(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년04월26일
(11) 등록번호 10-1615743
(24) 등록일자 2016년04월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 12/24 (2006.01) *H04L 12/751* (2013.01)
(52) CPC특허분류
H04L 41/0813 (2013.01)
H04L 41/0823 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0020845
(22) 출원일자 2015년02월11일
심사청구일자 2015년02월11일
(56) 선행기술조사문헌
KR101475934 B1
KR1020120070425 A
KR1020030090084 A
KR1020090099636 A

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
강현국
서울특별시 강동구 천중로 264, 11동 1205호 (길동, 신동아아파트)
이창민
울산광역시 남구 삼호로 115 (무거동)
(74) 대리인
특허법인엠에이피에스

전체 청구항 수 : 총 12 항 심사관 : 윤태섭

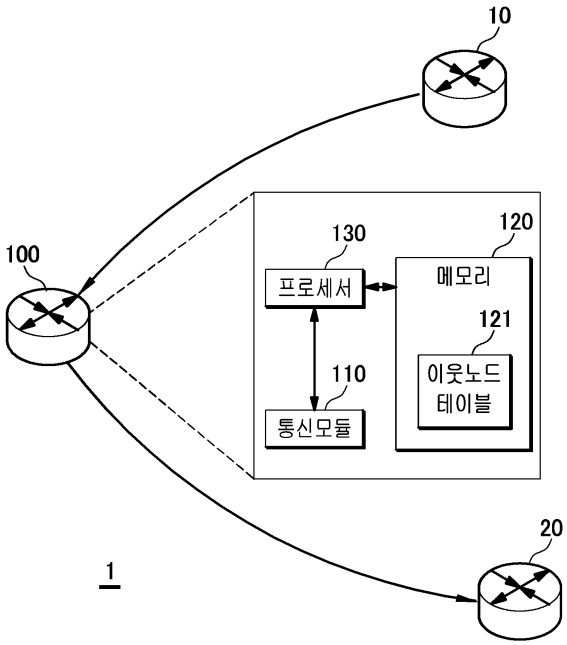
(54) 발명의 명칭 **무선 센서 네트워크의 노드 및 노드 상태 제어 방법**

(57) 요 약

무선 센서 네트워크의 노드는 상기 노드의 이웃 노드와 패킷을 송수신하는 통신 모듈, 상기 노드의 상태를 제어하는 프로그램이 저장된 메모리 및 상기 프로그램을 실행시키는 프로세서를 포함한다. 이때, 상기 통신 모듈은 상기 이웃 노드로부터 전송된 패킷의 수신 여부를 확인하고, 상기 프로세서는 상기 통신 모듈이 상기 패킷을 수

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



신함에 따라, 상기 이웃 노드의 수가 임계값보다 큰 경우, 0에서 액티브 상태인 이웃 노드의 수 사이의 난수를 생성하며, 상기 액티브 상태인 이웃 노드의 수가 임계값보다 작거나 같은 경우, 또는 상기 이웃 노드의 수가 임계값보다 크고, 상기 생성된 난수가 상기 임계값과 상기 노드의 현재 상태 유지 시간의 비교 결과보다 작거나 같은 경우, 상기 노드의 상태를 액티브 상태로 유지하고, 상기 이웃 노드의 수가 임계값보다 크고, 상기 생성된 난수가 상기 임계값과 상기 현재 상태 유지 시간의 비교 결과보다 큰 경우, 상기 노드의 상태를 패시브 상태로 변경하며, 상기 유지 또는 변경된 노드의 상태에 기초하여 상기 수신한 패킷의 전송 여부를 결정하고, 상기 메모리에는 액티브 상태인 이웃 노드의 수, 이웃 노드의 상태 정보 및 엔트리가 포함된 이웃 노드 테이블이 저장되며, 상기 엔트리는 상기 이웃 노드의 ID, 주소 필드 및 수신 시간 필드를 포함한다.

(52) CPC특허분류
H04L 41/12 (2013.01)
H04L 45/02 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1345229203
부처명 교육부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 BK21플러스사업(0.5)
연구과제명 건강안전진단 ICT 융합기술 연구팀
기 여 율 1/1
주관기관 고려대학교세종캠퍼스
연구기간 2014.03.01 ~ 2015.02.28
공지예외적용 : 있음

명 세 서

청구범위

청구항 1

무선 센서 네트워크의 노드에 있어서,

상기 노드의 이웃 노드와 패킷을 송수신하는 통신 모듈,

상기 노드의 상태를 제어하는 프로그램이 저장된 메모리 및

상기 프로그램을 실행시키는 프로세서를 포함하되,

상기 통신 모듈은 상기 이웃 노드로부터 전송된 패킷의 수신 여부를 확인하고,

상기 프로세서는 상기 통신 모듈이 상기 패킷을 수신함에 따라, 상기 이웃 노드의 수가 임계값보다 큰 경우, 0에서 액티브 상태인 이웃 노드의 수 사이의 난수를 생성하며,

상기 액티브 상태인 이웃 노드의 수가 임계값보다 작거나 같은 경우, 또는 상기 이웃 노드의 수가 임계값보다 크고, 상기 생성된 난수가 상기 임계값과 상기 노드의 현재 상태 유지 시간의 비교 결과보다 작거나 같은 경우, 상기 노드의 상태를 액티브 상태로 유지하고,

상기 이웃 노드의 수가 임계값보다 크고, 상기 생성된 난수가 상기 임계값과 상기 현재 상태 유지 시간의 비교 결과보다 큰 경우, 상기 노드의 상태를 패시브 상태로 변경하며,

상기 유지 또는 변경된 노드의 상태에 기초하여 상기 수신한 패킷의 전송 여부를 결정하고,

상기 메모리에는 액티브 상태인 이웃 노드의 수, 이웃 노드의 상태 정보 및 엔트리가 포함된 이웃 노드 테이블이 저장되며, 상기 엔트리는 상기 이웃 노드의 ID, 주소 필드 및 수신 시간 필드를 포함하며,

상기 임계값과 상기 노드의 현재 상태 유지 시간의 비교 결과는 상기 임계값에서 상기 노드의 현재 상태 유지 시간을 뺀 결과값 또는 상기 임계값과 상기 노드의 현재 상태 유지 시간을 합산한 결과값인 것인, 노드.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 프로세서는 상기 노드의 상태가 패시브 상태이면,

상기 액티브 상태인 이웃 노드의 수가 임계값보다 작거나 같은 경우, 또는 상기 이웃 노드의 수가 임계값보다 크고, 상기 생성된 난수가 상기 임계값과 상기 현재 상태 유지 시간의 비교 결과보다 작은 경우, 상기 노드의 상태를 액티브 상태로 변경하고,

상기 이웃 노드의 수가 임계값보다 크고, 상기 생성된 난수가 상기 임계값과 상기 현재 상태 유지 시간의 비교 결과보다 크거나 같은 경우, 상기 노드의 상태를 패시브 상태로 유지하는 것인, 노드.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 프로세서는 상기 노드의 상태가 액티브 상태에서 패시브 상태로 또는 패시브 상태에서 액티브 상태로 변경됨에 따라 상기 현재 상태 유지 시간과 상기 노드의 현재 상태 유지를 위한 최소 시간을 0으로 초기화시키고,

상기 노드의 상태가 액티브 상태 또는 패시브 상태로 유지됨에 따라 상기 현재 상태 유지 시간과 상기 노드의 현재 상태 유지를 위한 최소 시간을 증가시키는 것인, 노드.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 프로세서는 상기 유지 또는 변경된 노드의 상태가 액티브 상태인지 여부를 확인하되,

상기 노드가 액티브 상태인 경우 상기 패킷의 전송을 승인하고, 상기 노드가 패시브 상태인 경우 상기 패킷을 폐기하는 것인, 노드.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 프로세서는 상기 패킷을 전송한 이웃 노드가 상기 이웃 노드 테이블에 포함된 노드인지 여부를 확인하되,

상기 패킷을 전송한 이웃 노드가 이웃 노드 테이블에 포함된 경우, 상기 이웃 노드에 대응하는 엔트리의 수신 시간 필드를 상기 패킷을 수신한 시간으로 갱신하는 것인, 노드.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 패킷을 전송한 이웃 노드가 이웃 노드 테이블에 포함되지 않은 경우,

상기 프로세서는 상기 이웃 노드에 대응하는 엔트리를 생성하고, 상기 생성된 엔트리의 주소 필드에 상기 이웃 노드의 주소를 기록하며, 상기 생성된 엔트리의 수신 시간 필드에 상기 패킷의 수신 시간을 기록하고, 상기 이웃 노드의 수를 증가시키는 것인, 노드.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 프로세서는 상기 이웃 노드 테이블에 만료된 엔트리가 있는지 여부를 확인하되,

상기 만료된 엔트리가 존재하는 경우, 상기 만료된 엔트리를 삭제하고, 상기 이웃 노드의 수를 감소시키는 것인, 노드.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 프로세서는 상기 노드의 상태를 액티브 상태로 갱신하고, 상기 이웃 노드의 수를 0으로 설정하여, 상기 노드를 초기화시키는 것인, 노드.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 노드의 이웃 노드로부터 패킷을 수신하지 못한 경우 작동하는 타이머의 기 설정된 시간이 도래한 경우,

상기 프로세서는 상기 이웃 노드의 수와 타이머를 초기화시키고, 상기 이웃 노드 테이블에 포함된 모든 엔트리를 삭제하며, 상기 노드의 상태를 액티브 상태로 초기화시키는 것인, 노드.

청구항 10

무선 센서 네트워크에서의 노드 상태 제어 방법에 있어서,

상기 노드의 이웃 노드로부터 전송된 패킷의 수신 여부를 확인하는 단계;

상기 노드가 상기 패킷을 수신함에 따라, 상기 노드의 상태를 갱신하는 단계 및

상기 갱신된 노드의 상태에 기초하여 상기 수신한 패킷의 전송 여부를 결정하는 단계를 포함하되,

상기 노드는 액티브 상태인 이웃 노드의 수, 이웃 노드의 상태 정보 및 엔트리가 포함된 이웃 노드 테이블을 포함하고, 상기 엔트리는 상기 이웃 노드의 ID, 주소 필드 및 수신 시간 필드를 포함하며,

상기 노드의 상태를 갱신하는 단계는,

상기 노드가 상기 패킷을 수신함에 따라, 상기 이웃 노드의 수가 임계값보다 큰 경우, 0에서 액티브 상태인 이웃 노드의 수 사이의 난수를 생성하고,

상기 액티브 상태인 이웃 노드의 수가 임계값보다 작거나 같은 경우, 또는 상기 이웃 노드의 수가 임계값보다 크고, 상기 생성된 난수가 상기 임계값과 상기 노드의 현재 상태 유지 시간의 비교 결과보다 작거나 같은 경우 상기 노드의 상태를 액티브 상태로 유지하며,

상기 이웃 노드의 수가 임계값보다 크고, 상기 생성된 난수가 상기 임계값과 현재 상태 유지 시간의 비교 결과보다 큰 경우 상기 노드의 상태를 패시브 상태로 변경하며,

상기 임계값과 상기 노드의 현재 상태 유지 시간의 비교 결과는 상기 임계값에서 상기 노드의 현재 상태 유지 시간을 뺀 결과값 또는 상기 임계값과 상기 노드의 현재 상태 유지 시간을 합산한 결과값인 것인, 노드 상태 제어 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 노드의 상태를 갱신하는 단계는,

상기 노드의 상태가 패시브 상태이면, 상기 액티브 상태인 이웃 노드의 수가 임계값보다 작거나 같은 경우, 또는 상기 이웃 노드의 수가 임계값보다 크고, 상기 생성된 난수가 상기 임계값과 현재 상태 유지 시간의 비교 결과보다 작은 경우, 상기 노드의 상태를 액티브 상태로 변경하고,

상기 이웃 노드의 수가 임계값보다 크고, 상기 생성된 난수가 상기 임계값과 현재 상태 유지 시간의 비교 결과보다 크거나 같은 경우, 상기 노드의 상태를 패시브 상태로 유지하는 것인, 노드 상태 제어 방법.

청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 패킷의 전송 여부를 결정하는 단계는,

상기 노드의 상태가 액티브 상태인지 여부를 확인하는 단계를 더 포함하되,

상기 노드가 액티브 상태인 경우 상기 패킷의 전송을 승인하고, 상기 노드가 패시브 상태인 경우 상기 패킷을 폐기하는 것인, 노드 상태 제어 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 무선 센서 네트워크의 노드 및 노드의 상태 제어 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network, WSN)는 기지국과 같은 인프라 없이 무선 휴대용 기기간 네트워크를 구성하여 통신하는 방법이다. 무선 센서 네트s워크 기술은 센서를 네트워크로 구성하여 언제 어디서나 컴퓨팅 환경에 접속할 수 있는 유비쿼터스 패러다임이 확대됨에 따라 전세계적으로 활발하게 연구되고 있는 분야이다. 이때, 무선 센서 네트워크의 센서들은 자연 환경이나 선박, 건물 등에 분산되어 자율적인 네트워크를 형성하고, 무선 통신으로 데이터를 주고 받을 수 있다. 또한, 센서들은 원격을 통해 제어/감시 용도로 사용될 수도 있다.

[0003] 이와 같은 무선 센서 네트워크 기술은 다음과 같은 제약 사항이 있다. 첫째로, 무선 센서 네트워크 기술의 궁극적인 목적에 부합하도록 모든 사물에 대한 계산 능력 및 한정된 주파수 자원을 공유하여 사용할 수 있는 무선 통신 능력을 갖추어야 한다. 둘째로, 센서들은 저전력 통신이 가능해야 한다. 즉, 센서는 한번 설치되면 교체 및 수리가 어려우므로 저전력 통신이 가능해야 한다. 이와 같이, 무선 센서 네트워크 기술은 한정된 자원을 얼마나 효율적으로 사용하는지 여부가 중요한 이슈이며, 이와 같은 제약 사항을 고려한 효율적인 프로토콜이 필요한 실정이다.

[0004] 한편, 통신을 하고자 하는 센서의 수가 증가하면 네트워크의 트래픽 증가를 초래하게 된다. 특히, 센서가 일정 지역에 밀집하여 배치된 경우, 사용할 수 있는 무선 대역폭은 한정되어 있기 때문에 트래픽 증가 문제는 더욱 심각해질 수 있다. 또한, 이웃 노드의 수가 증가함에 따라 브로드캐스트 패킷이 기하급수적으로 증가하게 된다.

이는 센서 간에 데이터 패킷의 송수신시, 데이터 패킷의 충돌 및 경쟁을 유발하여 네트워크의 성능을 감소시키고, 한정된 자원을 더욱 많이 소모하게 되며, 이에 따라 네트워크 전체의 에너지 효율은 낮아지게 된다. 따라서, 무선 센서 네트워크를 위한 프로토콜은 불필요한 브로드캐스트를 줄이고, 에너지 소비를 네트워크 전체에 분산시켜 전체 시스템의 수명을 증가시키는 방향으로 설계되어야 하며, 네트워크의 동적 변화에 빠르게 대응할 수 있어야 한다.

[0005] 이와 관련하여, 한국공개특허공보 제10-2008-7019687호(발명의 명칭: 협동 및 비협동 모드의 동작에 관한 통신 방법 및 장치)는 협동 통신 동작 모드와 비협동 통신 동작 모드를 선택 및 스위칭하는 방법 및 장치를 개시하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 다수의 이웃 노드가 전송하는 불필요한 패킷으로 인한 중복 패킷 송수신, 경쟁 및 충돌과 같은 종래 기술의 한계를 극복하고, 나아가 이로 인한 브로드캐스트 스톰 문제를 극복할 수 있는 무선 센서 네트워크의 노드 및 노드의 상태 제어 방법을 제공하고자 한다.

[0007] 다만, 본 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 제 1 측면에 따른 무선 센서 네트워크의 노드는 상기 노드의 이웃 노드와 패킷을 송수신하는 통신 모듈, 상기 노드의 상태를 제어하는 프로그램이 저장된 메모리 및 상기 프로그램을 실행시키는 프로세서를 포함한다. 이때, 상기 통신 모듈은 상기 이웃 노드로부터 전송된 패킷의 수신 여부를 확인하고, 상기 프로세서는 상기 통신 모듈이 상기 패킷을 수신함에 따라, 상기 이웃 노드의 수가 임계값보다 큰 경우, 0에서 액티브 상태인 이웃 노드의 수 사이의 난수를 생성하며, 상기 액티브 상태인 이웃 노드의 수가 임계값보다 작거나 같은 경우, 또는 상기 이웃 노드의 수가 임계값보다 크고, 상기 생성된 난수가 상기 임계값과 상기 노드의 현재 상태 유지 시간의 비교 결과보다 작거나 같은 경우, 상기 노드의 상태를 액티브 상태로 유지하고, 상기 이웃 노드의 수가 임계값보다 크고, 상기 생성된 난수가 상기 임계값과 상기 현재 상태 유지 시간의 비교 결과보다 큰 경우, 상기 노드의 상태를 패시브 상태로 변경하며, 상기 유지 또는 변경된 노드의 상태에 기초하여 상기 수신한 패킷의 전송 여부를 결정하고, 상기 메모리에는 액티브 상태인 이웃 노드의 수, 이웃 노드의 상태 정보 및 엔트리가 포함된 이웃 노드 테이블이 저장되며, 상기 엔트리는 상기 이웃 노드의 ID, 주소 필드 및 수신 시간 필드를 포함한다.

[0009] 또한, 본 발명의 제 2 측면에 따른 무선 센서 네트워크에서의 노드 상태 제어 방법은 상기 노드의 이웃 노드로부터 전송된 패킷의 수신 여부를 확인하는 단계; 상기 노드가 상기 패킷을 수신함에 따라, 상기 노드의 상태를 갱신하는 단계 및 상기 갱신된 노드의 상태에 기초하여 상기 수신한 패킷의 전송 여부를 결정하는 단계를 포함한다. 이때, 상기 노드는 액티브 상태인 이웃 노드의 수, 이웃 노드의 상태 정보 및 엔트리가 포함된 이웃 노드 테이블을 포함하고, 상기 엔트리는 상기 이웃 노드의 ID, 주소 필드 및 수신 시간 필드를 포함하며, 상기 노드의 상태를 갱신하는 단계는, 상기 노드가 상기 패킷을 수신함에 따라, 상기 이웃 노드의 수가 임계값보다 큰 경우, 0에서 액티브 상태인 이웃 노드의 수 사이의 난수를 생성하고, 상기 액티브 상태인 이웃 노드의 수가 임계값보다 작거나 같은 경우, 또는 상기 이웃 노드의 수가 임계값보다 크고, 상기 생성된 난수가 상기 임계값과 상기 노드의 현재 상태 유지 시간의 비교 결과보다 작거나 같은 경우 상기 노드의 상태를 액티브 상태로 유지하며, 상기 이웃 노드의 수가 임계값보다 크고, 상기 생성된 난수가 상기 임계값과 현재 상태 유지 시간의 비교 결과보다 큰 경우 상기 노드의 상태를 패시브 상태로 변경한다.

발명의 효과

[0010] 전술한 과제 해결 수단 중 어느 하나에 의하면, 다수의 노드가 국지적으로 배치되어 있는 경우, 불필요한 패킷으로 인한 중복 패킷 송수신, 경쟁 및 충돌 문제와 더불어, 브로드캐스트 스톰 문제를 해결할 수 있다는 효과가 있다.

[0011] 또한, 다양한 경로를 이용하여 데이터를 전송함으로써 시스템 전체의 에너지가 균등하게 소비되도록 할 수

있다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 센서 네트워크의 노드를 도시한 블록도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 노드 상태 제어 방법의 순서도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 송신자 정보 업데이트 단계의 순서도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 이웃 노드 테이블 갱신 단계의 순서도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 노드 상태 갱신 단계의 순서도이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 노드 상태 갱신 단계를 설명하기 위한 도면이다.

도 7a 내지 도 7f는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 센서 네트워크의 노드 및 노드의 상태 제어 방법을 테스트한 결과를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0014] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0015] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 센서 네트워크(1)의 노드(100)를 도시한 블록도이다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 센서 네트워크(1)의 노드(100)는 라우팅 프로토콜과 상호 협력한다. 라우팅 프로토콜은 수신한 패킷 중 브로드캐스트 패킷 유무를 노드에게 보고하고, 브로드캐스트 전송이 필요할 경우 노드에게 전송할 것인지 여부에 대하여 확인할 수 있다. 이와 같은 노드(100)는 통신 모듈(110), 메모리(120) 및 프로세서(130)를 포함한다.

[0017] 한편, 각 노드(100)는 이웃 노드(10, 20)와 네트워크로 연결될 수 있다. 이때, 네트워크는 근거리 통신망(Local Area Network, LAN), 역 통신망(Wide Area Network, WAN) 또는 부가가치 통신망(Value Added Network, VAN) 등과 같은 유선 네트워크나 이동 통신망(mobile radio communication network) 또는 위성 통신망 등과 같은 모든 종류의 무선 네트워크로 구현될 수 있다.

[0018] 참고로, 본 발명의 실시예에 따른 도 1에 도시된 구성 요소들은 소프트웨어 또는 FPGA(Field Programmable Gate Array) 또는 ASIC(Application Specific Integrated Circuit)와 같은 하드웨어 형태로 구현될 수 있으며, 소정의 역할들을 수행할 수 있다.

[0019] 그렇지만 '구성 요소들'은 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니며, 각 구성 요소는 어드레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다.

[0020] 따라서, 일 예로서 구성 요소는 소프트웨어 구성 요소들, 객체지향 소프트웨어 구성 요소들, 클래스 구성 요소들 및 태스크 구성 요소들과 같은 구성 요소들과, 프로세스들, 함수들, 속성들, 프로시저들, 서브루틴들, 프로그램 코드의 세그먼트들, 드라이버들, 펌웨어, 마이크로 코드, 회로, 데이터, 데이터베이스, 데이터 구조들, 테이블들, 어레이들 및 변수들을 포함한다.

[0021] 구성 요소들과 해당 구성 요소들 안에서 제공되는 기능은 더 작은 수의 구성 요소들로 결합되거나 추가적인 구성 요소들로 더 분리될 수 있다.

[0022] 본 발명의 일 실시예에 따른 통신 모듈(110)은 하나 이상의 이웃 노드(10, 20)와 패킷을 송수신한다. 즉, 통신 모듈(100)은 이웃 노드(10)로부터 패킷을 수신하거나 이웃 노드(20)로 패킷을 송신할 수 있다.

[0023] 메모리(120)는 노드(100)의 상태를 제어하는 프로그램 및 이웃 노드 테이블(121)을 저장하고 있다. 여기에서,

메모리(120)는 캐쉬, ROM(Read Only Memory), PROM(Programmable ROM), EPROM(Erasable Programmable ROM), EEPROM(Electrically Erasable Programmable ROM) 및 플래쉬 메모리(Flash memory)와 같은 비휘발성 메모리 소자 또는 RAM(Random Access Memory)과 같은 휘발성 메모리 소자 또는 하드디스크 드라이브(HDD, Hard Disk Drive), CD-ROM과 같은 저장 매체 중 적어도 하나로 구현될 수 있으나 이에 한정되지는 않는다.

[0024] 프로세서(130)는 메모리(120)에 저장된 프로그램을 실행시킨다. 통신 모듈(110)이 이웃 노드(10)로부터 전송된 패킷을 수신함에 따라, 프로세서(130)는 패킷을 전송한 이웃 노드(이하, 송신자 노드, 10)의 정보를 업데이트하고, 이웃 노드 테이블(121)을 갱신하며, 노드 상태를 갱신하고, 갱신된 노드 상태에 기초하여 수신한 패킷의 전송 여부를 결정한다. 이와 같은 일련의 과정에 대하여 도 2 내지 도 6을 참조하여 보다 구체적으로 설명하도록 한다.

[0025] 한편, 본 발명의 명세서 전체에서, 노드가 '액티브(active) 상태'라 함은, 패킷을 전송할 수 있는 상태인 노드를 의미하고, 노드가 '패시브(passive) 상태'라 함은, 패킷을 전송할 수 없는 상태인 노드를 의미한다. 이와 마찬가지로 이웃 노드가 '액티브 상태'라 함은, 패킷을 전송할 수 있는 이웃 노드임을 의미한다.

[0026] 또한, 본 발명의 명세서 전체에서 '엔트리(Active Neighbor Node Entry)'는 액티브 상태인 이웃 노드의 정보를 저장하는 엔트리로서, 엔트리는 이웃 노드를 식별하기 위한 ID, 이웃 노드의 주소 정보를 저장하는 주소 필드 및 이웃 노드로부터 마지막 패킷을 수신한 시간 정보를 저장하는 수신 시간 필드를 포함한다.

[0027] 또한, 각 노드는 '이웃 노드 테이블'을 포함할 수 있으며, 이때 이웃 노드 테이블은 액티브 상태인 이웃 노드의 수, 이웃 노드의 상태 정보 및 엔트리를 포함할 수 있다. 이와 더불어, 이웃 노드 테이블은 타이머(미도시)를 더 포함할 수 있으며, 이때 타이머는 이웃 노드 테이블 외에 노드 또는 외부 장치에 존재할 수도 있다.

[0028] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 노드 상태 제어 방법의 순서도이다. 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 송신자 정보 업데이트 단계의 순서도이다. 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 이웃 노드 테이블 갱신 단계의 순서도이다. 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 노드 상태 갱신 단계의 순서도이다. 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 노드 상태 갱신 단계를 설명하기 위한 도면이다.

[0029] 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 센서 네트워크(1)에서의 노드 상태 제어 방법은 먼저, 프로세서(130)가 노드(100)를 부팅시키고(S200), 노드 상태를 초기화시킨다(S210). 이때, 프로세서(130)는 노드(100)의 상태를 액티브 상태로 갱신하고, 이웃 노드의 수를 0으로 설정함으로써, 노드(100)의 상태를 초기화할 수 있다.

[0030] 노드(100) 상태가 초기화되면, 다음으로 통신 모듈(110)은 노드(100)의 주변에 존재하는 이웃 노드(10)로부터 전송된 패킷의 수신 여부를 확인한다(S220). 이때, 패킷의 송수신이 일정 시간 동안 없는 경우, 타이머의 기 설정된 시간이 도래하였는지 여부를 확인한다. 이때, 타이머는 노드(100)가 이웃 노드(10)로부터 패킷을 수신하지 못한 경우에 동작한다. 타이머의 기 설정된 시간이 도래한 경우, 프로세서(130)는 이웃 노드 테이블(121)에 포함된 모든 엔트리를 삭제하고(S271), 이웃 노드의 수와 타이머를 초기화시키며(S273), 노드(100)의 상태를 액티브 상태로 초기화시킨다(S275). 이와 달리, 타이머의 기 설정된 시간이 아직 도래하지 않은 경우 통신 모듈(110)은 패킷의 수신 여부를 대기하는 대기 상태를 유지한다.

[0031] 위와 달리, 통신 모듈(110)이 송신자 노드(10)로부터 패킷을 수신한 경우, 프로세서(130)는 송신자 노드(10)의 정보를 업데이트한다(S230). 도 3을 참조하면, 프로세서(130)는 패킷을 전송한 송신자 노드(10)가 이웃 노드 테이블(121)에 포함되어 있는지 여부를 확인한다(S231). 이때, 본 발명의 일 실시예에 따른면, 패킷을 송신한 송신자 노드(10)에 대한 정보가 이웃 노드 테이블(121)에 포함되어 있는지 여부는 이웃 노드 테이블(121)의 엔트리에 포함된 주소 필드에 기초하여 확인할 수 있다.

[0032] 이에 따라, 송신자 노드(10)가 이웃 노드 테이블(121)에 포함된 경우, 송신자 노드(10)에 대응하는 엔트리의 수신 시간 필드를 패킷을 수신한 시간으로 갱신한다(S232). 이와 달리, 송신자 노드(10)가 이웃 노드 테이블(121)에 포함되어 있지 않은 경우, 프로세서(130)는 송신자 노드(10)에 대응하는 엔트리를 생성한다(S233). 그리고, 생성된 엔트리의 주소 필드에 송신자 노드(10)의 주소를 기록하고(S234), 수신 시간 필드에 패킷의 수신 시간을 기록한다(S235). 이와 더불어, 이웃 노드 테이블(121)에 기록된 이웃 노드의 수를 증가시킨다(S236).

[0033] 다시 도 2를 참조하면, 송신자 노드(10) 정보의 업데이트가 완료되면, 프로세서(130)는 이웃 노드 테이블(121)을 갱신한다(S240). 이와 관련하여 도 4를 참조하면, 프로세서(130)는 이웃 노드 테이블(121)에 만료된 엔트리가 존재하는지 여부를 확인한다(S241). 이웃 노드 테이블(121)에 만료된 엔트리가 존재하는 경우, 프로세서(130)는 이웃 노드 테이블(121)의 만료된 엔트리를 삭제하고(S243), 이웃 노드의 수를 감소시킨다(S245). 이와

달리, 만료된 엔트리가 존재하지 않으면, 프로세서(130)는 다음 단계인 노드 상태 갱신 단계를 수행한다.

[0034] 다음으로, 프로세서(130)는 노드 상태 갱신 단계를 수행하며(S250), 이웃 노드 수에 기초하여 노드(100)의 상태를 액티브 상태 또는 패시브 상태로 유지 또는 변경시킬 수 있다. 이때, 노드(100)의 상태가 액티브 상태로 유지 또는 변경될 경우, 노드(100)는 패킷을 다음 이웃 노드(20)로 전송할 수 있으나, 패시브 상태로 유지 또는 변경될 경우, 노드(100)는 패킷을 다음 이웃 노드(20)로 전송할 수 없다.

[0035] 이에 대하여 도 5 및 도 6을 참조하여 구체적으로 설명하도록 한다.

[0036] 통신 모듈(110)이 송신자 노드(10)로부터 패킷을 수신함에 따라, 프로세서(130)는 노드(100)가 액티브 상태인지 여부를 확인한다(S251). 노드(100)가 액티브 상태인 경우, 프로세서(130)는 이웃 노드의 수와 임계값을 비교하고(S2511), 이웃 노드의 수가 임계값보다 큰 경우, 0에서 액티브 상태인 이웃 노드의 수 사이의 난수를 생성한다(S2513). 그리고, 프로세서(130)는 생성된 난수와, 임계값과 노드(100)의 현재 상태 유지 시간을 비교하고(S2515), 비교 결과 생성된 난수가 임계값과 노드(100)의 현재 상태 유지 시간의 비교 결과보다 작거나 같은 경우, 노드(100)의 상태를 액티브 상태로 유지시킨다(S2519). 보다 구체적으로, 프로세서(130)는 생성된 난수가 임계값에서 노드(100)의 현재 상태 유지 시간을 뺀 결과값보다 작거나 같은 경우 노드(100) 상태를 액티브 상태로 유지시킨다. 이와 더불어, 프로세서(130)는 노드(100)의 상태가 액티브 상태로 유지됨에 따라 노드(100)의 현재 상태 유지 시간과 노드의 현재 상태 유지를 위한 최소 시간을 증가시킨다.

[0037] 이와 달리, 프로세서(130)는 생성된 난수가 임계값과 노드(100)의 현재 상태 유지 시간의 비교 결과보다 큰 경우, 노드(100)의 상태를 패시브 상태로 변경시킨다(S2517). 보다 구체적으로, 프로세서(130)는 생성된 난수가 임계값에서 노드(100)의 현재 상태 유지 시간을 뺀 결과값보다 큰 경우 노드 상태를 패시브 상태로 변경시킨다. 이와 더불어, 프로세서(130)는 노드(100)의 상태가 패시브 상태로 변경됨에 따라 노드(100)의 현재 상태 유지 시간과 노드(100)의 현재 상태 유지를 위한 최소 시간을 0으로 초기화시킨다.

[0038] 한편, 프로세서(130)는 이웃 노드의 수와 임계값을 비교한 결과(S2511), 이웃 노드의 수가 임계값보다 작거나 같은 경우, 위와 달리 난수를 생성하지 않고, 노드(100)의 상태를 액티브 상태로 유지시킨다(S2519). 그리고, 프로세서(130)는 노드(100)의 상태가 액티브 상태로 유지됨에 따라 노드(100)의 현재 상태 유지 시간과 노드(100)의 현재 상태 유지를 위한 최소 시간을 증가시킨다.

[0039] 프로세서(130)가 노드(100)의 상태가 패시브 상태인 것으로 확인한 경우(S251), 프로세서(130)는 액티브 상태인 이웃 노드의 수를 임계값과 비교하고(S2521), 비교 결과 이웃 노드의 수가 임계값보다 큰 경우, 0에서 액티브 상태인 이웃 노드의 수 사이의 난수를 생성한다(S2523). 그리고, 프로세서(130)는 생성된 난수가 임계값과 노드(100)의 현재 상태 유지 시간의 비교 결과보다 작은 경우(S2525), 노드(100)의 상태를 액티브 상태로 변경시킨다(S2529). 보다 구체적으로, 프로세서(130)는 생성된 난수가 임계값과 노드(100)의 현재 상태 유지 시간을 합산한 결과값보다 큰 경우, 노드(100) 상태를 액티브 상태로 변경시킨다. 그리고, 프로세서(130)는 노드(100)의 상태가 액티브 상태로 변경됨에 따라 노드(100)의 현재 상태 유지 시간과 노드(100)의 현재 상태 유지를 위한 최소 시간을 0으로 초기화시킨다.

[0040] 이와 달리, 프로세서(130)는 생성된 난수가 임계값과 노드(100)의 현재 상태 유지 시간의 비교 결과보다 크거나 같은 경우(S2525), 노드(100)의 상태를 패시브 상태로 유지시킨다(S2527). 보다 구체적으로, 프로세서(130)는 생성된 난수가 임계값과 노드(100)의 현재 상태 유지 시간을 합산한 결과값보다 크거나 같은 경우 노드 상태를 패시브 상태로 유지시킨다. 이와 더불어, 프로세서(130)는 노드(100)의 상태가 패시브 상태로 유지됨에 따라 노드(100)의 현재 상태 유지 시간과 노드(100)의 현재 상태 유지를 위한 최소 시간을 증가시킨다.

[0041] 한편, 프로세서(130)는 이웃 노드의 수와 임계값을 비교한 결과(S2521), 이웃 노드의 수가 임계값보다 작거나 같은 경우, 위와 달리 난수를 생성하지 않고, 노드(100)의 상태를 액티브 상태로 변경시킨다(S2529). 그리고, 프로세서(130)는 노드(100)의 상태가 액티브 상태로 변경됨에 따라 노드(100)의 현재 상태 유지 시간과 노드(100)의 현재 상태 유지를 위한 최소 시간을 0으로 초기화시킨다.

[0042] 다시 도 2를 참조하면, 프로세서(130)는 노드(100)의 상태가 액티브 상태 또는 패시브 상태로 유지 또는 변경됨에 따라 변경된 노드(100)의 상태에 기초하여 송신자 노드(10)로부터 수신한 패킷의 전송 여부를 결정한다. 이때, 프로세서(130)는 유지 또는 변경된 노드(100)가 액티브 상태인 경우, 송신자 노드(10)로부터 수신한 패킷에 대하여 다음 이웃 노드(20)로의 전송을 승인한다. 이와 달리, 노드(100)의 상태가 패시브 상태인 경우 송신자 노드(10)로부터 수신한 패킷을 폐기한다.

[0043] 이와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 센서 네트워크(1)의 노드(100) 및 노드 상태 제어 방법에 따르면,

다수의 노드가 국지적으로 배치되어 있는 경우, 불필요한 패킷으로 인한 중복 패킷 송수신, 경쟁 및 충돌 문제와 더불어, 브로드캐스트 스톰 문제를 해결할 수 있다는 효과를 기대할 수 있다. 또한, 다양한 경로를 이용하여 데이터를 전송함으로써 시스템 전체의 에너지가 균등하게 소비되도록 할 수 있다는 효과를 기대할 수 있다. 이하에서는, 이와 같은 효과를 도 7a 내지 도 7f를 참조하여 보다 구체적으로 설명하도록 한다.

[0044] 도 7a 내지 도 7f는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 센서 네트워크(1)의 노드(100) 및 노드의 상태 제어 방법을 테스트한 결과를 도시한 도면이다.

[0045] AODV(Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing)는 대표적인 요구기반 라우팅 프로토콜로서 발신지 노드가 데이터 전송이 필요할 때 목적지 노드까지의 라우팅 경로를 찾는 프로토콜을 의미한다. 이하, 도 7a 내지 도 7f에서는 AODV 기법과, 본 발명에 따른 본 발명에 따른 무선 센서 네트워크(1)의 노드 상태 제어 방법(이하 EFES, Efficient Fair Energy Saving)을 비교하여 설명하도록 한다.

[0046] 도 7a는 AOVD 및 EFES를 적용한 경우, 전체 노드 수 대비 전달된 제어 패킷 수를 도시한 그래프이다. 이때, 제어 패킷은 예를 들어, RREQ(Route Request packet), RREP(Route Reply packet), RRER(Route Error packet) 및 HELLO 패킷일 수 있다. AOVD 기법과 EFES 기법을 적용할 경우, 전반적으로 전체 노드의 수가 증가할수록 전달된 제어 패킷의 수가 함께 증가하는 것을 그래프를 통해 확인할 수 있다. 그러나, EFES 기법을 적용할 경우 전달된 제어 패킷의 수가 AODV 에 비해 급격하게 줄어들게 된다. 또한, AODV와 EFES의 전달된 제어 패킷의 수는 전체 노드의 수가 증가할수록 그 차이가 커짐을 확인할 수 있다. 이와 같이 본 발명에 따른 무선 센서 네트워크(1)에서의 노드 상태 제어 방법을 적용하면, T(traffics)가 15인 경우, 전체 노드의 수가 증가할수록 전달되는 제어 패킷의 수를 AODV에 비하여 57.43%, 45.80%, 45.90% 및 43.40% 감소시킬 수 있다. 이에 따라, 본 발명의 경우 종래 AODV 기법에 비하여, 불필요한 제어 패킷이 전달되는 것을 감소시켜 패킷 전송률을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라, 불필요한 브로드캐스팅 패킷을 감소시켜 에너지 효율성을 향상시킬 수 있는 효과를 기대할 수 있다.

[0047] 도 7b는 AOVD 및 EFES 기법을 적용한 경우, 전체 노드 수 대비 패킷 전송률을 도시한 그래프이다. 패킷 전송률은 소스 노드로부터 목적지 노드로 전송된 데이터 패킷의 수를 의미한다. AODV와 EFES 기법을 적용한 경우 모두 T가 20일 때 패킷 전송률이 가장 높음을 확인할 수 있다. 이때, EFES 기법은 불필요한 제어 패킷이 전송되는 것을 줄임으로써, 모든 트래픽 환경에서 패킷 전송률이 AODV 대비 약12% 향상되었다. 이와 같이, 본 발명에 따른 무선 센서 네트워크(1)에서의 노드 상태 제어 방법을 적용할 경우, 불필요한 패킷 재전송률을 감소시킴으로써, AODV 기법에 비해 전체 네트워크의 수명을 증가시킬 수 있는 효과를 기대할 수 있다.

[0048] 도 7c는 AOVD 및 EFES 기법을 적용한 경우, 전체 노드 수 대비 평균 단대단(End-to-End) 지연 시간을 도시한 그래프이다. 평균 단대단 지연 시간은 전체 노드에서의 단대단 지연시간의 평균값이다. 그리고 단대단 지연 시간은 패킷이 소스 노드에서 목적지 노드까지 전송되는데 소요되는 시간으로서, 하기의 수학식 1을 통해 산출될 수 있다.

[0049] [수학식 1]

[0050] $$\text{단대단 지연시간} = \frac{(\text{모든 패킷의 전체 지연시간})}{(\text{수신한 패킷의 수})}$$

[0051] EFES에서의 평균 단대단 지연 시간은 AODV 기법보다 모든 조건에서 더 작게 나타남을 확인할 수 있으며, 이는 도 7b에서 살펴본 바와 같이 패킷 전송률이 향상됨에 따라 기인된 것이다. 트래픽 15의 경우 EFES는 평균 단대단 지연 시간이 0.753625초, AODV의 경우 1.751744초임을 확인할 수 있다. 이와 같이, 본 발명에 따른 노드 상태 제어 방법을 적용하면, AODV 기법에 비해 약 50% 정도의 평균 단대단 지연 시간을 줄일 수 있다는 효과를 기대할 수 있다.

[0052] 도 7d는 AOVD 및 EFES 기법을 적용한 경우, 전체 노드 수 대비 처리량(Throughput)을 도시한 그래프이다. 이때, 처리량은 소스 노드에서 전송한 패킷 중 목적지 노드가 수신한 패킷에 대한 데이터 전송률로 정의될 수 있다. 이와 같은 처리량은 하기 수학식 2를 통해 산출될 수 있다.

[0053] [수학식 2]

[0054] $$\text{처리량} = \frac{(\text{수신된 전체 바이트}(byte)*8)}{(\text{최종 패킷 수신시간}-\text{최초 패킷 수신시간})} \ (\text{세션이 완료된경우})$$

[0055] $$\text{처리량}=\frac{(\text{수신된 전체 바이트}(byte)*8)}{(\text{동작시간}-\text{최초 패킷 수신시간})}\ (\text{세션이 완료되지 않은 경우})$$

[0056] AODV의 평균 처리량은 10, 15 및 20 트래픽에서 각각 21479, 34484.5 및 49996.25bits/sec을 나타낸 반면, EFES의 평균 처리량은 25670.25, 43533.5 및 56486.25bit/sec가 나타남을 확인할 수 있다. 이와 같이 본 발명에 따른 노드 상태 제어 방법의 경우, 각 노드의 상태에 따라 최적의 경로를 선택하므로, 트래픽 수에 따라 평균 처리량이 약 10 내지 27% 정도 향상됨을 확인할 수 있다.

[0057] 도 7e는 AOVD 및 EFES 기법을 적용한 경우, 전체 노드 수 대비 패킷 수신 모드에서의 에너지 소비 정도를 도시한 그래프이다. 트래픽이 15인 AODV의 경우, 50, 100, 150 및 200 노드에서 전체 에너지의 31.75, 102,08, 19.36 및 338.35mjoule의 에너지를 소비한 반면, EFES의 경우, 30.13, 77.09, 126.15 및 182.96mjoule을 소비하였다. 즉, EFES의 경우 50, 100, 150 및 200 노드에서 AODV 대비 약 5, 24, 35 및 45%의 에너지가 절감되는 것을 확인할 수 있다. 이와 같이, 본 발명에 따른 노드 상태 제어 방법에 따르면, 불필요한 패킷 전송을 줄여 에너지 소비 정도를 절감할 수 있는 효과를 기대할 수 있다.

[0058] 도 7f는 AOVD 및 EFES을 이용한 경우, 전체 노드 수 대비 에너지 소비 변화량을 도시한 그래프이다. 에너지 소비 변화량은 분산된 노드들이 에너지를 어떻게 소비하는지를 나타내는 것이다. 에너지 소비량이 크면, 이는 광범위하게 에너지를 소비하는 것으로서, 각각의 노드에서 에너지가 일정하게 소비되지 않는 것을 의미한다. 변화량의 경우, EFES가 AODV보다 다소 작은편이며, 이는 EFES가 AODV보다 고르게 에너지를 소비하는 것을 나타낸다. 노드의 수가 증가할수록 AODV와 EFES의 편차는 점점 증가한다. 이와 같이, 본 발명에 따른 노드 상태 제어 방법은 전체 시스템의 수명을 보다 연장시킬 수 있는 효과를 기대할 수 있으며, 밀집된 네트워크 시스템 환경에 더욱 적합한 방법임을 알 수 있다.

[0059] 본 발명의 실시예는 컴퓨터에 의해 실행되는 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램 또는 컴퓨터에 의해 실행가능한 명령어를 포함하는 기록 매체의 형태로도 구현될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 휘발성 및 비휘발성 매체, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 또한, 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터 저장 매체 및 통신 매체를 모두 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 통신 매체는 전형적으로 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈, 또는 반송파와 같은 변조된 데이터 신호의 기타 데이터, 또는 기타 전송 메커니즘을 포함하며, 임의의 정보 전달 매체를 포함한다.

[0060] 본 발명의 방법 및 시스템은 특정 실시예와 관련하여 설명되었지만, 그것들의 구성 요소 또는 동작의 일부 또는 전부는 범용 하드웨어 아키텍쳐를 갖는 컴퓨터 시스템을 사용하여 구현될 수 있다.

[0061] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

[0062] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

[0063] 10: 이웃 노드, 송신자 노드 20: 이웃 노드

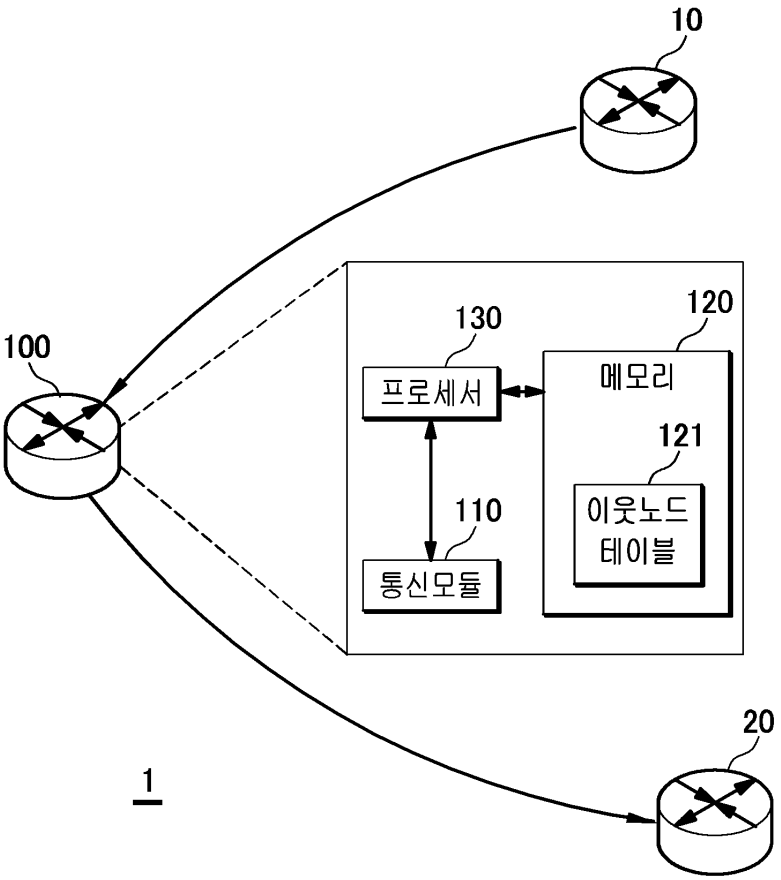
100: 노드 110: 통신 모듈

120: 메모리 121: 이웃 노드 테이블

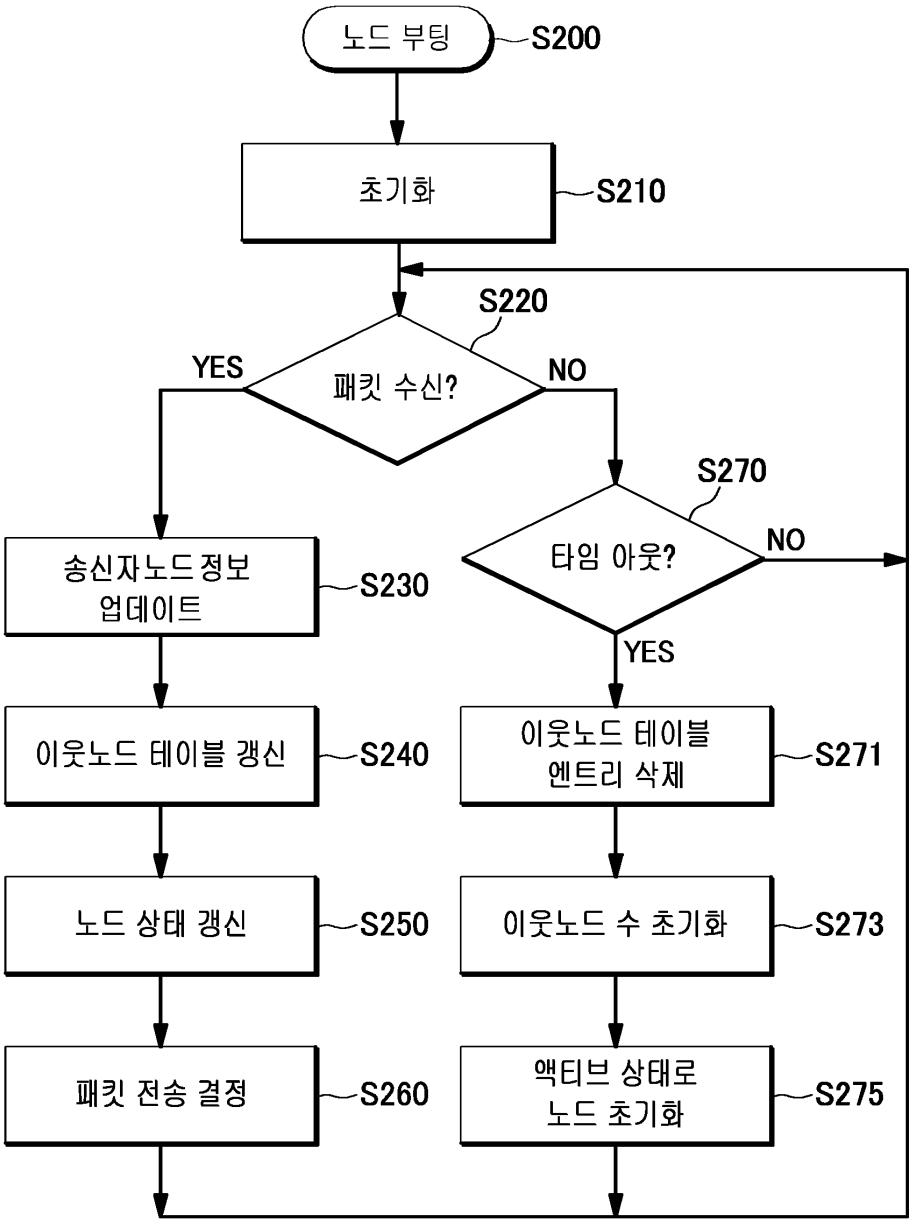
130: 프로세서

도면

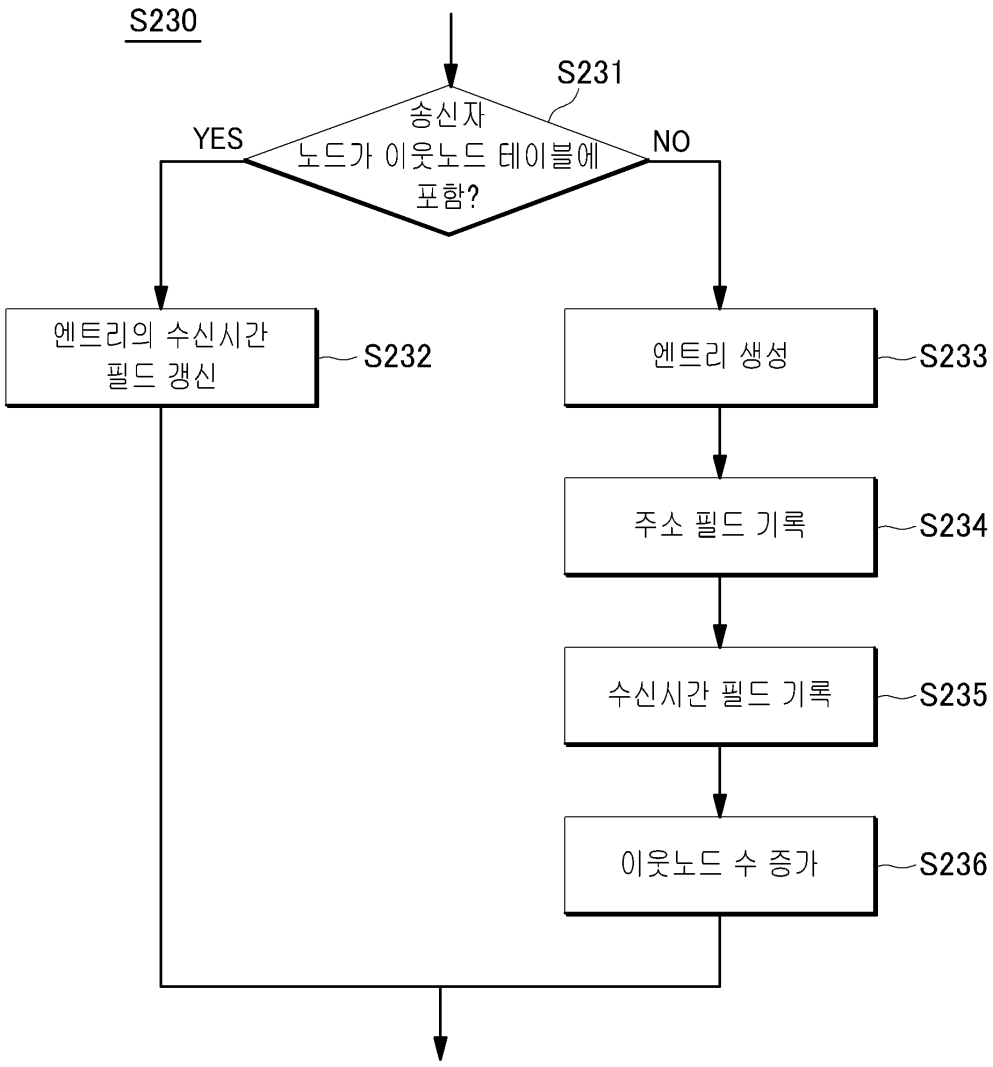
도면1



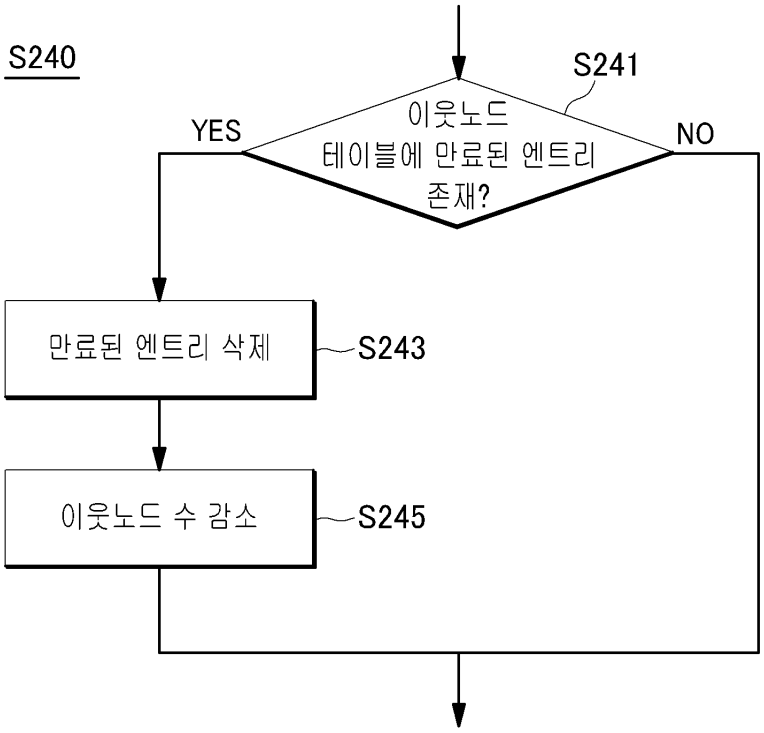
도면2


노드 부팅
S200
초기화
S210
S220
패킷 수신?
YES
NO
송신자노드정보 업데이트
S230
이웃노드 테이블 갱신
S240
노드 상태 갱신
S250
패킷 전송 결정
S260
S270
타임 아웃?
NO
YES
이웃노드 테이블 엔트리 삭제
S271
이웃노드 수 초기화
S273
액티브 상태로 노드 초기화
S275

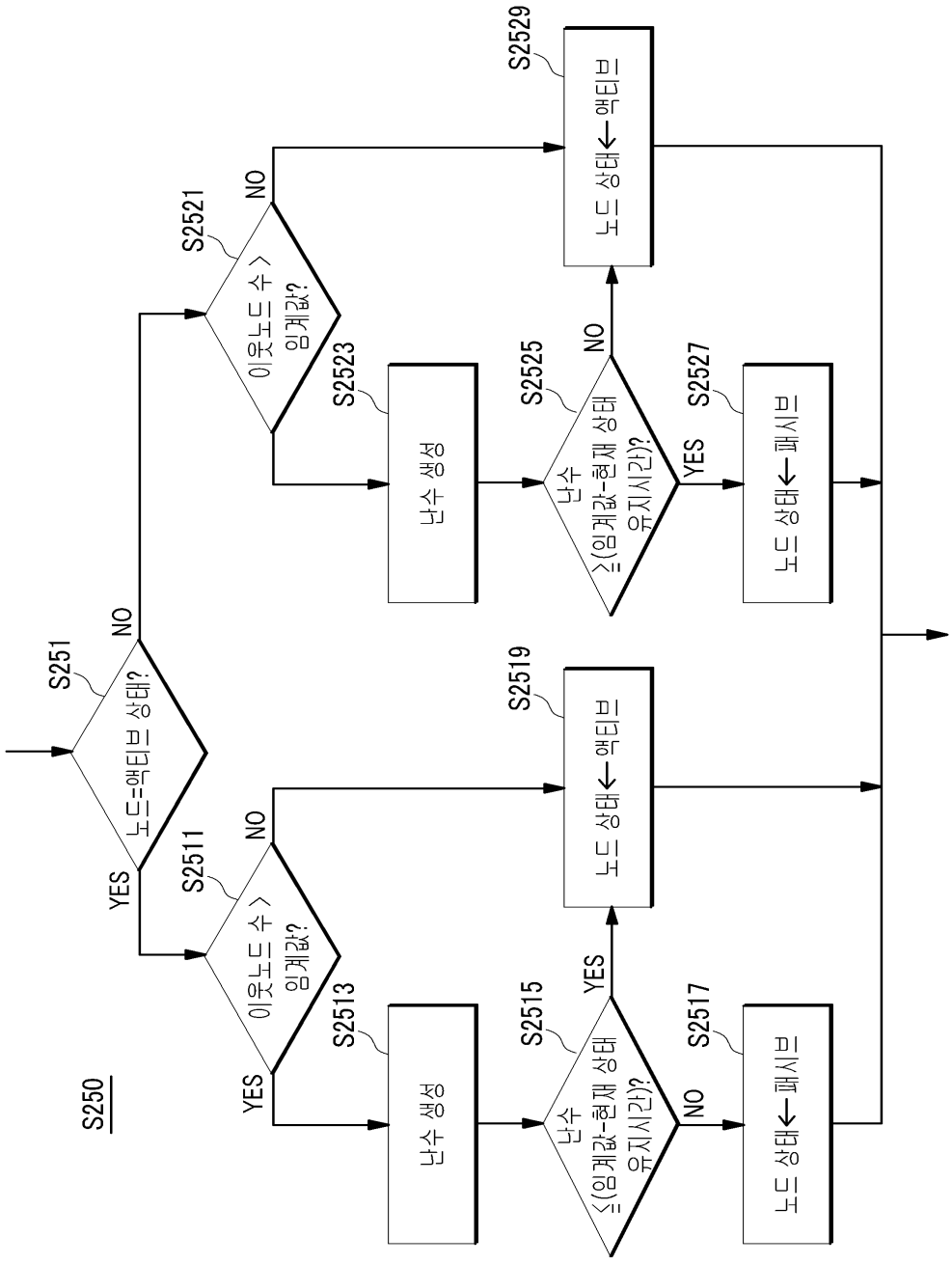
도면3


S230
S231
송신자
노드가 이웃노드 테이블에
포함?
YES
NO
엔트리의 수신시간
필드 갱신
S232
엔트리 생성
S233
주소 필드 기록
S234
수신시간 필드 기록
S235
이웃노드 수 증가
S236

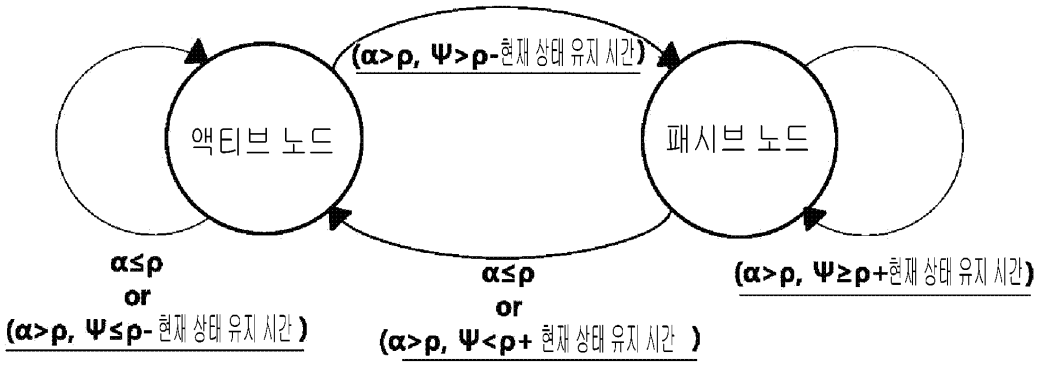
도면4


S240
S241
이웃노드
테이블에 만료된 엔트리
존재?
YES
NO
만료된 엔트리 삭제
S243
이웃노드 수 감소
S245

도면5

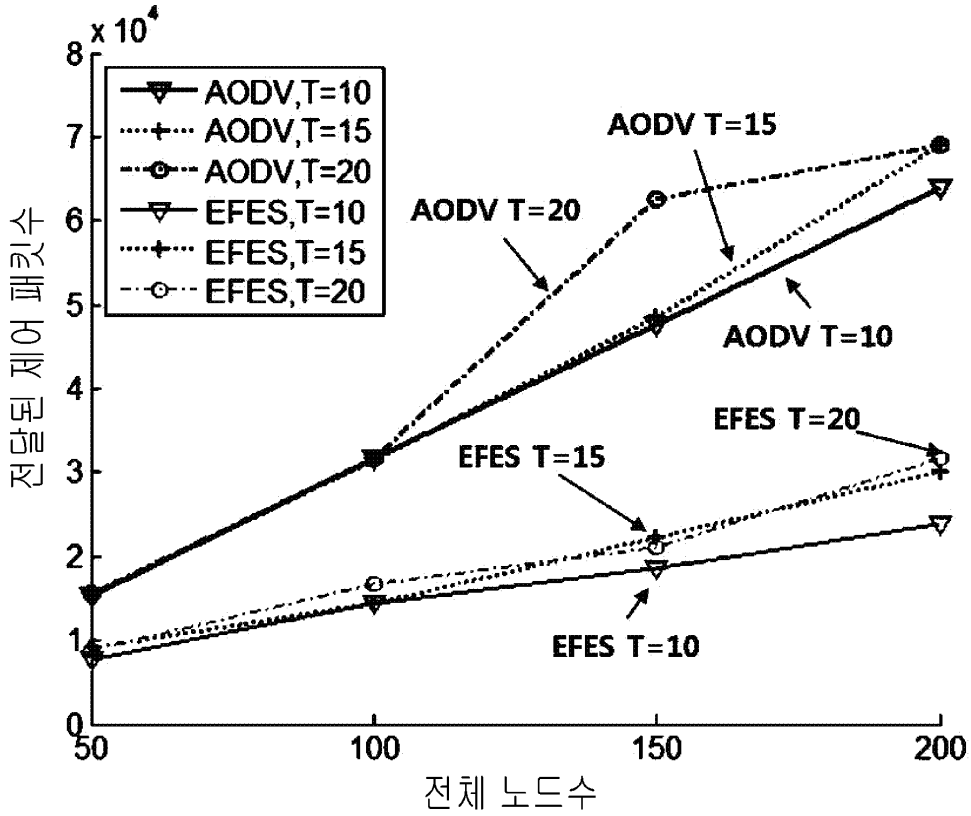

S250
S251
노드=액티브 상태?
YES
NO
S2511
이웃노드 수 > 임계값?
YES
NO
S2513
난수 생성
S2515
난수 ≤(임계값-현재 상태 유지시간)?
YES
NO
S2517
노드 상태 ← 패시브
S2519
노드 상태 ← 액티브
S2521
이웃노드 수 > 임계값?
NO
S2523
난수 생성
S2525
난수 ≤(임계값-현재 상태 유지시간)?
YES
NO
S2527
노드 상태 ← 패시브
S2529
노드 상태 ← 액티브

도면6

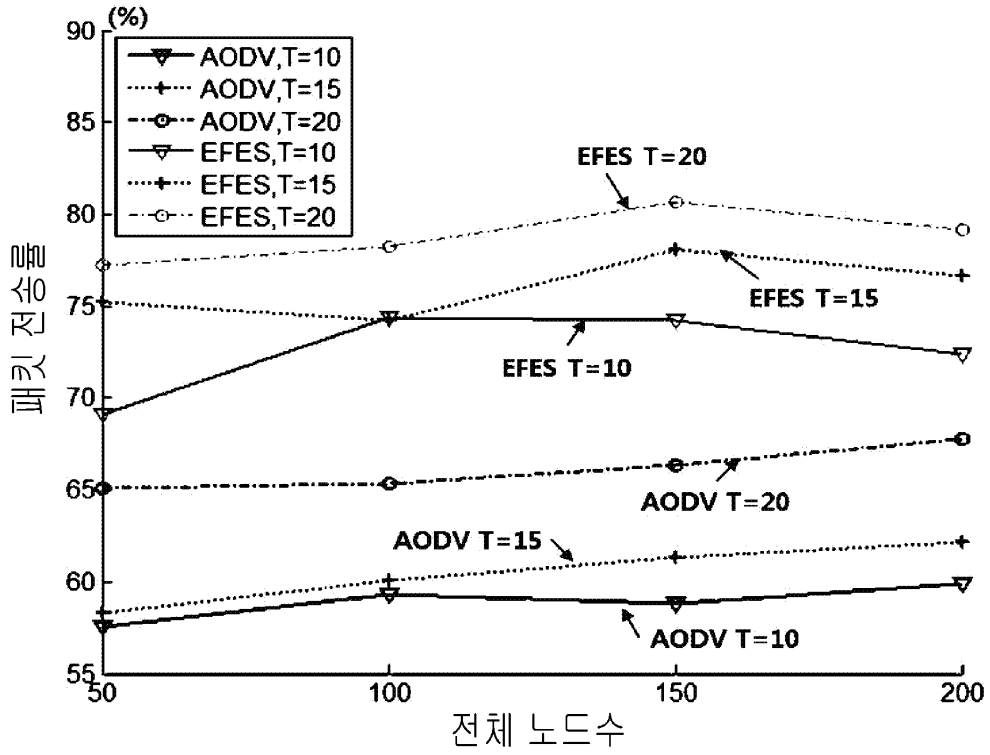


α : 이웃 노드 수
ρ : 임계값
Ψ : 난수

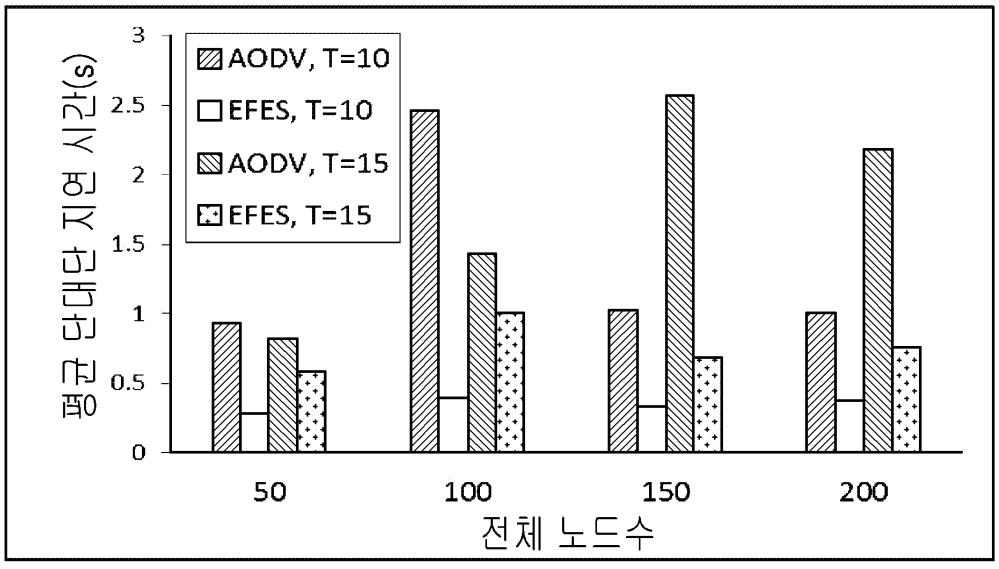
도면7a



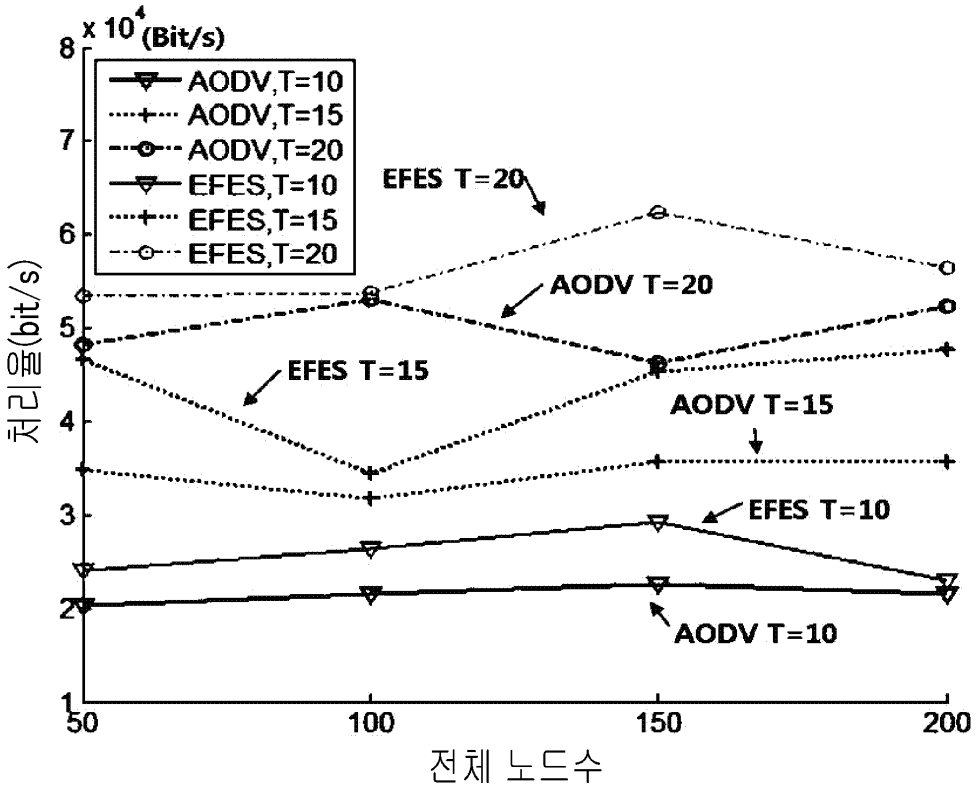
도면7b


(%)
90
85
80
75
70
65
60
55
AODV,T=10
AODV,T=15
AODV,T=20
EFES,T=10
EFES,T=15
EFES,T=20
EFES T=20
EFES T=15
EFES T=10
AODV T=20
AODV T=15
AODV T=10
패킷 전송률
50
100
150
200
전체 노드수

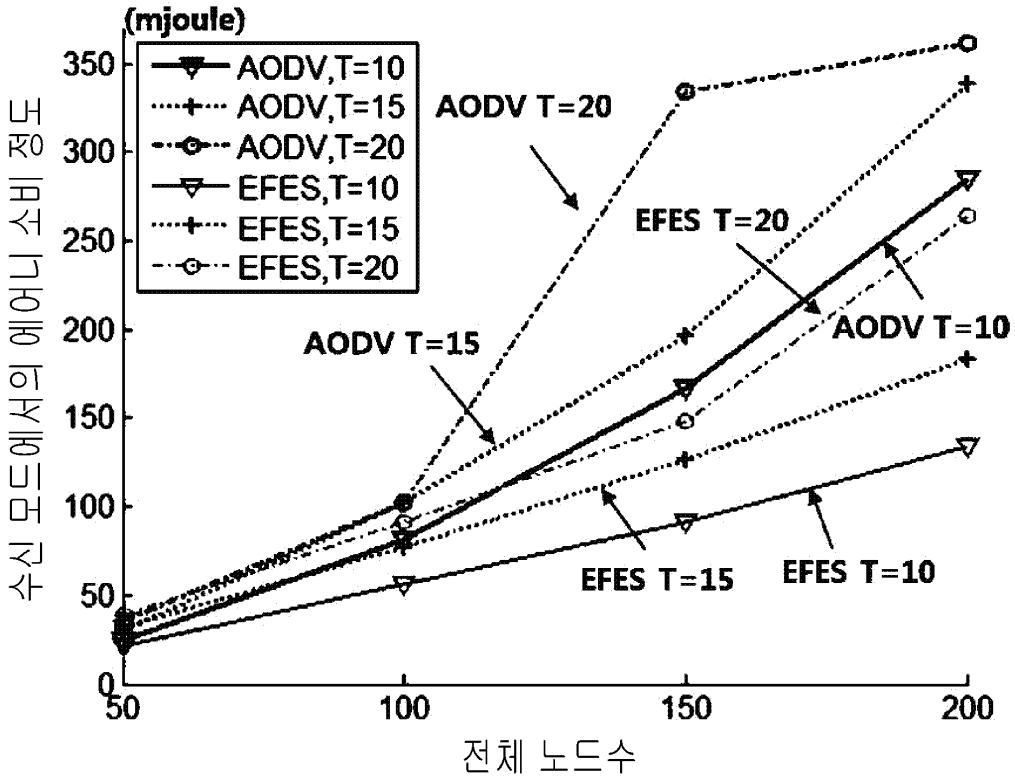
도면7c


3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
AODV, T=10
EFES, T=10
AODV, T=15
EFES, T=15
평균 단대단 지연 시간(s)
50
100
150
200
전체 노드수

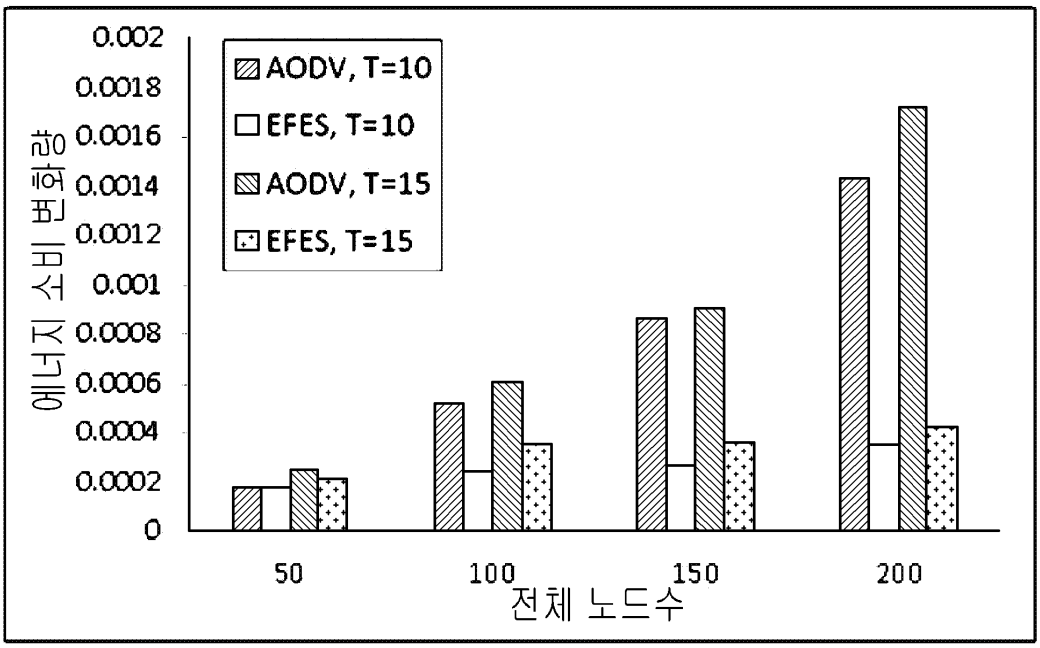
도면7d


x 10^4 (Bit/s)
AODV,T=10
AODV,T=15
AODV,T=20
EFES,T=10
EFES,T=15
EFES,T=20
EFES T=20
AODV T=20
EFES T=15
AODV T=15
EFES T=10
AODV T=10
처리율(bit/s)
전체 노드수
8
7
6
5
4
3
2
1
50
100
150
200

도면7e


(mjoule)
AODV,T=10
AODV,T=15
AODV,T=20
EFES,T=10
EFES,T=15
EFES,T=20
AODV T=20
EFES T=20
AODV T=10
AODV T=15
EFES T=15
EFES T=10
수신 모드에서의 에어니 소비 정도
350
300
250
200
150
100
50
0
50
100
150
200
전체 노드수

도면7f


AODV, T=10
EFES, T=10
AODV, T=15
EFES, T=15
에너지 소비 변화량
0.002
0.0018
0.0016
0.0014
0.0012
0.001
0.0008
0.0006
0.0004
0.0002
0
50
100
150
200
전체 노드수