



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0044277
(43) 공개일자 2009년05월07일

(51) Int. Cl.

H04L 12/28 (2006.01) H04B 7/26 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0110304

(22) 출원일자 2007년10월31일

심사청구일자 2007년10월31일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내

(72) 발명자

안순신

서울 강남구 압구정동 434 신현대아파트 113동 302호

김욱

서울 성북구 안암동5가 고려대학교 자연계캠퍼스 공학관 540호

(74) 대리인

현중철

전체 청구항 수 : 총 16 항

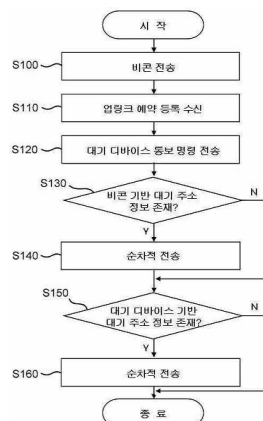
(54) 무선 센서 네트워크 시스템의 예약기반 트래픽 제어방법

(57) 요약

무선 센서 네트워크 시스템의 예약기반 트래픽 제어방법이 개시된다.

본 발명에 따른 비콘을 발신하는 코디네이터와 비콘 신호에 따라 코디네이터와 통신을 수행하는 복수개의 디바이스를 포함하는 무선 센서 네트워크 시스템의 예약기반 트래픽 제어방법은, 코디네이터가 전송 대상 디바이스 정보(Pending Address Information)와 디바이스의 업링크 전송 예약시간 정보가 포함된 비콘을 전송하는 단계와; 복수의 디바이스 중 데이터 송신을 원하는 디바이스가, 비콘으로 통보된 상기 전송 예약시간 동안에 데이터 통보(DN:Data Notification) 메시지를 코디네이터로 전송하여 데이터 송신을 예약하는 하는 단계와; 코디네이터가 디바이스가 예약한 해당 디바이스의 주소 정보와 데이터의 크기 정보를 대기 디바이스 통보(PDN:Pending Data Notification) 메시지에 담아 전송하는 단계와; 비콘에 포함된 전송 대상 디바이스들이 해당 시간에 데이터를 전송 받는 단계와; 비콘에 포함된 전송 대상 디바이스에 대한 데이터 전송이 완료된 후, 대기 디바이스 통보 메시지에 포함된 전송 대상 디바이스들이 해당 시간에 데이터를 송수신하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다. 본 발명에 의하면, 디바이스의 수가 증가하더라도 코디네이터의 활성화 구간에서 충돌 및 재전송과 같은 문제점들이 발생할 확률을 감소시켜 안정적인 상태로 동작하게 함으로써 저전력 소모의 통신을 구현할 수 있다.

대표도 - 도11



특허청구의 범위

청구항 1

비콘을 발신하는 코디네이터(coordinator)와 상기 비콘 신호에 따라 상기 코디네이터와 통신을 수행하는 복수개의 디바이스를 포함하는 무선 센서 네트워크 시스템의 예약기반 트래픽 제어방법에 있어서,

상기 코디네이터가 전송 대상 디바이스 정보(Pending Address Information)와 디바이스의 업링크 전송 예약시간 정보가 포함된 비콘을 전송하는 단계와;

상기 복수의 디바이스 중 데이터 송신을 원하는 디바이스가, 상기 비콘으로 통보된 상기 전송 예약시간 동안에 데이터 통보(DN:Data Notification) 메시지를 상기 코디네이터로 전송하여 데이터 송신을 예약하는 하는 단계와;

상기 코디네이터가 상기 디바이스가 예약한 해당 디바이스의 주소 정보와 데이터의 크기 정보를 대기 디바이스 통보(PDN:Pending Data Notification) 메시지에 담아 전송하는 단계와;

상기 비콘에 포함된 상기 전송 대상 디바이스들이 해당 시간에 데이터를 전송 받는 단계와;

상기 비콘에 포함된 전송 대상 디바이스에 대한 데이터 전송이 완료된 후, 상기 대기 디바이스 통보 메시지에 포함된 상기 전송 대상 디바이스들이 해당 시간에 데이터를 송수신하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크 시스템의 예약기반 트래픽 제어방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 코디네이터가 전송 대상 디바이스 정보와 전송 예약시간 정보가 포함된 비콘을 전송하는 단계는,

상기 전송 대상 디바이스들에 대한 주소정보와, 상기 전송 대상 디바이스에 대한 예상 전송시간 정보와, 상기 디바이스들로부터 데이터 송신 시간을 예약받기 위한 상기 예약시간 정보를 전송하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크 시스템의 예약기반 트래픽 제어방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 디바이스 중 데이터 송신을 원하는 디바이스가, 상기 비콘으로 통보된 상기 예약시간에 자신의 데이터 송신 시간을 예약하는 데이터 통보(DN) 메시지를 상기 코디네이터로 전송하는 단계는,

상기 디바이스가 상기 비콘으로부터 상기 예약시간 정보를 추출하는 단계와;

상기 예약시간이 도래한 경우 사용 가능한 채널을 검색하기 위한 백오프를 수행하는 단계와;

상기 검색된 채널을 통해 상기 데이터 통보(DN) 메시지를 상기 코디네이터로 전송하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크 시스템의 예약기반 트래픽 제어방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 데이터 통보(DN) 메시지는,

상기 디바이스가 전송하고자 하는 데이터의 크기 정보와, 전송을 위해 수행한 백오프 횟수 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크 시스템의 예약기반 트래픽 제어방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 코디네이터가 상기 디바이스가 예약한 해당 디바이스의 주소 정보와 데이터의 크기 정보를 대기 디바이스 통보(PDN) 메시지에 담아 전송하는 단계는,

상기 데이터 전송을 예약한 대기 디바이스의 주소정보와, 전송을 예약한 데이터의 크기정보와, 상기 데이터 전송 시 트래픽을 제어하기 위한 트래픽 제어값을 상기 대기 디바이스 통보(PDN) 메시지에 담아 전송하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크 시스템의 예약기반 트래픽 제어방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 트래픽 제어값은,

상기 데이터 송신을 예약한 대기 디바이스의 개수가 수용 한계치보다 많은지 여부를 판단하는 단계와;

상기 수용 한계치보다 많은 디바이스가 예약한 경우, 상기 대기 디바이스의 백오프 횟수와 기 설정된 기준 백오프 횟수 값과의 차이에 기초하여 트래픽의 혼잡 정도를 측정하는 단계와;

상기 트래픽의 혼잡 정도에 따라, 확률적으로 트래픽 생성이 제어되도록 상기 트래픽 제어값을 설정하는 단계를 통해 설정되는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크 시스템의 예약기반 트래픽 제어방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 수용 한계치보다 많은 디바이스가 예약한 경우, 상기 대기 디바이스의 백오프 횟수와 기 설정된 기준 백오프 횟수 값과의 차이에 기초하여 트래픽의 혼잡 정도를 측정하는 단계는,

상기 디바이스가 전송한 상기 데이터 통보(DN) 메시지에 포함된, 전송을 위해 수행한 백오프 횟수 정보에 기초하여 상기 트래픽의 혼잡 정도를 측정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크 시스템의 예약기반 트래픽 제어방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 비콘에 포함된 상기 전송 대상 디바이스들이 해당 시간에 데이터를 전송 받는 단계는,

상기 코디네이터로부터 상기 비콘을 수신한 디바이스들이, 상기 비콘에 포함된 상기 전송 대상 디바이스 주소에 자신의 주소가 포함되어 있는지 여부를 확인하는 단계와;

상기 전송 대상 디바이스 주소에 해당하는 디바이스가 전송 개시 시점에 도달한 경우, 상기 디바이스가 타이머를 구동하는 단계와;

상기 타이머의 구동이 완료되기 전에, 상기 코디네이터로부터 응답(ACK) 신호를 수신되었는지 여부를 판단하는 단계와;

상기 타이머의 구동이 완료되기 전에, 상기 코디네이터로부터 응답(ACK) 신호를 수신한 경우 상기 코디네이터로부터 데이터를 수신하고, 상기 응답(ACK) 신호를 수신하지 못한 상태에서 상기 타이머의 구동이 완료된 경우 다음 차례의 디바이스가 전송을 개시하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크 시스템의 예약기반 트래픽 제어방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 비콘에 포함된 전송 대상 디바이스에 대한 데이터 전송이 완료된 후, 상기 데이터 송신 시간을 예약한 디바이스들이 해당 시간에 데이터를 송신하는 단계는,

상기 코디네이터에 예약한 데이터 송신 시간에 도달한 경우, 상기 디바이스가 타이머를 구동하는 단계와;

상기 타이머의 구동이 완료된 경우 다음 차례의 디바이스가 전송을 개시하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크 시스템의 예약기반 트래픽 제어방법.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 비콘에 포함된 전송 대상 디바이스에 대한 데이터 전송이 완료된 후, 상기 데이터 송신 시간을 예약한 디바이스들이 해당 시간에 데이터를 송신하는 단계는,

상기 코디네이터가 발신한 대기 디바이스 통보(PDN) 메시지의 상기 트래픽 제어값에 따라, 상기 트래픽 혼잡도가 높은 경우에는 전송시 확률을 낮추어 트래픽의 발생을 억제하고 트래픽의 혼잡도가 낮은 경우에는 전송시 확률을 높여서 트래픽을 전송하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크 시스템의 예약기반 트래픽 제어방법.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 코디네이터는, 활성화 구간에서 송수신 데이터가 존재하지 아니하는 경우 슬립모드 상태로 전환되는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크 시스템의 예약기반 트래픽 제어방법.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 디바이스는, 활성화 구간에서 송수신 데이터가 존재하지 아니하는 경우 슬립모드 상태로 전환되는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크 시스템의 예약기반 트래픽 제어방법.

청구항 13

비콘을 발신하는 코디네이터(coordinator)와 상기 비콘 신호에 따라 상기 코디네이터와 통신을 수행하는 복수개의 디바이스를 포함하는 무선 센서 네트워크 시스템의 예약기반 트래픽 제어방법에 있어서,

상기 코디네이터가 데이터를 전송하고자 하는 디바이스들의 주소정보와, 상기 전송 대상 디바이스들의 업링크 전송시점 정보와, 상기 디바이스들로부터 데이터 송신 시간을 예약받기 위한 예약시간 정보를 비콘으로 전송하는 단계와;

상기 코디네이터가 상기 예약시간 동안 디바이스들로부터 데이터 송신 시간을 예약하는 데이터 통보(DN:Data Notification) 메시지를 수신하는 단계와;

상기 데이터 통보 메시지 수신을 통해 트래픽의 혼잡도를 측정하는 단계와;

상기 수용 한계치 이상의 트래픽이 발생되었다고 판단된 경우, 트래픽의 혼잡 정도에 따라 트래픽 생성이 제어되도록 상기 트래픽 제어값을 설정하는 단계와;

상기 데이터 송신을 예약한 대기 디바이스들의 주소 정보와, 상기 트래픽 제어값을 대기 디바이스 통보(PDN:Pending Data Notification) 메시지에 담아 디바이스로 전송하는 단계와;

상기 비콘에 포함된 전송 대상 디바이스에 순차적으로 데이터를 전송하는 단계와;

상기 대기 디바이스 통보(PDN) 메시지에 포함된 상기 대상 디바이스와 순차적으로 데이터를 송수신하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크 시스템의 예약기반 트래픽 제어방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 수용 한계치 이상의 트래픽이 발생되었다고 판단된 경우, 트래픽의 혼잡 정도에 따라 트래픽 생성이 제어되도록 상기 트래픽 제어값을 설정하는 단계는,

상기 디바이스가 전송한 상기 데이터 통보(DN) 메시지에 포함된, 전송을 위해 수행한 백오프 횟수와 기 설정된 기준 백오프 횟수 값과의 차이에 기초하여 트래픽의 혼잡 정도를 측정하는 단계와;

상기 트래픽의 혼잡 정도에 따라, 확률적으로 트래픽 생성이 제어되도록 상기 트래픽 제어값을 설정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크 시스템의 예약기반 트래픽 제어방법.

청구항 15

비콘을 발신하는 코디네이터(coordinator)와 상기 비콘 신호에 따라 상기 코디네이터와 통신을 수행하는 복수개의 디바이스를 포함하는 무선 센서 네트워크 시스템의 예약기반 트래픽 제어방법에 있어서,

상기 디바이스가 상기 코디네이터가 발신한 비콘으로부터, 전송 대상 디바이스 및 디바이스 업링크 전송시점 정보와, 데이터 전송을 예약받기 위한 예약시간 정보를 획득하는 단계와;

상기 디바이스가 상기 코디네이터와 송신할 데이터가 있는지 여부를 판단하는 단계와;

상기 코디네이터로 전송할 데이터가 존재하는 경우, 상기 비콘을 통해 수신한 예약 시간정보에 기초하여, 예약 하고자 하는 데이터 송신 시간을 결정하는 단계와;

상기 예약시간에, 상기 데이터 송신 시간을 예약하는 데이터 통보(DN) 메시지를 전송하는 단계와;

상기 예약시간 종료 후, 상기 코디네이터로부터 상기 송신 시간 예약에 따른 대기 디바이스 통보(PDN:Pending Data Notification) 메시지를 수신하는 단계와;

상기 대기 디바이스 통보(PDN) 메시지에 포함된 주소 정보에서의 순서와 각 데이터 크기 정보를 이용하여 전송 개시 시점을 계산하여 전송 개시 시점까지 비활성화 상태를 유지하고, 상기 전송 개시 시점에서 데이터를 송수신하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크 시스템의 예약기반 트래픽 제어방법.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 디바이스가 상기 비콘의 전송 대상 디바이스에 해당하는 경우, 상기 비콘을 통해 설정된 상기 전송 시간에 따라 다운링크 전송을 수행하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크 시스템의 예약기반 트래픽 제어방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

<1> 본 발명은 무선 센서 네트워크 시스템의 예약기반 트래픽 제어방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, 클러스터-트리(Cluster-Tree) 방식의 무선 센서 네트워크 구성 시, 디바이스의 수가 증가하더라도 코디네이터의 활성화 구간에서 데이터 충돌 및 재전송과 같은 문제점들이 발생할 확률을 감소시켜 안정적인 상태로 동작하게 함으로써 저전력 소모의 통신을 구현하는 무선 센서 네트워크 시스템의 예약기반 트래픽 제어방법에 관한 것이다.

배경 기술

<2> IEEE 802.15.4 표준은 제한된 전력과 완화된 처리량이 요구되는 저비용의 개인 영역 네트워크(Personal Area Network, 이하, PAN이라 함.)를 위해 개발된 단순하고 저렴한 네트워크 표준이다. 지그비(ZigBee) 역시, 사용자와 네트워크를 연결해주는 PAN의 일종으로, 물리(PHY) 및 MAC 하위 계층은 IEEE 802.15.4 표준에 따르고, 지그비 협회(ZigBee Alliance)에서는 상위 계층에 네트워크와 응용 계층의 표준화를 진행하고 있다. 이처럼 저전력 소모 구조의 IEEE 802.15.4 PHY 및 MAC 계층 위에 지그비 프로토콜 스택을 올려 저전력 저속의 개인 무선 통신 환경을 구축하고 무선 센서 망 등을 구축하는데 사용하고 있다.

<3> IEEE 802.15.4는 네트워크의 계층에서 에너지소모 관리의 중요성을 고려하여 클러스터-트리(Cluster-Tree) 방식의 네트워크 구성이 가능하다. 도 1은 무선 센서 네트워크의 구조도로서, 클러스터-트리 방식의 네트워크 구조를 도시한 것이다.

<4> 도 1에 도시된 바와 같이, PAN은 비콘을 발신하는 코디네이터(coordinator)와 해당 코디네이터와 통신을 수행하는 복수개의 디바이스를 포함한다. 각 디바이스들은 사용 가능한 통신 채널을 파악하기 위해 명시된 채널 리스트를 스캐닝한다. 스캐닝하며, 중복되지 않는 PAN ID를 선택하면 비콘 발신이 가능한 FFD(full function device)에 의해 최초 PAN(PAN ID 1)이 구성된다. FFD는 코디네이터의 역할을 수행하여 동일한 PAN 내의 디바이스들에게 비콘 프레임(Beacon frame)을 주기적으로 전송(Broadcasting)할 수 있으며, 네트워크 설정, 노드 관리, 노드정

보 저장, 노드 간 메시지 경로 설정 등의 기능을 수행할 수 있다.

- <5> 최초 PAN(PAN ID 1)의 최초 코디네이터는 PAN이 존재함을 알리는 비콘 프레임을 다른 디바이스에게 전송하여 기기발견(Device Discovery) 과정이 시작된다. 이 비콘 프레임을 수신한 디바이스들은 연합(Association)과정에 의해 해당 PAN에 참여한다.
- <6> 최초 PAN(PAN ID 1)이 구축되면, 이를 중심으로 다른 PAN(PAN ID 2, PAN ID 3, PAN ID 4, PAN ID 5, PAN ID 6, PAN ID 7)들이 트리 형태로 연계되어 멀티-클러스터(Multi-Cluster) 네트워크를 구축함으로써 통신 범위를 확장할 수 있다. 코디네이터는 동기를 맞추기 위해 비콘 프레임을 송신하여, 코디네이터의 활성화 구간에 맞춰 디바이스들도 해당 구간에 활성화되도록 함으로써 코디네이터와 디바이스들 간 통신이 가능하다.
- <7> 코디네이터가 비콘을 발신하는 데에는, 연속된 2개의 비콘 프레임 사이의 시간을 활성화(ACTIVE) 구간과 비활성(INACTIVE) 구간으로 분할하여 사용하는 슈퍼프레임(Superframe) 구조가 존재한다.
- <8> 도 2는 무선 센서 네트워크의 슈퍼프레임의 구조를 도시한 것이다. 비콘 타임슬롯은 비콘 전송시에 비콘 전송시점을 기준으로 주변 노드들의 비콘 전송시점을 표시하기 위해, 활성화 구간(Superframe Duration, SD)에서의 슬롯을 비콘 인터벌(Beacon Interval, BI) 전체 구간에 대해 적용한 것이다. 슈퍼프레임에서는 지정된 네트워크 코디네이터가 미리 정한 예정된 시간간격으로 슈퍼프레임 비콘을 송신한다. 이 간격은 최소 15ms에서 최대 245sec가 될 수 있다. 두 개의 비콘 간의 시간은 슈퍼프레임의 주기와 무관하게 16개의 동일한 타임 슬롯으로 나누어진다. 디바이스는 타임 슬롯 동안 언제라도 데이터를 보낼 수 있으나 다음 슈퍼프레임 비콘 전에 해당 데이터의 송신을 완료하여야 한다.
- <9> 활성화 구간(Superframe Duration, SD)은, 경쟁 접근 기간인 CAP(Contention Access Period)와 특정 디바이스에게 채널 사용을 할당하는 기간인 CFP(Contention Free Period)를 갖는다. 여기서, IEEE 802.15.4의 MAC(Media Access Control)방식은 경쟁 접근 기간인 CAP 구간에서 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 알고리즘을 적용한다. CSMA/CA는 백오프(backoff) 구간이라는 시간단위를 이용한다.
- <10> 슬롯기반 CSMA/CA는 PAN 내의 모든 기기의 백오프 기간 경계들은 PAN 코디네이터의 슈퍼프레임 슬롯 경계들과 정렬이 되는데, 즉 각각 기기의 첫 백오프의 시작은 비콘 전송의 시작과 정렬이 된다. 슬롯기반이 아닌 CSMA/CA에서는 하나의 기기의 백오프 기간은 PAN에 있는 다른 기기의 백오프 기간과 시간적으로 관련이 없다.
- <11> 모든 기기는 각각의 전송 시도에서 NB(Number of Backoff), CW(connection window), BE(backoff exponent)라는 3개의 변수를 갖는다. NB는 CSMA/CA 알고리즘이 현재의 전송을 시도하는 동안 얼마나 많은 수의 백오프를 요구하는지 여부이며, 각각의 전송이 시도되기 전에 0으로 초기화된다. CW는 윈도우 접속 길이를 말하는데 전송이 시작될 수 있기 전에 채널 활동이 없는 것을 필요로 하는 백오프 기간들을 정의한다. 이값은 각 전송 이전에 2로 초기화되어있고 채널 할당이 사용중이면 2로 리셋된다. CW 변수는 오직 슬롯기반 CSMA/CA에서만 사용된다. BE는 백오프 지수로 기기가 채널 할당을 시도하기 전에 얼마나 많은 백오프 기간들을 기다렸는지에 대한 숫자이다. 슬롯기반이 아닌 시스템이나 macBattLifeExt가 FALSE로 설정된 슬롯기반 시스템에서 BE는 macMinBE 값으로 설정된다. macBattLifeExt가 TRUE로 설정된 슬롯기반 시스템에서는 macMinBE를 2보다 작은 값으로 설정한다. 만약 macMinBE가 0으로 설정되면 이 알고리즘의 첫 반복에서는 충돌 회피는 적용되지 않는다.
- <12> 도 4는 종래의 무선 센서 네트워크의 CSMA/CA 제어 흐름도이다.
- <13> 데이터 송수신이 가능한 활성화 구간(Superframe Duration, SD)의, 경쟁 접근 기간인 CAP(Contention Access Period)에서는 CSMA/CA 알고리즘이 적용되어 사용된다(P100).
- <14> CAP로 진입하면 먼저 슬롯 방식인지 아닌지 여부를 판단한다(S102).
- <15> 슬롯기반이 아닌 CSMA/CA는 MAC 부분계층이 NB와 NE를 초기화하고, 슬롯기반 CSMA/CA를 사용할 때 MAC 부분계층은 NB, CW, BE를 초기화한다(P114). 이에 다음 백오프 기간의 경계에 위치하게 된다.
- <16> MAC 부분계층은 0에서 $2^{BE}-1$ 번 이내의 임의의 완전한 백오프 기간들을 지연을 하고(P114), PHY에게 CCA(channel assessment)를 요청한다(P122). 여기서, 슬롯기반 CSMA/CA시스템은 CCA가 백오프 기간의 경계에서 시작되고, 슬롯기반이 아닌 CSMA/CA 시스템에서는 즉시 CCA가 시작된다.
- <17> CCA 실행을 통해 채널이 유희상태인지 여부를 판단하고(P124), 유희상태가 아닌 것으로 판단된 경우 동작을 완료한다(P130).

- <18> 채널이 유희상태가 아닌 경우, 배터리 수명 확장 부필드가 0으로 설정된 슬롯기반 CSMA/CA 시스템은 MAC 부분계층은 임의의 백오프 이후에, 남아 있는 CSMA/CA 작동을 책임지며 CAP이 끝나기 전에 전체 트랜잭션을 전송한다(P126).
- <19> 여기서, 백오프 기간들의 수가 CAP에 남아 있는 백오프 기간의 수보다 큰지 여부를 판단하며(P128), 백오프 기간의 수가 더 크면 실패한 것으로 판단하여 MAC 부분계층은 CAP의 마지막에서 백오프 다운 카운트를 중단하고 다음 슈퍼프레임에 있는 CAP의 시작에서 이것을 다시 시작한다(P132).
- <20> 한편, 만약 CAP에 백오프 기간들의 수가 백오프 기간의 수 이하이면 MAC 부분계층은 백오프를 지연시키고(P120), 이것을 진행할 수 있을지 평가한다. MAC부분계층은 CSMA/CA 알고리즘에 남아 있는 단계로 프레임이나 알람의 전송이 있다면 CAP의 끝 이전에 이들을 진행한다. 만약 MAC 부분계층이 진행할 수 있다면, PHY가 현재 슈퍼프레임의 CCA를 수행하도록 요청한다. MAC 부분계층이 진행될 수 없다면, 다음 슈퍼프레임의 CAP의 시작 때까지 기다려야하며 계속 평가를 한다.
- <21> 슬롯방식인 경우, 현재의 전송을 시도하는 동안 얼마나 많은 수의 백오프를 요구하는가를 나타내는 NB는 0으로 초기화되고, 윈도우 접속 길이를 뜻하는 CW(connection window)는 2로 초기화된다(P104).
- <22> 배터리 수명 연장 부필드의 설정 여부를 판단하고(P106), 배터리 수명 연장 부필드가 1로 설정된 슬롯기반 CSMA/CA 시스템(P110), MAC 부분계층은 임의의 백오프 이후에 남아 있는 CSMA/CA의 동작들을 책임지며 CAP의 끝 이전에 모든 트랜잭션(transaction)이 전송될 수 있도록 한다. 백오프 카운터는 CAP의 끝 이전에 먼저 6회의 완전한 백오프 이후에 발생한다(P112).
- <23> 만약 MAC부분계층이 진행되지 못하면, MAC 부분계층은 백오프를 지연시키고(P220), 이것을 진행할 수 있을지 평가한다. 이것은 다음 슈퍼프레임 안의 CAP의 시작까지 기다려야 하고 평가를 반복한다.
- <24> MAC 부분계층은 남아 있는 CSMA/CA 알고리즘 단계들을 진행하는데, 프레임 전송과 어떤 알람 신호라도 CAP의 끝 이전에 완료할 수 있도록 PHY가 현재 슈퍼프레임 내의 CCA의 실행을 요청한다(P222).
- <25> CCA 실행 요청 후에는 채널이 유희상태인지 여부를 판단한다(P224).
- <26> 채널이 사용중이라고 판단된 경우, MAC 부분계층은BE는 $aMaxBE$ 보다는 더 크지 않다는 것을 확인하면서 NB와 BE 모두를 하나씩 증가시킨다. 슬롯기반 CSMA/CA 시스템은 CW 값을 2로 설정한다(P226).
- <27> 이 후, NB 값이 $macMaxCSMABackoffs$ 보다 크거나 같은지 여부를 판단한다(228). 여기서, NB값이 $macMaxCSMABackoffs$ 보다 적거나 같으면, CSMA/CA 알고리즘은 백오프 주기를 지연시키는 P220 단계로 되돌아 간다.
- <28> 그리고, NB 값이 $macMaxCSMABackoffs$ 보다 큰 경우, CSMA/CA 알고리즘은 채널 접속 실패(Channel Access Failure)상태가 된다(P230).
- <29> 한편, 채널이 사용되지 않고 있는 것으로 판단된 경우, 슬롯 있는 CSMA/CA 시스템의 MAC부분계층은 전송을 개시하기 전에 경쟁창(contention window)이 소멸 되었다는 것을 보증해야 한다. 이렇게 하려면 MAC부분계층은 먼저 CW 값을 하나 감소해야하며(P232), 감소된 CW 값이 0인지 아닌지 판단해야 한다(P234).
- <30> 만약 0이 아니면 CCA를 요청하는 P222 단계로 되돌아 가고, 만약 0이면 MAC 부분 계층은 다음 백오프 기간의 경계에서 프레임의 전송을 시작한다(P230). 슬롯기반이 아닌 CSMA/CA시스템에서 채널이 사용하지 않는다고 평가되면 MAC부분계층은 프레임을 즉시 전송하기 시작한다.
- <31> 이상 설명한 바와 같이, 종래의 802.15.4에서의 CSMA/CA 동작은, 비콘 모드로 동작하는 경우, 모든 디바이스들은 코디네이터의 활성화 구간에 시간적으로 동기가 맞춰지므로 CSMA/CA로 동작하더라도 동일한 시점에서의 백오프하므로 충돌의 가능성이 높다. 그리고, CSMA/CA에 의해 백오프를 할 때 경쟁 디바이스의 수와 무관하게 정해지므로, 충돌의 가능성이 높아지거나 불필요하게 긴 대기시간을 가질 수 있다. 또한, CSMA/CA에 의해 채널 상태가 유희 상태로 판별하여도 숨겨진 노드(hidden node) 문제에 의해 충돌이 발생할 수 있다.
- <32> 한편, 다운링크 전송의 경우, 코디네이터는 디바이스로부터 데이터 요구를 수신하여 Ack를 전송한 후 실제 데이터를 보내기 위해서는 CSMA/CA에 의해 다시 백오프를 수행해야 하며 이 기간 동안에는 다른 디바이스로부터 데이터 수신은 무시되기 때문에 전송의 지연 및 낮은 전송 효율성으로 인한 전력 소모가 크게 발생할 수 있다. 그리고, 디바이스는 자신이 필요한 경우, 즉, 비콘 수신이나 데이터 전송과 같은 경우에만 활성화상태로 동작하고 그 이외의 경우에는 비활성화 상태로 천이하여 에너지 소모를 절감할 수 있지만, 코디네이터에서는 디바이스로

부터 이벤트 수신을 위해 활성화 구간에 항상 활성화 상태를 유지해야 한다. 그러나, 앞서 밝혔듯이 이벤트의 검출은 활성화 구간의 초반에 발생할 확률이 높고 후반부에서는 이벤트 검출확률이 낮아 소모하는 전력에 비해 기대할 수 있는 효율성은 낮아진다. 또한, 이 경우 코디네이터는 디바이스에 비해 월등히 많은 전력을 소모하게 되어 네트워크의 단절을 빨리 초래할 수 있다는 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<33> 따라서, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 디바이스의 수가 증가하더라도 코디네이터의 활성화 구간에서 충돌 및 재전송과 같은 문제점들이 발생할 확률을 감소시켜 안정적인 상태로 동작하게 함으로써 저전력 소모의 통신을 구현하는 데에 목적이 있다.

과제 해결수단

<34> 상기 과제를 해결하기 위해 본 발명은, 비콘을 발신하는 코디네이터(coordinator)와 상기 비콘 신호에 따라 상기 코디네이터와 통신을 수행하는 복수개의 디바이스를 포함하는 무선 센서 네트워크 시스템의 예약기반 트래픽 제어방법에 있어서, 상기 코디네이터가 전송 대상 디바이스 정보와 디바이스의 업링크 전송 예약시간 정보가 포함된 비콘을 전송하는 단계와; 상기 복수의 디바이스 중 데이터 송신을 원하는 디바이스가, 상기 비콘으로 통보된 상기 전송 예약시간 동안에 데이터 통보(DN) 메시지를 상기 코디네이터로 전송하여 데이터 송신을 예약하는 단계와; 상기 코디네이터가 상기 디바이스가 예약한 해당 디바이스의 주소 정보와 데이터의 크기 정보를 대기 디바이스 통보(PDN) 메시지에 담아 전송하는 단계와; 상기 비콘에 포함된 상기 전송 대상 디바이스들이 해당 시간에 데이터를 전송 받는 단계와; 상기 비콘에 포함된 전송 대상 디바이스에 대한 데이터 전송이 완료된 후, 상기 대기 디바이스 통보 메시지에 포함 된 상기 전송 대상 디바이스들이 해당 시간에 데이터를 송수신하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크 시스템의 예약기반 트래픽 제어방법을 제공한다.

<35> 또한, 상기 과제는, 비콘을 발신하는 코디네이터(coordinator)와 상기 비콘 신호에 따라 상기 코디네이터와 통신을 수행하는 복수개의 디바이스를 포함하는 무선 센서 네트워크 시스템의 예약기반 트래픽 제어방법에 있어서, 상기 코디네이터가 데이터를 전송하고자 하는 디바이스들의 주소정보와, 상기 전송 대상 디바이스들의 업링크 전송시점 정보와, 상기 디바이스들로부터 데이터 송신 시간을 예약받기 위한 예약시간 정보를 비콘으로 전송하는 단계와; 상기 코디네이터가 상기 예약시간 동안 디바이스들로부터 데이터 송신 시간을 예약하는 데이터 통보(DN) 메시지를 수신하는 단계와; 상기 데이터 통보 메시지 수신을 통해 트래픽의 혼잡도를 측정하는 단계와; 상기 수용 한계치 이상의 트래픽이 발생되었다고 판단된 경우, 트래픽의 혼잡 정도에 따라 트래픽 생성이 제어되도록 상기 트래픽 제어값을 설정하는 단계와; 상기 데이터 송신을 예약한 대기 디바이스들의 주소 정보와, 상기 트래픽 제어값을 대기 디바이스 통보(PDN) 메시지에 담아 디바이스로 전송하는 단계와; 상기 비콘에 포함된 전송 대상 디바이스에 순차적으로 데이터를 전송하는 단계와; 상기 대기 디바이스 통보(PDN) 메시지에 포함된 상기 대상 디바이스와 순차적으로 데이터를 송수신하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크 시스템의 예약기반 트래픽 제어방법에 의해서도 해결될 수 있다.

<36> 또한, 상기 과제는, 비콘을 발신하는 코디네이터(coordinator)와 상기 비콘 신호에 따라 상기 코디네이터와 통신을 수행하는 복수개의 디바이스를 포함하는 무선 센서 네트워크 시스템의 예약기반 트래픽 제어방법에 있어서, 상기 디바이스가 상기 코디네이터가 발신한 비콘으로부터, 전송 대상 디바이스 및 디바이스 업링크 전송시점 정보와, 데이터 전송을 예약받기 위한 예약시간 정보를 획득하는 단계와; 상기 디바이스가 상기 코디네이터와 송신할 데이터가 있는지 여부를 판단하는 단계와; 상기 코디네이터로 전송할 데이터가 존재하는 경우, 상기 비콘을 통해 수신한 예약 시간정보에 기초하여, 예약하고자 하는 데이터 송신 시간을 결정하는 단계와; 상기 예약시간에, 상기 데이터 송신 시간을 예약하는 데이터 통보(DN) 메시지를 전송하는 단계와; 상기 예약시간 종료 후, 상기 코디네이터로부터 상기 송신 시간 예약에 따른 대기 디바이스 통보(PDN) 메시지를 수신하는 단계와; 상기 대기 디바이스 통보(PDN) 메시지에 포함된 주소 정보에서의 순서와 각 데이터 크기 정보를 이용하여 전송 개시 시점을 계산하여 전송 개시 시점까지 비활성화 상태를 유지하고, 상기 전송 개시 시점에서 데이터를 송수신하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크 시스템의 예약기반 트래픽 제어방법에 의해서도 해결될 수 있다.

효과

<37> 본 발명에 의하면, 디바이스의 수가 증가하더라도 코디네이터의 활성화 구간에서 충돌 및 재전송과 같은 문제점

들이 발생할 확률을 감소시켜 안정적인 상태로 동작하게 함으로써 저전력 소모의 통신을 구현할 수 있는 효과가 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <38> 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부도면에 의거하여 상세히 설명하기로 한다.
- <39> 그러나, 다음에 예시하는 본 발명의 실시예는 여러 가지 다른 형태로 변형할 수 있으며, 본 발명의 범위가 다음에 상술하는 실시예에 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 실시예는 당 업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위하여 제공된다.
- <40> 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 센서 네트워크 시스템의 제어블록도로서, 코디네이터의 구성을 예시한 것이다.
- <41> 도 5에 도시된 바와 같이, 본 발명의 코디네이터(100)는, 데이터 송신을 위한 전송부(156) 및 수신을 위한 수신부(110)와, 수신부(110)를 통해 수신된 프레임을 해석하는 수신 프레임 해석부(120)와, 전송 대상 디바이스에 대한 정보 및 전송하고자 하는 데이터에 대한 정보를 추출하는 발신 결정부(130)와, 발신 결정부(130)가 추출한 데이터 전송 정보에 따라 전송 대상 디바이스들을 선정하는 스케줄러(140)와, 전송 프레임을 생성하여 전송부(156)를 통해 스케줄러(140)에 의해 선정된 디바이스로 전송하는 프레임 생성부(150)를 포함한다.
- <42> 전송부(156) 및 수신부(110)는 무선으로 송신되는 비콘 신호 내지는 데이터신호를 송신한다.
- <43> 발신 결정부(130)는 코디네이터(100) 내에서 생성된 프레임 혹은, 디바이스로부터 수신된 데이터를 해석하고, 그 결과 디바이스에 데이터를 전송할 필요가 있는 경우 전송 대상 디바이스에 대한 정보와, 전송하고자 하는 데이터의 크기와, 우선 순위 정보 등을 스케줄러(140)로 전달한다.
- <44> 스케줄러(140)는 코디네이터(100)의 활성화 기간과, 전송하고자 하는 데이터의 크기 및 우선 순위 등을 고려하여 전송 대상 디바이스들의 전송 순서를 선정한다.
- <45> 프레임 생성부(150)는 비콘 생성을 위한 비콘 생성부(152)와 대기 디바이스 명령 생성부(154)를 포함한다. 프레임 생성부(150)는 스케줄러(140)에 의해 선정된 전송 대상 디바이스들에 관련된 정보에 기초하여 각 디바이스에 전송할 프레임을 생성하고, 생성된 프레임을 전송부(156)를 통해 디바이스로 전송한다.
- <46> 여기서, 프레임 생성부(150)는, 본 발명에서 정의한 전송 구분 설명자, 대기 디바이스 통보(PDN: Pending Data Notification) 메시지 등을 생성하여 디바이스 측에 전송할 수 있다.
- <47> 이러한 구성에 따라, 코디네이터(100)는 비콘 전송시에 전송 구분 설명자를 통해 디바이스로부터 데이터 업링크 전송시점을 예약받기 위한 예약시간 정보를 함께 전송하고, 예약시간 동안 수신한 예약메시지 정보를 모아 대기 디바이스 통보 메시지에 담아 디바이스에 전송한다.
- <48> 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 무선 센서 네트워크 시스템의 제어블록도로서, 디바이스의 구성을 예시한 것이다.
- <49> 도 6에 도시된 바와 같이, 본 발명의 디바이스(200)는, 데이터 송신을 위한 디바이스 전송부(250) 및 수신을 위한 디바이스 수신부(210)와, 디바이스 수신부(210)를 통해 수신된 프레임을 해석하기 위한 디바이스 수신 프레임 해석부(220)와, 코디네이터(100)와 통신이 필요한 지를 판단하여 관련 프레임을 결정하는 디바이스 발신 결정부(230)와, 해당 프레임을 작성하며 전송부를 통해 코디네이터(100)로 전송되는 디바이스 프레임 생성부(240)를 포함한다.
- <50> 디바이스 수신 프레임 해석부(220)는 디바이스 수신부(210)를 통해 수신된 메시지 프레임을 해석한다. 특히, 디바이스 수신 프레임 해석부(220)는 비콘에 포함된 전송 대상 디바이스 정보(Pending Address Information) 및 대기 디바이스 통보 메시지에 포함된 대기 디바이스 정보를 해석하여 자신이 코디네이터(100)의 몇 번째 전송 대상인지를 파악할 수 있다.
- <51> 디바이스 발신 결정부(230)는 디바이스(200)에서 생성된 센싱 데이터 등의 전송 여부를 판단하거나, 수신된 데이터의 해석 결과 코디네이터(100)와 통신이 필요한 지를 판단하여 관련 프레임을 결정한다.
- <52> 디바이스 프레임 생성부(240)는 디바이스 발신 결정부(230)에서 결정된 프레임을 생성하여 디바이스 전송부(250)를 통해 코디네이터(100)로 전송한다.

- <53> 이러한 구성에 따라, 디바이스(200)는 코디네이터(100)로 전송할 정보가 있는 경우, 코디네이터(100)로부터 수신한 비콘에 포함된 예약시간 정보를 추출하여, 해당 시간 한도 내에서 백오프를 수행한다. 백오프 후 채널이 유헤(idle) 상태인 경우, 전송하고자 하는 데이터의 크기, 백오프 시도횟수를 포함하는 데이터 통보 메시지를 전송하여, 메시지 송신을 예약할 수 있다. 또한, 디바이스(200)는 수신된 비콘이나 대기 디바이스 통보 메시지에 자신의 주소가 포함되어있는 경우 해당 시간에 데이터를 송신할 수 있다.
- <54> 이러한 구성에 의해, 본 발명은 코디네이터(100)가 데이터를 전송할 대상 디바이스(200) 및 대기 디바이스 통보 메시지에 의한 데이터 송신 개시 시간을 제공하는 한편, 각 디바이스(200)로부터 데이터 송신 시간을 예약받아, 상호 예약된 시간에 활성화되어 데이터를 송수신할 수 있도록 한다.
- <55> 이러한 제어기능을 수행하기 위해, 본 발명에서는 새로운 메시지 구조를 사용한다. 코디네이터가 발신하는 비콘 프레임에 각 디바이스(200)로부터 데이터 송신 시간을 예약받을 시간정보를 포함하는 전송 구분 설명자를 추가한다. 그리고, 디바이스(200)가 데이터 송신을 예약하기 위한 데이터 통보(Data Notification, 이하 DN) 메시지와, 코디네이터가 디바이스(200)의 예약 정보를 확인하여 데이터 송신 시간을 통보하기 위한 대기 디바이스 통보(Pending Device Notification, 이하 PDN) 메시지를 정의하여 사용할 수 있다. 이러한 본 발명의 새로운 메시지 구조를 도 7 내지 도 9를 참조하여 상세히 설명한다.
- <56> 도 7은 전송 구분 설명자의 메시지 구조를 도시한 것이다. 전송 구분 설명자(700)는 코디네이터(100)의 비콘 생성부(152)에서 비콘 생성 시, 비콘의 페이로드 정보에 추가하여 전송할 수 있다. 전송 구분 설명자(700)는 예약시간 필드(710)와 데이터 전송시간 필드(720)를 포함한다.
- <57> 예약시간 필드(710)는 데이터 송신을 원하는 디바이스로부터 데이터 송신 시간을 예약받을 시간 정보를 포함한다. 여기서, 예약 시간은 기기가 채널 할당을 시도하기 전에 얼마나 많은 백오프 기간들을 기다렸는지를 나타내는 BE(backoff exponent)에 해당 되며, "예약시간 = $(2^{BE}-1) * \text{단위 시간 길이}$ "로 설정된다. 이에, 디바이스(200)는 해당 예약시간 내에서 백오프를 수행하여 데이터 업링크 전송을 예약한다.
- <58> 데이터 전송시간 필드(720)에는 대기 디바이스 통보 메시지에 의한 데이터 전송이 개시될 시간 정보가 저장된다.
- <59> 도 8은 데이터 통보(Data Notification, 이하 DN)메시지 구조를 도시한 것이다. 데이터 통보 메시지(800)는 데이터를 송신하고자 하는 디바이스(200)가 데이터 송신 시간을 예약하기 위해 코디네이터 측으로 송신하는 메시지로서, 명령 프레임의 형식을 사용하며 MAC 페이로드에 포함된다. 데이터 통보 메시지(800)는 명령 구분자(810)와, 데이터 크기 필드(820), 백오프 횟수 필드(830)를 포함한다.
- <60> 명령 구분자(810)는 데이터 통보 메시지(800)임을 나타내기 위해 설정된 식별자이다.
- <61> 데이터 크기 필드(820)는 디바이스(200)가 전송하고자 하는 데이터의 크기를 나타낸다.
- <62> 백오프 횟수 필드(830)는 이전 전송 이후 백오프를 몇 번 수행했는지를 나타낸다. 즉, 현재의 전송을 위한 백오프 횟수와 더불어 이전에 백오프를 5번 모두 수행하고 실패한 경우가 있었다면, 이 백오프 횟수도 누적되어 전송된다.
- <63> 여기서, 디바이스(200)는 전송하고자 하는 데이터의 우선순위 정보를 함께 전송할 수 있다.
- <64> 도 9는 대기 디바이스 통보(Pending Device Notification, PDN)메시지 구조를 도시한 것이다. 대기 디바이스 통보 메시지(900)는 명령 프레임의 형식을 사용하며 MAC 페이로드에 포함된다. 대기 디바이스 통보 메시지(900)는 명령 구분자(910)와, 트래픽 제어값 필드(920)와, 주소 개수 필드(930)와, 데이터 크기 정보 필드(940), 주소 정보 필드(950)를 포함한다.
- <65> 명령 구분자(910)는 대기 디바이스 통보 메시지(900)임을 나타내기 위해 설정된 식별자이다.
- <66> 트래픽 제어값 필드(920)는 트래픽의 양이 코디네이터(100)의 수용 용량을 초과하는 경우 그 정도에 따라 트래픽 발생률을 조절하기 위해 설정된 값을 포함한다. 코디네이터(100)는 수신한 트래픽의 양이 자신의 최대 한도를 넘어서는 경우, 트래픽 정도에 따라 트래픽 제어값을 결정하며, 이 정보는 대기 디바이스 통보 메시지(900)를 통해 디바이스(200)로 전달된다. 디바이스(200)는 수신한 트래픽 제어값에 해당하는 확률값을 트래픽 발생시 적용하여 확률적으로 해당 제어값만큼 트래픽 생성이 제어되도록 한다.
- <67> 또한, 코디네이터(100)는 디바이스(200)의 개수에 따라 업링크 예약 등록시간을 가변적으로 할당하며, 최대 N개

의 노드에 대해 업링크 예약 등록시간을 가질 수 있다. 만약 트래픽이 코디네이터(100)가 수용할 수 있는 한계를 넘어서게 되면, 트래픽 혼잡 정도에 해당하는 트래픽 제어값을 결정하고 대기 디바이스 통보 메시지(900)를 통해 디바이스(200)로 전송한다. 이후 디바이스(200)는 다음 활성화 주기에서 데이터를 코디네이터(100)로 전송하고자 하는 경우, 수신받은 트래픽 제어값에 해당하는 확률값을 적용한다. 즉, 트래픽 혼잡도가 높은 경우에는 전송시 확률을 낮게 함으로써 트래픽 발생을 억제하고 트래픽 혼잡도가 낮은 경우에는 전송시 확률을 높임으로써 트래픽을 발생시켜서, 결과적으로 트래픽 상황에 따라 트래픽 발생이 제어되게 한다.

- <68> 여기서, 트래픽의 혼잡 정도는 다음과 같이 측정한다. 디바이스(200)는 데이터 통보 메시지(800)를 전송할 때 그 동안 누적된 백오프 시도횟수를 함께 전송하며, 전송후에 백오프 시도횟수는 초기화 된다. 이렇게 함으로써, 코디네이터(100)는 지정한 업링크 예약 등록시간 동안 수신한 데이터 통보 메시지(800)를 통해 평균 백오프 시도횟수를 구할 수 있으며, 이 값이 높을수록 트래픽의 혼잡도가 높은 것으로 판단한다. 이렇게 구해진 트래픽 혼잡도를 기반으로 상기에 기술한 업링크 예약등록 시간을 가변적으로 할당하게 된다. 한편, 802.15.4에서 최대 백오프 시도횟수는 5회로 정해져 있다.
- <69> 주소 개수 필드(930)는 순차적 데이터 송신을 수행하게 될 디바이스들의 주소 정보의 개수 정보를 포함하며, 이것은 상기 데이터 송신 예약에 의하거나 비콘에 의해 전송하고자 하는 다운링크 전송의 수가 비콘 프레임에서 수용하는 최대값(7)을 넘어서는 경우 포함될 수 있다.
- <70> 데이터 크기 필드(940)는 예약을 통해 데이터 송신을 수행하게 될 각 디바이스들의 데이터 크기에 대한 정보를 포함하며 주소 개수 필드(930)에 설정된 개수만큼의 데이터 크기에 대한 정보가 순차적으로 저장된다.
- <71> 주소 정보 필드(950)에는 주소 개수 필드(930)에 설정된 개수만큼의 디바이스 주소가 순차적으로 저장된다.
- <72> 이러한 메시지 구조를 이용한 본 발명의 무선 센서 네트워크 시스템에서, 코디네이터(100) 및 디바이스(200)의 메시지 송신 상태는 다음과 같다.
- <73> 도 10은 본 발명에 따른 무선 센서 네트워크 시스템의 메시지 송신 상태도이다.
- <74> 코디네이터(100)는 전송 예약시간 정보가 포함된 전송 구분 설명자(700)를 비콘의 페이로드 정보에 추가하여 전송한다.
- <75> 이에, 디바이스(200)는 수신된 비콘에서 전송 예약시간 정보를 추출하여 예약시간(C1)을 계산해내고, 디바이스(200)가 코디네이터(100)에 데이터 송신을 원하는 경우, 해당 예약시간(C1) 내에 데이터 통보(DN) 메시지를 전송(D1)함으로써 예약을 시도한다.
- <76> 코디네이터(100)는 예약시간(C1) 동안 수집된 데이터 통보(DN) 메시지를 통해 데이터 송신을 예약한 디바이스의 정보를 확인한 후, 데이터 송신이 예약된 디바이스(200)들의 데이터 크기와 주소 정보, 트래픽 제어값을 대기 디바이스 통보(PDN) 메시지에 담아 전송한다.
- <77> 이 후, 디바이스(200)들은 먼저, 비콘 기반 순차적 전송(C2)을 개시한다. 이에, 비콘의 전송 대상 디바이스 정보에 자신의 주소가 포함된 디바이스(200)들은 순차적 전송(C2) 기간 동안 자신의 순서를 기다리다가 자신의 순서에서 데이터 수신(D2)을 수행한다.
- <78> 이 기간이 끝나면 대기 디바이스 통보(PDN) 메시지 기반 순차적 전송(C3)을 수행한다. 대기 디바이스 통보(PDN) 메시지에 자신의 주소가 포함된 디바이스(200)들은 이 기간 동안 자신의 순서와 대기 디바이스들의 데이터 크기를 이용하여 자신의 전송 시점을 계산하여 해당 시점까지 비활성화 상태로 천이할 수 있으며 해당 시점에서 전송(D3)을 수행한다. 전송을 마치거나 전송에 해당하지 않는 디바이스(200)들은 비활성화 상태로 천이하여 전력 사용을 절약할 수 있다.
- <79> 도 11은 본 발명에 따른 무선 센서 네트워크 시스템의 코디네이터(100)의 동작 흐름도이다.
- <80> 코디네이터(100)는 디바이스(200) 측에 비콘을 전송한다(S100). 여기서, 비콘의 대기 주소 정보 필드에는 전송 대상 디바이스들에 대한 정보가 저장되며, 또한, 데이터 송신을 원하는 디바이스로부터의 데이터 전송 개시 시점에 정보를 포함하는 전송 구분 설명자(700)를 함께 기입하여 디바이스(200)로 전달한다.
- <81> 코디네이터(100)는 비콘 전송 이후 자신이 설정한 예약 시간만큼 대기하면서 디바이스(200)로부터 데이터 통보(DN) 메시지를 수신 한다(S110).
- <82> 코디네이터(100)는 수신된 데이터 통보(DN) 메시지에서부터 해당 정보를 송신한 디바이스(200)의 주소 정보를 추

출하고, 이를 대기 디바이스 통보(PDN) 메시지에 담아 디바이스(200)로 전송한다(S120). 또한, 코디네이터(100)는 비콘의 대기 주소 정보가 최대값을 초과하는 경우, 나머지 주소 정보를 PDN에 담아 디바이스(200)로 전송한다.

- <83> 코디네이터(100)는 디바이스(200) 측에서 전송하는 비콘을 수신하여 대기 주소 정보(pending address information)가 있는지 여부를 판단하고(S130), 비콘 기반 대기 주소 정보가 존재하는 경우, 해당 디바이스(200)와 순차적으로 다운링크 전송을 수행한다(S140).
- <84> 또한, 대기 디바이스 통보(PDN) 메시지를 통해 전달된 대기 주소 정보가 있는지 여부를 판단하고(S150), 대기 디바이스 기반 주소 정보가 존재하는 경우, 해당 디바이스(200)와 순차적으로 업링크 또는 다운 링크 전송을 수행한다(S160).
- <85> 도 12는 본 발명에 따른 무선 센서 네트워크 시스템의 디바이스의 동작 흐름도이다.
- <86> 디바이스(200)는 코디네이터(100)가 발신한 비콘을 수신하고(S200), 수신된 비콘에 포함된 정보를 통해, 전송 대상 디바이스들에 대한 정보와 데이터 송신 예약을 위한 전송 예약시간 정보를 획득한다.
- <87> 디바이스(200)는 코디네이터(100)로 전송할 데이터가 있는지 여부를 판단하고(S210), 코디네이터(100)로 전송할 데이터가 없으면, 전체 예약시간 동안 비활성화 상태를 유지한다(S216).
- <88> 한편, 코디네이터(100)로 전송할 데이터가 존재하는 경우, 비콘을 통해 수신한 전송 예약시간 정보에 따라, 해당 시간 내에서 백오프한 후 데이터 통보 메시지(DN)를 코디네이터(100)로 전송한다(S212). 그리고, 나머지 예약 시간 동안에는 비활성화 상태로 동작한다(S214).
- <89> 전송 예약시간이 종료되면 디바이스(200)는 코디네이터(100)로부터 대기 디바이스 통보 메시지(PDN)을 수신한다(S218). 만약 대기 디바이스 통보 메시지(PDN)가 1 slot 시간 동안 수신되지 않으면 해당 정보가 없는 것으로 간주한다.
- <90> 이 후, 디바이스(200)는 비콘으로 통보된 전송 대상 디바이스의 주소 정보에 자신이 포함되어 있는지 여부를 판단한다(S220).
- <91> 디바이스(200)가 비콘의 전송 대상 디바이스 주소에 자신의 주소가 포함되지 않은 경우, 대기 디바이스 통보(PDN) 메시지에 포함되었는지 여부를 판단한다(S230). 대기 디바이스 통보(PDN) 메시지에 포함된 경우 디바이스(200)는 해당 전송 개시 시점까지 비활성화 상태를 유지하고(S232), 포함되어 있지 않은 경우 다음 활성화 주기까지 비활성화 상태를 유지한다(S234).
- <92> 한편, S220단계에서, 디바이스(200)가 비콘의 전송 대상 디바이스 주소에 포함된 경우, 자신의 순서가 돌아올 때까지 대기한 후(S222), 자신의 순서에 다운링크 전송을 수행한다(S224).
- <93> 비콘의 전송 대상 디바이스 정보에 따른 데이터 송신이 완료되면, 디바이스(200)는 대기 디바이스 통보(PDN) 메시지에 자신의 주소정보가 포함되었는지 여부를 판단한다(S226).
- <94> 대기 디바이스 통보(PDN) 메시지에 자신의 주소정보가 포함되지 않았다면 디바이스(200)는 다음 활성화 주기까지 비활성화 상태를 유지한다(S234).
- <95> 그리고, 대기 디바이스 통보(PDN) 메시지에 자신의 주소정보가 포함된 경우, 비활성화 상태로 천이하고(S228), 이 후, 대기 디바이스 통보 메시지(PDN) 기반 순차적 전송이 개시되는 시점에 활성화된다.
- <96> 따라서, 대기 디바이스 통보(PDN) 메시지에 자신의 주소정보가 포함된 디바이스(200)는 자신의 순서를 기다린 후(S236), 업링크 또는 다운링크 전송을 수행하고(S238), 비활성화 상태로 천이한다(S240).
- <97> 이러한 구성에 의해, 본 발명에 따른 무선 센서 네트워크 시스템은 트래픽 상황에 최적인 대기 시간을 매 코디네이터(100)의 활성화 시기마다 할당함으로써 동적으로 변하는 트래픽 상황에 최적의 예약 대기 시간 할당이 가능하다. 또한, 코디네이터(100)는 활성화 구간이 만료되기 전에 데이터 전송의 유무를 판단하여, 데이터 전송이 없는 경우 미리 비활성화 모드로 동작할 수 있다. 또한, 디바이스(200)도 전송 유무에 따라 활성화 기간에 비활성화 모드와 활성화 모드를 선택적으로 선택하여 동작할 수 있다. 이에, 무선 센서 네트워크 시스템의 소비 전력을 절감시킬 수 있다.
- <98> 한편, 백오프 수행시에 경쟁 윈도우(contention window)의 크기가 크면 클수록 채널이 유희상태(idle)를 유지할 확률이 높아짐으로, 백오프 재시도 횟수를 낮출 수 있으나, 백오프를 위한 대기 시간에 의한 전력소모가 증가하

게 된다. 반면, 경쟁 윈도우의 크기가 작아지면 작아질수록 백오프 수행에 따른 대기 시간에 의한 전력 소모는 줄일 수 있지만, 채널이 사용중(busy)일 확률이 높아져 통상적인 재전송 횟수인 5회 전송 시 전송에 실패할 수 있다. 따라서, 대기 시간에 의한 전력소모도 최소로 하면서 성공적으로 전송을 하기 위한 가장 이상적인 경쟁 윈도우의 크기는 백오프가 평균적으로 2.5회 정도 수행할 경우이며, 이를 위해 다음과 같은 동작을 통해 실현한다.

<99> 디바이스(200)는 활성화 구간을 시작하면서 이벤트를 감지한 경우, 코디네이터(100)로 데이터 통보(DN) 메시지를 전송하는데 이때 백오프 횟수 필드(830)에 이전 전송 이후 전송을 위해 백오프를 몇 번 수행했는지를 함께 보낸다. 코디네이터(100)는 예약기간 동안 수신한 데이터 통보(DN) 메시지들로부터 평균 백오프 시도 횟수를 계산한다. 코디네이터(100)는 2.5를 기준으로 위아래로 약간의 임계치를 설정하여 임계치를 넘어서거나 모자라는 경우, 현재의 BE값을 증감한다.

<100> 이렇게 해서 구해진 BE값은 다음 활성화 구간에서의 비콘 전송시에 디바이스(200)로 전달된다. 따라서, 디바이스(200)는 트래픽의 상황에 따라 알맞은 경쟁 윈도우의 크기를 계산해낼 수 있다. 트래픽 상황에 따라 알맞은 BE값을 1에서부터 6까지 결정하는 알고리즘은 다음과 같다. bc_basis는 기준값을 나타내며, eH와 eL는 그 기준값으로부터 상한 임계치와 하한 임계치를 의미한다. bc_avg는 수집된 트래픽 정보로부터 얻은 평균 백오프 횟수를 나타낸다.

```

If BE < 6 then
    If bc_basis + eH < bc_avg then
        BE = BE + 1
    Endif
Endif
If BE > 1 then
    If bc_basis - eL > bc_avg then
        BE = BE - 1
    Endif
Endif

```

<101> 한편, 순차적 전송 방법은, 비콘에 포함된 전송 대상 디바이스 정보와 본 발명에서 제시한 대기 디바이스 통보(PDN) 메시지를 통해 이뤄진다.

<103> 비콘에 의한 순차적 전송방법에 따르면, 비콘 수신 시 전송 대상 디바이스 정보에 자신의 주소가 포함된 디바이스(200)들은 전송 개시시간을 계산하여 해당시간에 모두 활성화 상태로 동작하며 전송 대상 디바이스 정보에 기록된 순서대로 전송을 개시한다. 전송을 개시할 때 각 디바이스(200)들은 타이머를 동작시켜서 전송의 진행을 파악하고 자신의 순서를 파악할 수 있다. 여기서, 타이머를 이용한 전송 제어방법은 다음의 도 13에 도시된 바와 같다.

<104> 도 13은 본 발명에 따른 무선 센서 네트워크 시스템의 비콘에 의한 순차적 전송방법의 흐름도이다.

<105> 전송 개시 시점에 도달하면 디바이스(200)는 최초 타이머_S(Timer_start)의 구동을 개시한다(S300).

<106> 최초 타이머_S(Timer_start)의 구동 중에 응답신호 ACK가 수신되었는지 여부를 모니터링한다(S310).

<107> ACK가 수신되지 아니한 경우, 최초 타이머_S(Timer_start)가 만료되었는지 여부를 판단하고(S320), 최초 타이머_S(Timer_start)가 만료되면 다음 차례의 디바이스가 전송을 개시한다.

<108> 한편, 최초 타이머_S(Timer_start)가 만료되기 전에 ACK가 수신된 경우, 디바이스(200)는 최초 타이머_S(Timer_start)의 구동을 중지한 후, 데이터 수신 시간 카운팅을 위한 타이머_D(Timer_data)를 구동시킨다(S330).

<109> 타이머_D(Timer_data)의 구동 중에 데이터가 수신되었는지 여부를 모니터링한다(S340).

- <110> 데이터가 수신되지 아니한 경우, 타이머_D(Timer_data)가 만료되었는지 여부를 판단하고(S350), 타이머_D(Timer_data)가 만료되면 다음 차례의 디바이스가 전송을 개시한다.
- <111> 타이머_D(Timer_data)가 만료되기 전에 데이터가 수신된 경우, 디바이스(200)는 타이머_D(Timer_data)의 구동을 중지한 후, 종료시간 카운팅을 위한 타이머_E(Timer_end)를 구동시킨다(S360).
- <112> 타이머_E(Timer_end)가 만료되었는지 여부를 판단하고(S370), 타이머_E(Timer_end)가 만료되면 다음 차례의 디바이스가 전송을 개시한다.
- <113> 여기서, 각 디바이스들은 동일한 시점에 타이머를 개시하고 코디네이터(100)로부터 수신하는 메시지를 기준으로 타이머 동작이 이뤄지기 때문에 모든 디바이스들은 시간적으로 동기가 이뤄진다.
- <114> 본 발명의 무선 센서 네트워크의 데이터 전송 상태는 도 14에 도시된 바와 같다.
- <115> 도 14의 (a)는 비콘의 전송 대상 디바이스 정보에 따른 데이터 전송 상태도이다. 비콘의 전송 대상 디바이스 정보에 저장되는 디바이스 정보는 모두 코디네이터(100)에서 디바이스(200)로 향하는 다운링크 전송이다. 따라서, 도 14의 (a)에 도시된 바와 같이, 전송 개시 시점을 카운팅하는 최초 타이머_S(Timer_start)의 동작 구간에서 디바이스(200)는 데이터를 요청하고 그에 따른 응답(ACK)을 수신할 수 있다.
- <116> 코디네이터(100)에서 디바이스(200)로 전송할 데이터가 존재하는 경우, 디바이스(200)는 데이터 수신 시간 카운팅을 위한 타이머_D(Timer_data)의 동작 구간에서 데이터를 수신하며, 종료 시간 카운팅을 위한 타이머_E(Timer_end)의 동작 구간 내에서 응답(ACK)신호를 수신하여 데이터 수신을 종료할 수 있다.
- <117> 한편, 도 14의 (b)는 대기 디바이스 통보 명령(PDN)에 의한 순차적 전송 상태를 도시한 것이다.
- <118> 대기 디바이스 통보(PDN) 메시지에는 전송 예약 시간 동안 데이터 통보(DN)메시지를 보낸 디바이스 정보가 포함된다. 비콘에 담을 수 있는 전송 대상 디바이스 정보의 최대 개수는 통상 7개이므로 만약 7개가 넘는 경우는 대기 디바이스 통보(PDN) 메시지에 담아서 전송할 수 있다. 코디네이터(100)는 대기 디바이스 통보(PDN) 메시지에 해당 디바이스(200)의 주소정보와 수신받을 데이터 크기 정보를 삽입하여 전송할 수 있다. 이에, 해당 디바이스(200)는 자신이 예약하지 않았음에도 대기 디바이스 통보(PDN) 메시지에 자신이 포함되어 있는 것을 확인하여 다운링크 전송임을 인식할 수 있다. 따라서, 디바이스(200)는 해당 시간에 코디네이터(100)로부터 데이터를 수신할 수 있으며, 해당 수신 구간 역시 대기 디바이스 통보(PDN) 메시지 기반 순차적 전송에 의해 다른 디바이스들이 사용하지 못하도록 보장되어 있으므로, 코디네이터(100)와 디바이스(200)는 별도의 응답신호(ACK) 없이도 데이터 전송을 보장받을 수 있다.
- <119> 예약 기간에 도달하면 최초 타이머_S(Timer_start)의 구동이 시작되며, 디바이스(200)는 최초 타이머_S(Timer_start)의 구동 기간 동안 코디네이터(100)로 데이터를 전송한다. 데이터 전송 후 코디네이터(100)로부터 응답신호(ACK)를 수신하지 않고, 대기 디바이스 통보 메시지에 저장된 데이터 크기에 대한 타이머_D(Timer_data)가 만료되면 다음 디바이스(200)가 전송을 개시한다.
- <120> 이에 따라, 기존에는 코디네이터(100)의 활성화 구간에 코디네이터(100)가 전송 가능한 디바이스(200)가 최대 7개까지 전송이 가능하였으나 본 발명에서는 7개의 디바이스(200)와 대기 디바이스 통보(PDN) 메시지를 이용하여 한번에 다량의 디바이스(200) 정보의 전송이 가능하다.
- <121> 이상 설명한 바와 같이, 본 발명은 예약 기반 전송을 수행하기 때문에 코디네이터가 스케줄된 전송이 끝나면 남아 있는 활성화 구간 동안 슬립(sleep)모드로 전환하여 에너지 소모를 줄일 수 있다. 또한, 코디네이터는 디바이스로부터 트래픽이 폭주하는 경우 해당 트래픽 제어값을 결정하여 디바이스로 전달함으로써 일정량의 트래픽 발생을 감소시킬 수 있다. 여기서, 디바이스가 데이터 통보 메시지 전송 시, 전송하고자 하는 데이터의 우선 순위에 대한 정보를 함께 실어서 보내는 경우, 코디네이터가 차등적인 서비스를 제공할 수 있다. 코디네이터는 디바이스들이 송신한 데이터 통보 메시지를 통해 데이터의 크기 및 개수를 고려하여 예상 전송시간을 파악할 수 있으며, 이때, 만약 남아있는 활성화 시간이 적은 경우, 우선순위가 높고 데이터의 크기가 작은 데이터를 가진 디바이스를 우선적으로 전송하도록 설정할 수 있다. 즉, 우선순위가 높게 설정된 디바이스의 주소정보가 제어 메시지에서 앞쪽에 위치하고, 뒷부분으로 갈수록 우선순위가 낮은 디바이스의 주소정보를 위치시킨다.
- <122> 이에 따라, 본 발명은 코디네이터에 연결된 디바이스의 수가 증가하여도 순차적 전송에 의해 충돌 및 재전송의 확률이 정비례로 증가하지 않으므로, 전송 지연 및 전력 낭비 문제를 해결할 수 있다. 또한, 트래픽의 혼잡 정도에 따라 트래픽 발생률을 제어함으로써 불필요한 트래픽 발생으로 생기는 전력 소모를 억제하고 네트워크를

안정적으로 운용할 수 있다.

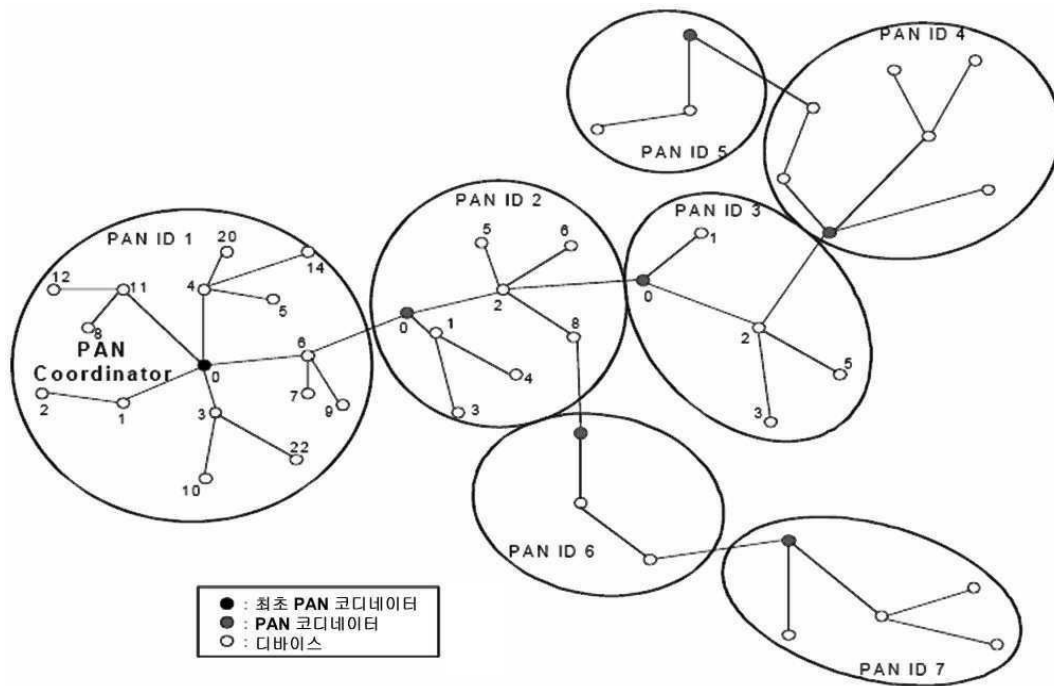
<123> 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 상술한 본 발명의 기술적 구성은 본 발명이 속하는 기술 분야의 당업자가 본 발명의 그 기술적 사상이나 필수적 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시 예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적인 것이 아닌 것으로서 이해되어야 한다. 아울러, 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어진다. 또한, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 등가 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

도면의 간단한 설명

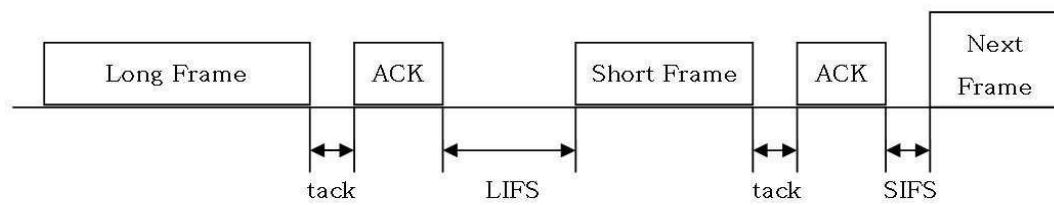
- <124> 도 1은 무선 센서 네트워크의 구조도이다.
- <125> 도 2는 무선 센서 네트워크의 데이터 전송 슬롯을 도시한 것이다.
- <126> 도 3은 무선 센서 네트워크의 슈퍼프레임의 구조를 도시한 것이다.
- <127> 도 4는 종래의 무선 센서 네트워크의 CSMA/CA 제어 흐름도이다.
- <128> 도 5는 본 발명에 따른 무선 센서 네트워크 시스템의 코디네이터의 제어블록도이다.
- <129> 도 6은 본 발명에 따른 무선 센서 네트워크 시스템의 디바이스의 제어블록도이다.
- <130> 도 7 내지 도 9는 본 발명에 따른 메시지 구성도이다.
- <131> 도 10은 본 발명에 따른 메시지 송신 상태도이다.
- <132> 도 11은 본 발명에 따른 코디네이터의 제어 흐름도이다.
- <133> 도 12는 본 발명에 따른 디바이스의 제어 흐름도이다.
- <134> 도 13은 본 발명에 따른 비콘에 의한 순차적 전송방법의 흐름도이다.
- <135> 도 14는 본 발명에 따른 대기 주소 정보에 따른 데이터 전송 상태도이다.
- <136> *** 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 ***
- | | |
|------------------------|----------------------|
| <137> 100 : 코디네이터 | 110 : 수신부 |
| <138> 120 : 수신프레임 해석부 | 130 : 발신결정부 |
| <139> 140 : 스케줄러 | 150 : 프레임생성부 |
| <140> 152 : 비콘생성부 | 154 : 대기디바이스 명령생성부 |
| <141> 156 : 전송부 | 200 : 디바이스 |
| <142> 210 : 디바이스 수신부 | 220 : 디바이스 수신프레임 해석부 |
| <143> 230 : 디바이스 발신결정부 | 240 : 디바이스 프레임생성부 |
| <144> 250 : 디바이스 전송부 | |

도면

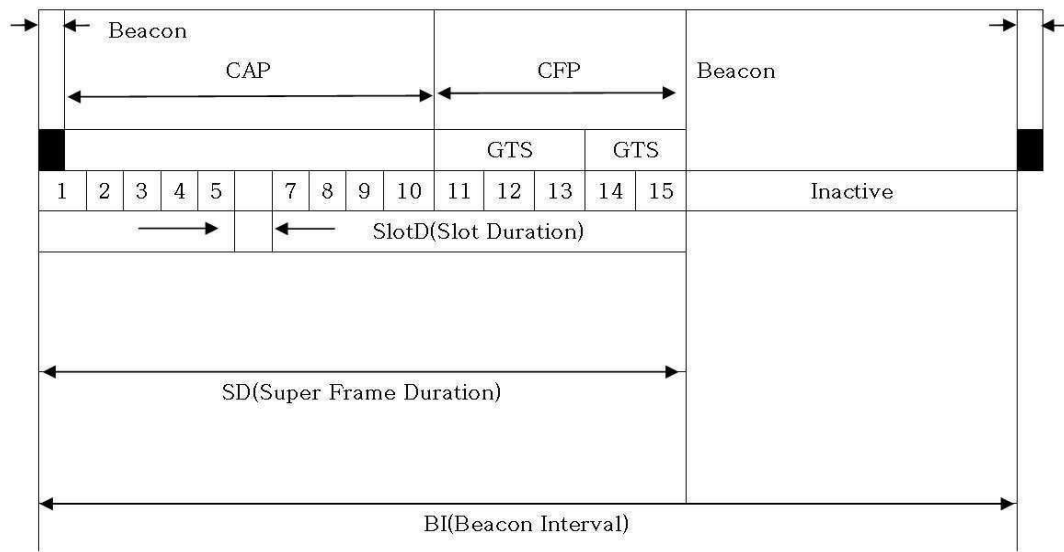
도면1



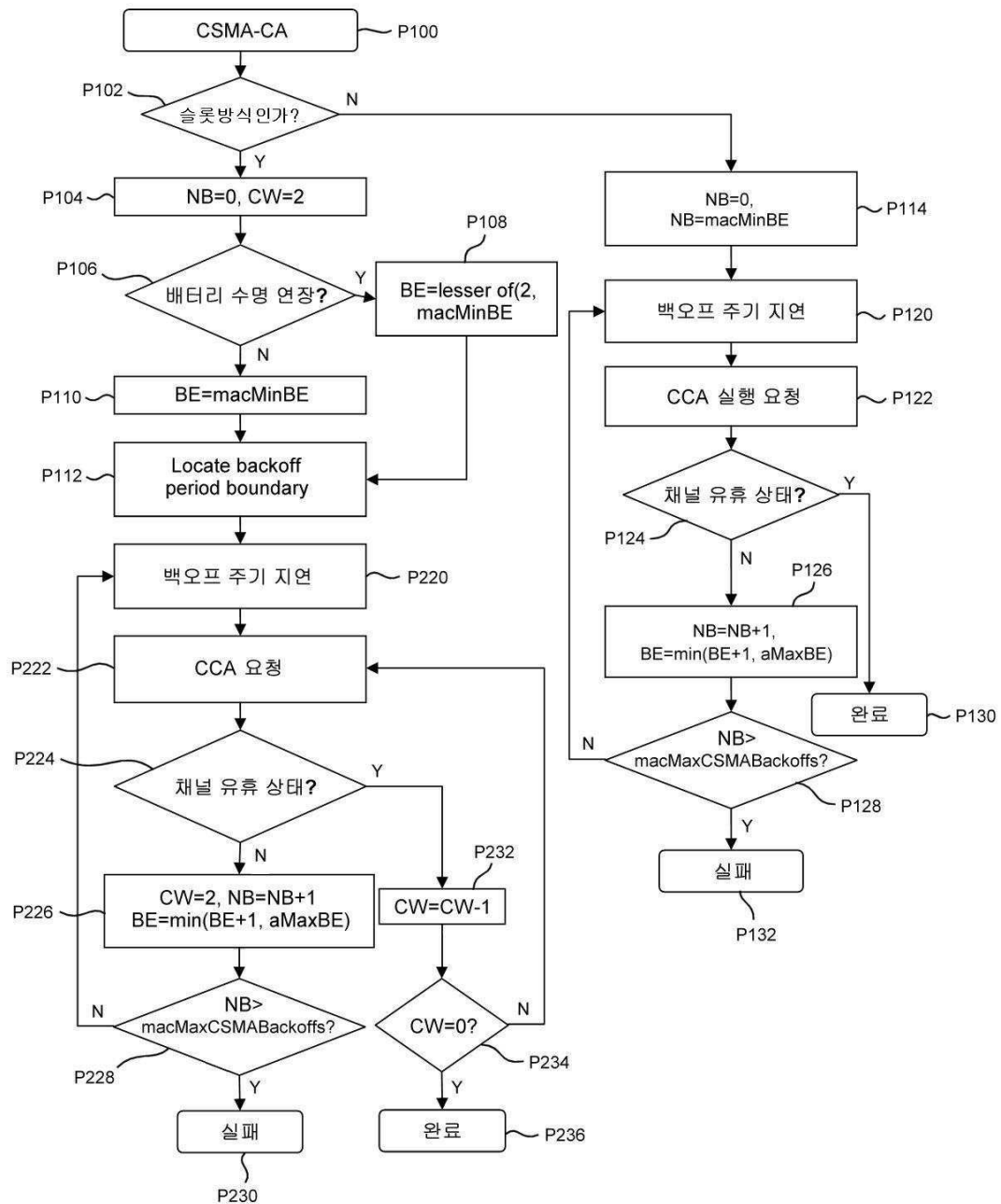
도면2



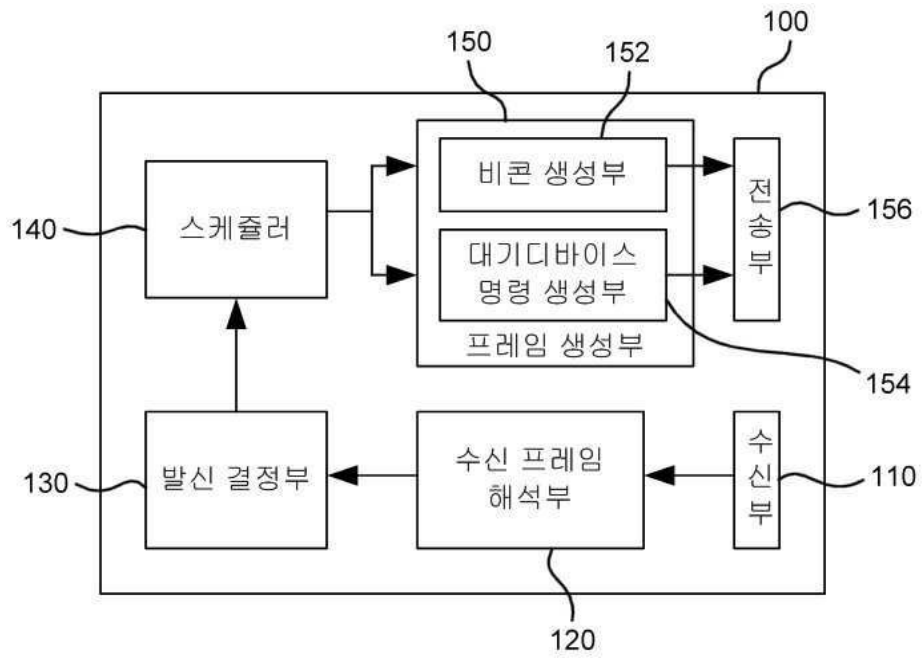
도면3



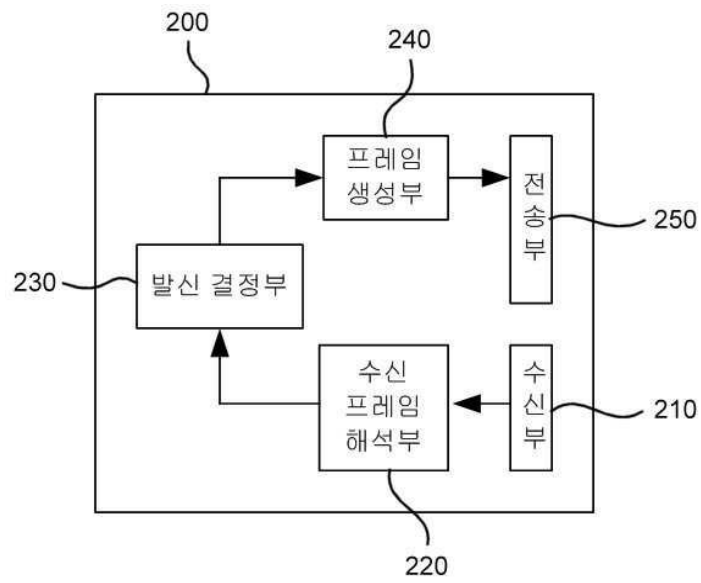
도면4



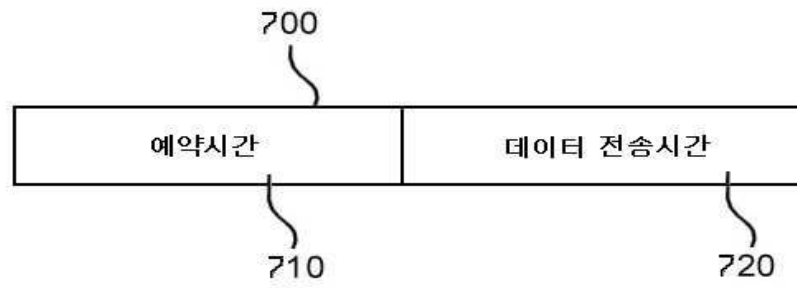
도면5



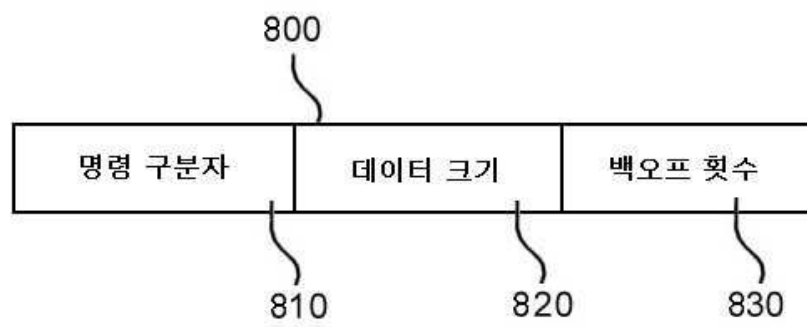
도면6



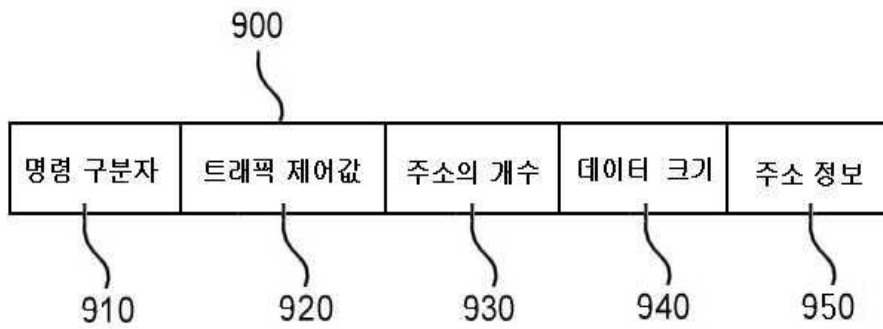
도면7



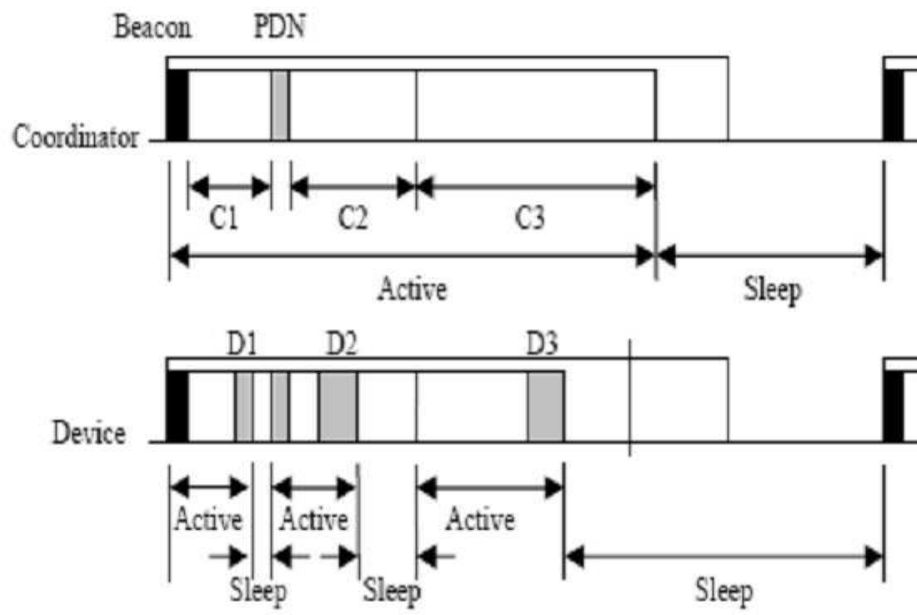
도면8



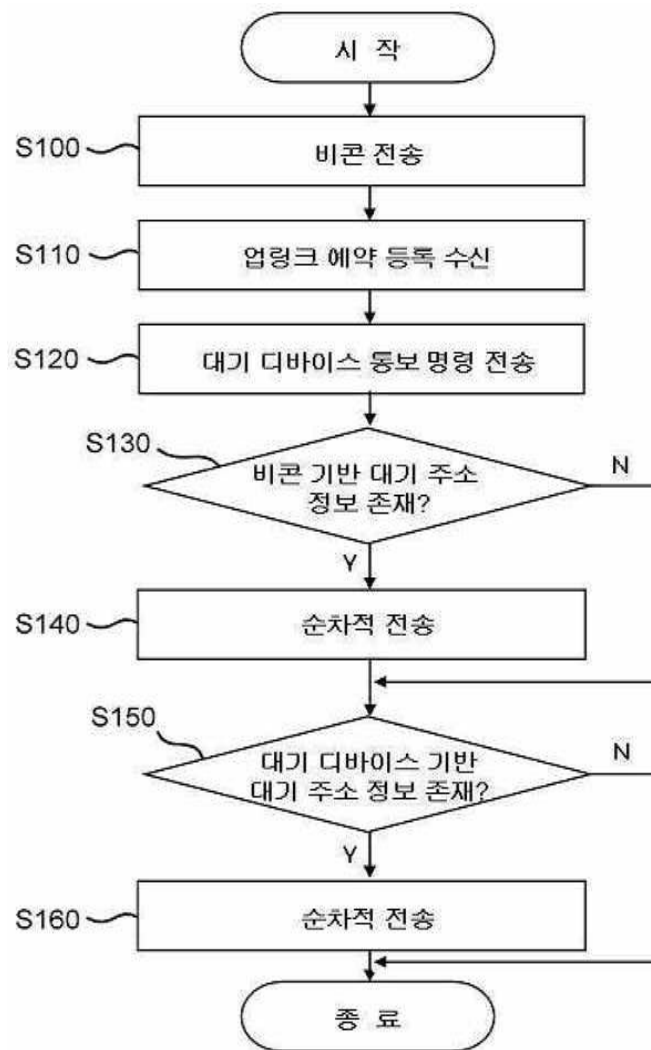
도면9



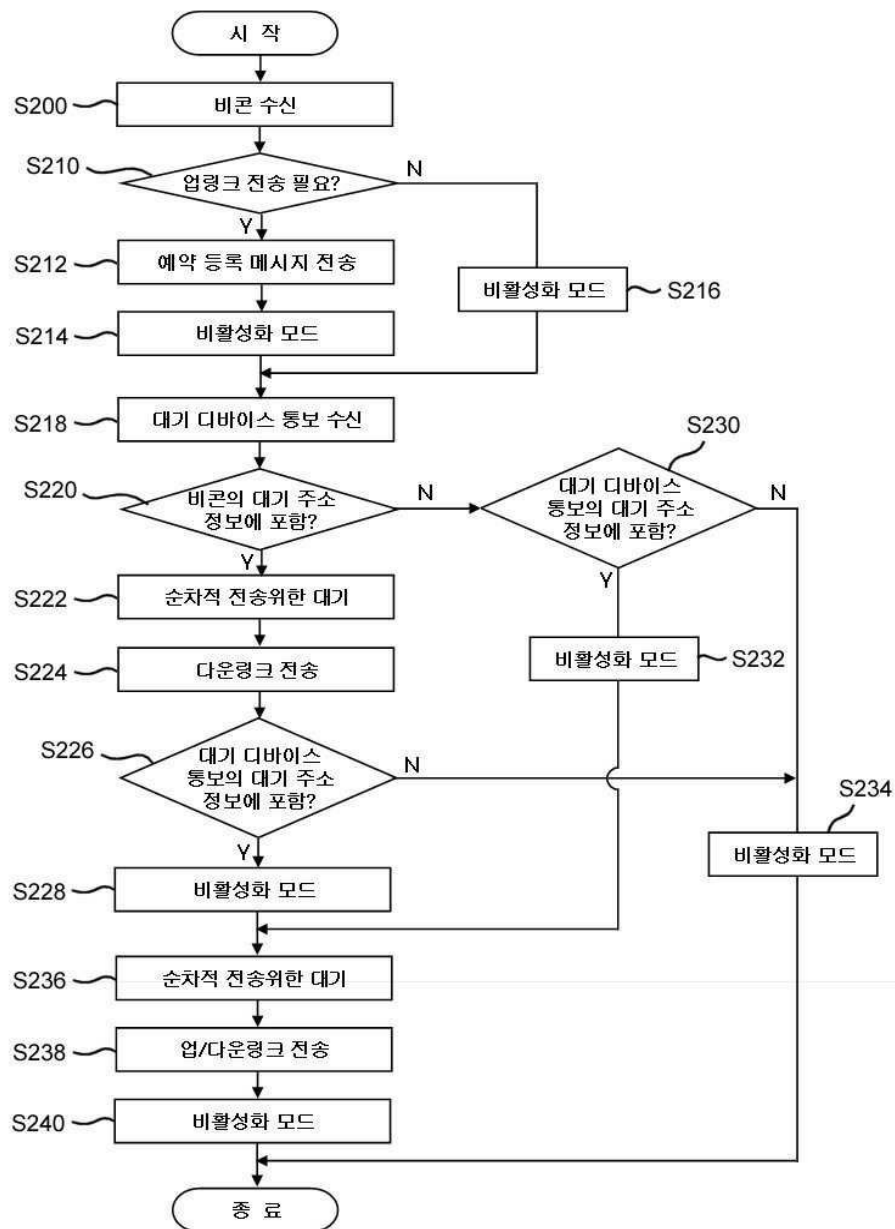
도면10



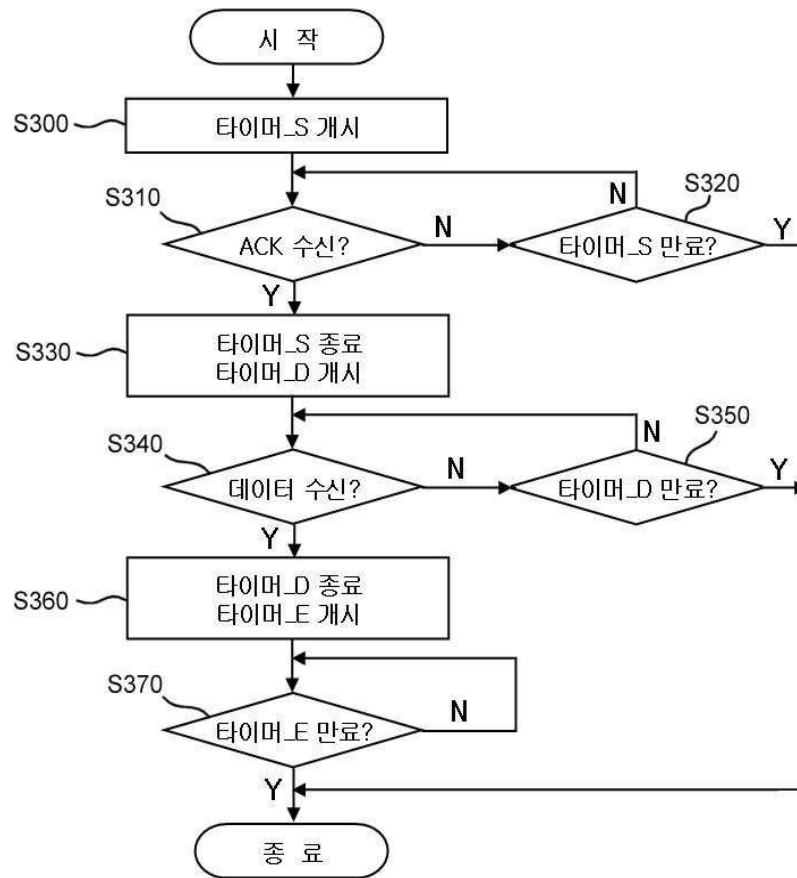
도면11



도면12



도면13



도면14

