



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0006314  
(43) 공개일자 2010년01월19일

(51) Int. Cl.

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

(21) 출원번호 10-2008-0066503

(22) 출원일자 2008년07월09일

심사청구일자 2008년07월09일

(71) 출원인

연세대학교 산학협력단

서울 서대문구 신촌동 134 연세대학교

(72) 발명자

차호정

서울특별시 용산구 이촌1동 삼성리버스위트  
103-702

김영민

경기도 부천시 원미구 역곡동 410 부천동부센터레  
빌 2단지 202동402호

신효정

서울특별시 서대문구 연희3동 69-11 205호

(74) 대리인

조영현, 나승택

전체 청구항 수 : 총 6 항

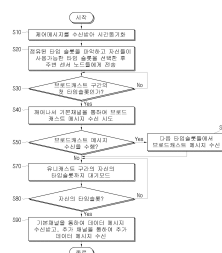
(54) 무선 센서 네트워크에서 다중 채널을 통한 데이터 송수신방법

### (57) 요약

본 발명은 무선 센서 네트워크에서 다중 채널을 통한 데이터 송수신 방법에 관한 것으로, 특히 무선 센서 네트워크의 제한된 대역폭을 증가시키기 위하여 송수신 노드들이 다중 채널을 사용하되, 센서 노드들은 자신만의 타임 슬롯에서 기본 채널을 통하여 데이터 메시지를 수신하고, 추가 데이터 메시지는 추가 채널로 이동하여 수신함으로써, 기본 채널을 통하여 데이터 송수신을 진행하는 다른 노드들의 통신을 방해하지 않도록 하는 무선 센서 네트워크에서 다중 채널을 통한 데이터 송수신 방법에 관한 것이다.

상기와 과제를 해결하기 위하여 제안된 본 발명인 무선 센서 네트워크에서 다중 채널을 통한 데이터 송수신 방법을 이루는 구성수단은, 무선 센서 네트워크에서 다중 채널을 통한 데이터 송수신 방법에 있어서, 네트워크에 참여하기 위한 센서 노드들이 1홉 거리 안에 있는 주변 센서 노드들로부터 제어 메시지를 수신받아 시간 동기화를 시키는 단계, 상기 네트워크에 참여하기 위한 센서 노드들이 상기 수신받은 제어 메시지에 포함된 정보를 이용하여 2홉 거리 안에 있는 주변 센서 노드들에 의하여 점유된 타임 슬롯들을 파악하고, 자신들이 사용 가능한 타임 슬롯을 선택하여 주변 센서 노드들에게 전송한 후, 대기 모드로 들어가는 단계, 상기 센서 노드들이 프레임의 구성하는 브로드캐스트 구간의 첫 타임 슬롯이 시작되는 시점에 깨어나서, 기본 채널을 통하여 브로드캐스트 메시지의 수신을 시도하는 단계, 상기 시도 결과, 상기 브로드캐스트 메시지의 수신을 수행하지 못한 센서 노드들은 유니캐스트 구간에서 존재하는 자신들의 타임 슬롯이 시작될 때까지 대기 모드로 들어가고, 상기 브로드캐스트 메시지의 수신을 수행한 센서 노드들은 이어지는 브로드캐스트 구간의 다음 타임 슬롯들에서 브로드캐스트 메시지의 수신을 수행하지 못할 때까지, 계속해서 브로드캐스트 구간의 다음 타임 슬롯들에서 기본 채널을 통하여 브로드캐스트 메시지의 수신을 시도하고, 브로드캐스트 메시지의 수신을 수행하지 못한 센서 노드들은 유니캐스트 구간에 존재하는 자신의 타임 슬롯이 시작될 때까지 대기 모드로 들어가는 단계, 상기 센서 노드들이 유니캐스트 구간에 존재하는 자신의 타임 슬롯에서 기본 채널을 통하여 송신 노드들이 송신한 데이터 메시지를 수신받고, 추가 채널을 통하여 송신 노드들이 송신한 추가 데이터 메시지를 수신하는 단계를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 M0500000059-6J0000-05910

부처명 과기부

연구사업명 국가지정연구실사업

연구과제명 센서네트워크 응용을 위한 적응형 시스템 소프트웨어

주관기관 연세대학교 산학협력단

연구기간 2007년 04월 01일~2008년 03월 31일

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

무선 센서 네트워크에서 다중 채널을 통한 데이터 송수신 방법에 있어서,

네트워크에 참여하기 위한 센서 노드들이 1홉 거리 안에 있는 주변 센서 노드들로부터 제어 메시지를 수신받아 시간 동기화를 시키는 단계;

상기 네트워크에 참여하기 위한 센서 노드들이 상기 수신받은 제어 메시지에 포함된 정보를 이용하여 2홉 거리 안에 있는 주변 센서 노드들에 의하여 점유된 타임 슬롯들을 파악하고, 자신들이 사용 가능한 타임 슬롯을 선택하여 주변 센서 노드들에게 전송한 후, 대기 모드로 들어가는 단계;

상기 센서 노드들이 프레임을 구성하는 브로드캐스트 구간의 첫 타임 슬롯이 시작되는 시점에 깨어나서, 기본 채널을 통하여 브로드캐스트 메시지의 수신을 시도하는 단계;

상기 시도 결과, 상기 브로드캐스트 메시지의 수신을 수행하지 못한 센서 노드들은 유니캐스트 구간에 존재하는 자신들의 타임 슬롯이 시작될 때까지 대기 모드로 들어가고, 상기 브로드캐스트 메시지의 수신을 수행한 센서 노드들은 이어지는 브로드캐스트 구간의 다음 타임 슬롯들에서 브로드캐스트 메시지의 수신을 수행하지 못할 때까지, 계속해서 브로드캐스트 구간의 다음 타임 슬롯들에서 기본 채널을 통하여 브로드캐스트 메시지의 수신을 시도하고, 브로드캐스트 메시지의 수신을 수행하지 못한 센서 노드들은 유니캐스트 구간에 존재하는 자신의 타임 슬롯이 시작될 때까지 대기 모드로 들어가는 단계;

상기 센서 노드들이 유니캐스트 구간에 존재하는 자신의 타임 슬롯에서 기본 채널을 통하여 송신 노드들이 송신한 데이터 메시지를 수신받고, 추가 채널을 통하여 송신 노드들이 송신한 추가 데이터 메시지를 수신하는 단계를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서 다중 채널을 통한 데이터 송수신 방법.

### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 제어 메시지는 센서 노드의 주소 정보, 자신이 점유하고 있는 타임 슬롯 정보, 슬롯 할당 벡터 정보, 싱크 노드로부터 기원된 순서 번호 정보 및 시간 동기화를 위한 프레임의 남은 시간 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서 다중 채널을 통한 데이터 송수신 방법.

### 청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 센서 노드들을 상기 제어 메시지에 포함되는 시간 동기화를 위한 프레임의 남은 시간 정보를 이용하여 자신들이 가지고 있는 타이머를 프레임의 남은 시간만큼 세팅하여 시간 동기화를 수행하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서 다중 채널을 통한 데이터 송수신 방법.

### 청구항 4

청구항 2항에 있어서,

상기 센서 노드들은 주변의 센서 노드들로부터 수신받은 제어 메시지에 포함된 슬롯 할당 벡터들을 논리합(OR) 연산하여 자신들의 슬롯 할당 벡터를 구성하고, 이 구성된 자신들의 슬롯 할당 벡터를 참조하여 자신들이 사용 가능한 타임 슬롯을 선택하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서 다중 채널을 통한 데이터 송수신 방법.

### 청구항 5

청구항 3에 있어서,

상기 브로드캐스트 메시지의 수신을 수행한 센서 노드들은 자신들이 가지고 있는 타이머를 통하여 계산된 프레임의 남은 시간과 상기 브로드캐스트 메시지에 포함된 현재 프레임의 남은 시간 정보에 포함된 현재 프레임의 남은 시간을 평균하여 얻어진 시간을 타이머에 세팅하여 시간 동기화를 보정하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서 다중 채널을 통한 데이터 송수신 방법.

## 청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 센서 노드들이 유니캐스트 구간에 존재하는 자신의 타임 슬롯에서 기본 채널을 통하여 송신 노드들이 송신한 데이터 메시지를 수신받은 후, 추가 채널을 통하여 송신 노드들이 송신한 추가 데이터 메시지를 수신하는 단계는,

상기 센서 노드들이 자신의 타임 슬롯에서 기본 채널을 통하여 데이터 메시지를 수신받은 후, 상기 자신의 타임 슬롯의 다음 타임 슬롯에서 추가 채널로 이동하는 과정, 상기 센서 노드들이 송신 노드들에게 자신들의 주소 정보가 포함된 메시지를 송신하는 과정, 상기 추가 채널을 통하여 상기 송신 노드들이 송신한 상기 추가 데이터 메시지를 상기 센서 노드들이 수신하는 과정을 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서 다중 채널을 통한 데이터 수신 방법.

## 명세서

### 발명의 상세한 설명

#### 기술 분야

- <1> 본 발명은 무선 센서 네트워크에서 다중 채널을 통한 데이터 송수신 방법에 관한 것으로, 특히 무선 센서 네트워크의 제한된 대역폭을 증가시키기 위하여 송수신 노드들이 다중 채널을 사용하되, 센서 노드들은 자신만의 타임 슬롯에서 기본 채널을 통하여 데이터 메시지를 수신하고, 추가 데이터 메시지는 추가 채널로 이동하여 수신함으로써, 기본 채널을 통하여 데이터 송수신을 진행하는 다른 노드들의 통신을 방해하지 않도록 하는 무선 센서 네트워크에서 다중 채널을 통한 데이터 송수신 방법에 관한 것이다.

#### 배경 기술

- <2> 기존에 제안된 무선 센서 네트워크에서의 다중 채널을 통한 매체 접근 제어 프로토콜들은 각 센서 노드들에게 고정적인 네트워크 자원을 할당하는 프로토콜들과 필요에 따라 자원을 새로 할당하는 프로토콜들로 나눌 수 있다.
- <3> MMSN[Gang Zhou, Chengdu Huang, Ting Yan, Tian He, John A. Stankovic and Tarek F. Abdelzaher. MMSN: Multi-Frequency Media Access Control for Wireless Sensor Networks. INFOCOM, 2006]은 각 노드들에게 하나의 채널을 할당함으로써 전체 네트워크의 대역폭을 증가시켰으나, 노드들에게 고정된 채널을 할당하는 것은 각 채널의 최적화된 사용을 제한한다.
- <4> Xun[Chen Xun, Han Peng, He Qiu-sheng, Tu Shi-liang, Chen Zhang-long. A Multi-Channel MAC Protocol for Wireless Sensor Networks. In Proceedings of The Sixth IEEE International Conference on Computer and Information Technology (CIT), 2006.] 등에 의해 제안된 매체 접근 제어 프로토콜에서는 클러스터 헤더가 클러스터 멤버들로부터 송신 요청 메시지를 받아 송수신 계획을 수립한다.
- <5> 이 계획은 클러스터 멤버들에게 전파되며, 노드들은 정해진 타이밍과 채널에서 데이터를 송수신한다. 이 프로토콜은 전체 네트워크의 휴면 시간을 증대시킬 수 있으나, 전체 네트워크의 최대 대역폭이 클러스터 헤더가 처리할 수 있는 송신 요청 메시지의 수에 따라 좌우된다는 단점을 가진다.
- <6> 일반적으로 센서 노드들은 사람이 쉽게 접근할 수 없는 위치에 배치되고 배터리로부터 전원을 공급받기 때문에, 센서 노드의 에너지 사용을 최적화하는 것은 매우 중요한 일이다. 이러한 문제를 해결하고자, 기존에 제시된 무선 센서 네트워크를 위한 매체 접근 제어 프로토콜들은 효율적인 에너지 사용에 초점을 맞춰왔다.
- <7> 최근 무선 센서 네트워크가 점차 광범위한 범위에서 사용됨에 따라 네트워크 안의 노드 밀집도는 점점 증가하고 있고 무선 센서 네트워크를 위한 일부 운영체제들은 한 센서 노드 안에서 여러 개의 응용 프로그램이 동작하는 것을 가능하게 하였다.
- <8> 이러한 상황은 무선 센서 네트워크에 기존 보다 더 큰 대역폭을 요구한다. 하나의 채널만을 사용하는 매체 접근 제어 프로토콜들은 많은 트래픽이 발생하는 상황에서는 낮은 대역폭으로 인해 원활한 데이터 전송을 보장하지 못한다.

## 발명의 내용

### 해결 하고자하는 과제

- <9> 본 발명은 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여 창안된 것으로, 무선 센서 네트워크의 제한된 대역폭을 증가시키기 위하여 송수신 노드들이 다중 채널을 사용하되, 센서 노드들은 자신만의 타임 슬롯에서 기본 채널을 통하여 데이터 메시지를 수신하고, 추가 데이터 메시지는 추가 채널로 이동하여 수신함으로써, 기본 채널을 통하여 데이터 송수신을 진행하는 다른 노드들의 통신을 방해하지 않도록 하는 무선 센서 네트워크에서 다중 채널을 통한 데이터 송수신 방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

### 과제 해결수단

- <10> 상기와 과제를 해결하기 위하여 제안된 본 발명인 무선 센서 네트워크에서 다중 채널을 통한 데이터 송수신 방법을 이루는 구성수단은, 무선 센서 네트워크에서 다중 채널을 통한 데이터 송수신 방법에 있어서, 네트워크에 참여하기 위한 센서 노드들이 1홉 거리 안에 있는 주변 센서 노드들로부터 제어 메시지를 수신받아 시간 동기화를 시키는 단계, 상기 네트워크에 참여하기 위한 센서 노드들이 상기 수신받은 제어 메시지에 포함된 정보를 이용하여 2홉 거리 안에 있는 주변 센서 노드들에 의하여 점유된 타임 슬롯들을 파악하고, 자신들이 사용 가능한 타임 슬롯을 선택하여 주변 센서 노드들에게 전송한 후, 대기 모드로 들어가는 단계, 상기 센서 노드들이 프레임 구성하는 브로드캐스트 구간의 첫 타임 슬롯이 시작되는 시점에 깨어나서, 기본 채널을 통하여 브로드캐스트 메시지의 수신을 시도하는 단계, 상기 시도 결과, 상기 브로드캐스트 메시지의 수신을 수행하지 못한 센서 노드들은 유니캐스트 구간에 존재하는 자신들의 타임 슬롯이 시작될 때까지 대기 모드로 들어가고, 상기 브로드캐스트 메시지의 수신을 수행한 센서 노드들은 이어지는 브로드캐스트 구간의 다음 타임 슬롯들에서 브로드캐스트 메시지의 수신을 수행하지 못할 때까지, 계속해서 브로드캐스트 구간의 다음 타임 슬롯들에서 기본 채널을 통하여 브로드캐스트 메시지의 수신을 시도하고, 브로드캐스트 메시지의 수신을 수행하지 못한 센서 노드들은 유니캐스트 구간에 존재하는 자신의 타임 슬롯이 시작될 때까지 대기 모드로 들어가는 단계, 상기 센서 노드들이 유니캐스트 구간에 존재하는 자신의 타임 슬롯에서 기본 채널을 통하여 송신 노드들이 송신한 데이터 메시지를 수신받고, 추가 채널을 통하여 송신 노드들이 송신한 추가 데이터 메시지를 수신하는 단계를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 한다.
- <11> 또한, 상기 제어 메시지는 센서 노드의 주소 정보, 자신이 점유하고 있는 타임 슬롯 정보, 슬롯 할당 벡터 정보, 싱크 노드로부터 기원된 순서 번호 정보 및 시간 동기화를 위한 프레임의 남은 시간 정보를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- <12> 또한, 상기 센서 노드들을 상기 제어 메시지에 포함되는 시간 동기화를 위한 프레임의 남은 시간 정보를 이용하여 자신들이 가지고 있는 타이머를 프레임의 남은 시간만큼 세팅하여 시간 동기화를 수행하는 것을 특징으로 한다.
- <13> 또한, 상기 센서 노드들은 주변의 센서 노드들로부터 수신받은 제어 메시지에 포함된 슬롯 할당 벡터들을 논리합(OR) 연산하여 자신들의 슬롯 할당 벡터를 구성하고, 이 구성된 자신들의 슬롯 할당 벡터를 참조하여 자신들이 사용 가능한 타임 슬롯을 선택하는 것을 특징으로 한다.
- <14> 또한, 상기 브로드캐스트 메시지의 수신을 수행한 센서 노드들은 자신들이 가지고 있는 타이머를 통하여 계산된 프레임의 남은 시간과 상기 브로드캐스트 메시지에 포함된 현재 프레임의 남은 시간 정보에 포함된 현재 프레임의 남은 시간을 평균하여 얻어진 시간을 타이머에 세팅하여 시간 동기화를 보정하는 것을 특징으로 한다.
- <15> 또한, 상기 센서 노드들이 유니캐스트 구간에 존재하는 자신의 타임 슬롯에서 기본 채널을 통하여 송신 노드들이 송신한 데이터 메시지를 수신받은 후, 추가 채널을 통하여 송신 노드들이 송신한 추가 데이터 메시지를 수신하는 단계는, 상기 센서 노드들이 자신의 타임 슬롯에서 기본 채널을 통하여 데이터 메시지를 수신받은 후, 상기 자신의 타임 슬롯의 다음 타임 슬롯에서 추가 채널로 이동하는 과정, 상기 센서 노드들이 송신 노드들에게 자신들의 주소 정보가 포함된 메시지를 송신하는 과정, 상기 추가 채널을 통하여 상기 송신 노드들이 송신한 상기 추가 데이터 메시지를 상기 센서 노드들이 수신하는 과정을 포함하여 이루어진 것을 특징으로 한다.

### 효 과

- <16> 상기와 같은 과제 및 해결 수단을 가지는 본 발명인 무선 센서 네트워크에서 다중 채널을 통한 데이터 송수신 방법에 의하면, 무선 센서 네트워크의 제한된 대역폭을 증가시키기 위하여 송수신 노드들이 다중 채널을 사용하

되, 센서 노드들은 자신만의 타임 슬롯에서 기본 채널을 통하여 데이터 메시지를 수신하고, 추가 데이터 메시지는 추가 채널로 이동하여 수신하기 때문에, 기본 채널을 통하여 데이터 송수신을 진행하는 다른 노드들의 통신을 방해하지 않도록 하는 장점이 있다.

<17> 또한, 자신의 유일한 타임 슬롯에서만 수신 대기를 하기 때문에 에너지를 효율적으로 사용할 수 있는 장점이 있다.

### 발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<18> 이하, 첨부된 도면을 참조하여 상기와 같은 과제, 수단 및 효과를 가지는 본 발명인 무선 센서 네트워크에서 다중 채널을 통한 데이터 송수신 방법에 관한 바람직한 실시예를 상세하게 설명한다.

<19> 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 무선 센서 네트워크에서 다중 채널을 통한 데이터 송수신 방법의 절차도이다. 도 1을 참조하여 무선 센서 네트워크에서 다중 채널을 통한 데이터 송수신 방법에 대한 절차를 상세하게 설명하면 다음과 같다.

<20> 먼저, 본 발명에서 적용되는 중요한 특징들과 프레임의 구조를 정의한 후에 무선 센서 네트워크에서 다중 채널을 통한 데이터 송수신 방법에 대하여 설명한다.

<21> 본 발명에서 제안하는 무선 센서 네트워크에서 다중 채널을 통한 데이터 송수신 방법은 기본적으로 TDMA를 기반으로 한다. 각 센서 노드는 데이터 수신을 위해 2-홉 거리 안에서 유일한 타임 슬롯을 소유하도록 하고, 해당 슬롯에서만 데이터 수신을 위해 라디오 송수신 장치의 전원을 켜도록 한다.

<22> 결과적으로, 여러 센서 노드들이 수신 센서 노드에 접근하기 위해서는 CSMA(carrier sense multiple access) 기법으로 접근을 해야 하지만, 각 센서 노드들이 자신의 유일한 타임 슬롯에서만 데이터를 수신받기 때문에, 서로 다른 목적지 노드를 가지는 송신 노드들 간의 경쟁이 제거된다. 따라서, 경쟁 과정에서 발생하는 에너지 소비가 현저히 감소된다.

<23> 또한 본 발명에서 사용하는 프레임 구조는 도 2에 도시된 바와 같다. 시간 축은 연속적인 프레임들로 나누어지며, 하나의 프레임은 브로드캐스트 구간과 유니캐스트 구간으로 이루어진다. 또한 각 구간에는 여러 개의 타임 슬롯이 존재한다.

<24> 상기 타임 슬롯의 길이는 하나의 메시지를 수신할 수 있는 시간으로 정의된다. 각 센서 노드들이 라디오 송수신 장치를 켜는 시간들이 분산되어 있기 때문에, 모든 노드들은 브로드캐스트 메시지의 수신을 위해 브로드캐스트 구간의 첫 타임 슬롯에서 라디오 송수신 장치를 켜 후 대기 상태를 유지하여야 한다.

<25> 본 발명은 다중의 채널을 동시에 사용하기 때문에, 송신자와 수신자는 데이터가 교환될 라디오 채널뿐만 아니라 타이밍에도 동의해야 한다. 이러한 점은 본 발명에 있어, 센서 노드들 간의 시간 동기화 기법의 제시를 요구한다. 본 발명에서 제안하는 시간 동기화 기법은 각 센서 노드에서 유지하는 시스템 타이머를 동기화 하는 것이 아니라 현재 프레임의 잔여 시간의 교환을 통해 센서 노드들을 시간 동기화시킨다. 이 기법은 각 센서 노드가 유지하는 타이머 이벤트의 만료 시간 조절을 통해 쉽게 구현될 수 있다.

<26> 이상과 같은 중요한 특징과 프레임 구조를 갖는 본 발명인 무선 센서 네트워크에서 다중 채널을 통한 데이터 송수신 방법에 관하여 설명하면 다음과 같다.

<27> 먼저, 네트워크에 참여하기 위한 센서 노드들은 전원을 켜 후에 시간 동기화를 수행해야 한다. 각 센서 노드들이 시간 동기화를 수행하기 위하여 서로 시간 동기화를 위한 정보들을 주고 받는다. 이와 같은 시간 동기화를 위한 정보는 현재 프레임의 남은 시간이고, 이 프레임의 남은 시간 정보는 후술하는 제어 메시지를 통하여 각 센서 노드들이 주고 받는다.

<28> 따라서, 네트워크에 참여하기 위한 센서 노드들은 1홉 거리 안에 있는 주변 센서 노드들로부터 제어 메시지를 수신받아 시간 동기화를 시킨다(s10). 상기 제어 메시지는 도 4에 도시된 바와 같이, 센서 노드의 주소 정보, 자신이 점유하고 있는 타임 슬롯 정보, 슬롯 할당 벡터 정보, 싱크 노드로부터 기원된 순서 정보 및 시간 동기화를 위한 프레임의 남은 시간 정보를 포함한다.

<29> 상기 제어 메시지는 프레임 중, 브로드캐스트 구간에서 전송되는 브로드캐스트 메시지이다. 따라서, 상기 제어 메시지는 유니캐스트 구간에서는 송수신되지 않고 브로드캐스트 구간에서만 송수신된다.

<30> 상기 제어 메시지를 포함하는 브로드캐스트 메시지는 브로드캐스트 구간에서만 각 센서 노드들끼리 송수신하는



데, 브로드캐스트 메시지를 송신하고자 하는 센서 노드는 백오프(back-off) 설정을 통하여 다른 센서 노드들과 경쟁을 한다.

- <31> 상기와 같이, 각 센서 노드들은 브로드캐스트 메시지인 제어 메시지에 포함되는 프레임의 남은 시간 정보를 수신받아 시간 동기화를 수행한다. 구체적으로, 상기 센서 노드들은 상기 제어 메시지에 포함되는 시간 동기화를 위한 프레임의 남은 시간 정보를 이용하여 자신들이 가지고 있는 타이머를 상기 남은 시간만큼 세팅하여 시간 동기화를 수행한다. 상기 타이머에 세팅된 프레임의 남은 시간이 종료되면, 새로운 프레임이 시작됨을 각 센서 노드들은 알 수 있고, 각 센서 노드들의 타이머에 세팅된 프레임의 남은 시간은 근사하기 때문에 시간 동기화가 이루어졌다고 볼 수 있다.
- <32> 상기와 같이 각 센서 노드들이 시간 동기화를 수행한 후에는 상기 네트워크에 참여하기 위한 센서 노드들이 상기 수신받은 제어 메시지에 포함된 정보를 이용하여 2홉 거리 안에 있는 주변 센서 노드들에 의하여 점유된 타임 슬롯들을 파악하고, 자신들의 사용 가능한 타임 슬롯을 선택하여 주변 센서 노드들에게 전송한다(s20).
- <33> 상기 센서 노드들이 수신받은 제어 메시지에는 각 센서 노드들이 유지하는 타임 슬롯 할당 벡터들이 포함되어 있다. 이 타임 슬롯 할당 벡터들을 이용하여 각 센서 노드들은 2홉 거리 안에 있는 주변 센서 노드들에 의하여 점유된 타임 슬롯들을 파악할 수 있다.
- <34> 구체적으로 설명하면, 각 센서 노드들은 사전에 세팅된 일정한 시간 동안 주변 센서 노드들로부터 슬롯 할당 벡터를 수집한다. 상기 슬롯 할당 벡터는 각 센서 노드들이 유지하는 것으로, 자신의 센서 노드들로부터 1홉 거리 안에서 사용된 타임 슬롯에 대한 정보를 저장하고 있다.
- <35> 따라서, 특정 센서 노드가 자신으로부터 1홉 거리 안에 있는 센서 노드들로부터 타임 슬롯 할당 벡터를 수신 받으면, 상기 1홉 거리 안에 있는 센서 노드들도 자신으로부터 1홉 거리 안에 있는 센서노드들에 의하여 사용되고 있는 타임 슬롯 정보를 타임 슬롯 벡터에 저장하고 있기 때문에, 결국 상기 특정 센서 노드는 자신으로부터 2홉 거리 안에 있는 센서 노드들에 의하여 점유되고 있는 타임 슬롯들을 모두 파악할 수 있다.
- <36> 상기와 같이 자신의 센서 노드로부터 2홉 거리 안에 있는 주변 센서 노드들에 의하여 점유된 타임 슬롯들을 파악하면, 이는 자신의 센서 노드에서 유지하고 있는 타임 슬롯 할당 벡터에 저장한다. 한편, 상기 센서 노드는 상기 타임 슬롯 할당 벡터를 참조하여 주변의 센서 노드들이 사용하지 않는 타임 슬롯을 알 수 있고, 결국, 자신들이 사용 가능한 타임 슬롯을 결정하여 선택할 수 있다.
- <37> 상기 슬롯 할당 벡터의 각 비트 값이 타임 슬롯의 사용 여부를 나타낸다. 예를 들면, 상기 비트 값이 "1"이면 해당 타임 슬롯이 사용되고 있는 것이고, 상기 비트 값이 "0"이면 해당 타임 슬롯이 사용되지 않은 것으로 파악할 수 있다.
- <38> 상술한 바와 같이, 상기 슬롯 할당 벡터는 각 센서 노드들이 유지하고 있고, 주변의 센서 노드들에게 전송될 때는 제어 메시지에 포함되어 전송된다. 즉, 상기 슬롯 할당 벡터는 브로드캐스트 구간에서 전송되는 브로드캐스트 메시지인 제어 메시지에 포함되어 주변의 센서 노드들에게 전송된다.
- <39> 그러면, 상기 센서 노드들은 상기 주변의 센서 노드들로부터 수신받은 제어 메시지에 포함되는 슬롯 할당 벡터들을 논리합(OR) 연산하여 자신들이 보유하는 슬롯 할당 벡터를 구성한다. 이와 같이 구성된 슬롯 할당 벡터를 참조하여 각 센서 노드들은 자신으로부터 2홉 거리 안의 센서 노드들에 의하여 점유된 모든 타임 슬롯들을 파악할 수 있고, 자신들이 사용 가능한 타임 슬롯을 선택할 수 있다.
- <40> 상술한 바와 같이, 시간 동기화 과정에서 세팅되는 프레임의 남은 시간 정보 및 주변의 센서 노드들의 슬롯 할당 벡터를 수집하여 구성된 슬롯 할당 벡터 및 자신이 점유할 수 있는 타임 슬롯 정보는 프레임의 브로드캐스트 구간에서 브로드캐스트 메시지로 주변의 센서 노드들에게 전송될 수 있다.
- <41> 상기와 같이, 자신의 슬롯 할당 벡터를 구성하고 자신이 사용 가능한 타임 슬롯을 선택한 센서 노드들은 다음 프레임의 브로드캐스트 구간이 시작될 때까지 대기 모드로 들어간다.
- <42> 상기 대기 모드에 들어간 센서 노드들은 브로드캐스트 구간의 첫 타임 슬롯이 시작되는지를 판단한다(s30). 상기 판단 결과 브로드캐스트 구간의 첫 타임 슬롯이 시작되는 것으로 판단한 경우에는 상기 센서 노드들은 깨어난다.
- <43> 상기 프레임을 구성하는 브로드캐스트 구간의 첫 타임 슬롯이 시작되어, 상기 시간 동기화된 센서 노드들이 깨어나면, 다중 채널 중, 기본 채널을 이용하여 브로드캐스트 메시지의 수신을 시도한다(s40). 본 발명에서 적용

되는 채널은 기본 채널과 추가 채널로 이루어진 다중 채널이다.

- <44> 상기와 같이 기본 채널을 통하여 브로드캐스트 메시지의 수신을 시도한 결과, 상기 브로드캐스트 구간의 첫 타임 슬롯에서 브로드캐스트 메시지의 수신을 수행하지 못한 센서 노드들은 더 이상 브로드캐스트 메시지의 수신을 대기하지 않고 유니캐스트 구간에 존재하는 자신들의 타임 슬롯이 시작될 때까지 대기 모드로 들어간다(s50, s70).
- <45> 반대로, 상기 기본 채널을 통하여 브로드캐스트 메시지의 수신을 시도한 결과, 상기 브로드캐스트 구간의 첫 타임 슬롯에서 브로드캐스트 메시지의 수신을 수행한 센서 노드들은 다음 브로드캐스트 타임 슬롯에서도 브로드캐스트 메시지의 송수신을 위해 대기한다.
- <46> 즉, 상기 브로드캐스트 메시지의 수신을 수행한 센서 노드들은 이어지는 브로드캐스트 구간의 다음 타임 슬롯에서 브로드캐스트 메시지의 수신을 수행하지 못할 때까지 계속해서 브로드캐스트 구간의 다음 타임 슬롯들에서 기본 채널을 통하여 브로드캐스트 메시지의 수신을 시도한다(s60).
- <47> 상기 브로드캐스트 구간의 다음 타임 슬롯들에서 메시지의 수신을 시도하다가, 브로드캐스트 메시지의 수신을 수행하지 못한 센서노드들은 유니캐스트 구간에 존재하는 자신의 타임 슬롯이 시작될 때까지 대기 모드로 들어간다(s70). 또한, 상기 브로드캐스트 구간의 모든 타임 슬롯들에서 브로드캐스트 메시지를 수신한 경우에는 유니캐스트 구간에 존재하는 자신의 타임 슬롯이 시작될 때까지 대기 모드로 들어간다.
- <48> 한편, 상기 브로드캐스트 구간의 타임 슬롯에서 브로드캐스트 메시지의 수신을 수행한 센서 노드들은 상기 브로드캐스트 메시지에 해당하는 제어 메시지에 포함된 프레임의 남은 시간 정보를 이용하여 자신이 보유하고 있는 프레임의 남은 시간을 보정한다.
- <49> 구체적으로, 상기 브로드캐스트 메시지의 수신을 수행한 센서 노드들은 자신들이 가지고 있는 타이머를 통하여 계산된 프레임의 남은 시간과 상기 브로드캐스트 메시지에 해당하는 제어 메시지에 포함된 현재 프레임의 남은 시간을 평균하여 얻어진 시간을 타이머에 다시 세팅하여 시간 동기화를 보정한다.
- <50> 도 3은 본 발명에서 제시하는 시간 동기화 보정 기법을 설명하기 위한 개략도이다. T1과 T2는 각각 센서 노드 1과 센서 노드 2의 현재 프레임의 남은 시간을 나타낸다. 센서 노드 2는 센서 노드 1로부터 시간 동기화 메시지를 받은 후, 평균적인 남은 시간을 계산하여 자신의 남은 시간을 그 시간으로 일치시킨다. 그 결과로 두 센서 노드의 다음 프레임 주기의 시작점들이 근접해진다.
- <51> 이와 같이 주기적으로 시간 동기화를 보정하는 이유는 센서 노드 플랫폼에 사용되는 수정 발진기가 일반적으로 값이 싸고 부정확하기 때문에, 추가적인 시간 동기화 예러 보정 작업이 필요하기 때문이다.
- <52> 상술한 단계 s70에서와 같이 유니캐스트 구간의 자신의 타임 슬롯까지 대기 모드에 있는 센서 노드들은 현재 진행되는 타임 슬롯이 자신의 타임 슬롯인지를 판단한다(s80). 판단 결과, 자신의 타임 슬롯이 아니면 자신의 현재 진행되는 타임 슬롯이 자신의 타임 슬롯일 때까지 계속 대기 모드에 있다.
- <53> 반대로, 현재 진행되는 타임 슬롯이 자신의 타임 슬롯인 경우로 판단된 경우에는, 상기 센서 노드들은 유니캐스트 구간에 존재하는 자신의 타임 슬롯에서 기본 채널을 통하여 송신 노드들이 송신한 데이터 메시지를 수신 받는다. 그리고, 추가 채널을 통하여 송신 노드들이 송신한 추가 데이터 메시지를 계속해서 수신 받는다(s90). 결과적으로 센서 노드들은 기본 채널뿐 아니라 추가 채널을 통해서도 데이터 메시지를 수신받는다. 즉, 다중 채널을 통하여 연속적인 데이터 메시지를 수신받는다.
- <54> 상기 센서 노드들이 유니캐스트 구간에 존재하는 자신의 타임 슬롯에서 기본 채널을 통하여 송신 노드들이 송신한 데이터 메시지를 수신받은 후, 추가 채널을 통하여 송신 노드들이 송신한 추가 데이터 메시지를 수신받는 과정에서 채널을 이동하여 자신의 타임 슬롯의 다음 타임 슬롯에서 데이터 메시지를 수신받아야 한다.
- <55> 구체적으로, 상기 센서 노드들이 자신의 타임 슬롯에서 기본 채널을 통하여 데이터 메시지를 수신받은 후, 다음 연속적인 데이터 메시지를 수신받기 위하여 상기 자신의 타임 슬롯의 다음 타임 슬롯에서 추가 채널로 이동한다. 그런 다음, 송신 노드들에게 자신의 타임 슬롯의 다음 타임 슬롯에서 추가 채널로 이동하여 데이터 수신을 대기하고 있음을 알리기 위하여, 상기 센서 노드들은 자신들의 주소 정보가 포함된 메시지를 송신 노드들에게 송신한다. 그러면, 상기 송신 노드들은 추가 채널을 통하여 추가 데이터 메시지를 송신하고, 상기 추가 채널을 통하여 상기 송신 노드들이 송신한 상기 추가 데이터 메시지를 센서 노드들이 수신받는다.
- <56> 상기와 같이, 유니캐스트 구간에서 송수신되는 유니캐스트 메시지의 최초 메시지의 교환은 기본 채널에서 이루어



어진다. 상기 센서 노드들은 자신이 소유한 유니캐스트 타임 슬롯에서 기본 채널로 주파수를 변경한 후 메시지 수신을 대기한다.

- <57> 해당 센서 노드에게 송신할 유니캐스트 데이터 메시지를 가지고 있는 센서 노드들은 같은 채널(기본 채널)로 주파수를 변경한 후 CSMA 기법을 통해 경쟁에 참여한다. 만약 하나의 채널만을 사용한다면, 센서 노드는 하나의 프레임 주기 안에서 하나의 유니캐스트 데이터 메시지만을 수신할 수 있다.
- <58> 이러한 제한된 센서 노드의 수신 대역폭을 증가시키기 위해 본 발명에서는 다중의 채널을 사용할 수 있는 채널 이동 기법을 제안한 것이다. 첨부된 도 5를 참조하여 구체적으로 설명하면 다음과 같다.
- <59> 도 5에서 f1은 기본 채널이고, 나머지(f2 ~ f4)는 추가 채널이다. 즉, 4개의 다중 채널이 사용가능하다고 가정한다. 만약 센서 노드가 기본 채널(f1)에서 유니캐스트 데이터 메시지를 수신한다면, 연속적인 메시지의 수신을 위해 이어지는 다음 타임 슬롯에서는 다음 채널(f2)로 주파수를 변경한다.
- <60> 해당 센서 노드로 보낼 유니캐스트 데이터 메시지를 가지고 있는 노드들 또한 같은 채널(f2)로 이동하여 다시 메시지를 송신하기 위한 경쟁에 참여한다. 이러한 방법으로 연속적인 유니캐스트 데이터 메시지들이 채널을 거슬러 올라가면서 전달될 수 있다.
- <61> 상기 방법에서 고려해야 할 하나의 중요한 사항은 첫 번째 경쟁에서 진 송신 센서 노드들에게 수신 센서 노드가 다음 타임 슬롯에서도 채널을 이동한 후 수신 대기 상태에 머물 것이라는 것을 알리는 방법이다. 본 발명에서는 수신 센서 노드가 타임 슬롯의 시작 부분에서 자신의 센서 노드의 주소가 담긴 짧은 메시지를 송신 센서노드에게 송신함으로써 자신이 연속적인 메시지 수신을 위해 대기한다는 것을 알린다.
- <62> 상기 수신 센서 노드가 복수개의 송신 센서 노드들로부터 데이터 메시지를 받는 과정에 대하여 다시 한번 정리하면 다음과 같다.
- <63> 유니캐스트 구간에서 각 노드는 자신이 보유한 유니캐스트 타임 슬롯에서만 유니캐스트 데이터 메시지를 수신할 수 있다. 수신 센서노드에게 보낼 데이터 메시지를 보유한 송신 센서노드들은 백오프(back-off) 타이머(timer)의 설정을 통해 경쟁에 참여한다. 경쟁에서 이긴 송신 센서노드는 데이터 메시지 전송을 성공한다.
- <64> 만약, 하나의 채널만을 사용한다면, 경쟁에서 진 송신 센서노드들은 다음 프레임 주기에서 다시 시도를 해야 하므로, 데이터 메시지 전송의 딜레이가 매우 커지게 된다. 따라서, 본 발명에서는 수신 센서노드와 경쟁에서 진 송신 센서노드들이 다음 타임 슬롯에서 새로운 추가 채널로 이동한다.
- <65> 이는 다른 센서 노드들이 다음 타임 슬롯의 기본 채널에서 데이터 메시지 수신을 할 수 있으므로, 이것을 방해하지 않기 위해 채널을 이동하는 것이다. 새로운 추가 채널로 이동한 송신 센서노드들은 다시 한번 경쟁을 하게 되고, 경쟁에서 진 송신 센서노드들은 다음 타임 슬롯에서 또 다시 채널을 이동하여 데이터 메시지를 전송할 수 있다.
- <66> 이하에서는 본 발명의 성능 검증을 위한 실험 결과를 설명한다.
- <67> 본 발명의 성능 검증을 위해 TmoteSky 센서 노드 플랫폼에 센서 네트워크를 위한 운영체제인 RETOS[H. Cha, S. Choi, I. Jung, H. Kim, H. Shin, J. Yoo, C. Yoon. RETOS: Resilient, Expandable, and Threaded Operating System for Wireless Sensor Networks. The Sixth International Conference on Information Processing in Sensor Networks (IPSN 2007)]를 기반으로 하여 구현을 실시하였다.
- <68> 본 발명에서와 같이, TDMA를 기반하여 무선 센서 네트워크에서 다중 채널을 통한 데이터 송수신을 구현하는데 있어서, 가장 중요한 것은 시간 동기화이기 때문에, 우선 시간 동기화 기법의 에러를 측정하였다. 측정 결과는 도 6에 나타나 있다.
- <69> 총 20개의 센서 노드를 사용하였으며, 각 노드의 1-홉 거리 안의 노드 수는 평균 4.5개이다. 각 노드는 8초에 한 번씩 시간 동기화를 위한 메시지를 송신하며, 이때의 평균적인 시간 에러는 1.65 tick이었다. 이 실험에서는 32.768 kHz의 주기를 갖는 수정 발진기를 사용하였기 때문에, 1 tick은 1/32 ms와 같다. 이러한 에러 값은 범용적으로 사용되는 센서노드 플랫폼에서 TDMA 기반의 매체 접근 제어 프로토콜을 구현하기에 충분하다.
- <70> 본 발명에서 다중의 채널을 사용하기 위하여 필요한 채널 이동 기법의 성능은 도 7에 나타나있다. 모든 노드들은 하나의 수신 노드로 1초에 한 번씩 메시지를 송신하며, 송신하는 노드들의 수는 1개에서 9개까지 변화시켰다.

<71> 비교 대상으로는 랜덤 액세스 기반의 Low Power Listening(LPL)[A. El-Hoiydi, "Aloha with Preamble Sampling for Sporadic Traffic in Ad Hoc Wireless Sensor Networks.", IEEE International Conference on Communications (ICC), 2002.]과, 본 발명과 비슷한 프레임 구조를 가지고 있지만 하나의 채널을 사용하는 매체 접근 프로토콜인 Crankshaft[G. Halkes and K. Langendoen. Crankshaft: An Energy-Efficient MAC-Protocol For Dense Wireless Sensor Networks. EWSN07, 2007.]를 선정하였다.

<72> 도 7에서 볼 수 있듯이, 수신자의 제한된 수신 대역폭으로 인해 Crankshaft의 전송 성공률은 송신 노드의 수가 3개를 초과하면 급격히 낮아진다. LPL 또한 수신자를 깨우기 위한 긴 프리앰블의 사용으로 인해 높은 전송 성공률 달성에 실패하고 있다.

<73> 반면, 본 발명은 송신 노드들의 수가 증가하더라도 전송 성공률에 큰 변화가 없다. 이는 경쟁에서 진 노드들이 채널을 이동하여 다음 타임 슬롯에서 재전송을 시도할 수 있음에 기인한다.

### 도면의 간단한 설명

<74> 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 무선 센서 네트워크에서 다중 채널을 통한 데이터 송수신 방법에 관한 절차도이다.

<75> 도 2는 본 발명에 적용되는 프레임의 구조이다.

<76> 도 3은 본 발명의 실시예에 따라 시간 동기화의 보정을 설명하기 위한 개략도이다.

<77> 도 4는 본 발명에 적용되는 제어 메시지의 구조이다.

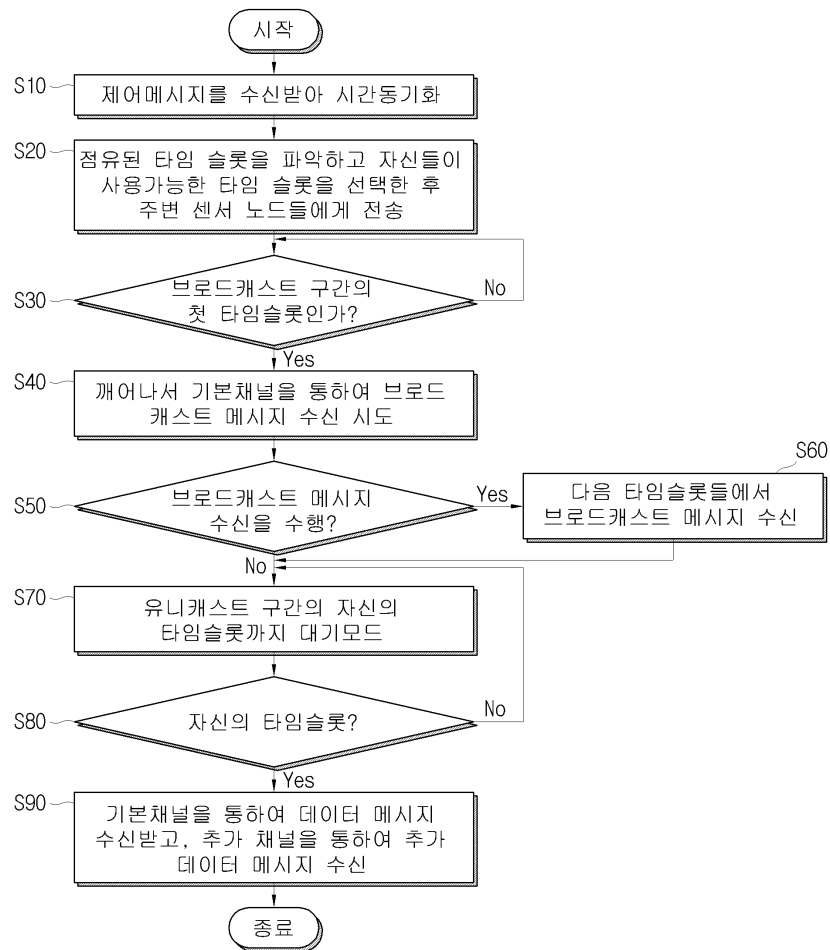
<78> 도 5는 본 발명의 실시예에 따라 다중 채널 사용을 위한 채널 이동 방법을 설명하기 위한 개략도이다.

<79> 도 6은 본 발명의 실시예에 따라 시간 동기화를 적용한 결과표이다.

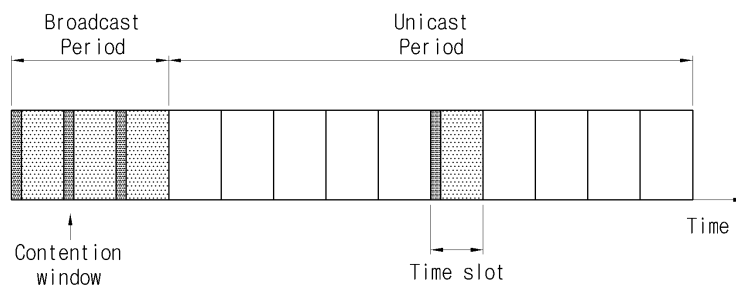
<80> 도 7은 본 발명의 실시예에 따라 다중 채널 사용을 위한 채널 이동 기법의 성능을 보여주는 그래프이다.

도면

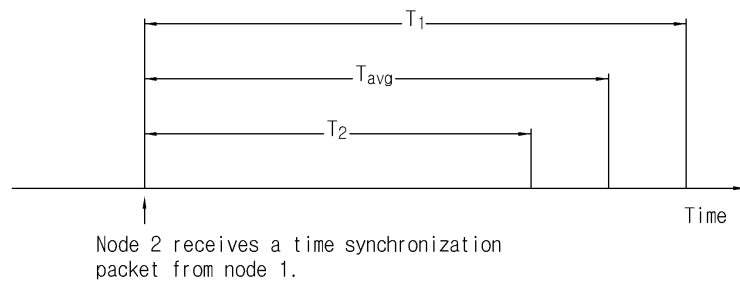
도면1



도면2



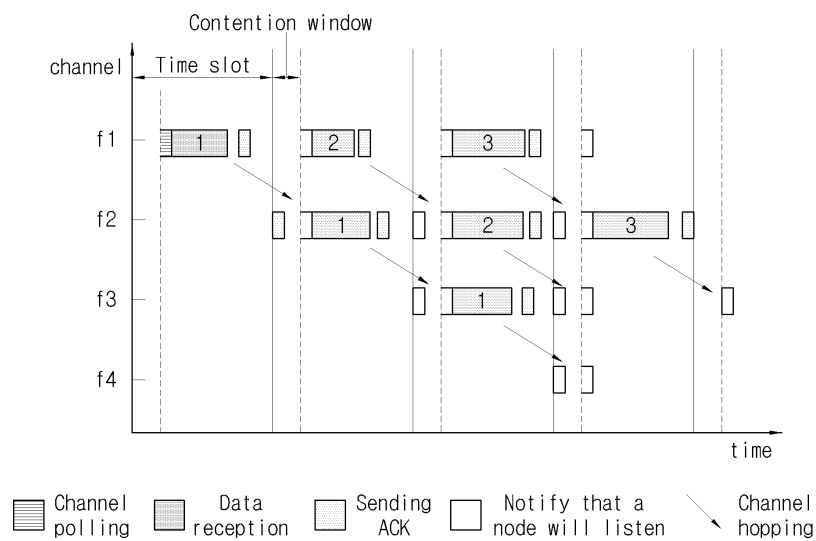
도면3



도면4

2bytes	1byte	2bytes	1byte	2bytes
센서노드의 주소	점유하고있는 타임슬롯	슬롯할당벡터	기원순서	프레임 남은시간

도면5



도면6

Number of nodes	20
Avg. number of neighbors	4.5
Spacing between nodes	2m
Time synchronization message interval	8 sec.
Avg. error with neighbors	1.65 ticks

도면7

