 구체적으로는 Q-값이 가장 큰 액션을 선택한다. 동시에 여러 작업을 선택한 경우 그 중 하나가 무작위로 선택된다. 선택한 동작이 감소 또는 증가인 경우 다음 전송에 대한 CW는 1씩 감소 또는 증가한다. 즉, 이 경우 상태 인덱스가 변경된다. 반면, 그렇지 않으면 CW가 그대로 유지된다.

이하 내용을 통해서는, 본 개시의 일 실시 예에 따른 RL-CWA의 성능을 평가하기 위해 수행된 실험 시뮬레이션에 대해 설명한다. RL-CWA의 시뮬레이션 결과를 기존 IEEE 802.15.6 MAC의 시뮬레이션 결과와 비교하였다. 시뮬레이션에서 센서 장치는 항상 전송할 데이터(즉, 포화 조건)를 갖도록 설정하고 데이터의 UP는 무작위로 선택하도록 설정되었다. 슈퍼프레임 길이는 255슬롯으로 구성되었고, EAP1, RAP1, EAP2, RAP2의 길이는 각각 30슬롯이었다. 자세한 시뮬레이션 매개변수는 표 5에 나열되어 있다.

표 5

| Parameter   | Value         | Parameter     | Value   |
|-------------|---------------|---------------|---------|
| Data rate   | 151.8 kbps    | PLCP preamble | 90 bits |
| Superframe  | 255 slots     | PLCP header   | 31 bits |
| Slot length | 376 $\mu$ s   | MAC header    | 56 bits |
| SIFS        | 75 $\mu$ s    | MAC body      | 64 bits |
| mACK        | 1,336 $\mu$ s | FCS           | 16 bits |

도 5는 충돌 횟수와 센서 장치의 수 간의 관계를 보여준다. 도시된 바와 같이, 센서 장치의 수가 증가함에 따라 충돌 횟수가 증가한다. 이는 센서 장치의 수가 증가할수록 여러 장치가 동일한 백오프 카운터를 선택할 확률이 높아지기 때문이다.

도면에서 RL-CWA는 기존 IEEE 802.15.6 MAC보다 충돌 횟수가 적은 것으로 나타났다. RL-CWA의 이러한 향상된 성능은 Q-agent를 사용하여 CW를 미세하게 조정할 수 있을 뿐만 아니라 성공적으로 전송한 후에도 CW를 초기화하지 않기 때문이다. 평균적으로 RL-CWA는 기존 IEEE 802.15.6 MAC보다 충돌 횟수가 10.76% 적었다.

도 6은 다양한 수의 센서 장치에 대한 총 처리량(aggregate throughput)의 변화를 보여준다. 충돌 횟수의 증가로 인해, 센서 장치의 수가 증가하면 총 처리량은 감소한다. RL-CWA는 IEEE 802.15.6 MAC에 비해 충돌 확률이 낮기 때문에 더 높은 총 처리량을 얻는다. 정량적으로 RL-CWA는 IEEE 802.15.6 MAC보다 총 처리량이 8.20% 더 높았다.

한편, 이상에서 설명된 다양한 실시 예들은 서로 저촉되지 않는 한 둘 이상의 실시 예가 함께 구현될 수 있다.

한편, 이상에서 설명된 다양한 실시 예들은 소프트웨어(software), 하드웨어(hardware) 또는 이들의 조합된 것을 이용하여 컴퓨터 또는 이와 유사한 장치로 읽을 수 있는 기록 매체 내에서 구현될 수 있다.

하드웨어적인 구현에 의하면, 본 개시에서 설명되는 실시 예들은 ASICs(Application Specific Integrated Circuits), DSPs(digital signal processors), DSPDs(digital signal processing devices), PLDs(Programmable logic devices), FPGAs(field programmable gate arrays), 프로세서(processor), 제어기(controller), 마이크로 컨트롤러(micro-controllers), 마이크로 프로세서(microprocessor), 기타 기능 수행을 위한 전기적인 유닛(unit) 중 적어도 하나를 이용하여 구현될 수 있다.

일부의 경우에 본 명세서에서 설명되는 실시 예들이 프로세서 자체로 구현될 수 있다. 소프트웨어적인 구현에 의하면 본 명세서에서 설명되는 절차 및 기능과 같은 실시 예들은 별도의 소프트웨어 모듈들로 구현될 수 있다.

상술한 소프트웨어 모듈들 각각은 본 명세서에서 설명되는 하나 이상의 기능 및 작동을 수행할 수 있다.

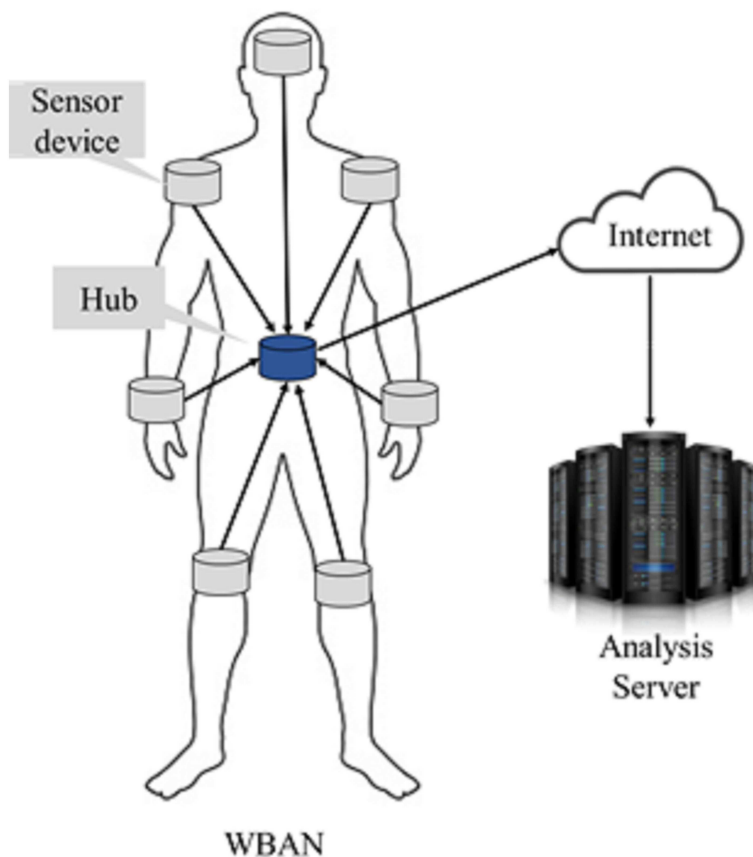
[0071] 한편, 상술한 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 전자 장치의 처리동작을 수행하기 위한 컴퓨터 명령어 (computer instructions)는 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체(non-transitory computer-readable medium)에 저장될 수 있다. 이러한 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체에 저장된 컴퓨터 명령어는 특정 기기의 프로세서에 의해 실행되었을 때 상술한 다양한 실시 예에 따른 전자 장치(ex. 센서 장치, 허브, 서버 등)의 처리 동작을 상술한 기기가 수행하도록 한다.

[0072] 비일시적 판독 가능 매체란 레지스터, 캐쉬, 메모리 등과 같이 짧은 순간 동안 데이터를 저장하는 매체가 아니라 반영구적으로 데이터를 저장하며, 기기에 의해 판독(reading)이 가능한 매체를 의미한다. 구체적으로는, 상술한 다양한 어플리케이션 또는 프로그램들은 CD, DVD, 하드 디스크, 블루레이 디스크, USB, 메모리카드, ROM 등과 같은 비일시적 판독 가능 매체에 저장되어 제공될 수 있다.

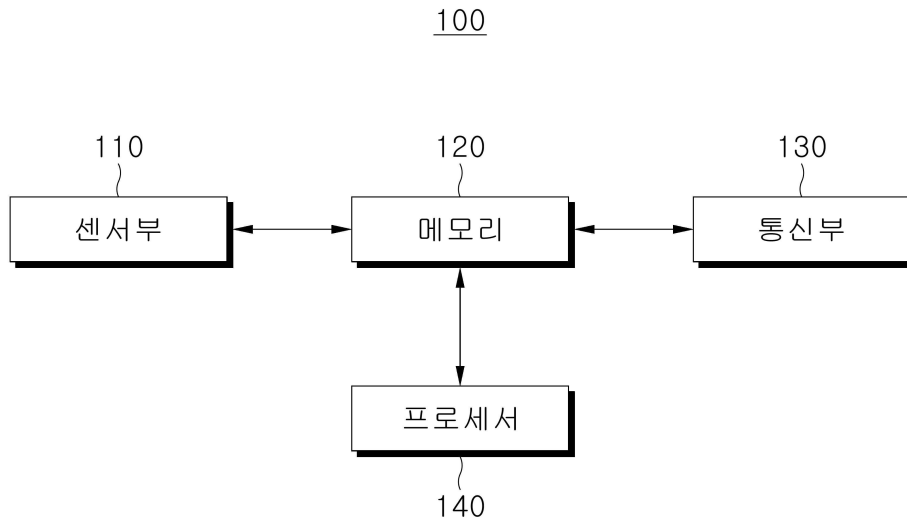
[0073] 또한, 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시 예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 본 발명은 상술한 특정의 실시 예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형실시들은 본 발명의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해해서는 안 될 것이다.

## 도면

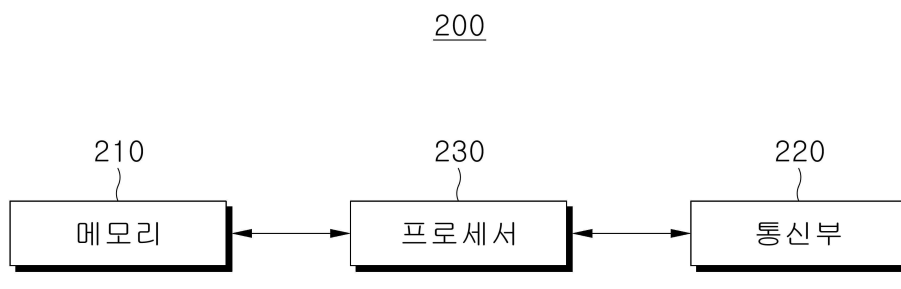
### 도면1



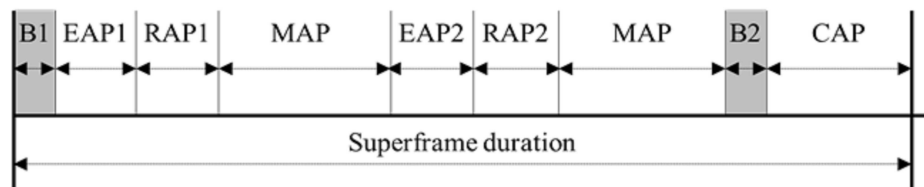
도면2a



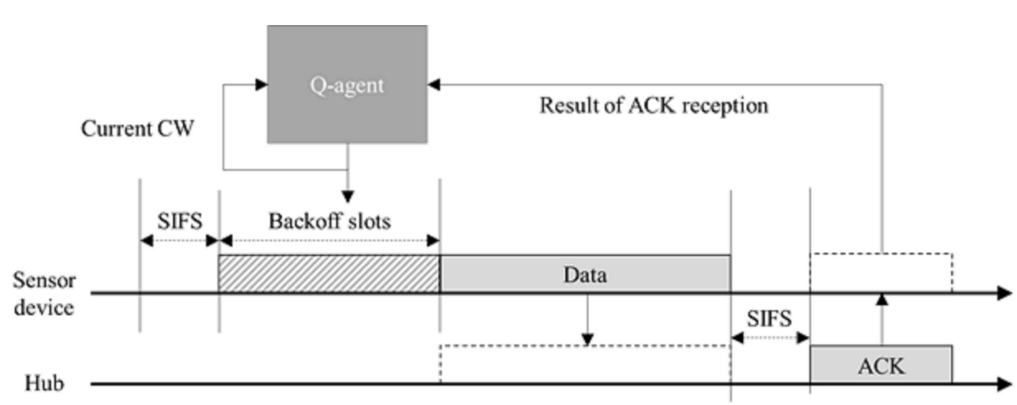
도면2b



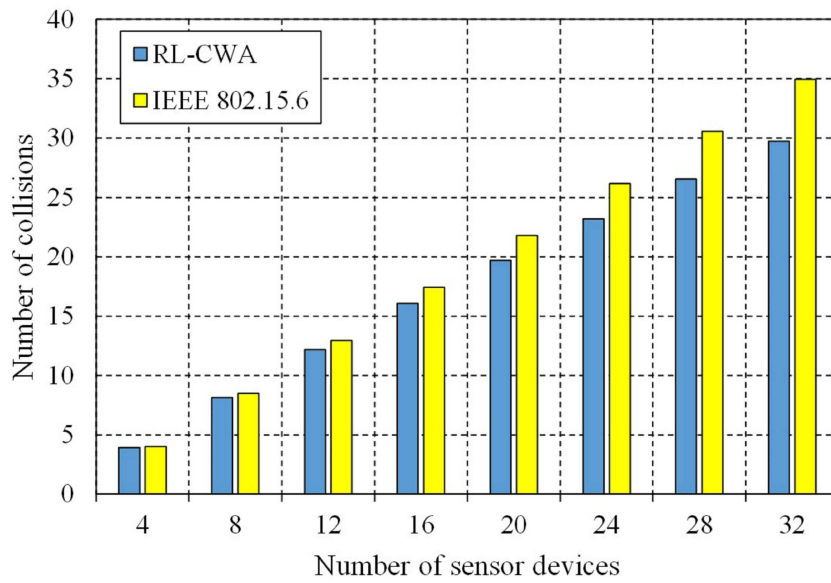
도면3



도면4



도면5



도면6

