(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0030064
(43) 공개일자 2013년03월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 72/12 (2009.01) *H04W 72/04* (2009.01)
H04W 84/18 (2009.01) *H04L 29/08* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0093583
(22) 출원일자 2011년09월16일
심사청구일자 2012년06월04일
기술이전 희망 : 기술양도

전체 청구항 수 : 총 15 항

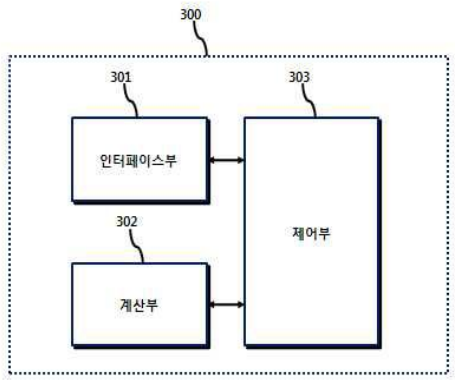
(71) 출원인
울산대학교 산학협력단
울산 남구 무거2동 산29
(72) 발명자
오훈
서울특별시 양천구 신정3동 푸른마을아파트 406동 402호
(74) 대리인
김종선

(54) 발명의 명칭 **트리 기반의 센서 네트워크에서의 슬랏 스케쥴링 방법, 트리 기반 센서 네트워크에서 사용 가능한 노드 장치 및 컴퓨터 판독 가능 기록 매체**

(57) 요 약

슬롯 스케쥴링 방법이 개시된다. 본 슬롯 스케쥴링 방법은, 트리 기반 센서 네트워크 내의 각 노드가, 필요 슬롯 양을 계산하는 단계, 각 노드가, 해당 노드에 연결된 자식 노드들에 대하여, 각 자식 노드의 필요 슬롯 양만큼의 슬롯을, 순차적으로 중복되지 않게 할당하는 할당 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도5



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2010-1128
부처명	교육과학기술부
연구사업명	울산지방과학연구단지 R&D과제 지원사업
연구과제명	Safety-Critical 산업현장을 위한 USN 통신프로토콜 및 센서통신장치 연구
주관기관	울산대학교
연구기간	2010.08.01 ~ 2011.07.31

특허청구의 범위

청구항 1

트리 기반 센서 네트워크에서의 슬롯 스케쥴링 방법에 있어서,

상기 트리 기반 센서 네트워크 내의 각 노드가, 필요 슬롯 양을 계산하는 단계;

상기 각 노드가, 해당 노드에 연결된 자식 노드들에 대하여, 각 자식 노드의 필요 슬롯 양만큼의 슬롯을, 순차적으로 중복되지 않게 할당하는 할당 단계;를 포함하는 슬롯 스케쥴링 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 각 노드가, 자신에게 할당된 각 슬롯에서의 동작을, 자신의 자식 노드 및 후손 노드들 각각의 동작에 따라, 슬리핑, 데이터 센딩 및 데이터 리시빙 중 적어도 하나의 동작으로 스케쥴링하는 단계;를 더 포함하는 슬롯 스케쥴링 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 스케쥴링하는 단계는,

트리 구조 상에서 최하위 노드는 상기 데이터 센딩 만을 수행하도록 스케쥴링하고,

상기 트리 구조 상에서 중간 노드는 상기 데이터 리시빙 및 상기 데이터 센딩을 순차적으로 수행하도록 스케쥴링하며,

상기 트리 구조 상에서 최상위 노드는 상기 슬리핑, 상기 데이터 리시빙을 수행하도록 스케쥴링하는 것을 특징으로 하는 슬롯 스케쥴링 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 스케쥴링하는 단계는,

상기 중간 노드는 상기 트리 구조 상의 하위 계층에서 송신되는 데이터를 수신하는 데이터 리시빙 슬롯의 개수보다 데이터 센딩 동작을 수행하는 슬롯의 개수가 적어도 하나 이상 증대되도록 스케쥴링하는 것을 특징으로 하는 슬롯 스케쥴링 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 할당 단계는,

상기 트리 기반 센서 네트워크에서 최상위에 배치된 싱크 노드가, 상기 싱크 노드에 연결된 자식 노드들 중 첫번째 자식 노드에 대하여, 상기 첫번째 자식 노드의 필요 슬롯 양만큼의 슬롯을 우선적으로 할당하고, 상기 싱크 노드에 연결된 자식 노드들 중 다음 자식 노드들에 대해서도 상기 첫번째 자식 노드에 대하여 할당된 전체 슬롯의 다음 슬롯부터 필요 양만큼 순차적으로 할당하는 단계; 및,

최상위 계층에서의 할당이 완료되면, 그 하위 계층의 노드들이 각 자식 노드들에 대한 슬롯 할당을 순차적으로 수행하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 슬롯 스케쥴링 방법.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 필요 슬롯 양을 계산하는 단계는,

상기 필요 슬롯 양을,

$$D_i(j) = \sum_{k \in i.T} d(k, j)$$

과 같은 수식에 적용하여 산출하는 것을 특징으로 하는 슬롯 스케쥴링 방법.

청구항 7

트리 기반 센서 네트워크에서 사용 가능한 노드 장치에 있어서,

트리 구조 상에서 상기 노드 장치의 하위에 위치하는 자식 노드의 필요 슬롯 양에 대한 정보를 수신하는 인터페이스부;

상기 노드 장치에 할당된 슬롯들 중에서, 상기 수신된 필요 슬롯 양에 해당하는 슬롯들을 순차적으로 상기 자식 노드에 대하여 할당하는 제어부;를 포함하는 노드 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 노드 장치의 동작에 소요되는 필요 슬롯 양을 계산하는 계산부;를 더 포함하며,

상기 제어부는, 상기 트리 구조 상에서 상기 노드 장치의 상위에 위치하는 부모 노드가 존재하면, 상기 계산부에서 계산된 필요 슬롯 양을 상기 부모 노드로 전송하여, 상기 부모 노드로부터 상기 계산부에서 계산한 필요 슬롯 양만큼의 슬롯을 할당받는 것을 특징으로 하는 노드 장치.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 노드 장치가 상기 트리 구조 상의 최상위에 위치한 싱크 노드인 경우,

상기 제어부는, 기 설정된 개수의 슬롯을 포함하는 슈퍼 프레임의 각 슬롯들을 상기 자식 노드들에게 순차적으로 할당하는 것을 특징으로 하는 노드 장치.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 노드 장치의 동작에 소요되는 필요 슬롯 양을 계산하는 계산부;를 더 포함하며,

상기 노드 장치가 상기 트리 구조 상의 최하위에 위치한 터미널 노드인 경우,

상기 제어부는, 상기 계산부에서 계산된 상기 필요 슬롯 양을 상기 인터페이스부를 통해서 상기 노드 장치의 부모 노드로 전송하여, 상기 필요 슬롯 양만큼의 슬롯을 할당받는 것을 특징으로 하는 노드 장치.

청구항 11

제7항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 노드 장치가 상기 트리 구조 상에서 최하위에 위치하는 터미널 노드인 경우, 상기 노드 장치에 할당된 슬롯들에서 데이터 센딩 만을 수행하도록 스케쥴링하고,

상기 노드 장치가 중간 노드인 경우, 상기 노드 장치에 할당된 슬롯들에서 데이터 리시빙 및 데이터 센딩을 순차적으로 수행하도록 스케쥴링하며,

상기 노드 장치가 최상위 노드인 경우, 상기 노드 장치에 할당된 슬롯들에서 슬리핑, 데이터 리시빙을 수행하도록 스케쥴링하는 것을 특징으로 하는 노드 장치.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 노드 장치가 중간 노드인 경우, 상기 트리 구조 상의 하위 계층에서 송신되는 데이터를 수신하는 데이터 리시빙 슬롯의 개수보다 데이터 센딩 동작을 수행하는 슬롯의 개수가 적어도 하나 이상 증대되도록 스케쥴링하는 것을 특징으로 하는 노드 장치.

청구항 13

트리 기반 센서 네트워크에서의 슬롯 스케쥴링 방법을 수행하기 위한 프로그램 코드가 저장된 기록 매체에 있어서,

상기 슬롯 스케쥴링 방법은,

상기 트리 기반 센서 네트워크 내의 각 노드가, 필요 슬롯 양을 계산하는 단계;

상기 각 노드가, 해당 노드에 연결된 자식 노드들에 대하여, 각 자식 노드의 필요 슬롯 양만큼의 슬롯을, 순차적으로 중복되지 않게 할당하는 할당 단계;및

상기 각 노드가, 자신에게 할당된 각 슬롯에서의 동작을, 자신의 자식 노드 및 후손 노드들 각각의 동작에 따라, 슬리핑, 데이터 센딩 및 데이터 리시빙 중 적어도 하나의 동작으로 스케쥴링하는 단계;를 포함하는 기록 매체.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 스케쥴링하는 단계는,

트리 구조 상에서 최하위 노드는 상기 데이터 센딩 만을 수행하도록 스케쥴링하고,

상기 트리 구조 상에서 중간 노드는 상기 데이터 리시빙 및 상기 데이터 센딩을 순차적으로 수행하도록 스케쥴링하며,

상기 트리 구조 상에서 최상위 노드는 상기 슬리핑, 상기 데이터 리시빙을 수행하도록 스케쥴링하는 것을 특징으로 하는 기록 매체.

청구항 15

제13항에 있어서,

상기 할당 단계는,

상기 트리 기반 센서 네트워크에서 최상위에 배치된 싱크 노드가, 상기 싱크 노드에 연결된 자식 노드들 중 첫번째 자식 노드에 대하여, 상기 첫번째 자식 노드의 필요 슬롯 양만큼의 슬롯을 우선적으로 할당하고, 상기 싱크 노드에 연결된 자식 노드들 중 다음 자식 노드들에 대해서도 상기 첫번째 자식 노드에 대하여 할당된 전체 슬롯의 다음 슬롯부터 필요 양만큼 순차적으로 할당하는 단계; 및,

최상위 계층에서의 할당이 완료되면, 그 하위 계층의 노드들이 각 자식 노드들에 대한 슬롯 할당을 순차적으로 수행하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 기록 매체.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 트리 기반의 센서 네트워크에서의 슬랏 스케쥴링 방법, 트리 기반 센서 네트워크에서 사용 가능한 노드 장치 및 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 대한 것으로, 보다 상세하게는, 슬롯 요구량 기반 슬롯 할당 방식을

이용한 트리 기반 센서네트워크에서의 슬랏 스케쥴링 방법 및 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 대한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 환경 데이터를 센싱하는 많은 노드와 노드들로부터 데이터를 수집하는 싱크노드들로 구성되는 무선센서네트워크는 이벤트 기반의 환경관제를 위하여 주로 사용된다. 무선센서네트워크의 응용 분야는 시간에 민감한 산업용 감시 분야 혹은 제어 분야로 점점 확대되고 있다. 무선센서네트워크가 위험한 작업환경의 안전 감시에 사용되는 경우에, 센싱된 데이터의 적시 전송 (Timely Delivery)과 보장 전송 (Guaranteed Delivery)을 포함하는 신뢰성 통신이 요구된다. 적시 전송은 정의된 시간 내에 싱크노드에 데이터를 전달하는 것이고 보장 전송은 센싱 데이터를 분실 없이 싱크노드에 전달하는 것이다. 하지만, 무선 메쉬 네트워크에서 데이터 전달의 신뢰성을 보장하는 것은 간단한 문제가 아니다. 그 이유는 하나의 데이터 전송은 모든 이웃 노드의 유효 대역폭에 영향을 끼치기 때문이다.

[0003] MAC 프로토콜의 초기 연구는 대부분 전력소비를 줄이기 위하여 짧은 동작 사이클 (low-duty cycle)을 갖는 프로토콜 설계에 초점이 맞추어 졌다.

[0004] 최근에는 TDMA 기법을 도입하여 센싱 데이터의 적시 전달에 중점을 두는 프로토콜들이 제안되었다. TDMA는 시간을 슬랏의 형태로 나누고, 유니케스트와 브로드케스트 전송의 충돌을 방지하기 위하여 각 노드가 어떤 특정 슬랏에 전송해야 하는가를 결정하는데 있어서 노드의 트래픽 정보 기반 분산 선출 기법을 사용하였다. 이와 관련하여 Z-MAC은 TDMA기반의 프로토콜을 사용하였지만 CSMA 기반의 슬랏 훔치기 (slot stealing) 기법을 사용하여 가변적인 트래픽 상황에서 전송효율을 개선하였다. 하지만, 깔대기 효과 (funneling effect) 문제를 다루지 못했다. 깔대기 효과는 트리 토폴로지에서 싱크노드에 가까운 노드들이 그들의 후손으로부터 전달되는 과다한 데이터 패킷을 효율적으로 처리하지 못하기 때문에 발생한다.

[0005] 한편, 효율적인 통신을 위하여 트리 기반의 프로토콜이 제안되었다. 이들 중에서, TreeMAC은 TDMA기반의 프로토콜이며 트리 토폴로지에서 프레임-슬랏 할당 (FSA)알고리즘을 사용하여 각 노드에 프레임을 할당함으로써 신뢰성 통신을 보장하고 데이터 수집 트리 네트워크의 깔때기 효과를 해결할 수 있는 것으로 입증되었다. TreeMAC은 트리에 속한 모든 노드가 자신의 센싱 데이터를 간섭없이 싱크노드에 보낼 수 있는 시간 사이클로 정의되는 슈퍼프레임 (SF)을 사용한다. 프레임-슬랏 할당 (FSA) 알고리즘은 기본적으로 슈퍼프레임을 다수의 프레임으로 나눈다. 이때 각 프레임은 3개의 슬랏으로 구성된다. 각 노드는 자식 노드의 프레임 요구량에 따라서 프레임들을 할당하고 프레임을 할당 받은 각 노드는 트리의 수직방향으로 2홉 거리 내에 위치한 노드들 간에 동일한 슬랏 번호가 선택되지 않도록 프레임의 전송 슬랏 번호를 결정한다. 이런 식으로 FSA알고리즘은 수직방향으로 2-홉 거리에 있는 노드들의 전송 간섭을 근본적으로 차단한다. 이 프로토콜의 장점은 충돌 회피 패킷 전송 혹은 수신, 버퍼링없는 패킷 전달, 싱크노드에 대한 높은 전송 효율을 포함한다. 이러한 장점에도 불구하고 TreeMAC은 각 프레임을 구성하는 3개의 슬랏이 수면, 송신, 수신 등으로 번갈아 변하기 때문에 데이터 패킷의 결합 및 필터링이 어렵다. 따라서, 전력 소모 균형을 이루기 어려운 문제점이 있다.

발명의 내용

[0006] 본 발명은 상술한 필요성에 따른 것으로, 본 발명의 목적은 전력 소모의 균형을 위하여, 각 노드에 할당되는 슬랏들의 패턴을 데이터 패킷의 결합과 필터링에 적합하도록 수신 슬랏의 연속과 송신 슬랏의 연속의 형태로 하는 트리 기반의 센서 네트워크에서의 슬랏 스케쥴링 방법, 트리 기반 센서 네트워크에서 사용 가능한 노드 장치 및 컴퓨터 판독 가능 기록 매체를 제공함에 있다.

[0007] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시 예에 따른 트리 기반 센서 네트워크에서의 슬롯 스케쥴링 방법은, 상기 트리 기반 센서 네트워크 내의 각 노드가, 필요 슬롯 양을 계산하는 단계, 상기 각 노드가, 해당 노드에 연결된 자식 노드들에 대하여, 각 자식 노드의 필요 슬롯 양만큼의 슬롯을, 순차적으로 중복되지 않게 할당하는 할당 단계를 포함한다.

[0008] 그리고, 상기 각 노드가, 자신에게 할당된 각 슬롯에서의 동작을, 자신의 자식 노드 및 후손 노드들 각각의 동작에 따라, 슬리핑, 데이터 센딩 및 데이터 리시빙 중 적어도 하나의 동작으로 스케쥴링하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0009] 또한, 상기 스케쥴링하는 단계는, 트리 구조 상에서 최하위 노드는 상기 데이터 센딩 만을 수행하도록 스케쥴링하고, 상기 트리 구조 상의 중간 노드는 상기 데이터 리시빙 및 상기 데이터 센딩을 순차적으로 수행하도록 스케쥴링하며, 상기 트리 구조 상의 최상위 노드는 상기 슬리핑, 상기 데이터 리시빙을 수행하도록 스케쥴링할 수

있다.

[0010] 그리고, 상기 스케쥴링하는 단계는, 상기 중간 노드는 상기 트리 구조 상의 하위 계층에서 송신되는 데이터를 수신하는 데이터 리시빙 슬롯의 개수보다 데이터 센딩 동작을 수행하는 슬롯의 개수가 적어도 하나 이상 증대되도록 스케쥴링할 수 있다.

[0011] 또한, 상기 할당 단계는, 상기 트리 기반 센서 네트워크에서 최상위에 배치된 싱크 노드가, 상기 싱크 노드에 연결된 자식 노드들 중 첫번째 자식 노드에 대하여, 상기 첫번째 자식 노드의 필요 슬롯 양만큼의 슬롯을 우선적으로 할당하고, 상기 싱크 노드에 연결된 자식 노드들 중 다음 자식 노드들에 대해서도 상기 첫번째 자식 노드에 대하여 할당된 전체 슬롯의 다음 슬롯부터 필요 양만큼 순차적으로 할당하는 단계, 및, 최상위 계층에서의 할당이 완료되면, 그 하위 계층의 노드들이 각 자식 노드들에 대한 슬롯 할당을 순차적으로 수행하는 단계를 포함할 수 있다.

[0012] 그리고, 상기 필요 슬롯 양을 계산하는 단계는, 상기 필요 슬롯 양을,

[0013] $$D_i(j) = \sum_{k \in i.T} d(k, j)$$

[0014] 과 같은 수식에 적용하여 산출할 수 있다.

[0015] 한편, 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시 예에 따른 트리 기반 센서 네트워크에서 사용 가능한 노드 장치는, 리 구조 상에서 상기 노드 장치의 하위에 위치하는 자식 노드의 필요 슬롯 양에 대한 정보를 수신하는 인터페이스부, 기 노드 장치에 할당된 슬롯들 중에서, 상기 수신된 필요 슬롯 양에 해당하는 슬롯들을 순차적으로 상기 자식 노드에 대하여 할당하는 제어부를 포함한다.

[0016] 그리고, 상기 노드 장치의 동작에 소요되는 필요 슬롯 양을 계산하는 계산부를 더 포함하며, 상기 제어부는, 상기 트리 구조 상에서 상기 노드 장치의 상위에 위치하는 부모 노드가 존재하면, 상기 계산부에서 계산된 필요 슬롯 양을 상기 부모 노드로 전송하여, 상기 부모 노드로부터 상기 계산부에서 계산한 필요 슬롯 양만큼의 슬롯을 할당받을 수 있다.

[0017] 또한, 상기 노드 장치가 상기 트리 구조 상의 최상위에 위치한 싱크 노드인 경우, 상기 제어부는, 기 설정된 개수의 슬롯을 포함하는 슈퍼 프레임의 각 슬롯들을 상기 자식 노드들에게 순차적으로 할당할 수 있다.

[0018] 그리고, 상기 노드 장치의 동작에 소요되는 필요 슬롯 양을 계산하는 계산부를 더 포함하며, 상기 노드 장치가 상기 트리 구조 상의 최하위에 위치한 터미널 노드인 경우, 상기 제어부는, 상기 계산부에서 계산된 상기 필요 슬롯 양을 상기 인터페이스부를 통해서 상기 노드 장치의 부모 노드로 전송하여, 상기 필요 슬롯 양만큼의 슬롯을 할당받을 수 있다.

[0019] 또한, 상기 제어부는, 상기 노드 장치가 상기 트리 구조 상에서 최하위에 위치하는 터미널 노드인 경우, 상기 노드 장치에 할당된 슬롯들에서 데이터 센딩 만을 수행하도록 스케쥴링하고, 상기 노드 장치가 상기 트리 구조 상에서 중간 노드인 경우, 상기 노드 장치에 할당된 슬롯들에서 데이터 리시빙 및 데이터 센딩을 순차적으로 수행하도록 스케쥴링하며, 상기 노드 장치가 상기 트리 구조 상에서 최상위 노드인 경우, 상기 노드 장치에 할당된 슬롯들에서 슬리핑, 데이터 리시빙을 수행하도록 스케쥴링할 수 있다.

[0020] 그리고, 상기 제어부는, 상기 노드 장치가 중간 노드인 경우, 상기 트리 구조 상의 하위 계층에서 송신되는 데이터를 수신하는 데이터 리시빙 슬롯의 개수보다 데이터 센딩 동작을 수행하는 슬롯의 개수가 적어도 하나 이상 증대되도록 스케쥴링할 수 있다.

[0021] 한편 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시 예에 따른 트리 기반 센서 네트워크에서의 슬롯 스케쥴링 방법을 수행하기 위한 프로그램 코드가 저장된 기록 매체에서, 상기 슬롯 스케쥴링 방법은, 상기 트리 기반 센서 네트워크 내의 각 노드가, 필요 슬롯 양을 계산하는 단계, 상기 각 노드가, 해당 노드에 연결된 자식 노드들에 대하여, 각 자식 노드의 필요 슬롯 양만큼의 슬롯을, 순차적으로 중복되지 않게 할당하는 할당 단계,및 상기 각 노드가, 자신에게 할당된 각 슬롯에서의 동작을, 자신의 자식 노드 및 후손 노드들 각각의 동작에 따라, 슬리핑, 데이터 센딩 및 데이터 리시빙 중 적어도 하나의 동작으로 스케쥴링하는 단계를 포함한다.

[0022] 그리고, 상기 스케쥴링하는 단계는, 트리 구조 상에서 최하위 노드는 상기 데이터 센딩 만을 수행하도록 스케쥴링하고, 상기 트리 구조 상에서 중간 노드는 상기 데이터 리시빙 및 상기 데이터 센딩을 순차적으로 수행하도록 스케쥴링하며, 상기 트리 구조 상에서 최상위 노드는 상기 슬리핑, 상기 데이터 리시빙을 수행하도록 스케쥴링

할 수 있다.

[0023] 또한, 상기 할당 단계는, 상기 트리 기반 센서 네트워크에서 최상위에 배치된 싱크 노드가, 상기 싱크 노드에 연결된 자식 노드들 중 첫번째 자식 노드에 대하여, 상기 첫번째 자식 노드의 필요 슬롯 양만큼의 슬롯을 우선적으로 할당하고, 상기 싱크 노드에 연결된 자식 노드들 중 다음 자식 노드들에 대해서도 상기 첫번째 자식 노드에 대하여 할당된 전체 슬롯의 다음 슬롯부터 필요 양만큼 순차적으로 할당하는 단계, 및 최상위 계층에서의 할당이 완료되면, 그 하위 계층의 노드들이 각 자식 노드들에 대한 슬롯 할당을 순차적으로 수행하는 단계를 포함할 수 있다.

[0024] 상술한 바와 같이 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 각 노드에게 각 노드가 자신의 데이터와 자신의 하위 계층의 노드가 전달한 데이터를 자신의 부모노드에게 전송하기 위하여 필요한 슬롯 양을 다른 노드의 슬롯들과 중복되지 않게 할당함으로써, 노드들 사이에 수직 및 수평적인 간섭이 배제된다.

[0025] 또한, 일련의 수신 슬롯을 할당하고 일련의 송신 슬롯을 할당하는 식으로 각 노드에 슬롯들을 할당함으로써, 데이터 패킷을 먼저 수집하고 결합 및 필터링을 수행한 후에 전송을 수행할 수 있게 하여, 싱크에 가까운 노드의 부하를 줄여서 전력소모의 균형을 추구할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른, 트리 기반의 센서 네트워크를 표시한 도면,

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 트리 기반의 센서 네트워크에서, 각 노드의 필요 슬롯 양을 계산한 결과를 표시한 도면,

도 3는 도 2의 각 노드의 할당된 슬롯에 따른, 슬롯 스케쥴링을 표시한 도면,

도 4는 도 2의 각 노드의 필요 슬롯 양에 따른, 슬롯을 할당하기 위한 프로그램 코드,

도 5은 본 발명의 일 실시 예에 따른 트리 기반 센서 네트워크에서 사용 가능한 노드 장치의 블록도,

도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 슬롯 스케쥴링 방법을 표시한 흐름도,

도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 중복 정도에 따른 필터링 및 결합의 효율성 지표를 표시한 그래프,

도 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 트리 깊이와 k값의 변화에 따른 처리 부하를 표시한 그래프,

도 9는 본 발명의 일 실시 예에 따른 트리 깊이와 k값의 변화에 따른 전력 소모를 표시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하에서, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 대하여 구체적으로 설명한다.

[0028] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 트리 기반의 센서 네트워크를 표시한 도면이다. 도 1에 따르면, 트리 기반의 센서 네트워크는 8개의 센서 노드를 포함한다.

[0029] 여기서 트리 기반의 센서 네트워크란, 트리형 토폴로지(즉 하나의 노드에 여러 개의 노드가 트리형으로 연결되어 있는 계층형 구조)를 의미한다.

[0030] 또한, 트리 기반의 센서 네트워크에서 최상위에 배치된 노드를 싱크 노드라고 한다. 도 1에 따르면, s노드는 싱크 노드가 된다.

[0031] 또한, 트리 기반의 센서 네트워크에서 최하위에 배치된 노드를 터미널 노드라고 한다. 도 1에 따르면, 4,5,7노드는 터미널 노드가 된다.

[0032] 또한, 트리 기반의 센서 네트워크에서 싱크 노드 및 터미널 노드가 아닌 노드를, 중간 노드라고 한다. 도 1에 따르면, 1,2,3,6은 중간 노드가 된다.

[0033] 또한, 트리 기반의 센서 네트워크에서 각 노드의 한 단계 상위 노드를 부모 노드라고 하고, 한 단계 하위 노드를 자식 노드라고 하고, 두 단계 하위 노드를 후손 노드라고 한다. 예를 들어 도 1에서, 노드 2의 부모 노드는 노드 1이 되고, 자식 노드는 노드 3 및 노드 4가 되고, 후손 노드는 노도 5가 된다.

[0034] 또한, 각 노드를 연결하는 구간을 링크라고 한다.

[0035] 싱크 노드는, 트리 기반의 센서 네트워크에서 최상위에 배치되어 있는바, 싱크 노드의 하위 노드들로부터, 데이터의 리시빙(receiving)만을 수행한다.

[0036] 터미널 노드는, 트리 기반의 센서 네트워크에서 최하위에 배치되어 있는바, 상위 노드로 데이터의 센딩(sending)만을 수행한다.

[0037] 중간 노드는, 트리 기반의 센서 네트워크에서 중간에 배치되어 있는바, 중간 노드의 하위 노드들로부터 데이터의 리시빙을 수행하고, 또한, 리시빙된 데이터 및 자신의 데이터를 상위 노드로 센딩을 수행한다.

[0038] 도 1에 따르면, 센서 네트워크는 8개의 센서 노드를 포함하는 형태로 구성되어 있지만, 센서 노드의 수는 제한되지 않는다. 여기서, 센서 노드는 데이터를 송신 또는 수신하는 디바이스(Device)일 수 있다.

[0039] 도 2는 트리 기반의 센서 네트워크에서, 각 노드의 필요 슬롯 양을 계산한 결과를 표시한 도면이다.

[0040] 먼저, 다음과 같은 기호 및 명칭를 정의하여 사용한다.

[0041] h_i : 싱크노드로부터 노드 i의 트리 깊이 (홉 수)

[0042] i.T : 노드 i에서 시작되는 트리의 노드 집합(도 2에 따르면, 노드 5의 경우 노드 5, 노드 4의 경우 노드 4, 노드 7의 경우 노드 7, 노드 3의 경우 노드 3 및 노드 5, 노드 2의 경우 노드 2 및 노드 3 및 노드 4 및 노드 5와 같다.)

[0043] i.P : 노드 i의 부모노드

[0044] i.C : 노드 i의 자식노드들의 집합

[0045] d(i, j) : 노드 i로부터 노드 j까지 홉 수에 의한 거리이며 노드 i와 노드 j가 동일한 경로에 있는 경우에 d(i, j)=|hi - hj|

[0046] 도 2의 α는 자신의 자식 노드에게 할당되는 슬롯 양, β는 노드의 데이터를 부모 노드에게 전송하기 위해 필요한 슬롯 양을 의미한다.

[0047] 정의1 : 슬롯은 어떤 센서 노드가 하나의 패킷을 자신의 부모 노드에게 전달하기 위하여 배타적으로 사용하는 시간 길이를 의미한다. 슬롯의 시간 싱크오류로부터 패킷 전송의 신뢰성을 보장하기 위하여 RTS, CTS, ACK와 같은 제어 메시지를 사용할 수도 있다.

[0048] 정의2 : SF (Superframe)은 트리의 싱크 노드가 자신의 후손 노드들로부터 그들이 생성한 모든 센싱 데이터를 안전하게 수신하기 위하여 필요한 슬롯의 최소 개수로 구성되는 프레임이다.

[0049] 정의3 : 한 SF동안에 노드 j로부터 노드 i의 필요 슬롯 양을 Di(j)로 표기하며, 이 필요 슬롯 양은 i.T에 속하는 모든 노드가 어떤 간섭을 받지 않고 자신의 센싱 데이터를 노드 j까지 전달하는데 필요한 슬롯의 수를 나타낸다.

[0050] 보조정리 4 : 노드 i가 하나의 패킷을 노드 j까지 전달하는데 요구되는 슬롯의 수는 d(i, j)와 같다. 즉, 정의1에 의하여, 데이터 패킷을 1홉 떨어진 노드에 전달하기 위해서는 하나의 슬롯이 필요하다. 결과적으로, 노드 i에서 노드 j까지 데이터 패킷의 전달하기 위해서는 거리 d(i, j)에 해당하는 슬롯의 수가 필요하다.

[0051] 상술한 정의를 기초로, 노드 j로부터 노드 i의 필요 슬롯 양을 구하는 수학식은 다음과 같다.

수학식 1

[0052] $$D_i(j) = \sum_{k \in i.T} d(k, j)$$

[0053] 여기서, d(k,j)는 하나의 데이터 패킷을 노드 k에서 노드 j까지 전달하기 위해서 필요한 슬롯의 수를 의미한다. 정의 3에 의하면, 노드 i의 필요 슬롯 양은 i.T에 속하는 모든 노드 k가 자신의 데이터 패킷을 노드 j까지 전달

하기 위하여 필요한 슬롯의 수 즉,d(k,j)의 합과 같다.

[0054] 수학식1을 기초로, 노드 i는 자신의 부모노드 i.P로부터의 필요 슬롯 양을 구하는 수학식은 다음과 같다.

수학식 2

[0055] $$D_i(i.P) = \sum_{k \in i.C} D_k(i) + |i.T|$$

[0056] 증명 : 수학식 1에 의해서,

[0057] $$D_i(i.P) = \sum_{k \in i.T} d(k, i.P) = \sum_{k \in i.T} (d(k,i) + 1)$$
$$= \sum_{k \in i.T} d(k,i) + \sum_{k \in i.T} (1) = \sum_{k \in i.T} d(k,i) + |i.T|$$

[0058] 이 성립하고, 상기 $\sum_{k \in i.T} d(k,i)$ 를 정리하면,

[0059] $$\sum_{k \in i.T} d(k,i) = \sum_{k=i} d(k,i) + \sum_{k \in i.C} \left(\sum_{n \in k.T} d(n,i) \right)$$
$$= 0 + \sum_{k \in i.C} D_k(i) = \sum_{k \in i.C} D_k(i)$$

[0060] 이 성립하고, $\sum_{k \in i.C} D_k(i)$ 를 위의 식에 대입하면 수학식 2가 성립한다.

[0061] 상술한 정의 및 수학식을 이용하여 도 2의 트리 기반의 센서 네트워크에서, 각 노드의 필요 슬롯 양에 대해서 설명하기로 한다.

[0062] 도 2에 따른 트리 기반의 센서 네트워크에서, 각 노드는 자신의 트리 깊이를 알고 자신의 부모와 아들 노드들에 대한 정보를 가지고 있다.

[0063] 도 2에 따르면, 3개의 터미널 노드 4, 5, 7이 있으며, 이들의 필요 슬롯 양은 수학식 2에 의하면, D4(2) = D5(3) = D7(6) = 1이 된다. 즉 터미널 노드는 자식 노드를 가지지 않고, |i.T|는 터미널 노드인바 각각 자신 (즉 노드 3의 경우 노드 3, 노드 4의 경우 노드 4, 노드 7의 경우 노드 7) 1이 된다.

[0064] 중간 노드 3의 경우, D3(2) = D5(3) + |3.T| (= 2) = 3이 된다. 즉 중간 노드 3의 경우 자식 노드 5를 갖고 수학식 2에 의하여, D5(3)= 1 및 |3.T|는 중간 노드 3에서 시작되는 트리의 노드 집합은 노드 3 및 노드 5인바, 2가 된다.

[0065] 이런 식으로 SF = Ds = D1(s) + D6(s) = 16이 된다.

[0066] 이하 도 3 및 도 4를 참고하여, 본 발명의 일 실시 예에 따른 슬롯 스케쥴링 방법에 대해서 설명하기로 한다.

[0067] 도 3는 도 2의 각 노드의 할당된 슬롯에 따른, 슬롯 스케쥴링을 표시한 도면이다.

[0068] 본 발명의 일 실시 예에 따른 슬롯 스케쥴링 방법에 의하면, 트리 기반 센서 네트워크 내의 각 노드가, 필요 슬롯 양을 계산한다. 필요 슬롯 양을 계산하는 방법은, 상술한 수학식 1및 수학식 1에 의하여 추론된 수학식 2에 의하여, 계산할 수 있다. 따라서 트리 기반 센서 네트워크 내의 각 노드는, 각 노드의 부모 노드로 데이터를 센딩 또는 리시빙에 필요한 슬롯 양을 알 수 있다. 도 2에는 각 노드의 필요 슬롯 양이 표시되어 있다.

[0069] 그리고, 각 노드가, 해당 노드에 연결된 자식 노드들에 대하여, 각 자식 노드의 필요 슬롯 양만큼의 슬롯을, 순차적으로 중복되지 않게 할당한다.

[0070] 즉 트리 기반 센서 네트워크에서 최상위에 배치된 싱크 노드가, 싱크 노드에 연결된 자식 노드들 중 첫번째 자식 노드에 대하여, 첫번째 자식 노드의 필요 슬롯 양만큼의 슬롯을 우선적으로 할당하고, 싱크 노드에 연결된

자식 노드들 중 다음 자식 노드들에 대해서도 첫번째 자식 노드에 대하여 할당된 전체 슬롯의 다음 슬롯부터 필요 양만큼 순차적으로 할당한다.

[0071] 최상위 계층에서의 할당이 완료되면, 그 하위 계층의 노드들이 각 자식 노드들에 대한 슬롯 할당을 순차적으로 수행한다.

[0072] 구체적으로 도 2 및 도 3에 따르면, 싱크 노드인 s노드는 싱크 노드의 하위 노드들로부터, 데이터의 리시빙(receiving)만을 수행하며, 이 때 필요한 슬롯의 양은 16개이다. 싱크 노드인 s노드는 노드 1과 노드 6을 자식 노드로 갖으며, s노드는 자식노드 노드 1의 필요 슬롯 양인 13개의 슬롯을 노드 1에 우선적으로 할당한다. 그 후 다음 자식 노드인 노드 6에 필요 슬롯 양인 3개의 슬롯을 노드 1에 할당된 전체 슬롯의 다음 슬롯부터 중복되지 않도록 할당한다. 이에 대하여 도 3에 표시된 바와 같다. 다만 싱크 노드의 자식노드들에 필요한 슬롯의 양을 할당하는 순서는 한정되지 않는다. 즉 도 3에서 표시된 바와 달리, 노드 6이 먼저 할당될 수도 있으며, 자식 노드의 개수가 더 많을 수도 있다.

[0073] 최상위 계층인 싱크 노드에서 할당이 완료되면, 그 하위 계층의 노드들이 각 자식 노드들에 대한 슬롯 할당을 수행하는데, 노드 1은 자신에게 할당된 13개 중 노드 1의 자식 노드인 노드 2가 필요로 하는 슬롯 양 8개를 자신에게 할당된 슬랏의 처음 시작 부터 노드 2에 할당할 수 있다. 즉 도 3에 표시된 바와 같이, 노드 1은 노드 2에게 슬랏 1 부터 시작하여, 8까지 할당할 수 있다.

[0074] 또한, 노드 1의 자식 노드인 노드 2는 자신에게 할당된 8개 중 노드 2의 자식 노드인 노드 3 및 노드 4가 필요로 하는 슬롯 양 4개를 자신에게 할당된 슬랏의 처음 시작부터 노드 3및 노드 4에 순차적으로 할당할 수 있다.

[0075] 즉 노드 2는 자신에게 할당된 8개 중 노드 2의 자식노드인 노드 3이 필요로 하는 슬롯 양 3개를 자신에게 할당된 슬롯의 처음 시작인 슬롯 1부터 노드 3이 필요로 하는 슬롯 양에 대응되는 슬롯 3까지 노드 3에 할당할 수 있다. 그 후 노드 2는 노드 3에 할당한 슬롯의 다음 슬롯, 즉 슬롯 4를 노드 4에 할당할 수 있다. 즉 이 경우 노드 3 및 노드 4가 할당받은 슬롯 번호는 순차적이고 서로 중복되지 않는다. 다만, 할당하는 순서는 이에 한정되는 것은 아니고, 노드 4가 먼저 할당받고, 그후 노드 3이 할당받을 수 있다. 즉 할당받는 순서는 한정되지 않는다.

[0076] 상술한 바와 같이, 각 노드들이 필요한 슬롯 양을 할당할 수 있다.

[0077] 각 노드들은 할당된 슬롯 양을 기초로, 자신에게 할당된 각 슬롯에서의 동작을, 자신의 자식 노드 및 후손 노드들 각각의 동작에 따라, 슬리핑, 데이터 센딩 및 데이터 리시빙 중 적어도 하나의 동작으로 스케쥴링할 수 있다.

[0078] 구체적으로, 트리 구조 상에서 최하위 노드인 터미널 노드는, 트리 기반의 센서 네트워크에서 최하위에 배치되어 있는바, 상위 노드로 데이터의 센딩(sending)만을 수행하도록 스케쥴링 할 수 있다. 도 2 및 도 3에 의하면, 터미널 노드인 4, 5, 7 노드는 그들의 부모 노드로 데이터의 센딩만을 수행하도록 스케쥴링되어 있다.

[0079] 또한, 트리 구조 상에서 중간 노드는 상기 데이터 리시빙 및 상기 데이터 센딩을 순차적으로 수행하도록 스케쥴링 할 수 있다. 또한 중간 노드는 슬리핑 동작으로 수행하도록 스케쥴링 할 수 있다. 도 2 및 도 3에 의하면, 중간 노드 1, 2, 3, 6 노드는 데이터 리시빙 및 상기 데이터 센딩을 순차적으로 수행하도록 스케쥴링 되어 있다.

[0080] 즉 노드 3은 자식 노드 5에서 센딩되는 데이터를 리시빙하는 슬랏1, 그리고 리시빙된 데이터 및 자신의 데이터를 센딩하기 위한 슬랏 2,3이 순차적으로 스케쥴링 되어 있다.

[0081] 또한 노드 6은 자식 노드 7에서 센딩되는 데이터를 리시빙하는 슬랏14, 그리고 리시빙된 데이터 및 자신의 데이터를 센딩하기 위한 슬랏 15, 16이 순차적으로 스케쥴링 되어 있다.

[0082] 또한 노드 2는 자식 노드 3이 데이터를 리시빙 하는 슬랏 1동안은 슬리핑하는 슬랏1, 그리고 자식 노드 3 및 자식 노드 4에서 센딩되는 데이터를 리시빙하는 슬랏 2 내지 4, 그리고 리시빙된 데이터 및 자신의 데이터를 센딩하기 위한 슬랏 5 내지 8이 순차적으로 스케쥴링 되어 있다.

[0083] 또한 노드 1은 자식 노드 2가 데이터를 리시빙 하는 슬랏 1 내지 4동안은 슬리핑하고, 자식노드 2에서 센딩되는 데이터를 리시빙하는 슬랏 5 내지 8, 그리고 리시빙된 데이터 및 자신의 데이터를 부모 노드 s노드로 센딩하기 위한 슬랏 9 내지 13이 순차적으로 스케쥴링 되어 있다.

[0084] 또한 트리 기반의 센서 네트워크에서 최상위 노드인 싱크 노드는, 최상위에 배치되어 있는바, 싱크 노드의 하위

노드들로부터, 데이터의 리시빙(receiving)만을 수행하도록 스케쥴링 할 수 있다. 다만 싱크 노드의 자식 노드들이 슬리핑 또는 데이터를 리시빙 하는 슬랏 동안은 슬리핑 하도록 스케쥴링 할 수 있다.

[0085] 즉, 노드 s는 자식 노드 1 및 자식 노드 6이 슬리핑 또는 데이터를 리시빙 하는 슬랏 1 내지 8 및 14에서는 슬리핑하고, 자식 노드 1 및 자식노드 6에서 센딩되는 데이터를 리시빙하는 슬랏 9 내지 13, 15, 16이 스케쥴링 되어 있다.

[0086] 또한, 중간 노드는 상기 트리 구조 상의 하위 계층에서 송신되는 데이터를 수신하는 데이터 리시빙 슬롯의 개수보다 데이터 센딩 동작을 수행하는 슬롯의 개수가 적어도 하나 이상 증대되도록 스케쥴링할 수 있다.

[0087] 구체적으로, 중간 노드는 하위 계층에서 송신되는 데이터를 수신하여 상위 계층으로 전송할 뿐 아니라, 자신의 데이터 또한 상위 계층으로 전송하여야 하기 때문에, 데이터 리시빙 슬롯의 개수보다 데이터 센딩 동작을 수행하는 슬롯의 개수가 적어도 하나 이상 증대되도록 스케쥴링할 수 있다.

[0088] 상술한 바와 같이 중간 노드에, 일련의 수신 슬롯을 할당하고 순차적으로 일련의 송신 슬롯을 할당하는 식으로 각 노드에 슬롯들을 할당함으로써, 데이터 패킷을 먼저 수집하고 결합 및 필터링을 수행한 후에 전송을 수행할 수 있게 하여, 싱크에 가까운 노드의 부하를 줄여서 전력소모의 균형을 추구할 수 있다.

[0089] 도 4는 도 2의 각 노드의 필요 슬롯 양에 따른, 슬롯을 할당하기 위한 프로그램 코드이다. 도 4를 참고하면, 싱크 노드 s에서는 (At a sink node s :)싱크 노드에 연결된 자식 노드들 중 첫번째 자식 노드에 대하여, 첫번째 자식 노드의 필요 슬롯 양만큼의 슬롯을 우선적으로 할당하고, 싱크 노드에 연결된 자식 노드들 중 다음 자식 노드들에 대해서도 첫번째 자식 노드에 대하여 할당된 전체 슬롯의 다음 슬롯부터 필요 양만큼 순차적으로 할당한다.

[0090] 중간 노드에서는 (At a intermediate node i :)최상위 계층에서의 할당이 완료되면, 그 하위 계층의 노드들이 각 자식 노드들에 대한 슬롯 할당을 순차적으로 수행한다. 방식은 싱크 노드의 경우와 유사하다.

[0091] 도 5은 본 발명의 일 실시 예에 따른 트리 기반 센서 네트워크에서 사용 가능한 노드 장치의 블록도이다. 도 5에 따르면, 노드 장치(300)는, 인터페이스부(301), 계산부(302), 제어부(303)를 포함한다. 여기서 노드 장치는 데이터를 송신 또는 수신하는 디바이스(Device)일 수 있다.

[0092] 인터페이스부(301)는 트리 구조 상에서 노드 장치의 상위 노드 또는 하위 노드와 연결하는 기능을 한다.

[0093] 구체적으로 인터페이스부(301)는 트리 구조 상에서 노드 장치의 하위에 위치하는 자식 노드가 존재하면, 자식 노드의 필요 슬롯 양에 대한 정보를 수신할 수 있다.

[0094] 또한 인터페이스부(301)는 트리 구조 상에서 노드 장치의 상위에 위치하는 부모 노드가 존재하면, 후술할 계산부(302)에서 계산된 필요 슬롯 양을 부모 노드로 전송할 수 있다.

[0095] 여기서 인터페이스부(301)는 근거리 통신망(LAN : Local Area Network) 및 인터넷망을 통해 무선 또는 유선방식으로 접속되는 형태뿐만 아니라, USB(Universal Serial Bus)포트를 통하여 접속되는 형태도 가능하다.

[0096] 계산부(302)는 노드 장치의 동작에 필요한 계산을 수행한다.

[0097] 구체적으로 계산부(302)는 노드 장치의 동작에 소요되는 필요 슬롯 양을 계산할 수 있다. 여기서 필요 슬롯 양을 계산하는 방법은 수학식 1 및 수학식 1에 의하여 추론된 수학식 2에 의하여 구할 수 있다.

[0098] 제어부(303)는 인터페이스부(301), 계산부(302)를 제어한다.

[0099] 구체적으로, 제어부(303)는 노드 장치에 할당된 슬롯등 중에서, 수신된 필요 슬롯 양에 해당하는 슬롯들을 순차적으로 자식 노드에 대하여 할당할 수 있다.

[0100] 또한, 트리 구조 상에서 노드 장치의 상위에 위치하는 부모 노드가 존재하면, 계산부(302)에서 계산된 필요 슬롯 양을 부모 노드로 전송하여, 부모 노드로부터 계산부(302)에서 계산한 필요 슬롯 양만큼의 슬롯을 할당받을 수 있다.

[0101] 또한, 제어부(303)는 노드 장치가 상기 트리 구조 상의 최상위에 위치한 싱크 노드인 경우, 기 설정된 개수의 슬롯을 포함하는 슈퍼 프레임의 각 슬롯들을 자식 노드들에게 순차적으로 할당할 수 있다.

[0102] 또한, 노드 장치가 트리 구조 상의 최하위에 위치한 터미널 노드인 경우, 제어부(303)는, 계산부(302)에서 계산된 필요 슬롯 양을 인터페이스부(301)를 통해서 노드 장치의 부모 노드로 전송하여, 필요 슬롯 양만큼의 슬롯을

할당받을 수 있다.

[0103] 또한, 제어부(303)는 노드 장치가 트리 구조 상에서 최하위에 위치하는 터미널 노드인 경우, 노드 장치에 할당된 슬롯들에서 데이터 센딩 만을 수행하도록 스케쥴링할 수 있다.

[0104] 또한, 제어부(303)는 노드 장치가 중간 노드인 경우, 노드 장치에 할당된 슬롯들에서 데이터 리시빙 및 데이터 센딩을 순차적으로 수행하도록 스케쥴링할 수 있다.

[0105] 또한, 제어부(303)는 노드 장치가 최상위 노드인 경우, 노드 장치에 할당된 슬롯들에서 슬리핑, 데이터 리시빙을 수행하도록 스케쥴링할 수 있다.

[0106] 또한 제어부(303)는 노드 장치가 중간 노드인 경우, 트리 구조 상의 하위 계층에서 송신되는 데이터를 수신하는 데이터 리시빙 슬롯의 개수보다 데이터 센딩 동작을 수행하는 슬롯의 개수가 적어도 하나 이상 증대되도록 스케쥴링할 수 있다.

[0107] 도 6은 슬롯 스케쥴링 방법을 표시한 흐름도이다.

[0108] 도 6에 따르면, 먼저 트리 기반 센서 네트워크 내의 각 노드가, 필요한 슬롯 양을 계산한다(s610). 필요한 슬롯 양은 상술한 수학식 1및 수학식 1에 의해 추론된 수학식 2에 의하여 산출할 수 있다.

[0109] 그리고, 각 노드가, 해당 노드에 연결된 자식 노드들에 대하여, 각 자식 노드의 필요 슬롯 양만큼의 슬롯을, 순차적으로 중복되지 않게 할당한다(s620). 할당하는 방법과 관련해서는 도 2및 도 3을 참고로 구체적으로 설명하였는바, 생략하기로 한다.

[0110] 도 7, 8, 9는 본 발명의 일 실시 예에 따른 슬랏 스케쥴링 방법의 효과를 나타낸 그래프로, 도 7은 중복 정도에 따른 필터링 및 결합의 효율성 지표를 표시한 그래프, 도 8은 트리 깊이와 k값의 변화에 따른 처리 부하를 표시한 그래프, 도 9는 트리 깊이와 k값의 변화에 따른 전력 소모를 표시한 그래프이다.

[0111] 하기 표는 본 발명의 일 실시 예에 따른 슬랏 스케쥴링 방법의 효과를 시뮬레이션 하기 위한 파라메타 와 값을 나타낸 표이다.

표 1

[0112]

파라메타	값
슬랏 크기	8ms
FSA에서 프레임(f)	3슬랏
FSA에서 SF	n * f, (n = 노드 수)
DSA에서 SF	토폴로지 종속적
전송 세기	-25 dBm
채널 주파수	2.4 GHz
Pathloss 모델	Two rays
센서 에너지 모델	MICAz
영역	100*100(m2)
노드 수	싱크1개, 노드25개
시뮬레이션 시간	600초

[0113] - 시뮬레이션 입력 및 측정

[0114] 모든 노드는 SF 마다 하나의 패킷을 생성한다. 각 노드는 자신에게 할당되는 슬랏 내에서 데이터를 전송할 수 있다. DSA 알고리즘의 효율성을 평가하기 위해서 필터링과 패킷 결합을 다루는 알고리즘의 능력을 평가한다.

[0115] 여기서 FSA는 종래의 프레임-슬롯 할당 알고리즘을 의미한다.

[0116] 본 시뮬레이션에서, 패킷은 전송 동안에 손실되지 않는다고 가정한다. 따라서, 전송률을 비교 평가하지 않는다. 주어진 네트워크가 모든 생성된 데이터 패킷들을 처리할 수 있는 그런 식으로 노드들이 패킷을 생성한다. 시뮬레이션 입력 데이터는 다음과 같이 생성된다.

[0117] 복수의 센서 노드들 (nNodes)을 가진 트리가 주어지면, 각 노드는 하나의 SF 시간 길이 동안에 패킷 ID 번호를 가진 하나의 패킷을 생성한다. 패킷 ID를 하기 위하여 다음 함수를 사용한다.

[0118] rand[1, k*nNodes / |s.C|], k = 1, 2/3, 1/2,

[0119] 여기서 s.C는 싱크노드 s의 자식들의 집합이고, k값은 패킷의 중복 정도를 나타낸다. k값이 적으면 유일한 ID를 갖는 패킷의 수는 감소하고 패킷의 필터링 수는 증가할 것이다. .

[0120] - 패킷 결합 및 필터링 효율성

[0121] 효율성 지표 (Efficiency Index)로서 EI(A_M)을 사용하여 알고리즘 A와 알고리즘 A의 패킷 결합 (Aggregation)과 필터링 (Filtering) 능력을 평가한다.

수학식 3

[0122] $$EI(A_M)=\{nBytes-nBytesRcvedAtSink(M)\}/\{nBytes\}$$

[0123] A∈{FSA, DSA}, M∈{F, AF} 이며, F는 필터링 기법을 나타내고 AF는 패킷 결합 및 필터링 기법을 동시에 사용하는 것을 의미한다. nBytes는 네트워크의 모든 센서노드에서 생성된 바이트의 수이며, nBytesRcvedAtSink(M)는 기법 M이 사용될 때 싱크노드에서 수신된 바이트의 수를 나타낸다.

[0124] 도 7은 중복 정도에 따른 필터링 및 결합의 효율성 지표를 표시하고 있다. (노드 수: 25개)

[0125] 도 7은 k값에 따라서 알고리즘의 패킷 결합 및 필터링의 능력을 나타낸다. DSA_F와 FSA_F는 DSA와 FSA의 필터링 효율을 나타낸다. DSA가 FSA보다 필터링 능력이 뛰어나다는 것을 보여준다.

[0126] FSA_F와 FSA_AF를 비교할 때, FSA알고리즘은 노드가 데이터 패킷의 수신 및 송신을 번갈아 수행하기 때문에 패킷 결합을 잘 수행하지 못한다. 하지만, DSA_F와 DSA_AF 커버의 차이는 DSA 알고리즘이 패킷 결합을 효과적으로 수행한다는 것을 나타낸다. 차이가 비교적 적은 것은 패킷 결합에 의해서 줄어든 패킷 헤드의 수만을 이득에 반영했기 때문이다. 하지만, 패킷이 결합이 증가하면 RTS, CTS, SAK과 같은 제어메시지의 수가 그에 비례하여 줄어든다는 것을 고려하면 이득은 이보다 훨씬 커다는 것을 알 수 있다.

[0127] 다음 논의에서는 패킷 결합과 필터링을 둘 다 고려하는 DSA_AF와 FSA_AF만을 비교한다. 따라서, AF를 생략하고 DSA와 FSA와 같이 단순 표기를 사용하였다.

[0128] -부하 균등 및 전력 효율

[0129] 트리 토폴로지에서는 낮은 트리 깊이에 위치한 노드는 더 많은 패킷을 처리하기 때문에 더 많은 전력을 소모하게 된다. 전력 소모의 불균형은 네트워크 수명을 단축시킨다. FSA 와 DSA가 사용될 때, 노드의 트리 깊이에 따라서 처리 부하와 전력 소모의 균형을 평가한다. 트리 깊이의 변화에 따른 트리 상의 노드들이 처리하는 바이트의 수를 비교한다. 다음 평가모델을 사용한다.

수학식 4

[0130] $$LOAD(d) = \frac{\sum_{i=1,\ldots,k_d} (R(n_{d,i}) + T(n_{d,i}))}{k_d}$$

[0131] 여기서, $n_{d,i}$ 는 트리 깊이 d에 위치한 i^{th} 노드이며, k_d는 트리 깊이 d에 위치한 노드의 수, R(nd,i)는 nd,i,에서 수신하는 패킷의 수, T(nd,i)는 nd.i에서 송신하는 패킷의 수, 그리고 LOAD(d)는 트리 깊이 d에 있는 노드의 평균 부하를 나타낸다.

[0132] 도 8은 트리 깊이와 k값의 변화에 따른 처리 부하를 표시한 그래프이다. (노드 수: 25개) 일반적으로, 트리 토폴로지에서 노드의 트리 깊이가 더 낮으면, 노드의 처리 부하가 더 높은 것으로 알려져 있다. 트리 깊이 1의 노드 (D1-Node)의 처리 부하를 생각해보자. DSA_0.50 (k=0.50을 갖는 DSA)은 FSA_0.50에 비해서 약 40%의 처리 부하를 줄인다. 0.75와 1.00의 다른 k값에 대하여, DSA는 FSA에 비해 약 35%정도 처리부하를 줄일 수 있다는 것

을 알 수 있다. 트리 깊이가 증가하면 더 적은 수의 패킷을 수신하고 패킷 결합과 필터링의 효과가 줄어들게 된다. 그 결과 DSA와 FSA의 차이가 점차 감소한다는 것을 알 수 있다.

[0133] - 전력 소모

[0134] 도 9는 트리 깊이와 k값의 변화에 따른 전력 소모를 표시한 그래프이다. (노드 수 : 25개) FSA의 커버를 보면, 트리 깊이가 낮을수록 훨씬 더 많은 데이터를 처리하기 때문에 커버의 기울기가 급격히 감소하는 패턴을 보여준다. 하지만, DSA는 평균 전력 소모에 대하여 FSA에 비해 훌륭한 개선을 보여준다. 서로 다른 k 값에 따른 전력 소모의 차이는 FSA의 경우에 거의 없다는 것을 알 수 있다. 이것은 FSA의 필터링 능력 부족에 기인한다. DSA 커버들 사이의 작은 차이는 그림 9에 처리 부하의 적은 차이에서 비롯된다.

[0135] DSA알고리즘의 특징은 각 노드에게 수신 슬랏들을 먼저 할당하고 송신 슬랏들을 할당한다. 이러한 슬랏 할당 방식은 패킷의 필터링 및 결합을 용이하게 하고 그 결과 낮은 트리 깊이의 노드들의 패킷 처리부하를 줄일 수 있도록 한다. 시뮬레이션을 통해서 DSA는 패킷 결합, 필터링, 채널 효율성의 측면에서 FSA와 비교하였으며, DSA가 FSA보다 훨씬 뛰어나다는 것을 보였다.

[0136] 한편, 상술한 본 발명의 다양한 실시 예들에 따른 슬롯 스케쥴링 방법은, 프로그램 코드로 구현되어 다양한 유형의 기록 매체에 저장될 수 있다. 구체적으로는, RAM(Random Access Memory), 플레시메모리, ROM(Read Only Memory), EPROM(Erasable Programmable ROM), EEPROM(Electronically Erasable and Programmable ROM), 레지스터, 하드디스크, 리무버블 디스크, 메모리 카드, USB 메모리, CD-ROM 등과 같이, 단말기에서 판독 가능한 다양한 유형의 기록 매체에 저장되어 있을 수 있다.

[0137] 또한, 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 본 발명은 상술한 특정의 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진자에 의해 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형실시들은 본 발명의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해되어져서는 안될 것이다.

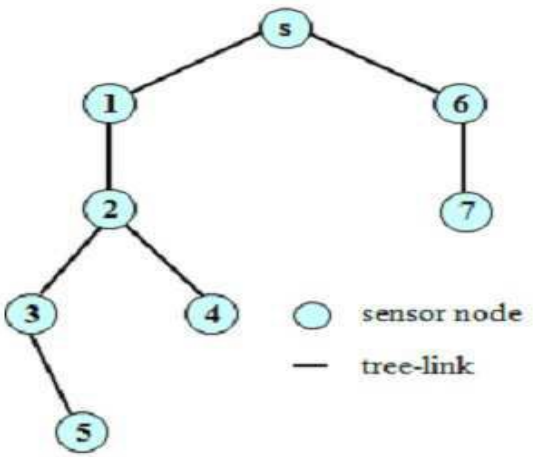
부호의 설명

[0138] 300 : 노드 장치 301 : 인터페이스부

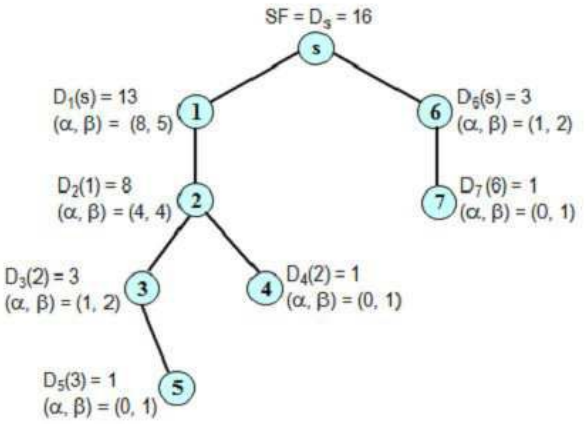
302 : 계산부 303 : 제어부

도면

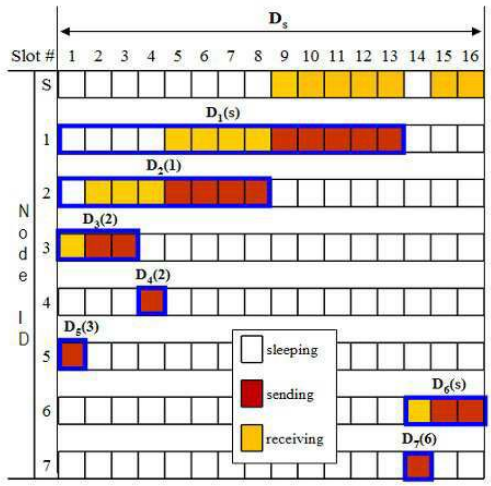
도면1



도면2



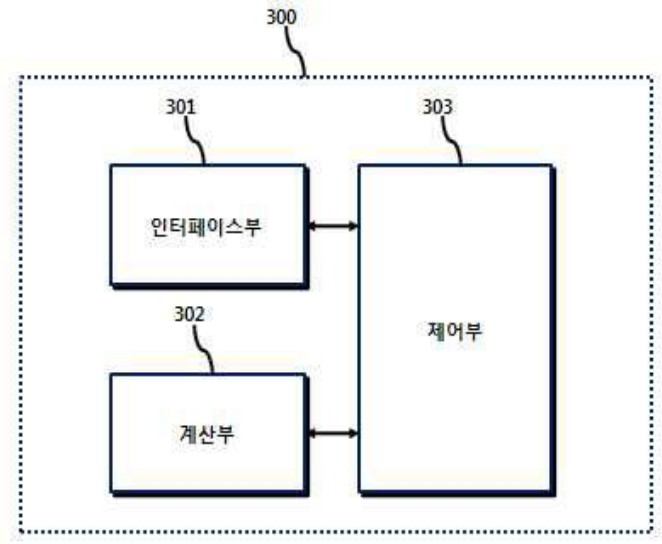
도면3



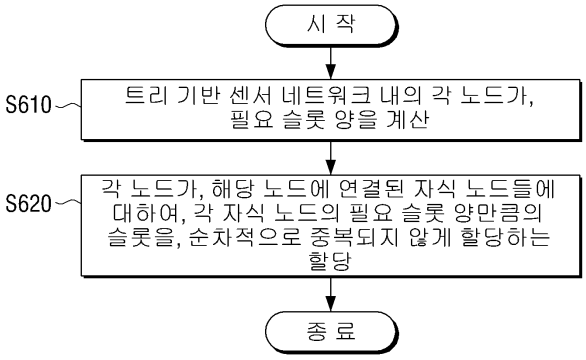
도면4

```
// We assume that node i knows Dk(i) for its child k
// startPos : the start position of node's demand w.r.t. SF
// SS-REQ(x): synchronization schedule request message
// that includes start position x
At a sink node s:
startPos = 1;
for each node k in s.C do
    Send SS-REQ(startPos) to node k
    startPos = startPos + Dk(s)
endFor
At an intermediate node i:
wait for SS-REQ(x) startPos = x
for each node k in i.C do
    send SS-REQ(startPos) to node k
    startPos = startPos + Dk(i)
endFor
```

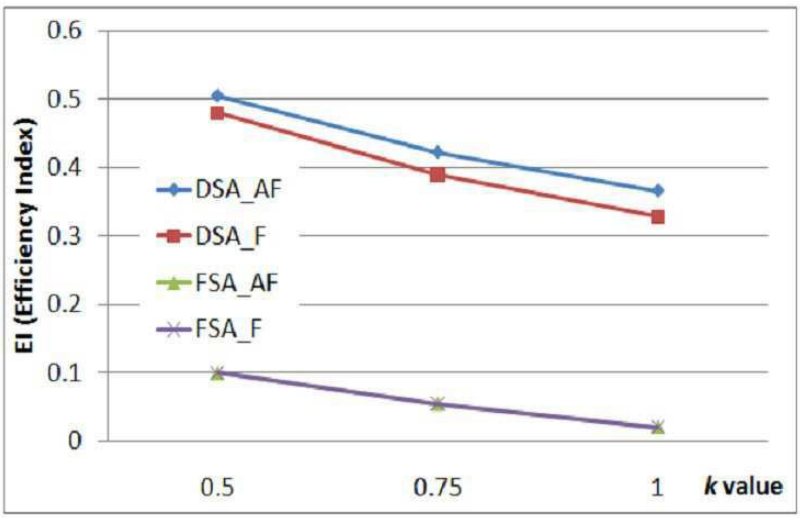
도면5


300
301
303
인터페이스부
302
제어부
계산부

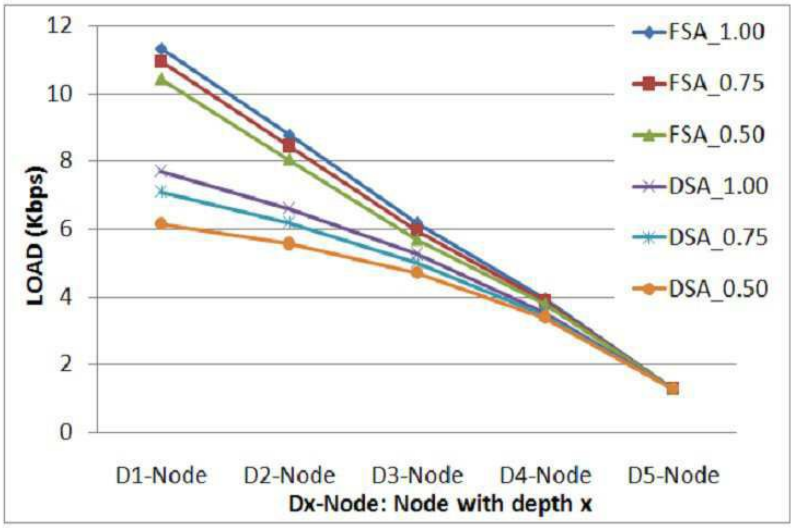
도면6


시 작
S610
트리 기반 센서 네트워크 내의 각 노드가, 필요 슬롯 양을 계산
S620
각 노드가, 해당 노드에 연결된 자식 노드들에 대하여, 각 자식 노드의 필요 슬롯 양만큼의 슬롯을, 순차적으로 중복되지 않게 할당하는 할당
종 료

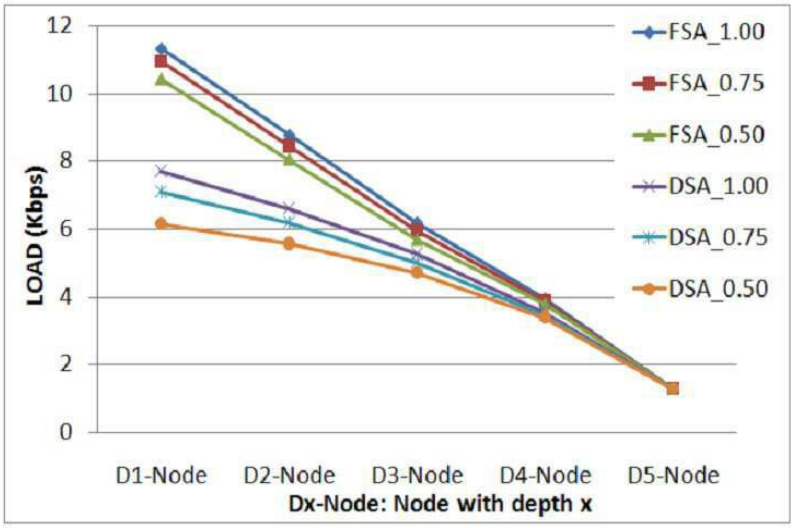
도면7


0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
EI (Efficiency Index)
DSA_AF
DSA_F
FSA_AF
FSA_F
0.5
0.75
1
k value

도면8


12
10
8
6
4
2
0
LOAD (Kbps)
FSA_1.00
FSA_0.75
FSA_0.50
DSA_1.00
DSA_0.75
DSA_0.50
D1-Node
D2-Node
D3-Node
D4-Node
D5-Node
Dx-Node: Node with depth x

도면9


12
10
8
6
4
2
0
LOAD (Kbps)
FSA_1.00
FSA_0.75
FSA_0.50
DSA_1.00
DSA_0.75
DSA_0.50
D1-Node
D2-Node
D3-Node
D4-Node
D5-Node
Dx-Node: Node with depth x