



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0051540
(43) 공개일자 2022년04월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 40/06 (2009.01) H04L 45/00 (2022.01)
H04L 9/40 (2022.01) H04W 52/02 (2009.01)
H04W 84/18 (2009.01)
(52) CPC특허분류
H04W 40/06 (2013.01)
H04L 45/127 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0135066
(22) 출원일자 2020년10월19일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
서강대학교산학협력단
서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
(72) 발명자
소정민
서울특별시 마포구 구룡길 19 상암한화오벨리스크
A동 401호
조현상
경기도 구리시 건원대로34번길 77 인창6단지주공
아파트 604동 1102호
(74) 대리인
이지연

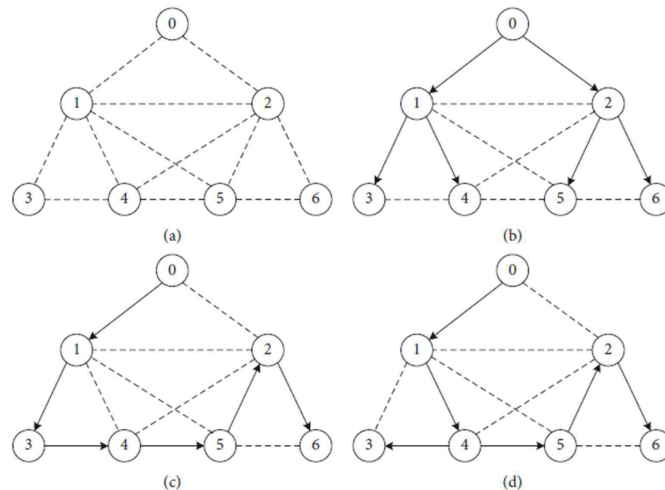
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 기회적 데이터 전송 방법 및 상기 방법을 이용한 무선 센서 네트워크

(57) 요약

본 발명은 기회적 데이터 전송 방법 및 이를 이용한 무선 센서 네트워크에 관한 것이다. 상기 기회적 데이터 전송 방법은, 복수 개의 센서 노드들로 이루어진 무선 센서 네트워크에서의 각 노드에서의 데이터 전송 방법으로서, 전송할 데이터 패킷에 대하여 이웃 노드들의 패킷 수신 상태 정보를 저장 및 관리하는 단계; 상기 패킷 수신 상태 정보를 이용하여 상기 데이터 패킷을 수신하지 않은 이웃 노드들을 확인하고, 상기 데이터 패킷을 수신하지 않은 이웃 노드들 중 가장 먼저 깨어나 데이터 패킷을 수신할 수 있는 이웃 노드를 선택하고, 상기 데이터 패킷을 상기 선택된 이웃 노드에게 전송하는 단계; 상기 데이터 패킷을 전송한 이웃 노드로부터 ACK 메시지를 수신하면 슬립(Sleep) 모드로 되돌아가는 단계;를 포함하고, 상기 데이터 패킷의 헤더(header)는 해당 데이터 패킷을 수신한 이웃 노드들에 대한 정보인 패킷 수신 상태 정보를 비트맵(bitmap) 형태로 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H04L 69/22 (2013.01)

H04W 52/0225 (2013.01)

H04W 84/18 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711102914
과제번호	2015-0-00910-006
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	SW중심대학지원사업
연구과제명	SW중심대학(서강대)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	서강대학교산학협력단
연구기간	2020.01.01 ~ 2021.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

복수 개의 센서 노드들로 이루어진 무선 센서 네트워크에서의 각 노드의 기회적 데이터 전송 방법에 있어서,

- (a) 전송할 데이터 패킷에 대하여 이웃 노드들의 패킷 수신 상태 정보를 저장 및 관리하는 단계;
- (b) 상기 패킷 수신 상태 정보를 이용하여 상기 데이터 패킷을 수신하지 않은 이웃 노드들을 확인하고, 상기 데이터 패킷을 수신하지 않은 이웃 노드들 중 가장 먼저 깨어나 데이터 패킷을 수신할 수 있는 이웃 노드를 선택하고, 상기 데이터 패킷을 상기 선택된 이웃 노드에게 전송하는 단계; 및
- (c) 상기 데이터 패킷을 전송한 이웃 노드로부터 ACK 메시지를 수신하면 슬립(Sleep) 모드로 되돌아가는 단계;

를 포함하고, 상기 데이터 패킷의 헤더(header)는 해당 데이터 패킷을 수신한 이웃 노드들에 대한 정보인 패킷 수신 상태 정보를 비트맵(bitmap) 형태로 포함한 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서의 기회적 데이터 전송 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 각 노드는 2-홉(hop) 이웃 노드에 대한 정보를 포함하는 이웃 노드 테이블을 구비하고,

상기 (b) 단계는, 데이터 패킷을 수신하지 못한 이웃 노드들을 서로 연결시키는 서브그래프(sub-graph)를 형성하고, 상기 서브그래프를 이용하여 하나의 이웃 노드에게 데이터 패킷을 전송할지 복수 개의 이웃 노드에게 데이터 패킷을 전송할지를 결정하고, 상기 결정에 따라 데이터 패킷을 송신할 이웃 노드를 선택하고, 상기 선택된 이웃 노드에게 데이터 패킷을 송신하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서의 기회적 데이터 전송 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 기회적 데이터 전송 방법은,

- (d) 이웃 노드로부터 새로운 데이터 패킷을 수신하면, 상기 데이터 패킷에 포함된 패킷 수신 상태 정보를 갱신하여 저장하고, 상기 갱신된 패킷 수신 상태 정보를 포함한 ACK 메시지를 생성하여 송신 노드(sender)에게 전송하는 단계;
- (e) 이미 수신된 데이터 패킷을 이웃 노드로부터 중복 수신하면, 자신의 패킷 수신 상태 정보와 상기 중복 수신된 데이터 패킷의 패킷 수신 상태 정보를 비교하고, 비교 결과에 따라 송신 노드(Sender)로 ACK 메시지를 전송할지 여부를 결정하는 단계;

를 구비하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서의 기회적 데이터 전송 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 (e) 단계에서, 상기 비교 결과에 따라,

만약 중복 수신된 데이터 패킷의 패킷 수신 상태 정보가 자신의 패킷 수신 상태 정보를 모두 포함하고 있는 경우, 상기 중복 수신된 데이터 패킷을 무시하고 송신 노드에게 ACK 메시지를 전송하지 않으며,

만약 중복 수신된 데이터 패킷의 패킷 수신 상태 정보가 자신의 패킷 수신 상태 정보를 포함하고 있지 않는 경우, 자신의 패킷 수신 상태 정보를 갱신하고, 상기 갱신된 패킷 수신 상태 정보를 포함하는 ACK 메시지를 생성하고, 생성된 ACK 메시지를 송신 노드에게 전송하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서의 기회적 데이터 전송 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 데이터 패킷은 헤더에 수신 확률(Reception Probabiliy)을 포함하고,

각 노드는 이웃 노드로부터 데이터 패킷이 수신되면 상기 수신 확률에 따라 데이터 패킷의 수신 여부를 결정하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서의 기회적 데이터 전송 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 무선 센서 네트워크는,

네트워크를 구성하는 모든 노드에게 고유 식별자를 부여하거나,

네트워크를 구성하는 노드들을 복수 개의 그룹으로 분류하고, 각 노드에 대하여 그룹 식별자와 그룹 내 고유 식별자를 부여하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서의 기회적 데이터 전송 방법.

청구항 7

복수 개의 센서 노드들로 이루어진 무선 센서 네트워크에 있어서,

각 노드에는 고유 식별자가 할당되고 각 노드는 이웃 노드에 대한 정보를 포함하는 이웃 노드 테이블(neighbor table)을 구비하고, 데이터 패킷에 대한 노드들의 패킷 수신 상태 정보를 저장 및 관리하는 것을 특징으로 하며,

각 노드는 데이터 패킷을 수신하지 않은 이웃 노드들 중 깨어 있는 이웃 노드를 선택하고, 선택된 이웃 노드에게 데이터 패킷을 전송하고, 데이터 패킷을 수신한 이웃 노드로부터 ACK 메시지를 수신하면 슬립(Sleep) 모드로 되돌아가는 것을 특징으로 하며,

데이터 패킷은 헤더(header)에 해당 데이터 패킷을 수신한 노드들에 대한 정보인 패킷 수신 상태 정보를 비트맵(bitmap) 형태로 포함한 것을 특징으로 하는 기회적 데이터 전송을 수행하는 무선 센서 네트워크.

청구항 8

제7항에 있어서, 각 노드는 2-홉(hop) 이웃 노드에 대한 정보를 포함하는 이웃 노드 테이블을 구비하고,

상기 노드는, 데이터 패킷의 기회적 전송을 위하여, 데이터 패킷을 수신하지 못한 이웃 노드들을 서로 연결시키는 서브그래프(sub-graph)를 형성하고, 상기 서브그래프를 이용하여 하나의 이웃 노드에게 데이터 패킷을 전송할지 복수 개의 이웃 노드에게 데이터 패킷을 전송할지를 결정하고, 상기 결정에 따라 데이터 패킷을 송신할 이웃 노드를 선택하고, 상기 선택된 이웃 노드에게 데이터 패킷을 송신하고, 데이터 패킷을 수신한 이웃 노드로부터 ACK 메시지를 수신하면 슬립(Sleep) 모드로 되돌아가는 것을 특징으로 하는 기회적 데이터 전송을 수행하는 무선 센서 네트워크.

청구항 9

제7항에 있어서, 각 노드는,

이웃 노드로부터 새로운 데이터 패킷을 수신하면, 상기 데이터 패킷에 포함된 패킷 수신 상태 정보를 갱신하여 저장하고, 상기 갱신된 패킷 수신 상태 정보를 포함한 ACK 메시지를 생성하여 송신 노드(sender)에게 전송하는 것을 특징으로 하며,

이미 수신된 데이터 패킷을 이웃 노드로부터 중복 수신하면, 자신의 패킷 수신 상태 정보와 상기 중복 수신된 데이터 패킷의 패킷 수신 상태 정보를 비교하고, 비교 결과에 따라 송신 노드(Sender)로 ACK 메시지를 전송할지 여부를 결정하는 것을 특징으로 하는 기회적 데이터 전송을 수행하는 무선 센서 네트워크.

청구항 10

제9항에 있어서, 데이터 패킷은 헤더에 수신 확률(Reception Probability)을 포함하고,

각 노드는 이웃 노드로부터 데이터 패킷이 수신되면 상기 수신 확률에 따라 데이터 패킷의 수신 여부를 결정하는 것을 특징으로 하는 기회적 데이터 전송을 수행하는 무선 센서 네트워크.

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 무선 센서 네트워크에서의 데이터 전송 방법에 관한 것으로서, 더욱 구체적으로는 비동기식 듀티 사이클링 무선 센서 네트워크(Asynchronous duty-cycling wireless sensor network)에서, 기회적 포워딩(apportunistic forwarding)을 통해 각 노드가 패킷을 이웃 노드에게 전송하도록 함으로써, 매번 서로 다른 경로를 통해 데이터 전송이 이루어지게 되어 에너지 소모가 노드들 간의 균형이 이루어지게 될 뿐만 아니라 저전력의 데이터 전송을 할 수 있도록 하는 것을 특징으로 하는 기회적 데이터 전송 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로, 비동기식 듀티 사이클링 무선 센서 네트워크(Asynchronous duty-cycling wireless sensor network)에서는 각 노드가 독립적으로 자신의 wake-up time을 선택하게 된다. 이러한 환경에서, 데이터 전파(Data Dissemination)는 데이터 패킷을 브로드캐스팅하여 깨어 있는 이웃노드뿐만 아니라 모든 이웃 노드에게 전송하여야 하므로, 에너지를 많이 소모하게 된다. 또한, 노드는 모든 이웃 노드에게 전체 wake-up interval동안 계속하여 패킷을 전송함으로써 패킷을 이웃노드들에게 전송할 수 있기 때문에 많은 에너지 소모와 많은 전파 지연이 발생하게 된다.

[0003] 일반적으로 무선 센서 네트워크를 구성하는 노드들은 용량과 크기가 작은 센서 노드들로서 에너지를 저장하는 배터리의 용량에도 한계가 있기 때문에, 무선 센서 네트워크는 저전력으로 구동될 수 있도록 구성되는 것이 바람직하다. 이러한 목적을 달성하기 위하여, 무선 센서 네트워크의 노드들은 비동기식 듀티 사이클링 방식으로 구동되어 슬립 모드(Sleep Mode)와 활성 모드(Active Mode)를 주기적으로 번갈아가며 실행되며, 자신이 선택하는 시간에 깨어나서 활성 모드로 동작하여 데이터를 송수신하며, 활성 모드가 종료되면 슬립 모드로 변환된다.

[0004] 전술한 무선 센서 네트워크에 있어서, 데이터를 전송하는 프로토콜은 대략 아래와 같다. 데이터 전송 프로토콜 중 하나는 플러딩(Flooding) 기반의 데이터 전송 방법이다. 플러딩 기반의 프로토콜은, 소스 노드가 모든 이웃 노드들에게 패킷을 브로드캐스팅하며, 패킷을 수신한 노드는 다시 자신의 모든 이웃 노드들에게 해당 패킷을 브로드캐스팅하게 된다. 이 경우, 패킷이 중복 송신되는 것을 피하기 위하여, 브로드캐스팅 패킷은 헤더에 시퀀스 번호(Sequence number)를 저장한다. 이러한 플러딩 기반의 전송 방식은 신뢰성은 우수하나, 패킷이 플러딩되면 중복 전송이 많이 발생하게 되고 에너지가 많이 소모되는 문제가 있다.

[0005] 다른 데이터 전송 프로토콜 중 하나는 트리 기반의 데이터 전송 방법이다. 트리 기반의 데이터 전송 방법은 네트워크에서의 전파 트리를 구성하고, 패킷을 트리를 따라 전송하게 된다. 전파 트리는 집합 트리(collection tree)의 역구조일 수 있다. 이러한 트리 기반의 전송 방식은 부모노드가 자식 노드에게 패킷을 unicast하는 방식이다. 이러한 방식에서 100%의 신뢰성을 확보하기 위하여, 각 노드는 자신의 모든 자식 노드가 패킷을 수신하였는지 여부를 확인하여야 한다. 이러한 트리 기반의 데이터 전송 방식은 데이터 전송 경로의 변경이 어려우며, 노드 수가 증가하면 전파율(Dissemination ratio)은 우수하나 에너지 소모가 증가하게 되는 문제가 발생한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제 10-1297729호
(특허문헌 0002) 한국등록특허공보 제 10-1765416호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 전술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 목적은 기회적 포워딩을 사용하여 각 노드가 먼저 깨어나 패킷을 수신하는 이웃 노드에게 패킷을 전송하도록 하고 패킷 헤더에 모든 노드의 패킷 수신 상태 정보와 패킷 수신 확률 정보를 포함하고, 이를 이용하여 데이터 패킷을 송신하도록 함으로써, 신뢰성을 가지면서도 저전력으로 데이터 패킷을 전송할 수 있도록 하는 기회적 데이터 전송 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0008] 기술한 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 제1 특징에 따른 기회적 데이터 전송 방법은, 복수 개의 센서 노드들로 이루어진 무선 센서 네트워크에서의 각 노드의 기회적 데이터 전송 방법에 관한 것으로서, (a) 전송할 데이터 패킷에 대하여 이웃 노드들의 패킷 수신 상태 정보를 저장 및 관리하는 단계; (b) 상기 패킷 수신 상태 정보를 이용하여 상기 데이터 패킷을 수신하지 않은 이웃 노드들을 확인하고, 상기 데이터 패킷을 수신하지 않은 이웃 노드들 중 가장 먼저 깨어나 데이터 패킷을 수신할 수 있는 이웃 노드를 선택하고, 상기 데이터 패킷을 상기 선택된 이웃 노드에게 전송하는 단계; (c) 상기 데이터 패킷을 전송한 이웃 노드로부터 ACK 메시지를 수신하면 슬립(Sleep) 모드로 되돌아가는 단계;를 포함하고, 상기 데이터 패킷의 헤더(header)는 해당 데이터 패킷을 수신한 이웃 노드들에 대한 정보인 패킷 수신 상태 정보를 비트맵(bitmap) 형태로 포함한다.
- [0009] 기술한 제1 특징에 따른 무선 센서 네트워크에서의 기회적 데이터 전송 방법에 있어서, 각 노드는 2-홉(hop) 이웃 노드에 대한 정보를 포함하는 이웃 노드 테이블을 구비하고, 상기 (b) 단계는, 데이터 패킷을 수신하지 못한 이웃 노드들을 서로 연결시키는 서브그래프(sub-graph)를 형성하고, 상기 서브그래프를 이용하여 하나의 이웃 노드에게 데이터 패킷을 전송할지 복수 개의 이웃 노드에게 데이터 패킷을 전송할지를 결정하고, 상기 결정에 따라 데이터 패킷을 송신할 이웃 노드를 선택하고, 상기 선택된 이웃 노드에게 데이터 패킷을 송신하는 것이 바람직하다.
- [0010] 기술한 제1 특징에 따른 무선 센서 네트워크에서의 기회적 데이터 전송 방법은, (d) 노드가 데이터 패킷을 수신하는 단계를 더 구비하고, 상기 (d) 단계는, (d1) 이웃 노드로부터 새로운 데이터 패킷을 수신하면, 상기 데이터 패킷에 포함된 패킷 수신 상태 정보를 갱신하여 저장하고, 상기 갱신된 패킷 수신 상태 정보를 포함한 ACK 메시지를 생성하여 송신 노드(sender)에게 전송하는 단계; 및 (d2) 이웃 노드로부터 이미 수신된 데이터 패킷을 중복 수신하면, 자신의 패킷 수신 상태 정보와 상기 중복 수신된 데이터 패킷의 패킷 수신 상태 정보를 비교하고, 비교 결과에 따라 송신 노드(Sender)로 ACK 메시지를 전송할지 여부를 결정하는 단계;를 구비한다.
- [0011] 기술한 제1 특징에 따른 무선 센서 네트워크에서의 기회적 데이터 전송 방법에 있어서, 상기 (d2) 단계에서, 상기 비교 결과에 따라, 만약 중복 수신된 데이터 패킷의 패킷 수신 상태 정보가 자신의 패킷 수신 상태 정보를 모두 포함하고 있는 경우, 상기 중복 수신된 데이터 패킷을 무시하고 송신 노드에게 ACK 메시지를 전송하지 않으며, 만약 중복 수신된 데이터 패킷의 패킷 수신 상태 정보가 자신의 패킷 수신 상태 정보를 포함하고 있지 않는 경우, 자신의 패킷 수신 상태 정보를 갱신하고, 상기 갱신된 패킷 수신 상태 정보를 포함하는 ACK 메시지를 생성하고, 생성된 ACK 메시지를 송신 노드에게 전송하는 것이 바람직하다.
- [0012] 기술한 제1 특징에 따른 무선 센서 네트워크에서의 기회적 데이터 전송 방법에 있어서, 데이터 패킷은 헤더에 수신 확률(Reception Probabiliy)을 포함하고, 각 노드는 이웃 노드로부터 데이터 패킷이 수신되면 상기 수신 확률에 따라 데이터 패킷의 수신 여부를 결정하는 것이 바람직하다.
- [0013] 기술한 제1 특징에 따른 무선 센서 네트워크에서의 기회적 데이터 전송 방법에 있어서, 상기 무선 센서 네트워크는, 네트워크를 구성하는 모든 노드에게 고유 식별자를 부여하거나, 네트워크를 구성하는 노드들을 복수 개의 그룹으로 분류하고, 각 노드에 대하여 그룹 식별자와 그룹 내 고유 식별자를 부여하는 것이 바람직하다.
- [0014] 본 발명의 제2 특징에 따른 무선 센서 네트워크는, 복수 개의 센서 노드들로 이루어진 무선 센서 네트워크에 있어서, 각 노드에는 고유 식별자가 할당되고 각 노드는 이웃 노드에 대한 정보를 포함하는 이웃 노드 테이블(neighbor table)을 구비하고, 데이터 패킷에 대한 노드들의 패킷 수신 상태 정보를 저장 및 관리하는 것을 특징으로 하며, 각 노드는 데이터 패킷을 수신하지 않은 이웃 노드들 중 깨어 있는 이웃 노드를 선택하고, 선택된 이웃 노드에게 데이터 패킷을 전송하고, 데이터 패킷을 수신한 이웃 노드로부터 ACK 메시지를 수신하면 슬립(Sleep) 모드로 되돌아가는 것을 특징으로 하며, 데이터 패킷은 헤더(header)에 해당 데이터 패킷을 수신한 노드들에 대한 정보인 패킷 수신 상태 정보를 비트맵(bitmap) 형태로 포함한다.
- [0015] 기술한 제2 특징에 따른 무선 센서 네트워크에 있어서, 각 노드는 2-홉(hop) 이웃 노드에 대한 정보를 포함하는 이웃 노드 테이블을 구비하고, 상기 노드는, 데이터 패킷의 기회적 전송을 위하여, 데이터 패킷을 수신하지 못한 이웃 노드들을 서로 연결시키는 서브그래프(sub-graph)를 형성하고, 상기 서브그래프를 이용하여 하나의 이웃 노드에게 데이터 패킷을 전송할지 복수 개의 이웃 노드에게 데이터 패킷을 전송할지를 결정하고, 상기 결정에 따라 데이터 패킷을 송신할 이웃 노드를 선택하고, 상기 선택된 이웃 노드에게 데이터 패킷을 송신하고, 데이터 패킷을 수신한 이웃 노드로부터 ACK 메시지를 수신하면 슬립(Sleep) 모드로 되돌아가는 것이 바람직하다.
- [0016] 기술한 제2 특징에 따른 무선 센서 네트워크에 있어서, 각 노드는, 이웃 노드로부터 새로운 데이터 패킷을 수신하면, 상기 데이터 패킷에 포함된 패킷 수신 상태 정보를 갱신하여 저장하고, 상기 갱신된 패킷 수신 상태 정보

를 포함한 ACK 메시지를 생성하여 송신 노드(sender)에게 전송하는 것을 특징으로 하며, 이미 수신된 데이터 패킷을 이웃 노드로부터 중복 수신하면, 자신의 패킷 수신 상태 정보와 상기 중복 수신된 데이터 패킷의 패킷 수신 상태 정보를 비교하고, 비교 결과에 따라 송신 노드(Sender)로 ACK 메시지를 전송할지 여부를 결정하는 것이 바람직하다.

[0017] 전술한 제2 특징에 따른 무선 센서 네트워크에 있어서, 데이터 패킷은 헤더에 수신 확률(Reception Probability)을 포함하고, 각 노드는 이웃 노드로부터 데이터 패킷이 수신되면 상기 수신 확률에 따라 데이터 패킷의 수신 여부를 결정하는 것이 바람직하다.

발명의 효과

[0018] 전술한 본 발명에 따른 기회적 데이터 전송 방법은 임의의 노드로 패킷을 전송함에 있어 매번 서로 다른 경로를 통해 전송하게 되며, 이로 인하여 별도의 측정이 없더라도 각 노드의 에너지 소모는 자연적으로 균형을 맞출 수 있게 된다.

[0019] 전과 시작시에는 패킷을 수신하는 이웃 노드들이 많이 있기 때문에, 송신 노드가 매우 짧은 시간동안 전송하여야 한다. 하지만, 패킷을 수신한 노드가 증가할수록, 송신 노드의 전송 간격(transmit duration)은 더 길어지게 되고, 그 결과 더 많은 에너지를 소비하게 된다.

[0020] 또한, 본 발명에 따른 기회적 데이터 전송 방법은 다양한 네트워크 환경에 있어서, 다른 데이터 전송 방법들에 비하여, network lifetime이 더 길어지고 전과 지연이 짧아지게 된다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 기회적 데이터 전송 방법을 설명하기 위하여 예시적으로 도시한 시나리오로서, (a)는 네트워크 토폴로지로서 점선은 각 노드에 대한 이웃 관계를 나타내며, (b)는 기존의 방식인 트리 기반의 전과 규약에 따른 경로이며, (c) 및 (d)는 본 발명에 따른 기회적 데이터 전송 방법에 따른 경로들이다.

도 2는 패킷 헤더들을 예시적으로 도시한 것으로서, 도 2(a)는 IEEE 802.15.4의 패킷 헤더를 도시한 것이며, 도 2(b)는 본 발명에 따른 기회적 데이터 전송 방법에서 규정된 패킷 헤더이다.

도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 기회적 데이터 전송 방법의 동작을 설명하기 위한 것으로서, (a)는 전송 플로우를 도시한 것이며 (b)는 노드 0로부터 전송된 패킷을 수신한 이후의 노드 1의 이웃 노드 테이블(Neighbor table)을 도시한 도표이다.

도 4는 도 1(d)에 도시된 시나리오에 대응되는 전송 플로우 및 노드 4의 이웃 노드 테이블을 도시한 것이다.

도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 기회적 데이터 전송 방법에 있어서, 임의의 노드가 동일한 패킷을 중복 수신하는 시나리오를 도시한 것이다.

도 6은 노드 S가 이웃 노드들에게 패킷을 송신하는 시나리오 예를 도시한 것이다.

도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 기회적 데이터 전송 방법에 대한 성능을 평가하기 위하여, 100개의 센서 노드들로 이루어진 시뮬레이션 환경을 예시적으로 도시한 것이다.

도 8은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 기회적 데이터 전송 방법에 대한 성능을 평가하기 위하여, 노드의 개수의 변화에 따른 결과를 도시한 그래프이다.

도 9는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 기회적 데이터 전송 방법에 대한 성능을 평가하기 위하여, 영역의 면적의 변화에 따른 결과를 도시한 그래프이다.

도 10은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 기회적 데이터 전송 방법에 대한 성능을 평가하기 위하여, Link loss ratio의 변화에 따른 결과를 도시한 그래프이다.

도 11은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 기회적 데이터 전송 방법에 대한 성능을 평가하기 위하여, wake-up interval의 변화에 따른 결과를 도시한 그래프이다.

도 12는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 기회적 데이터 전송 방법에 대한 성능을 평가하기 위하여, 전송자(Forwarder)의 예상 개수의 변화에 따른 결과를 도시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 무선 센서 네트워크에서의 기회적 데이터 전송 방법 및 이를 이용한 무선 센서 네트워크의 구조 및 동작에 대하여 구체적으로 설명한다.
- [0023] 본 발명에 따른 기회적 데이터 전송 방법은, 각 노드가 데이터 패킷을 이웃 노드들 중 하나로 데이터 패킷을 기회적 전송(opportunisticly forwarding)하는 것을 특징으로 한다.
- [0024] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 기회적 데이터 전송 방법을 설명하기 위하여 예시적으로 도시한 시나리오로서, (a)는 네트워크 토폴로지로서 점선은 각 노드에 대한 이웃 관계를 나타내며, (b)는 기존의 방식인 트리 기반의 전파 규약에 따른 경로이며, (c) 및 (d)는 본 발명에 따른 기회적 데이터 전송 방법에 따른 경로들이다.
- [0025] 도 1(b)는 기존의 방식인 트리 기반의 전파 규약에 따른 전송 경로를 나타내는 것으로서, 트리를 따라 패킷을 전송한다. 여기서, 노드 1과 노드 2는 패킷을 자식 노드(child node)들로 전송하게 되며 이로 인해 에너지 소모가 증대된다.
- [0026] 하지만, 본 발명에 따른 기회적 데이터 전송 방법에서는, 각 노드는 이웃 노드들 중 먼저 깨어난 노드에게 패킷을 전송하게 된다. 도 1의 (c)는 노드 3이 노드 4 및 5보다 먼저 깨어나서 노드 1로부터 데이터 패킷을 수신하게 되는 시나리오로서, 도 1(c)를 참조하면, 노드 0는 데이터 전송을 시작한 후 노드 1이 먼저 깨어나 패킷을 수신하는 활성 상태이므로 노드 1에게 패킷을 전송한다. 데이터를 수신한 노드 1은 노드 0에게 확인 메시지(ACK)를 전송하고, 노드 0는 노드 1로부터 ACK 메시지를 수신하면 슬립(Sleep) 상태로 되돌아 간다. 노드 1은 노드 4와 5보다 먼저 깨어 있는 노드 3에게 패킷을 기회적(opportunisticly) 전송(forward)한다. 다음, 노드 3은 노드 4에게 패킷을 전송한다. 노드 1은 노드 4보다 먼저 깨어 있더라도, 노드 1은 이미 패킷을 수신하였기 때문에 패킷을 무시하고 노드 3에게 ACK 메시지를 보내지 않는다. 유사하게, 노드 4는 패킷을 노드 5에게 전송하고, 노드 5는 노드 2에게 패킷을 전송하고, 노드 2는 패킷을 노드 6에게 전송한다.
- [0027] 한편, 도 1의 (d)는 노드 4가 노드 3 및 5보다 먼저 깨어나서 노드 1로부터 데이터 패킷을 수신하게 되는 시나리오로서, 도 1(d)를 참조하면, 노드 1이 패킷 전송을 시작할 때, 노드 4가 노드 3 및 노드 5보다 먼저 깨어 있어 패킷을 수신한다. 이 경우, 만약 노드 4가 기회적으로 패킷을 노드 5에게 전송하고 슬립 상태가 된다면, 노드 3은 패킷을 수신할 수 없게 된다. 따라서, 어떤 노드가 패킷을 수신할 수 없게 되는 것을 방지하기 위하여, 노드 4는 패킷을 노드 3과 노드 5에게 모두 전송해야 된다.
- [0028] 기회적 데이터 전송 방법은 전송 패킷을 소스 노드로부터 수신할 때 마다 서로 다른 경로를 통해 모든 노드들에게 도달하게 되는 장점을 가지게 된다. 이로 인해, 노드들의 residual energy의 측정 없이도, 노드들 간의 에너지 소모에 대하여 균형을 유지할 수 있게 된다. 또한, 전송한 기회적 데이터 전송 방법은 링크 상태(link condition)이 불안정할(unstable) 때 유익하다. 도 7에서 노드 0와 노드 1의 사이의 링크가 불안정하여 노드 1이 노드 0로부터 간헐적으로 패킷을 수신할 수 없다고 가정한다. 이 경우, 종래의 기술에 따른 트리 기반의 포워딩에서는, 노드 0가 패킷을 노드 1에게 전송해야만 하므로 노드 0는 노드 1에게 패킷을 전송하기 위하여 수회 반복하여 시도해야 하므로 에너지 소모가 많이 발생된다. 하지만, 본 발명에 따른 기회적 데이터 전송 방법에서는, 노드 0가 노드 2에게 패킷을 전송할 수 있고 다른 노드들이 패킷을 노드 1에게 전송할 수 있다. 먼저 ACK 메시지를 회신하는 누구든지 전송 노드가 되므로, 노드 0는 다른 경로의 선택없이 노드 2에게 패킷을 전송한다.
- [0029] 본 발명에 따른 기회적 데이터 전송 방법의 기본 아이디어는 매우 단순하나, 신뢰성과 에너지 효율성을 얻기 위하여 두 가지의 조건을 시행한다. 먼저, 도 1(d)에 도시된 바와 같이, 노드가 하나의 이웃 노드에게만 패킷을 전송하면 충분할지, 또는 노드가 복수 개의 이웃 노드에게 패킷을 전송해야 할지 여부를 결정해야만 한다. 좀더 구체적으로 살펴보면, 노드가 제거되면 그래프가 끊기게 되는 articulation point인 경우, 해당 노드는 서브 그래프의 각각의 노드들로 패킷을 전송하여야 한다. 다음, 중복된 전송이 발생하게 된다. 예를 들면, 노드 0가 패킷을 전송할 때, 노드 1과 노드 2가 동시에 깨어 패킷을 수신하게 된다. 만약 중복된 패킷들이 생성된다면, 해당 프로토콜은 불필요한 패킷들을 전송하여 에너지를 소비하는 것을 최소화시킬 수 있어야 한다. 이를 위하여, 노드들은 패킷을 수신한 노드들의 트랙(track)을 알아야만 한다. 이하, 전송한 두 가지 조건을 실행하기 위하여 필요한 본 발명에 따른 기회적 데이터 전송 방법의 세부 사항들을 설명한다.
- [0030] 먼저, 본 발명에 따른 기회적 데이터 전송 방법에 있어서, 각 노드는 유일한 식별자(a unique identifier)를 할당받는다. 예를 들면, 네트워크에 128 노드들이 있다면, 그들은 0~127의 ID들을 할당받게 된다. 패킷이 전송될 때, 해당 패킷에 대한 각 노드의 수신 상태 정보가 패킷 헤더에 비트맵(bitmap) 형태로 포함된다. 예를 들면,

128 노드들이 있을 때, 패킷에 대한 각 노드의 수신 상태 정보를 나타내기 위하여 128 비트가 필요하게 된다. 네트워크의 각 노드에 대하여 헤더 스페이스의 1 비트가 필요하므로, 네트워크의 규모가 큰 경우에는 헤더 사이즈가 과다하게 커지게 된다. 이 경우, 네트워크를 복수 개의 그룹으로 분할시키고, 분할된 각 그룹에 대하여 그룹 ID를 할당하고, 해당 그룹에 포함된 노드들에 대해 ID를 할당한다. 만약, 다중 그룹들이 있다면, 패킷은 먼저 그룹 리더들에게 전송된 후, 그룹 리더들로부터 해당 그룹내에서 기회적 데이터 전송 방법에 따라 패킷이 전파된다. 본 명세서의 이후부터는 네트워크가 하나의 그룹으로 이루어진다고 가정하고 설명한다.

[0031] 도 2는 패킷 헤더들을 예시적으로 도시한 것으로서, 도 2(a)는 IEEE 802.15.4의 패킷 헤더를 도시한 것이며, 도 2(b)는 본 발명에 따른 기회적 데이터 전송 방법에서 규정된 패킷 헤더이다.

[0032] IEEE 802.15.4는 low rate wireless personal area network(LR-WPANs)의 표준 프로토콜로서, 도 2(a)는 IEEE 802.15.4의 패킷 헤더를 도시한 것이다.

[0033] 본 발명에 따른 기회적 데이터 전송 방법에 있어서, 전송한 IEEE 802.15.4의 패킷 헤더의 어드레싱 필드들(the addressing fields)이 그룹 ID와 Rx bitmap으로 이루어지는 수신 상태 필드로 대체된다. 필드의 사이즈는 네트워크의 크기에 따라 조정될 수 있다. 또한, 수신 상태는 ACK frame에 포함되어야만 한다. 헤더에서 Rx bitmap을 포함하는 것은 패킷 사이즈를 상당히 증가시키게 되므로, 특히 payload 사이즈가 작고 네트워크가 크다면 더욱더 패킷 사이즈를 증가시키게 될 것이다. 이렇게 패킷 사이즈가 증가됨에 따라 송신 노드와 수신 노드에 대하여 에너지 소모를 추가적으로 더 유발시키게 된다. 그러나, 송신 노드의 대기 시간(wait time)은 패킷 사이즈에 의해 영향을 받지 않고 노드의 wake-up interval에 의해 영향을 받게 된다.

[0034] 한편, 본 발명에 따른 기회적 데이터 전송 방법에 있어서, 각 노드는 이웃 노드 테이블(a neighbor table)을 유지하게 되며, 전송한 이웃 노드 테이블은 각 노드의 이웃 노드들을 포함하게 된다. 따라서, 각 노드는 해당 노드의 2-hop 이웃 노드들에 대한 정보를 갖게 된다. 이웃 노드들에 대한 정보를 획득하는 여러 가지 방법이 있다. 먼저, deployment 이후, 초기 단계에서는 모든 노드가 active하며 모드들이 이웃 노드들에게 메시지를 주기적으로 전파하게 된다. 일단 노드가 이웃 노드를 발견하게 되면 이웃 노드들의 ID를 메시지에 포함하여, 이웃 노드들을 2-hop 이웃 노드들을 찾게 된다. 전송한 초기 단계는 트리 기반의 수집 또는 전파 프로토콜의 tree-building phase와 유사하다. 또한, 듀티 사이클링이 시작된 후, 각 노드는 이웃 노드들에게 요청 메시지(Request Message)들을 전송하여 ACK 메시지를 회신할 수 있도록 한다. 각 노드는 이웃 노드 정보들을 ACK 메시지에 포함시킴으로써, 각 요청 노드들을 2-홉 이웃노드 정보들을 획득할 수 있게 된다.

[0035] 이하, 도 3을 참조하여, 본 발명에 따른 기회적 데이터 전송 방법의 동작을 설명한다. 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 기회적 데이터 전송 방법의 동작을 설명하기 위한 것으로서, (a)는 전송 플로우를 도시한 것이며 (b)는 노드 0로부터 전송된 패킷을 수신한 이후의 노드 1의 이웃 노드 테이블(Neighbor table)을 도시한 도표이다.

[0036] 도3(a)는 도 1(c)에 도시된 시나리오에 있어서 각 노드에서 전송된 패킷의 헤더에 포함된 Rx bitmap의 내용들이 도시된 것으로서, 노드 0가 패킷 전달 하여 전송을 시작하며, 노드 0는 현재 전송 패킷을 가진 유일한 노드이므로 패킷 헤더에서 Rx bitmap의 첫번째 비트를 0로 설정한다. 노드 1은 패킷 헤더를 수신하고 패킷을 확인하고 Rx bitmap을 판독하고 도 3(b)에 도시된 바와 같이 이웃 노드 테이블을 갱신한다.

[0037] 노드 1은 2-홉 이웃 노드 정보에 근거하여 패킷을 전송할 노드를 결정하여야 한다. 노드 1은 패킷을 수신한 후, 노드 2,3,4 및 5들이 전송 패킷을 수신하여야 하는 노드임을 확인한다. 노드 1은 이웃 노드 테이블의 정보를 사용하여 이들 노드들이 연결되어 있는지 여부를 확인한다. 이 경우, 노드 1은 모든 이웃 노드들이 서로 연결되었음을 확인하는 경우, 노드 1은 먼저 깨어나 전송을 마칠 수 있는 임의의 노드에게 패킷을 전송할 수 있다. 이웃 노드들 중 노드 3이 먼저 깨어나 패킷을 수신한다. 노드 1은 이미 패킷을 가지고 있으므로, 노드 3은 노드 4에게 패킷을 전송하여야 하며, 노드 4는 노드 1,2,3 및 5를 이웃 노드들로 가지는데, Rx bitmap을 통해 노드 4는 노드 1 및 3이 패킷을 수신했음을 파악한다. 노드 2와 5는 서로 연결되어 있으므로, 노드 4는 노드 2와 5중 어느 하나에게 패킷을 전송할 수 있으며, 이 경우에는 노드 5에게 전송하게 된다. 유사하게, 노드 5는 패킷을 노드 2와 6 중 어느 하나에게 패킷을 송신하여야 하며, 노드 2가 패킷을 수신한다. 마지막으로, 노드 2는 패킷을 노드 6에게 전송하고 데이터 전송 프로세스를 종료하게 된다.

[0038] 이하, 도 4를 참조하여 다른 시나리오를 예시적으로 설명한다. 도 4는 도 1(d)에 도시된 시나리오에 대응되는 전송 플로우 및 노드 4의 이웃 노드 테이블을 도시한 것이다. 도 4를 참조하면, 노드 1이 전송할 때 노드 4가 다른 노드들보다 먼저 깨어 있고 패킷을 수신할 수 있기 때문에, 노드 4는 노드 1에 의해 전송된 패킷을 수신한

다. 노드 4는 Rx 상태를 업데이트하고 노드 2,3, 5가 패킷을 수신하여야 됨을 알게 된다. 이 경우, 노드 2와 5가 서로 연결되어 있지만 노드 3은 노드 2 또는 노드 5와 서로 연결되어 있지 않다. 따라서, 노드 4가 노드 2와 노드 5 중 하나로 패킷을 전송하고 전송을 종료한다면, 노드 3은 패킷을 수신할 수 없게 된다. 이 경우, 노드 4는 패킷을 노드 3에게 전송하고, 노드 2와 노드 5 중 어느 하나로 패킷을 전송한다.

[0039] 일반적으로 말하자면, 노드는 패킷을 수신하지 못한 이웃 노드들이 서로 연결되어 있는지 여부를 확인한다. 만약 패킷을 수신하지 못한 이웃 노드들이 모두 서로 연결되어 있다면, 상기 노드는 패킷을 이웃 노드들 중 하나로 패킷을 전송하고 전송을 종료한다. 만약, 복수 개의 연결 구성이 있다면, 상기 노드는 연결 구성들의 각각에 포함된 노드로 패킷을 전송해야 한다. 송신 노드가 모든 연결 구성들로부터 이들에 포함된 하나의 노드로부터 ACK 메시지를 수신한다면, 상기 송신 노드는 전송을 종료하고 슬립 상태로 들어간다. 그렇지 않으면, 상기 송신 노드는 사전 설정된 timeout period에 따라 timeout이 발생할 때까지 패킷을 계속 전송한다.

[0040] 이하, 도 5를 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 기회적 데이터 전송 방법에 있어서, 각 노드에서 패킷을 중복 수신하는 경우의 처리 프로세스를 설명한다.

[0041] 본 발명에 따른 기회적 데이터 전송 방법에 있어서, 노드가 패킷을 전송할 때, 둘 또는 그 이상의 이웃 노드들이 동시에 깨어나서 패킷을 수신할 수 있다. 이 경우, 수신 노드는 다중 노드들이 패킷을 수신하는지 여부는 알 수 없기 때문에, 각 노드는 패킷을 독립적으로 전송한다. 이로 인하여, 패킷의 각 복사본은 패킷을 수신한 노드들에 대한 완전한 정보를 가지지 못하는 문제점이 발생하게 된다. 도 5에 도시된 시나리오를 가정하자.

[0042] 도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 기회적 데이터 전송 방법에 있어서, 임의의 노드가 동일한 패킷을 중복 수신하는 시나리오를 도시한 것이다. 도 5를 참조하면, 노드 0가 패킷을 전송하면, 노드 1과 노드 2는 동시에 깨어나서 노드 0으로부터 전송된 패킷을 수신하게 된다. 이는 노드 1과 노드 2가 스케줄이 서로 일치되지 않고 독립적으로 자신들의 wake up time을 선택하기 때문에 발생할 수 있다. 전송한 2개의 노드들은 패킷을 수신할 때 두 개의 노드는 노드 0가 패킷을 가지고 있음은 인지하나, 해당 패킷이 다른 노드에 의해 수신된 것은 알지 못한다. 가령, 노드 1이 패킷을 노드 3에게 전송하고 해당 패킷은 노드 4로 전송되었음을 가정하자. 또한, 노드 2가 패킷을 노드 6에게 전송하고 그 다음 노드 5에게 전송된다. 여기서, 노드 5는 패킷이 노드 0,2,5 및 6에 의해 수신되었다는 것을 알고 있으며, 패킷은 노드 1 또는 4로 전송되어야 함을 알고 있다.

[0043] 노드 5가 패킷을 전송할 때, 이웃 노드들 중 하나가 깨어나서 패킷을 수신할 수 있게 된다. 이 경우, 첫번째 케이스로 노드 2가 깨었다고 가정하자. 먼저, 노드 2는 패킷 헤더의 연속 번호 필드(the sequence number field)를 판독하고 이미 수신된 패킷임을 확인한다. 그 다음, 노드 2는 Rx bitmap을 판독하는데, 헤더의 Rx bitmap이 “1010011”이며, 이는 노드 0,2,5,6이 이미 해당 패킷을 수신하였음을 의미한다. 노드 2는 수신된 Rx bitmap을 자신의 Rx Status인 “1010000”와 비교한다. 이는 노드 5가 이미 노드 2가 갖고 있는 모든 정보를 알고 있음을 의미한다. 이 경우, 노드 2는 수신을 포기하며 송신 노드에게 ACK 메시지를 회신하지 않고 슬립 상태로 돌아간다. 만약, 노드 6이 패킷을 수신하면, 동일한 동작을 보여주게 된다.

[0044] 두번째 케이스에 있어서, 노드 1이 깨어서 패킷을 수신한다고 가정하자. 시퀀스 번호 필드(Sequence number field)를 확인하여, 노드 1은 중복 패킷임을 알게 된다. 다음, 노드 1은 Rx bitmap(“1010011”)을 자신의 Rx status(“1100000”)와 비교한다. 이 경우, 노드 5는 노드 1이 이미 패킷을 수신한 것을 알지 못한다. 따라서, 노드 1은 ACK 메시지를 노드 5에게 전송하고, 자신의 Rx status를 패킷 헤더에 포함한다. 노드 5가 ACK 메시지를 수신하면, 노드 5는 자신의 Rx status를 새로이 획득한 정보를 사용하여 업데이트함으로써, 노드 5의 Rx status는 이제 “1110011”이 된다. 또한, Rx status가 ACK 헤더에 포함되므로, 노드 5는 패킷이 이미 노드 1에 의해 수신되었음을 알게 된다. 노드 5는 Rx status를 업데이트시킨 후, 이웃 노드에서 연결 구성을 다시 계산한다. 이 경우, 노드 4는 패킷을 수신하지 않은 이웃 노드들 중 유일한 노드이다. 따라서, 노드 5는 패킷 헤더의 업데이트된 Rx bitmap과 함께 패킷을 계속 전송한다.

[0045] 다음, 세번째 케이스에 있어서, 노드 4가 깨어나서 패킷을 수신하는 것을 가정하자. 헤더를 판독하고 Rx bitmap(“1010011”)을 Rx status(“1101100”)와 비교한 후, 노드 4는 송신 노드가 갖고 있는 추가 정보가 있으므로 노드 4는 ACK 메시지를 전송할 것을 결정한다. 노드 5는 ACK 메시지를 수신하면, Rx status를 “1111111”로 업데이트시킨다. 이 경우, 노드 5는 모든 이웃 노드들이 해당 패킷을 수신하였음을 알게 된다. 따라서 노드 5는 전송을 멈추고 슬립 상태로 돌아간다.

[0046] 요약하면, 패킷의 중복 수신은 필연적으로 발생하게 된다. 불필요한 전송을 최소화시키기 위하여, 본 발명에 따른 방법은, 각 노드들이 데이터와 ACK 패킷에 포함된 Rx status를 서로 교환하여 서로 정보들을 수집하도록 한

다. 노드가 중복 패킷을 수신하면, 그는 송신 노드가 갖지 않는 Rx status에 추가의 정보가 있는지 여부를 확인한다. 이 경우, 상기 노드가 ACK 메시지를 송신하기로 결정하고, 그렇지 않으면, 상기 노드는 ACK 메시지를 송신하지 않는다. 송신 노드가 Rx bitmap을 포함하는 ACK 메시지를 수신하면, 상기 송신 노드는 자신의 Rx status를 업데이트시키고 전송을 계속할지 여부를 결정한다.

[0047] 이하, 확률적 패킷 수신(Probabilistic Packet Reception)에 대하여 설명한다. 노드 1과 2가 깨어나서 패킷을 수신하면, 그들은 둘 다 ACK메시지를 노드 0에게 송신하게 되어 충돌(collision)이 발생하게 된다. 만약 그들의 수신 신호 세기가 유사하다면, 노드 0는 두 개의 ACK를 모두 잃어버리게 될 수 있다. 노드 0가 ACK 메시지를 성공적으로 수신하지 못하게 되므로, 노드 0는 수신 노드로부터 ACK 메시지를 수신할 때까지 또는 Timer가 만료될 때까지 계속하여 전송을 해야만 한다. 따라서, ACK 충돌이 중복 패킷을 발생시키게 되며, 이는 송신 노드의 wait time을 연장시키게 된다. 만약, 노드가 잠재적 전송자가 되는 많은 이웃 노드를 가진다면, 그것의 wait time은 짧아지게 될 것이나 ACK 충돌의 확률은 증대될 것이다. 따라서, 네트워크 소모를 최소화시킬 수 있는 전송자(forwarder)에 대한 최적의 개수가 존재하며, 이러한 최적의 개수는 link quality와 같은 환경 변수뿐만 아니라 노드 밀도, wake-up interval와 같은 네트워크 변수에 의존한다.

[0048] 송신자는 연결 구성에 있는 전송자(forwarder)의 예상 개수에 부합되는 확률을 선택한다. 예를 들면, 도 6에 도시된 시나리오에 있어서, 노드 S는 패킷 송신 노드이며 라벨링되지 않은 모든 노드들은 아직 패킷을 수신하지 않은 상태를 가정한다. 먼저, 노드 S는 이웃 노드들이 연결 구성을 계산한다. 각 연결 구성에 각각 6개 노드와 4개 노드가 있다고 가정하면, 노드 S는 가장 작은 연결 구성의 크기에 기초하여 확률을 계산한다. 전송자에 대하여 사전 설정된 값의 예상 개수가 있다. 예상 개수가 2이라면, 노드 S는 수신 확률을 0.5로 선택한다. 이 정보는 패킷 헤더에 포함되며 이웃 노드들을 주어진 확률에 따라 패킷을 수신하고 ACK메시지를 송신한다.

[0049] 도 6은 노드 S가 이웃 노드들에게 패킷을 송신하는 시나리오 예를 도시한 것이다. 도 6을 참조하면, 노드 S는 이웃 노드들이 각각 4개 및 6개의 노드들로 구성된 2개의 연결 구성을 형성함을 파악한다. 만약, 전송자의 예상 개수가 2이면, 가장 작은 구성이 4개의 노드를 가지므로, 노드 S는 수신 확률(reception probability)이 0.5임을 표시한다.

[0050] 이하, 본 발명에 따른 기회적 데이터 전송 방법의 성능을 평가한다.

[0051] 도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 기회적 데이터 전송 방법에 대한 성능을 평가하기 위하여, 100개의 센서 노드들로 이루어진 시뮬레이션 환경을 예시적으로 도시한 것이다. 도 7에 있어서, 소스 노드(large black dot)는 영역 중심에 배치된다. 도 7에 도시된 환경에서, 종래의 플러딩(Flooding) 기반의 프로토콜(Flooding protocol)과 종래의 트리-기반의 프로토콜(Tree-based protocol)에 따른 성능과 본 발명의 제1 실시예에 따른 기회적 전송 방법(이하 “Oppo-Flood-1”이라 한다)과 본 발명의 제2 실시예에 따른 기회적 전송 방법(이하 “Oppo-Flood-2”이라 한다)에 따른 성능을 평가한다. 여기서, 제1 실시예에 따른 기회적 전송 방법은 확률적 패킷 수신이 적용되지 아니한 방법이며, 제2 실시예에 따른 기회적 전송 방법은 확률적 패킷 수신이 적용된 방법이다.

[0052] 도 8은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 기회적 데이터 전송 방법에 대한 성능을 평가하기 위하여, 노드의 개수의 변화에 따른 결과를 도시한 그래프이다. 영역 면적은 100*100m²으로 고정된 상태에서 노드의 개수는 40개 ~ 240개까지 변화되며, (a)는 network lifetime에 대한 그래프이며, (b)는 노드 에너지 소모에 대한 그래프이며, (c)는 전파 지연에 대한 그래프이다. 도 8(a)를 참조하면, network lifetime에 있어서, 본 발명에 따른 기회적 전송 방법들이 기존의 플러딩 및 트리-기반의 프로토콜보다 더 긴 network lifetime을 이루게 된다. 기존의 플러딩 및 트리-기반의 프로토콜은 노드의 개수가 증가함에 따라 network lifetime이 감소되나, 본 발명에 따른 기회적 전송 방법들은 노드 개수가 초기에는 network lifetime이 증가하다가 그 다음부터 감소한다. 도 8(b)를 참조하면, 에너지 소모는 노드 개수가 증가함에 따라 모든 방법이 유사하게 증가한다. 도 8(c)를 참조하면, 전파 지연에 있어서, 플러딩 프로토콜은 어느 지점까지는 증가하다가 그 이후에는 조금 감소한다. 노드의 개수가 증가할수록 전파 지연은 대체로 증가되는데, 트리-기반의 프로토콜이 본 발명에 따른 기회적 전송 방법보다 더 많이 증가한다.

[0053] 도 9는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 기회적 데이터 전송 방법에 대한 성능을 평가하기 위하여, 영역의 면적의 변화에 따른 결과를 도시한 그래프이다. 노드의 개수는 100으로 고정된 상태에서 영역 면적은 2500m² ~ 250000m²까지 변화되며, (a)는 network lifetime에 대한 그래프이며, (b)는 노드 에너지 소모에 대한 그래프이며, (c)는 전파 지연에 대한 그래프이다. 도 9(a)를 참조하면, network lifetime에 있어서, 본 발명에 따른 기회적 전송 방법들이 기존의 플러딩 및 트리-기반의 프로토콜보다 더 긴 network lifetime을 이루게 된다. 기존

의 플러딩 및 트리-기반의 프로토콜은 면적이 증가함에 따라 network lifetime이 증가하게 되나, 본 발명에 따른 기회적 전송 방법들은 노드 개수가 초기에는 network lifetime이 증가하다가 그 다음부터 약간 감소한다. 도 9(b)를 참조하면, 에너지 소모는 면적이 증가함에 따라 모든 방법들이 유사하게 약간씩 감소하며, 면적이 좁을 때는 본 발명에 따른 기회적 전송 방법이 트리 기반 프로토콜보다 에너지 소모가 작으나 면적이 넓어짐에 따라 에너지 소모가 비슷해진다. 도 9(c)를 참조하면, 전파 지연에 있어서, 플러딩 프로토콜이 면적이 증가함에 따라 전파 지연이 급격하게 증가하며, 그 외의 나머지 방법들은 면적이 증가함에 따라 전파 지연이 근소하게 증가하게 된다.

[0054] 도 10은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 기회적 데이터 전송 방법에 대한 성능을 평가하기 위하여, Link loss ratio의 변화에 따른 결과를 도시한 그래프이다. 노드의 개수는 100개이며, 영역 면적은 $100 \times 100 \text{ m}^2$ 이며, Link loss ratio는 0 ~ 0.5 까지 변화되며, (a)는 전파율(Dissemination ration)에 대한 그래프이며, (b)는 network lifetime에 대한 그래프이며, (c)는 노드 에너지 소모에 대한 그래프이다.

[0055] 도 10(a)를 참조하면, Dissemination ratio에 있어서, 플러딩 프로토콜은 Link loss ratio와 관계없이 거의 100% ratio를 가지므로, network lifetime 보다 신뢰성이 중요한 적용에서의 좋은 후보가 될 수 있다. 반면에, 트리 기반의 프로토콜은 dissemination ratio가 Link loss ratio가 증가함에 따라 급격하게 감소한다. 본 발명에 따른 기회적 전송 방법들은 Link loss ratio에 따라 상대적으로 높은 dissemination ratio를 갖는다. 도 10(c)를 참조하면, Link loss ratio가 증가할 때, 본 발명에 따른 기회적 전송 방법들은 트리-기반의 프로토콜보다 더 많은 에너지를 소모하게 된다. 하지만, 본 발명에 따른 기회적 전송 방법들은 노드들간의 에너지 소모의 균형을 맞추므로써 network lifetime을 더 길게 유지한다.

[0056] 도 11은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 기회적 데이터 전송 방법에 대한 성능을 평가하기 위하여, wake-up interval의 변화에 따른 결과를 도시한 그래프이다. 노드의 개수는 100개이며, 영역 면적은 $100 \times 100 \text{ m}^2$ 이며, wake-up interval은 0.25 ~ 2.5 seconds까지 변화되며, (a)는 network lifetime에 대한 그래프이며, (b)는 노드 에너지 소모에 대한 그래프이며, (c)는 전파 지연에 대한 그래프이다.

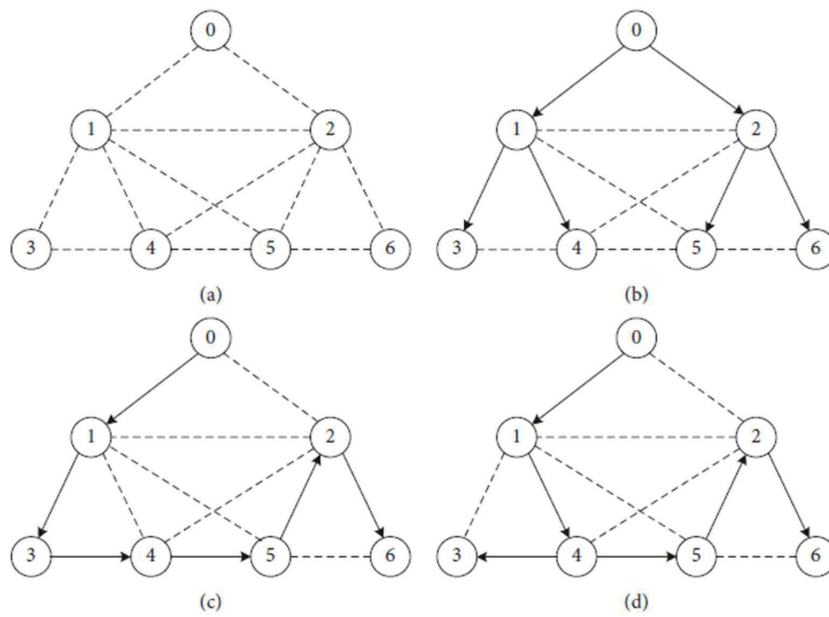
[0057] 도 11(a)를 참조하면, Dissemination ratio에 있어서, wake-up interval이 길어지면 본 발명에 따른 기회적 전송 방법의 장점이 증대된다. wake-up interval이 짧은 경우, wake-up interval이 길어질수록 Network Lifetime이 증가된다. wake-up interval이 길어지면, Flooding 및 트리 기반의 프로토콜의 Network lifetime이 감소되기 시작한다. 도 11(b)를 참조하면, 본 발명의 기회적 전송 방법에서의 평균 에너지 소모는 트리 기반의 프로토콜과 유사하다. 도 11(c)를 참조하면, 모든 프로토콜은 wake-up interval이 길어질수록 전파 지연이 증가되는데, 특히 플러딩 프로토콜이 가장 많이 증가한다.

[0058] 도 12는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 기회적 데이터 전송 방법에 대한 성능을 평가하기 위하여, 전송자(Forwarder)의 예상 개수의 변화에 따른 결과를 도시한 그래프이다. 노드의 개수는 200개이며, 영역 면적은 $100 \times 100 \text{ m}^2$ 이며, 전송자의 예상 개수는 1 ~ 30 까지 변화되며, (a)는 network lifetime에 대한 그래프이며, (b)는 노드 에너지 소모에 대한 그래프이며, (c)는 전파 지연에 대한 그래프이다. 도 12(a) 내지 (c)를 참조하면, 전송자의 개수가 증가할수록 Network Lifetime은 증가하다가 어느 시점 이후로는 감소하며, 에너지 소모는 감소하다가 어느 시점 이후로는 일정하게 유지되며, 전파지연은 급격하게 감소하다가 어느 시점 이후로는 일정하게 유지된다.

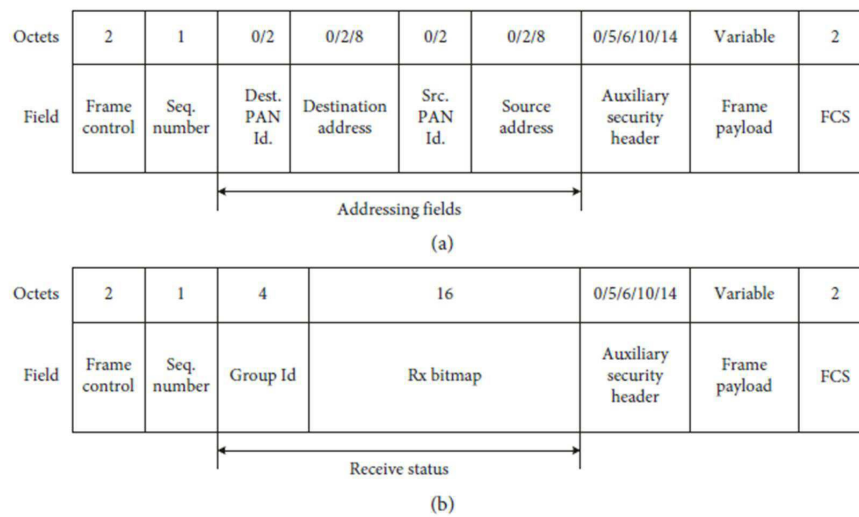
[0059] 이상에서 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예를 중심으로 설명하였으나, 이는 단지 예시일 뿐 본 발명을 한정하는 것이 아니며, 본 발명이 속하는 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성을 벗어나지 않는 범위에서 이상에 예시되지 않은 여러 가지의 변형과 응용이 가능함을 알 수 있을 것이다. 그리고, 이러한 변형과 응용에 관계된 차이점들은 첨부된 청구 범위에서 규정하는 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

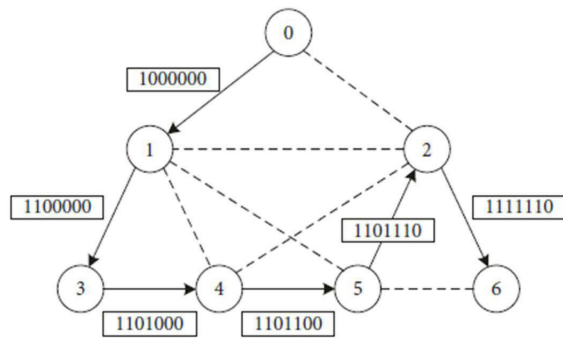
도면1



도면2



도면3

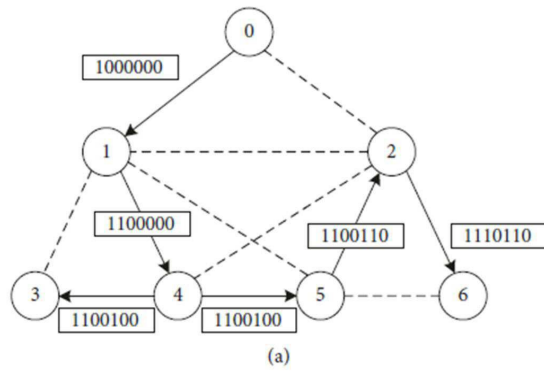


(a)

Neighbor table of node 1						
0	2					X
2	0 4 5 6					
3	4					
4	2 3 5					
5	2 4 6					
Rx status						
1	0	0	0	0	0	0

(b)

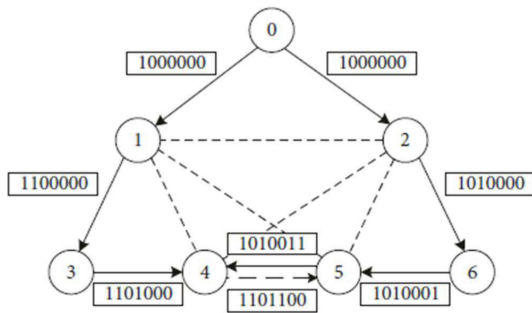
도면4



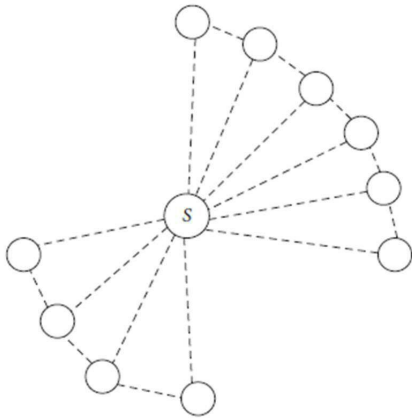
Neighbor table of node 4						
1	0	2	3	5		X
2	0	1	5	6		
3	1					
5	1	2	6			
Rx status						
1	1	0	0	0	0	0

(b)

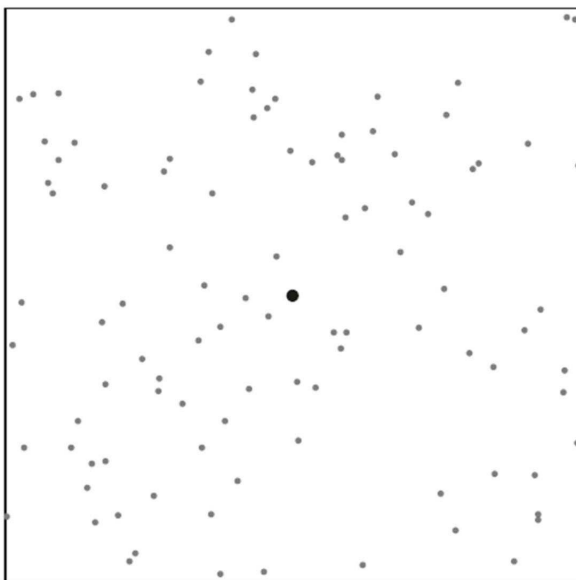
도면5



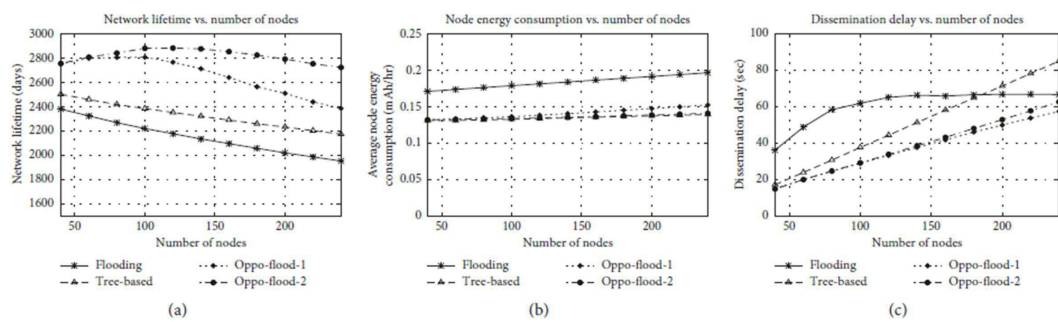
도면6



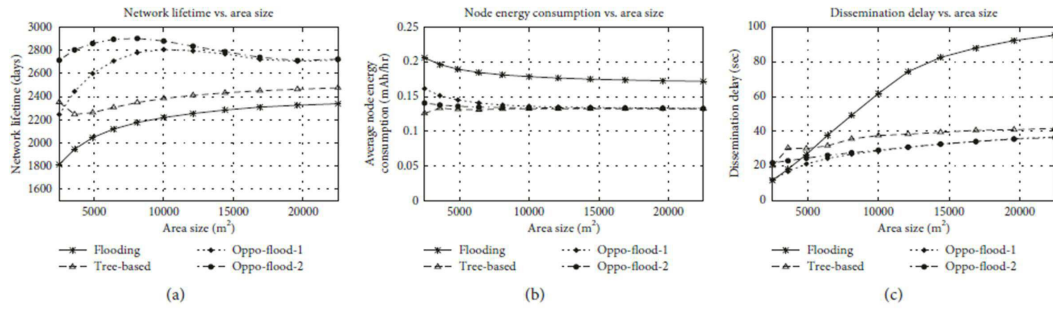
도면7



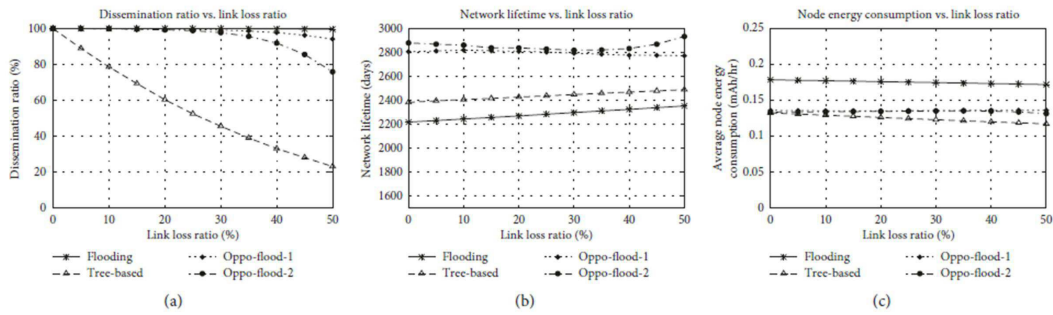
도면8



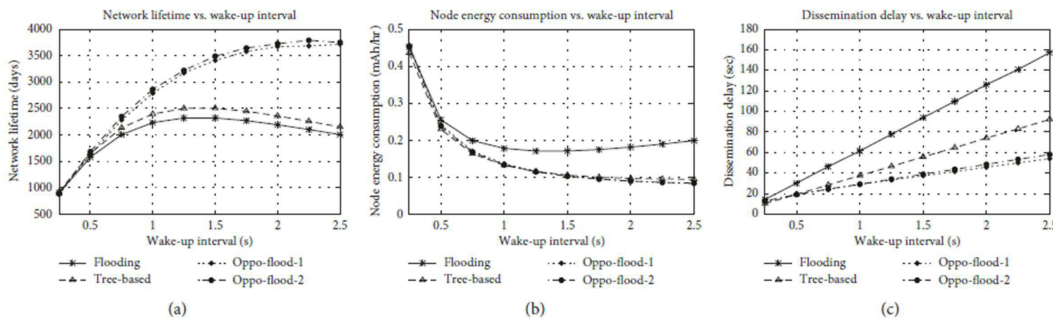
도면9



도면10



도면11



도면12

