



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년07월09일
(11) 등록번호 10-1876116
(24) 등록일자 2018년07월02일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
HO4W 84/18 (2009.01) HO4L 12/44 (2006.01)
HO4W 4/00 (2018.01) HO4W 40/04 (2009.01)
- (52) CPC특허분류
HO4W 84/18 (2013.01)
HO4L 12/44 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-0010993
- (22) 출원일자 2017년01월24일
심사청구일자 2017년01월24일
- (56) 선행기술조사문헌
S.Upadhyayula 외 1명, "Spanning tree based algorithms for low latency and energy efficient data aggregation enhanced convergecast (DAC) in wireless sensor networks", Ad Hoc Networks,(2006.05.23.)*
Urteaga Inigo 외 3명, "AWARE: Activity aware maintenance of communication structures for wireless sensor networks", Journal Pervasive and Mobile Computing Volume 13(2014.08.31.)*
KR1020080074308 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
한경대학교 산학협력단
경기도 안성시 중앙로 327(석정동)
- (72) 발명자
최현호
경기도 성남시 분당구 중앙공원로 53, 126동 303호(서현동, 시범단지삼성.한신아파트)
- 이호원
경기도 성남시 분당구 중앙공원로 17, 327동 1301호(서현동, 시범단지한양아파트)
- (74) 대리인
양성보

전체 청구항 수 : 총 9 항

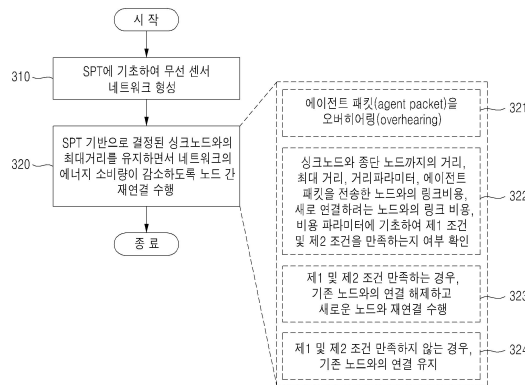
심사관 : 최상호

(54) 발명의 명칭 무선 센서 네트워크에서 데이터 병합 트리의 생성 방법 및 시스템

(57) 요약

무선 센서 네트워크에서 데이터 병합 트리의 생성 방법 및 시스템이 개시된다. 복수의 센서 노드(sensor node)와 싱크 노드(sink node)를 포함하는 무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network)에서 상기 복수의 센서 노드 중 적어도 하나의 노드에서 수행되는 데이터 병합 트리 생성 방법에 있어서, 상기 싱크 노드와 복수의 센서 노드를 대상으로, 상기 싱크 노드와 각 센서 노드 사이의 최단 거리에 기초하는 트리 구조로 싱크 노드 및 센서 노드 중 적어도 하나와 연결하여 무선 센서 네트워크를 형성하는 단계, 및 형성된 상기 무선 센서 네트워크 상의 싱크 노드와 복수의 센서 노드들을 대상으로, 상기 트리 구조를 기반으로 결정된 상기 싱크 노드와의 최대 거리를 유지하면서 네트워크 에너지 소비량이 감소하도록 재연결을 수행하는 단계를 포함할 수 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

H04W 4/38 (2018.02)

H04W 40/04 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 B01011512720005003

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 방송통신산업기술개발사업

연구과제명 단말 협업형 Giga급 스마트 클라우드릿 핵심 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국과학기술원

연구기간 2013.04.01 ~ 2018.02.28

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

복수의 센서 노드(sensor node)와 싱크 노드(sink node)를 포함하는 무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network)에서 상기 복수의 센서 노드 중 적어도 하나의 노드에서 수행되는 데이터 병합 트리 생성 방법에 있어서,

상기 싱크 노드와 복수의 센서 노드를 대상으로, 상기 싱크 노드와 각 센서 노드 사이의 최단 거리에 기초하는 트리 구조로 싱크 노드 및 센서 노드 중 적어도 하나와 연결하여 무선 센서 네트워크를 형성하는 단계; 및

형성된 상기 무선 센서 네트워크 상의 싱크 노드와 복수의 센서 노드들을 대상으로, 상기 트리 구조를 기반으로 결정된 상기 싱크 노드와의 최대 거리를 유지하면서 네트워크 에너지 소비량이 감소하도록 재연결을 수행하는 단계

를 포함하고,

상기 재연결을 수행하는 단계는,

상기 무선 센서 네트워크에 포함된 중단 노드를 대상으로, 상기 싱크 노드로부터의 거리가 가장 먼 중단 노드부터 거리가 가장 가까운 중단 노드 순으로 순차적으로 에이전트 패킷을 전송하여 재연결을 수행하는 것

을 특징으로 하는 데이터 병합 트리 생성 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

복수의 센서 노드(sensor node)와 싱크 노드(sink node)를 포함하는 무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network)에서 상기 복수의 센서 노드 중 적어도 하나의 노드에서 수행되는 데이터 병합 트리 생성 방법에 있어서,

상기 싱크 노드와 복수의 센서 노드를 대상으로, 상기 싱크 노드와 각 센서 노드 사이의 최단 거리에 기초하는 트리 구조로 싱크 노드 및 센서 노드 중 적어도 하나와 연결하여 무선 센서 네트워크를 형성하는 단계; 및

형성된 상기 무선 센서 네트워크 상의 싱크 노드와 복수의 센서 노드들을 대상으로, 상기 트리 구조를 기반으로 결정된 상기 싱크 노드와의 최대 거리를 유지하면서 네트워크 에너지 소비량이 감소하도록 재연결을 수행하는 단계

를 포함하고,

상기 재연결을 수행하는 단계는,

상기 싱크 노드에서 상기 무선 센서 네트워크를 형성하는 센서 노드들 중에서 적어도 하나의 중단 노드(end node)로 전송한 에이전트 패킷(agent packet)을 오버히어링(overhear)하는 단계; 및

상기 오버히어링된 에이전트 패킷에 포함된 상기 싱크 노드와 중단 노드까지의 거리, 상기 최대 거리, 미리 정의된 거리 파라미터, 상기 에이전트 패킷을 오버히어링한 센서 노드와 상기 에이전트 패킷을 전송한 노드 사이의 링크 비용, 상기 에이전트 패킷을 오버히어링한 센서 노드와 기존 노드 사이의 링크 비용, 및 미리 정의된 비용 파라미터에 기초하여 재연결 여부를 결정하는 단계

를 포함하고,

상기 기존 노드는, 상기 무선 센서 네트워크 상에서 상기 오버히어링한 센서 노드와 이미 연결된 노드를 나타내고,

상기 재연결 여부를 결정하는 단계는,

상기 최대 거리와 상기 거리 파라미터 간의 차인 거리 차를 계산하는 단계;

상기 거리 차와 상기 싱크 노드와 중단 노드까지의 거리에 기초하여 거리 조건을 만족하는지 여부를 결정하는 단계;

상기 에이전트 패킷을 오버히어링한 센서 노드와 상기 에이전트 패킷을 전송한 노드 사이의 링크 비용과 상기 비용 파라미터의 차인 비용 차를 계산하는 단계;

상기 비용 차와 상기 기존 노드 사이의 링크 비용에 기초하여 비용 조건을 만족하는지 여부를 결정하는 단계;

상기 에이전트 패킷을 오버히어링한 센서 노드에서, 상기 거리 조건 및 비용 조건을 만족함에 따라 상기 트리 구조를 기반으로 연결된 싱크 노드 또는 센서 노드와의 연결을 해제하는 단계; 및

새로 연결하고자 하는 새로운 노드와 재연결을 수행하는 단계

를 포함하는 데이터 병합 트리 생성 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 에이전트 패킷을 오버히어링한 센서 노드는, 상기 무선 센서 네트워크에 포함된 센서 노드들을 대상으로 상기 에이전트 패킷을 전송한 노드와 연결된 센서 노드를 제외한 어느 하나의 센서 노드에 해당하는 것

을 특징으로 하는 데이터 병합 트리 생성 방법.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 에이전트 패킷을 전송한 노드는, 상기 에이전트 패킷을 오버히어링한 센서 노드의 다음 홉(next hop)이 아니며 상기 에이전트 패킷을 오버히어링한 센서 노드의 차일드 노드(child node)가 아닌 노드에 해당하는 것

을 특징으로 하는 데이터 병합 트리 생성 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 재연결을 수행하는 단계는,

상기 트리 구조를 기반으로 연결된 싱크 노드 또는 센서 노드와의 연결을 해제하고 새로운 노드와 재연결이 수행됨에 따라, 라우팅 테이블 정보에 포함된 다음 홉 정보를 새로운 노드의 식별자 정보로 업데이트하는 단계

를 포함하는 데이터 병합 트리 생성 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 재연결을 수행하는 단계는,

상기 트리 구조를 기반으로 연결된 싱크 노드 또는 센서 노드와의 연결을 해제하고 새로운 노드와 재연결이 수행됨에 따라, 상기 싱크 노드로 라우트 응답(route reply) 메시지를 전송하는 단계

를 포함하고,

상기 라우트 응답 메시지에 기초하여 상기 싱크 노드로까지의 라우팅 경로 상에 포함된 적어도 하나의 센서 노드의 라우팅 테이블 정보가 업데이트되는 것

을 특징으로 하는 데이터 병합 트리 생성 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 재연결을 수행하는 단계는,

상기 트리 구조를 기반으로 연결된 싱크 노드 또는 센서 노드와의 연결을 해제하고 새로운 노드와 재연결이 수행됨에 따라, 차일드 노드(child node)로 라우트 요청(route request) 메시지를 멀티캐스팅하는 단계

를 포함하고,

상기 라우트 요청 메시지에 기초하여 차일드 노드(child node)가 라우트 응답 메시지를 싱크 노드로 전송함에 따라, 상기 라우트 응답 메시지를 수신한 노드들에서 차일드 노드로의 라우팅 정보를 업데이트하는 것

을 특징으로 하는 데이터 병합 트리 생성 방법.

청구항 9

삭제

청구항 10

복수의 센서 노드(sensor node)와 싱크 노드(sink node)를 포함하는 무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network)에서의 데이터 병합 트리 생성 시스템에 있어서,

상기 싱크 노드와 복수의 센서 노드를 대상으로, 상기 싱크 노드와 각 센서 노드 사이의 최단 거리에 기초하는 트리 구조로 싱크 노드 및 센서 노드 중 적어도 하나와 연결하여 무선 센서 네트워크를 형성하는 네트워크 형성부; 및

형성된 상기 무선 센서 네트워크 상의 싱크 노드와 복수의 센서 노드들을 대상으로, 상기 트리 구조를 기반으로 결정된 상기 싱크 노드와의 최대 거리를 유지하면서 네트워크 에너지 소비량이 감소하도록 재연결을 수행하는 재연결 수행부

를 포함하고,

상기 재연결 수행부는,

상기 무선 센서 네트워크에 포함된 중단 노드를 대상으로, 상기 싱크 노드로부터의 거리가 가장 먼 중단 노드부터 거리가 가장 가까운 중단 노드 순으로 순차적으로 에이전트 패킷을 전송하여 재연결을 수행하는 것

을 특징으로 하는 데이터 병합 트리 생성 시스템.

청구항 11

복수의 센서 노드(sensor node)와 싱크 노드(sink node)를 포함하며, 싱크 노드와 각 센서 노드 사이의 최단 거리에 기초하는 트리 구조로 형성된 무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network)에서 사이 싱크 노드에 의해 수행되는 데이터 병합 트리 생성 방법에 있어서,

상기 싱크 노드에서 에이전트 패킷(agent packet)을 상기 트리 구조에 해당하는 복수의 센서 노드들로 전송하는 단계;

상기 에이전트 패킷을 오버히어링한 센서 노드로부터 상기 트리 구조를 기반으로 연결된 싱크 노드 또는 센서 노드와의 연결을 해제하고 새로운 노드와 재연결함을 알리는 라우트 응답(route reply) 메시지를 수신하는 단계; 및

상기 라우트 응답 메시지에 기초하여 상기 오버히어링한 센서 노드를 목적지로 하도록 라우팅 테이블 정보를 업데이트하는 단계

를 포함하고,

상기 새로운 노드와 재연결은, 상기 트리 구조를 기반으로 결정된 상기 싱크 노드와의 최대 거리를 유지하면서, 기연결된 상기 싱크 노드 또는 센서 노드와의 네트워크 에너지 소비량보다 상기 새로운 노드와의 네트워크 에너지 소비량이 감소함에 따라 수행되되,

상기 무선 센서 네트워크에 포함된 중단 노드를 대상으로, 상기 싱크 노드로부터의 거리가 가장 먼 중단 노드부

터 거리가 가장 가까운 종단 노드 순으로 순차적으로 전송되는 에이전트 패킷을 기반으로 수행되는 것을 특징으로 하는 데이터 병합 트리 생성 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network, WSN)에서 데이터 병합 트리 생성 방법 및 시스템에 관한 것으로, 무선 센서 네트워크에서 데이터 병합 기술을 사용 시에 정보 수집 시간과 네트워크 에너지 소비량 간의 관계를 고려하여 트리(tree)를 어떻게 생성할지에 대한 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network, WSN)는 싱크 노드(sink node)와 복수의 센서 노드들이 멀티 홉(multi hop)으로 연결되어 싱크 노드가 센서 노드들로부터 센싱 데이터를 수집하는 연결 구조를 가진다. 무선 센서 네트워크를 형성하는 모든 센서 노드들은 주기적으로 크기가 작은 센싱 데이터를 발생시키며, 배터리(battery)로 구동되어 제한된 생존 시간을 가진다.

[0003] 이처럼, 센서 노드들이 제한된 생존 시간을 가지므로, 센서 노드의 에너지 효율을 높이고 네트워크의 생존 시간을 향상시키기 위해 데이터 병합(data aggregation) 기술이 이용된다.

[0004] 데이터 병합 기술은 각 센서 노드로부터 수신되는 여러 센싱 데이터들을 무선 센서 네트워크 상의 중간 노드(즉, 중계 노드)에서 병합하여 하나의 데이터로 상위 노드(예컨대, 상위 센서 노드 또는 싱크 노드)로 전송하는 기술이다. 예를 들어, 건물의 최대 또는 최소 온도를 측정하기 위해 무선 센서 네트워크가 형성된 경우, 중간 노드는 다수의 센서 노드들로부터 전달받은 온도 정보들 중에서 최대 또는 최소값에 해당하는 하나의 온도 정보를 선별하고, 선별된 온도 정보를 상위 노드로 전달함으로써 두 개의 온도 데이터 대신에 하나의 병합된 온도 데이터를 전달하는 방식으로 데이터 병합을 수행할 수 있다. 이처럼, 데이터 병합을 통해 데이터 전송 횟수와 전송량이 감소하여 네트워크의 에너지 효율 및 생존시간이 증가할 수 있다.

[0005] 도 1은 데이터 병합의 사용 유무에 따른 종래의 무선 센서 네트워크의 전송 동작을 도시한 도면이다.

[0006] 도 1의 110은 데이터 병합을 수행하지 않는 경우의 무선 센서 네트워크의 동작을 나타내고, 120은 데이터 병합을 수행하는 경우의 무선 센서 네트워크의 동작을 나타내고 있다.

[0007] 110에 따르면, 무선 센서 네트워크에 싱크 노드는 트리 구조로 복수의 센서 노드들과 연결되어 있으며, 복수의 센서 노드들 중 각 가지(branch)의 말단에 종단 노드(end node)가 존재한다. 이때, 종단 노드와 싱크 노드와 종단 노드 사이에 존재하는 센서 노드(즉, 중간 노드)에서는 센싱된 데이터가 발생한다. 그러면, 각 노드는 센싱 데이터를 해당 가지의 상위 노드로 전달한다. 예컨대, 종단 노드(111, 112)에서 각각 하나의 센싱 데이터가 발생하여 상위 노드(113)로 전달된다. 상위 노드(113)에서도 하나의 센싱 데이터가 발생하고, 발생한 자신의 센싱 데이터와 종단 노드(111, 112)로부터 수신된 데이터를 자신의 상위 노드(114)로 전달한다. 이처럼, 상위 노드(113)는 종단 노드(111, 112)로부터 수신된 데이터 및 자신의 센싱 데이터 포함 3개의 센싱 데이터(115)를 상위 노드(114)로 전달하며, 싱크 노드(116)로 갈수록 센싱 데이터의 크기는 증가하게 된다. 즉, 데이터 전송량이 증가하게 된다.

[0008] 이에 따라, 120과 같이 데이터 병합(data aggregation)을 수행하면, 모든 센서 노드들 각각은 데이터 병합을 통해 하나의 센싱 데이터를 상위 노드로 전송하며, 결국 데이터 전송량이 감소한다. 이처럼, 무선 센서 네트워크에서 데이터 병합 기술을 사용할 때, 데이터 병합 기술을 효과적으로 지원하는 트리 구조의 네트워크 토폴로지(network topology)를 데이터 병합 트리(data aggregation tree)라 한다.

[0009] 무선 센서 네트워크에서 정보 수집 시간은 각 센서 노드에서 발생한 센싱 데이터(즉, 센싱 정보)가 싱크 노드에 모두 도착하는 데 걸리는 시간으로 정의되며, 정보 수집 시간은 싱크 노드와 가장 멀리 연결되어 있는 센서 노드에 의해 결정된다. 상기 정보 수집 시간을 최소화하는 트리 구성 방식으로 싱크 노드와 각 센서 노드를 최단 거리로 연결하는 최단 경로 트리(shortest path tree, SPT)가 이용된다. 반면, 무선 센서 네트워크에서 데이터 병합 기술 사용 시 네트워크의 에너지 소비량은 각 센서 노드에서 발생한 센싱 데이터를 싱크 노드로 전달하는 동안 전체 노드에서 소비되는 에너지의 총량으로 정의되며, 상기 에너지 소비량은 각 트리를 구성하는 연결 링크의 비용의 총합에 정비례한다. 네트워크의 에너지 소비량을 최소화하는 트리 구성 방식으로는 모든 노드를

최소 링크 비용으로 연결하는 최소 신장 트리(minimum spanning tree, MST)가 이용된다.

- [0010] 최단 경로 트리 구조로 무선 센서 네트워크를 형성하는 경우, 정보 수집 시간 측면에서는 최적이지만 최단 경로 트리(SPT)는 트리를 구성하는 각 연결 링크의 비용이 크기 때문에 네트워크의 에너지 소비량 측면에서는 성능이 나쁘다. 반면, 최소 신장 트리 구조로 무선 센서 네트워크를 구성하는 경우, 네트워크의 에너지 소비량 측면에서는 최적이지만, 싱크 노드와 센서 노드 사이의 연결 경로가 멀어지기 때문에 정보 수집 시간 측면에서는 성능 저하가 발생한다. 일반적으로, 데이터 병합 기술을 사용하는 무선 센서 네트워크의 트리를 구성하는 경우에, 싱크 노드와 센서 노드 사이의 거리를 줄이기 위해서는(즉, 정보 수집 시간을 줄이기 위해서는) 연결 링크 비용이 크더라도 싱크 노드와 가장 짧은 거리를 제공하는 센서 노드와 연결해야 하므로, 네트워크의 에너지 소비량 측면에서는 손해가 발생한다. 역으로, 네트워크의 에너지 소비량을 줄이기 위해 센서 노드들의 연결 시 가까운 센서 노드들끼리 연결하게 되면, 싱크 노드로 가는 경로가 멀어져 정보 수집 시간이 증가하게 된다.
- [0011] 도 2는 최단 경로 트리 및 최소 신장 트리를 기반으로 형성된 무선 센서 네트워크를 도시한 도면이다.
- [0012] 도 2에서 210은 최단 경로 트리(SPT)를 기반으로 형성된 트리 구조의 무선 센서 네트워크를 나타내고, 220은 최소 신장 트리(MST)를 기반으로 형성된 트리 구조의 무선 센서 네트워크를 나타낸다.
- [0013] 도 2에서는 전체 노드가 20개인 경우의 무선 센서 네트워크를 나타내고 있다.
- [0014] 무선 센서 네트워크(210, 220)에서, 노드 1이 싱크 노드(211, 221)에 해당하는 경우, 210을 참고하면, 모든 센서 노드가 싱크 노드(211)와 최단 경로로 연결되므로 전체 센싱 정보를 수집하는데 소요되는 시간이 가장 짧다. 210에서, 싱크 노드(211)와 최대 거리를 갖는 노드(maximum distance node)는 노드 20(212)에 해당하며, 노드 20(212)으로부터 싱크 노드로 센싱 데이터가 전달되는 데 가장 긴 시간이 소요되므로, 정보 수집 시간은 노드 20(212)과 싱크 노드(211) 사이의 거리(즉, 네트워크 내 싱크 노드와 센서 노드간 최대 거리)에 의해 결정된다. 이처럼, 최단 경로 트리(SPT)를 기반으로 무선 센서 네트워크를 형성하는 경우, 정보 수집 시간을 최소화할 수 있으나, 중간 노드(예컨대, 싱크 노드와 노드 20 사이에 존재하는 노드 17)에서 데이터 병합 기회가 감소하고, 트리의 연결 링크 비용이 증가하여, 결국 노드의 에너지 소비량이 증가하게 된다.
- [0015] 220을 참고하면, 노드 간 연결 링크의 비용의 총 합이 가장 적어 네트워크의 에너지 소비량(즉, 노드의 에너지 소비 총량)이 가장 적지만, 각 센서 노드와 싱크 노드 간의 연결 거리가 멀어지므로, 센싱 데이터의 수집 시간이 증가한다. 예컨대, 220의 노드 9(222)를 참고하면, 싱크 노드(221)와 최대 거리를 갖는 노드가 210의 노드 20(212)이 아닌 노드 9(222)으로서, 싱크 노드(221)와 센서 노드(222) 간 거리의 최대값이 커져 최단 거리 트리 기반으로 무선 센서 네트워크를 형성할 때 보다 정보 수집 시간이 증가함을 알 수 있다.
- [0016] 이처럼, 무선 센서 네트워크에서 정보 수집 시간과 에너지 소비량 사이에는 트레이드 오프(tradeoff) 관계가 존재한다. 따라서, 정보 수집 시간 및 네트워크의 에너지 소비량을 모두 고려하여 최적의 트리 구조를 형성하는 무선 센서 네트워크에서의 데이터 병합 트리의 생성 기술이 요구된다. 즉, 상기 트레이드 오프 관계를 고려한 데이터 병합 트리 생성 기술이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0017] 본 발명은 데이터 병합 기술을 사용하는 무선 센서 네트워크에서 정보 수집 시간 및 네트워크의 에너지 소비량 간의 트레이드 오프(tradeoff) 관계를 고려하여 트리 구조의 무선 센서 네트워크를 형성하는 기술에 관한 것이다.
- [0018] 또한, 본 발명은 정보 수집 시간을 최소화하면서 네트워크의 에너지 소비량을 감소시켜 네트워크 에너지 효율을 증가 또는 극대화하는 기술에 관한 것이다.

과제의 해결 수단

- [0019] 복수의 센서 노드(sensor node)와 싱크 노드(sink node)를 포함하는 무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network)에서 상기 복수의 센서 노드 중 적어도 하나의 노드에서 수행되는 데이터 병합 트리 생성 방법에 있어서, 상기 싱크 노드와 복수의 센서 노드를 대상으로, 상기 싱크 노드와 각 센서 노드 사이의 최단 거리에 기초하는 트리 구조로 싱크 노드 및 센서 노드 중 적어도 하나와 연결하여 무선 센서 네트워크를 형성하는 단계, 형성된 상기 무선 센서 네트워크 상의 싱크 노드와 복수의 센서 노드들을 대상으로, 상기 트리 구조를 기반으로

결정된 상기 싱크 노드의 최대 거리를 유지하면서 네트워크 에너지 소비량이 감소하도록 재연결을 수행하는 단계를 포함할 수 있다.

- [0020] 일측면에 따르면, 상기 재연결을 수행하는 단계는, 상기 싱크 노드에서 상기 무선 센서 네트워크를 형성하는 센서 노드들 중에서 적어도 하나의 종단 노드(end node)로 전송한 에이전트 패킷(agent packet)을 오버히어링(overhear)하는 단계, 상기 오버히어링된 에이전트 패킷에 포함된 상기 싱크 노드와 종단 노드까지의 거리, 상기 최대 거리, 미리 정의된 거리 파라미터, 상기 에이전트 패킷을 오버히어링한 센서 노드와 상기 에이전트 패킷을 전송한 노드 사이의 링크 비용, 상기 에이전트 패킷을 오버히어링한 센서 노드와 기존 노드 사이의 링크 비용, 및 미리 정의된 비용 파라미터에 기초하여 재연결 여부를 결정하는 단계를 포함할 수 있다. 여기서, 상기 기존 노드는, 상기 무선 센서 네트워크 상에서 상기 오버히어링한 센서 노드와 이미 연결된 노드를 나타낼 수 있다.
- [0021] 다른 측면에 따르면, 상기 재연결 여부를 결정하는 단계는, 상기 최대 거리와 상기 거리 파라미터 간의 차인 거리 차를 계산하는 단계, 상기 거리 차와 상기 싱크 노드와 종단 노드까지의 거리에 기초하여 거리 조건을 만족하는지 여부를 결정하는 단계, 상기 에이전트 패킷을 오버히어링한 센서 노드와 기존 노드 사이의 링크 비용과 상기 비용 파라미터의 차인 비용 차를 계산하는 단계, 상기 비용 차와 상기 에이전트 패킷을 오버히어링한 센서 노드와 상기 에이전트 패킷을 전송한 노드 사이의 링크 비용에 기초하여 비용 조건을 만족하는지 여부를 결정하는 단계, 상기 에이전트 패킷을 오버히어링한 센서 노드에서, 상기 거리 조건 및 비용 조건을 만족함에 따라 상기 트리 구조를 기반으로 연결된 싱크 노드 또는 센서 노드와의 연결을 해제하는 단계, 및 새로 연결하고자 하는 새로운 노드와 재연결을 수행하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0022] 또 다른 측면에 따르면, 상기 에이전트 패킷을 오버히어링한 센서 노드는, 상기 무선 센서 네트워크에 포함된 센서 노드들을 대상으로 상기 에이전트 패킷을 전송한 노드와 연결된 센서 노드를 제외한 어느 하나의 센서 노드에 해당할 수 있다.
- [0023] 또 다른 측면에 따르면, 상기 에이전트 패킷을 전송한 노드는, 상기 싱크 노드를 제외한 센서 노드들 중에서 상기 에이전트 패킷을 오버히어링한 센서 노드의 다음 홉(next hop)이 아니면서 상기 에이전트 패킷을 오버히어링한 센서 노드의 차일드 노드(child node)가 아닌 노드에 해당할 수 있다.
- [0024] 또 다른 측면에 따르면, 상기 재연결을 수행하는 단계는, 상기 트리 구조를 기반으로 연결된 싱크 노드 또는 센서 노드와의 연결을 해제하고 새로운 노드와 재연결이 수행됨에 따라, 라우팅 테이블 정보에 포함된 다음 홉 정보를 새로운 노드의 식별자 정보로 업데이트하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0025] 또 다른 측면에 따르면, 상기 재연결을 수행하는 단계는, 상기 트리 구조를 기반으로 연결된 싱크 노드 또는 센서 노드와의 연결을 해제하고 새로운 노드와 재연결이 수행됨에 따라, 상기 싱크 노드로 라우트 응답(route reply) 메시지를 전송하는 단계를 포함하고, 상기 라우트 응답 메시지에 기초하여 상기 싱크 노드까지의 라우팅 경로 상에 포함된 적어도 하나의 센서 노드의 라우팅 테이블 정보가 업데이트될 수 있다.
- [0026] 또 다른 측면에 따르면, 상기 재연결을 수행하는 단계는, 상기 트리 구조를 기반으로 연결된 싱크 노드 또는 센서 노드와의 연결을 해제하고 새로운 노드와 재연결이 수행됨에 따라, 차일드 노드(child node)로 라우트 요청(route request) 메시지를 멀티캐스팅하는 단계를 포함하고, 상기 라우트 요청 메시지에 기초하여 적어도 하나의 차일드 노드의 라우팅 테이블 정보가 업데이트될 수 있다.
- [0027] 또 다른 측면에 따르면, 상기 재연결을 수행하는 단계는, 상기 무선 센서 네트워크에 포함된 종단 노드를 대상으로, 상기 싱크 노드로부터의 거리가 가장 먼 종단 노드부터 거리가 가장 가까운 종단 노드 순으로 순차적으로 에이전트 패킷을 전송하여 재연결을 수행할 수 있다.
- [0028] 복수의 센서 노드(sensor node)와 싱크 노드(sink node)를 포함하는 무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network)에서의 데이터 병합 트리 생성 시스템에 있어서, 상기 싱크 노드와 복수의 센서 노드를 대상으로, 상기 싱크 노드와 각 센서 노드 사이의 최단 거리에 기초하는 트리 구조로 싱크 노드 및 센서 노드 중 적어도 하나와 연결하여 무선 센서 네트워크를 형성하는 네트워크 형성부, 및 형성된 상기 무선 센서 네트워크 상의 싱크 노드와 복수의 센서 노드들을 대상으로, 상기 최단 경로 트리를 기반으로 결정된 상기 싱크 노드의 최대 거리를 유지하면서 네트워크 에너지 소비량이 감소하도록 재연결을 수행하는 재연결 수행부를 포함할 수 있다.
- [0029] 복수의 센서 노드(sensor node)와 싱크 노드(sink node)를 포함하며, 싱크 노드와 각 센서 노드 사이의 최단 거리에 기초하는 트리 구조로 형성된 무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network)에서 사이 싱크 노드에 의해 수행되는 데이터 병합 트리 생성 방법에 있어서, 상기 싱크 노드에서 에이전트 패킷(agent packet)을 상기 트리

구조에 해당하는 복수의 센서 노드들로 전송하는 단계, 상기 에이전트 패킷을 오버헤어링한 센서 노드로부터 상기 트리 구조를 기반으로 연결된 싱크 노드 또는 센서 노드와의 연결을 해제하고 새로운 노드와 재연결함을 알리는 라우트 응답(route reply) 메시지를 수신하는 단계, 및 상기 라우트 응답 메시지에 기초하여 상기 오버헤어링한 센서 노드를 목적지로 하도록 라우팅 테이블 정보를 업데이트하는 단계를 포함하고, 상기 새로운 노드와 재연결은, 상기 트리 구조를 기반으로 결정된 상기 싱크 노드와의 최대 거리를 유지하면서, 기연결된 상기 싱크 노드 또는 센서 노드와의 네트워크 에너지 소비량보다 상기 새로운 노드와의 네트워크 에너지 소비량이 감소함에 따라 수행될 수 있다.

발명의 효과

[0030] 본원발명은, 데이터 병합 기술을 사용하는 무선 센서 네트워크에서 정보 수집 시간 및 네트워크의 에너지 소비량 간의 트레이드 오프(tradeoff) 관계를 고려하여 트리 구조의 무선 센서 네트워크를 형성할 수 있다.

[0031] 또한, 본 발명은 최단 거리 트리 기반으로 무선 센서 네트워크를 형성한 이후에 에이전트 패킷(agent packet)의 전송을 기반으로 노드 간 재연결을 통해 트리 구조의 무선 센서 네트워크를 재형성함으로써, 정보 수집 시간을 최소화하면서 네트워크의 에너지 소비량을 감소시켜 네트워크 에너지 효율을 증가 또는 극대화할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0032] 도 1은 데이터 병합의 사용 유무에 따른 종래의 무선 센서 네트워크의 전송 동족을 도시한 도면이다.
- 도 2는 최단 경로 트리 및 최소 신장 트리를 기반으로 형성된 무선 센서 네트워크를 도시한 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일실시예에 있어서, 센서 노드에서 재연결을 수행하여 무선 센서 네트워크의 트리 구조를 수정하는 동작을 도시한 흐름도이다.
- 도 4는 본 발명의 일실시예에 있어서, 센서 노드의 내구 구성을 도시한 블록도이다.
- 도 5는 본 발명의 일실시예에 있어서, 싱크 노드의 동작을 도시한 흐름도이다.
- 도 6은 본 발명의 일실시예에 있어서, 에이전트 패킷을 이용하여 트리 구조를 재구성하는 데이터 병합 트리 생성 방법의 전반적인 동작을 도시한 흐름도이다.
- 도 7은 본 발명의 일실시예에 있어서, 싱크 노드에서 중단 노드 20으로 에이전트 패킷을 전송하는 경우에 재연결을 통해 재구성된 트리 구조를 나타낼 수 있다.
- 도 8은 본 발명의 일실시예에 있어서, 싱크 노드에서 중단 노드 2로 에이전트 패킷을 전송하는 경우에 재연결을 통해 재구성된 트리 구조를 나타낼 수 있다.
- 도 9는 본 발명의 일실시예에 있어서, 싱크 노드에서 중단 노드 11로 에이전트 패킷을 전송하는 경우에 재연결을 통해 재구성된 트리 구조를 나타낼 수 있다.
- 도 10 내지 도 12는 본 발명의 일실시예에 있어서, 싱크 노드에서 중단 노드 12로 에이전트 패킷을 전송하는 경우에 재연결을 통해 재구성된 트리 구조를 나타낼 수 있다.
- 도 13은 본 발명의 일실시예에 있어서, 싱크 노드에서 중단 노드 2로 에이전트 패킷을 전송하는 경우에 재연결을 통해 재구성된 트리 구조를 나타낼 수 있다.
- 도 14는 본 발명의 일실시예에 있어서, 싱크 노드에서 중단 노드 15로 에이전트 패킷을 전송하는 경우에 재연결을 통해 재구성된 트리 구조를 나타낼 수 있다.
- 도 15 및 도 16은 본 발명의 일실시예에 있어서, 싱크 노드에서 중단 노드 19로 에이전트 패킷을 전송하는 경우에 재연결을 통해 재구성된 트리 구조를 나타낼 수 있다.
- 도 17은 본 발명의 일실시예에 있어서, 싱크 노드에서 중단 노드 10으로 에이전트 패킷을 전송하는 경우에 재연결을 통해 재구성된 트리 구조를 나타낼 수 있다.
- 도 18은 본 발명의 일실시예에 있어서, SPT, MST 및 데이터 병합 트리 생성 방법 간의 성능 비교 결과를 도시한 그래프를 나타낼 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0033] 본 실시예들은 무선 센서 네트워크(WSN)에서 데이터 병합 기술을 사용할 때, 센싱 데이터의 수집 시간(즉, 정보 수집 시간)과 네트워크의 에너지 소비량 간의 트레이드 오프 관계를 고려하여 트리 구조의 무선 센서 네트워크를 형성하는 기술에 관한 것이다. 특히, 본 실시예들은, 싱크 노드(sink node) 및 복수의 센서 노드들을 대상으로, 정보 수집 시간은 최소로 유지하면서 상기 에너지 소비량이 감소하도록 재연결을 수행하는 데이터 병합 트리 생성 기술에 관한 것이다. 다시 말해, 싱크 노드와 각 센서 노드 사이의 최단 거리에 기반하는 트리 구조로 형성된 무선 센서 네트워크에서의 최소 정보 수집 시간을 유지하면서(즉, 네트워크의 최대 거리를 증가시키지 않으면서), 트리의 구성 링크의 비용을 감소하는 방향으로 트리를 점차적으로 재구성하는 기술에 관한 것이다. 예컨대, 최단 거리에 기반하는 트리 구조를 결정하기 위해, 최단 경로 트리(Short Path Tree, SPT)가 이용될 수 있다.
- [0034] 본 실시예들에서, 최초의 무선 센서 네트워크를 형성하는 트리 구조의 형성을 위해, 즉, 최단 거리에 기반하는 트리 구조를 결정하기 위해, 최단 경로 트리(Short Path Tree, SPT)가 이용되는 경우를 예를 들어 설명하나, 이는 실시예에 해당되며, SPT 알고리즘 이외에, 노드 간의 최단 거리를 형성하는 트리 구조의 모든 알고리즘이 이용될 수 있다.
- [0035] 본 실시예들에서, '데이터 병합 트리 생성 시스템'은 싱크 노드 또는 센서 노드를 나타낼 수 있으며, '센서 노드'는 싱크 노드와 트리 구조로 연결된 노드로서, 트리의 최하위에 해당하는 중단 노드를 나타낼 수도 있고, 중단 노드와 싱크 노드 사이에 위치하는 중간 노드(즉, 중계 노드)를 나타낼 수도 있다. 그리고, 센서 노드 중 에이전트 패킷을 오버히어링(overhearing)하는 노드는 오버히어링 노드로 표현될 수 있다.
- [0036] 본 실시예들에서, 무선 센서 네트워크는 n개의 노드를 가지는 경우를 가정하며, n개의 노드 중 1개의 노드가 싱크 노드로 동작하고, n-1개의 노드가 센서 노드로 동작하는 경우를 가정하여 설명하기로 한다.
- [0037] 본 실시예들에서, '싱크 노드'는 인덱스 s로 정의하고, '센서 노드'는 인덱스 i로 정의되며, 모든 센서 노드, 즉, n-1개의 센서 노드들 각각은 기정의된 시간 주기로 고정된 크기의 센싱 데이터를 발생시킬 수 있다. 그리고, 중간 노드에서는 센싱 데이터를 병합하여 하나의 데이터로 묶어서 다음 노드(예컨대, 센서 노드 또는 싱크 노드)로 전송할 수 있다. 그리고, 모든 센서 노드는 센싱 노드 뿐만 아니라, 센싱 데이터를 병합하여 다음 노드로 전달하는 중간 노드로서의 기능을 가지고 있을 수 있다. 데이터 병합 시 센싱 노드로 입력되는 복수의 센싱 데이터는 병합을 통해 하나의 센싱 데이터로 출력됨을 가정하기로 한다.
- [0038] 본 실시예들에서 사용되는 파라미터 및 성능 지표는 아래의 표 1과 같이 정의될 수 있다.

표 1

<ul style="list-style-type: none"> • C_{ij}: 노드 i와 j사이의 링크 비용 • D_{is}: 센서 노드 i와 싱크 노드 s사이의 거리(센서 노드와 싱크 노드 s사이의 연결 경로 상의 모든 링크 비용의 합 (네트워크의 최단 거리는 $\max\{D_{is}\}$로 결정됨)) • <u>정보 수집 시간 (second)</u>: 모든 센서 노드로부터 발생한 센싱 정보가 싱크 노드에 도착하는 데 걸리는 시간 ($\max\{D_{is}\}$에 비례, \propto) • <u>네트워크 에너지 소모량 (joule)</u>: 정보 수집 시간 동안 모든 노드가 데이터를 송수신하는데 소비되는 에너지의 총량 ($\sum\{C_{ij}\}$에 비례, 링크 비용은 트리의 구성 링크) • <u>네트워크 에너지 효율 (b/s/Hz/J)</u>: 단위 에너지, 대역폭, 시간을 가지고 수집 가능한 센싱 데이터양 (즉, 지속적으로 발생하는 센싱 데이터의 크기는 일정하므로 정보 수집 시간 $\max\{D_{is}\}$와 네트워크 에너지 소모량 $\sum\{C_{ij}\}$에 반비례)

- [0039]
- [0040] 본 실시예들에서, 무선 센서 네트워크(WSN)에서 데이터 병합 트리를 생성함에 있어서, 서비스 품질 측면에서 정보 수집 시간을 네트워크의 에너지 소비량보다 중요한 요소로 두고, 트리를 생성할 수 있다. 즉, 정보 수집 시간을 최소화하면서 네트워크의 에너지 소비량이 감소하도록 노드 간 재연결을 수행함으로써, 에너지 효율을 증가시킬 수 있다. 이에 따라, 본 실시예들에서는 무선 센서 네트워크의 트리를 형성하는 최초 한번은 최단 경로 트리(SPT)를 기반으로 트리 구조의 무선 센서 네트워크를 형성할 수 있으며, 상기 SPT에 의해 결정되는 최소 정보 수집 시간을 유지하면서 에너지 소비량을 감소시키는 방향으로 노드간 재연결을 수행하여 데이터 병합 트리

구조를 완성시킬 수 있다. 이때, 최소 정보 수집 시간을 유지하면서 에너지 소비량을 감소시키기 위한 목적 함수는 아래의 수학적 1과 같이 표현될 수 있다.

[0041] [수학적 1]

$$\min \sum C_{ij}, \quad ij \subset \{\text{트리의 구성 링크}\}$$

$$s.t., \max\{D_{is}\} = \text{SPT에 의해 결정되는 } \max\{D_{is}\}$$

[0042]

[0043] 수학적 1에서, $\max\{D_{is}\}$ 는 초기 SPT를 기반으로 결정된 네트워크의 최대 거리를 나타낼 수 있다. 수학적 1에 따르면, 네트워크의 최대 거리 $\max\{D_{is}\}$ 를 증가시키지 않으면서, 트리의 구성 링크의 비용(즉, 네트워크의 에너지 소비량)을 감소 또는 최소화하는 방향으로 트리가 점차적으로 재구성됨을 알 수 있다. 즉, 각 센서 노드 별로 싱크 노드와의 거리가 네트워크의 최대 거리를 넘어서지 않는다면, 트리를 구성하는 연결 링크 비용이 감소하는 방향으로 재연결이 수행될 수 있다. 결국, 센서 노드와 싱크 노드 간의 최대 거리를 증가시키지 않으면서 트리 구성 링크 비용이 감소하여, 센싱 데이터의 정보 수집 시간을 증가시키지 않으면서 센서 노드의 에너지 소비량을 감소시킬 수 있다.

[0045] 도 3은 본 발명의 일실시예에 있어서, 센서 노드에서 재연결을 수행하여 무선 센서 네트워크의 트리 구조를 수정하는 동작을 도시한 흐름도이고, 도 4는 본 발명의 일실시예에 있어서, 센서 노드의 내구 구성을 도시한 블록도이다.

[0046] 도 4에서, 센서 노드(즉, 데이터 병합 트리 생성 시스템, 400)은 네트워크 형성부(410) 및 재연결 수행부(420)를 포함할 수 있으며, 싱크 노드(401)와 최단 경로 트리(SPT)를 기반으로 초기 무선 센서 네트워크를 형성할 수 있다. 그리고, 센서 노드(400)는 상기 초기 무선 센서 네트워크의 종단 노드에 해당하는 센서 노드일 수도 있고, 중간 노드에 해당하는 센서 노드일 수도 있다.

[0047] 도 3에서, 데이터 병합 트리 구조의 수정을 위한 재연결 동작은 센서 노드에서 수행될 수 있으며, 도 3의 각 단계들(310 및 320 단계)은 도 4의 구성 요소인 네트워크 형성부(410) 및 재연결 수행부(420)에 의해 수행될 수 있다. 그리고, 재연결 수행부(420)는 오버히어링부(421), 조건 확인부(422) 및 재연결 처리부(423)를 포함할 수 있다.

[0048] 310 단계에서, 네트워크 형성부(410)는 싱크 노드(401)에서 최단 경로 트리(SPT)를 기반으로 최단 경로 트리 구조를 생성함에 따라, 생성된 최단 경로 트리 구조를 기반으로 싱크 노드 또는 센서 노드와 연결을 수행하여 초기 무선 센서 네트워크를 형성할 수 있다.

[0049] 이때, 라우팅 테이블 정보에 포함된 파라미터들에 기초하여 싱크 노드와 센서 노드, 센서 노드와 센서 노드 간 연결을 통해 초기 무선 센서 네트워크가 형성될 수 있으며, SPT 기반으로 초기 무선 센서 네트워크를 형성하는 동작은 이미 잘 알려진 기술이므로 자세한 동작은 생략하기로 한다. 이때, 초기 무선 센서 네트워크가 형성되면, 싱크 노드(401)로부터 해당 트리의 최 말단, 즉, 종단에 위치하는 센서 노드(즉, 종단 노드)가 파악될 수 있으며, 싱크 노드(401)로부터 종단 노드까지의 거리에 기초하여 싱크 노드와의 최대거리가 결정될 수 있다. 예컨대, 트리 구조의 각 브랜치(branch)에 해당하는 종단 노드들 중에서 싱크 노드(401)와의 거리가 가장 먼 종단 노드의 거리가 상기 싱크 노드와의 최대 거리로 결정될 수 있다.

[0050] 320 단계에서, 재연결 수행부(420)는 싱크 노드와의 최대 거리를 유지하면서 네트워크의 에너지 소비량이 감소하도록 노드 간 재연결을 반복적으로 수행함으로써, 초기 무선 센서 네트워크의 트리 구조를 점차적으로 재구성할 수 있다.

[0051] 321 단계에서, 오버히어링부(421)는 싱크 노드(401)에서 초기 무선 센서 네트워크를 형성하는 센서 노드들 중에서 적어도 하나의 종단 노드(end node)로 전송한 에이전트 패킷을 오버히어링(overhearing)할 수 있다. 여기서, 오버히어링 가능한 거리는 패킷의 최대 송신 거리 등으로 정의될 수 있다.

[0052] 322 단계에서, 조건 확인부(422)는 오버히어링된 패킷에 포함된 정보에 기초하여 제1 조건 및 제2 조건이 만족하는지 여부를 확인할 수 있다. 여기서, 제1 조건은 거리 조건을 나타내고, 제2 조건은 비용 조건을 나타낼 수 있다. 그리고, 상기 오버히어링된 패킷에 포함된 정보는 싱크 노드부터 에이전트 패킷을 송신하는 노드까지의

거리, 최대 거리, 미리 정의된 비용 파라미터 및 거리 파라미터를 포함할 수 있다. 여기서, 조건 확인부(422)에서 제1 및 제2 조건을 확인하는 자세한 동작은 아래의 수학적 식 2를 설명하면서 후술하기로 한다.

- [0053] 323 단계에서, 조건 확인부(422)에서 제1 조건 및 제2 조건을 모두 만족하는 것으로 확인된 경우, 재연결 처리부(423)는 초기 무선 센서 네트워크(즉, SPT를 기반으로 형성된 WSN)에서의 트리 구조로 연결된 싱크 노드 또는 센서 노드와의 연결을 해제하고, 새로 연결하고자 하는 노드와 재연결을 수행할 수 있다. 즉, 재연결 처리부(423)는 오버헤어링 시점에 이미 트리 구조로 연결된 기존 노드(싱크 노드 또는 센서 노드)와의 연결을 해제하고, 새로운 노드인 에이전트 패킷을 전송한 노드(즉, 에이전트 패킷을 전송한 싱크 노드 또는 싱크 노드로부터 상기 에이전트 패킷의 목적지에 해당하는 종단 노드까지의 라우팅 경로 상에 존재하는 센서 노드)와 연결을 수행할 수 있다. 이처럼, 기존 노드와의 연결을 해제하고 새로운 노드와 재연결을 수행함으로써 트리 구조가 조정될 수 있다.
- [0054] 이때, 에이전트 패킷을 오버헤어링한 센서 노드(즉, 데이터 병합 트리 시스템)는 초기 무선 센서 네트워크에 포함된 센서 노드들을 대상으로, 에이전트 패킷을 전송한 노드와 연결된 센서 노드를 제외한 어느 하나의 센서 노드에 해당할 수 있다. 그리고, 에이전트 패킷을 전송한 노드는, 에이전트 패킷을 오버헤어링한 센서 노드의 다음 홉(next hop)이 아니면서 에이전트 패킷을 오버헤어링한 센서 노드의 차일드 노드(child node)가 아닌 노드에 해당할 수 있다.
- [0055] 이처럼, 기존 노드와의 연결을 해제하고 새로운 노드와 재연결을 수행함에 따라, 재연결 처리부(423)는 자신의 라우팅 테이블 정보에 포함된 다음 홉(next hop) 정보를 재연결된 새로운 노드의 식별자 정보로 업데이트할 수 있다. 그리고, 재연결 처리부(423)는 싱크 노드(401)로 라우트 응답(route reply) 메시지를 전송할 수 있다. 그러면, 센서 노드(즉, 데이터 병합 트리 생성 시스템, 400)으로부터 싱크 노드(401)까지 라우트 응답 메시지가 전송되는 라우팅 경로 상에 존재하는 센서 노드들 각각과 싱크 노드(401)는 상기 라우트 응답 메시지에 기초하여 자신의 라우팅 테이블 정보를 업데이트할 수 있다. 즉, 라우팅 테이블 정보를 업데이트함으로써, 상기 센서 노드(400)와 연결된 노드가 변경되어 트리 구조가 변경되었음을 반영할 수 있다. 그리고, 센서 노드(400)에 차일드 노드(즉, 하위 노드)가 존재하는 경우, 재연결 처리부(423)는 자신의 차일드 노드로 라우트 요청(route request) 메시지를 멀티캐스팅(multicasting)할 수 있다. 그러면, 차일드 노드는 라우트 요청 메시지에 기초하여 싱크 노드에게 라우트 응답(route reply) 메시지를 전송할 수 있다. 상기 라우트 응답(route reply) 메시지들은 기설정된 경로를 따라 전송하면서 경로 상의 노드들의 라우팅 테이블 정보를 업데이트할 수 있다.
- [0056] 324 단계에서, 조건 확인부(422)에서 제1 조건 및 제2 조건을 모두 만족하지 않는 것으로 확인된 경우, 즉, 제1 조건 및 제2 조건 중 어느 하나만 만족하거나 두 조건 모두 만족하지 않는 경우, 재연결 처리부(423)는 새로운 노드로 재연결을 수행하지 않고, 기존 노드와의 연결을 그대로 유지할 수 있다.
- [0057] 이처럼, 재연결 처리부(423)는 모든 종단 노드들을 대상으로 싱크 노드에서 전송된 에이전트 패킷을 오버헤어링하는(엿듣는) 동작을 통해 재연결을 수행하거나 기존 노드와의 연결을 유지하는 동작을 수행하여 트리 구조를 점차적으로 재구성할 수 있다. 이때, 모든 종단 노드들 중에서 싱크 노드와의 거리가 가장 가까운 노드로 가장 먼저 에이전트 패킷이 전송된 이후에 오버헤어링을 통해 재연결이 수행되고, 이후, 두 번째로 가까운 종단 노드, 세 번째, 네 번째, ..., 가장 먼 종단 노드 순으로 순차적으로 싱크 노드에서 에이전트 패킷이 전송될 수 있으며, 각 에이전트 패킷은 모든 종단 노드들 중 어느 하나의 종단 노드를 대상으로 재연결 과정이 완료된 이후에 순차적으로 전송될 수 있다. 그리고, 모든 종단 노드를 대상으로 재연결 수행 과정이 완료되면, 트리 구조가 최종적으로 조정될 수 있다.
- [0059] 도 5는 본 발명의 일실시예에 있어서, 싱크 노드의 동작을 도시한 흐름도이다.
- [0060] 도 5를 참고하면, 510 단계에서, 싱크 노드(401)는 최단 경로 트리(SPT)에 기초하여 최단 경로 트리 구조를 생성할 수 있다.
- [0061] 520 단계에서, 생성된 최단 경로 트리 구조에서, 현재 트리를 구성하는 링크 비용의 총합 C_{tot} 을 계산할 수 있다.
- [0062] 530 단계에서, 상기 링크 비용의 총합이 변경되었는지 여부를 확인하고, 변경된 것으로 확인되면(530, 예), 540 단계에서, 싱크 노드(401)는 종단 노드를 파악할 수 있다. 이때, 상기 총합이 변경되지 않은 경우(503, 아니오), 해당 플로우(flow)는 종료될 수 있다.
- [0063] 540 단계에서, 싱크 노드(401)는 생성된 트리에서 각 브랜치(branch)의 종단 노드들로부터 수신된 라우팅 정보

에 기초하여 브랜치 별 종단 노드를 파악할 수 있다. 예컨대, 차일드 노드가 없는 센서 노드를 해당 브랜치의 종단 노드로 파악할 수 있다.

- [0064] 550 단계에서, 싱크 노드(401)는 파악된 종단 노드들의 식별자 정보를 거리가 긴 것부터 짧은 순서로 정렬할 수 있다.
- [0065] 560 단계에서, 싱크 노드(401)는 모든 종단 노드들을 대상으로, 에이전트 패킷(agent packet)을 전송할 수 있다. 이때, 모든 종단 노드에 대해 에이전트 패킷 전송이 완료된 경우(560, 예), 현재 트리를 구성하는 링크 비용의 총합을 계산하는 단계로 다시 되돌아갈 수 있다.
- [0066] 그리고, 모든 종단 노드에 대해 에이전트 패킷 전송이 완료되지 않은 경우(560, 아니오), 570 단계에서, 싱크 노드(401)는 거리가 가장 먼 종단 노드부터 에이전트 패킷을 전송할 수 있다. 이때, 싱크 노드(401)는 먼 종단 노드부터 가장 가까운 종단 노드 순서로 에이전트 패킷을 순차적으로 전송할 수 있다. 그리고, 싱크 노드(401)는, 어느 하나의 종단 노드로 에이전트 패킷을 전송한 이후 해당 종단 노드에서 에이전트 패킷을 수신 완료한 이후에, 다음 순서의 종단 노드로 에이전트 패킷을 전송할 수 있다.
- [0067] 580 단계에서, 종단 노드로 에이전트 패킷을 전송한 이후, 싱크 노드(401)는 상기 에이전트를 오버히어링한 센서 노드에서 전송한 라우트 응답(route reply) 메시지를 수신할 수 있다.
- [0068] 590 단계에서, 싱크 노드(401)는 라우트 응답 메시지에 기초하여 자신의 라우팅 테이블 정보(routing table information)를 업데이트할 수 있다. 예컨대, 변경된 트리 구조에 따라 노드 간 연결 정보가 업데이트될 수 있다.
- [0069] 이때, 싱크 노드(401)로부터 거리가 가장 가까운 종단 노드까지, 즉, 모든 종단 노드로 에이전트 패킷 전송이 완료될 때까지, 라우트 응답 메시지 수신 및 라우팅 테이블 정보 업데이트 과정(즉, 560 내지 590 단계)을 반복 수행할 수 있다.
- [0071] 도 6은 본 발명의 일실시예에 있어서, 에이전트 패킷을 이용하여 트리 구조를 재구성하는 데이터 병합 트리 생성 방법의 전반적인 동작을 도시한 흐름도이다.
- [0072] 도 6을 참고하면, 무선 센서 네트워크는 하나의 싱크 노드와 복수의 센서 노드들로 구성되는 경우를 예를 들어 설명하기로 한다. 도 6에서, 센서 노드는 싱크 노드에서 전송한 에이전트 패킷의 목적지에 해당하는 종단 노드일 수도 있고, 싱크 노드(602)로부터 종단 노드까지로 에이전트 패킷이 전송되는 라우팅 경로 상에 존재하는 중간 노드일 수도 있고, 상기 라우팅 경로 상에 존재하지 않으나, 상기 에이전트 패킷을 수신한 센서 노드와 인접하게 존재하여 상기 에이전트 패킷을 오버히어링하는 오버히어링 노드일 수도 있고, 오버히어링 노드의 차일드 노드(child node)에 해당할 수도 있고, 오버히어링 이전에 오버히어링 노드와 미리 연결된 기존 센서 노드에 해당할 수도 있다. 이때, 기존 노드는 센서 노드 이외에 싱크 노드가 될 수도 있다.
- [0073] 610 단계에서, 동작 상태가 아이들 상태(idle state)인 경우에, 싱크 노드(602)는 최단 경로 트리(SPT)에 기초하여 형성된 초기 무선 센서 네트워크 상의 종단 노드들 중에서 가장 가까운 종단 노드부터 가장 먼 종단 노드까지 순차적으로 에이전트 패킷을 전송할 수 있다. 이때, 싱크 노드(602)는 SPT를 기반으로 트리 구성 시 노드 별로 미리 저장된 라우팅 테이블 정보에 기초하여 미리 설정된 라우팅 경로를 따라 해당 종단 노드로 에이전트 패킷을 전송할 수 있다.
- [0074] 도 6에서는 싱크 노드로부터 거리가 가장 먼 종단 노드로 에이전트 패킷을 전송하는 경우를 예로 들어 설명하기로 한다. 이때, 에이전트 패킷의 목적지는 가장 가까운 종단 노드의 주소 정보로 설정될 수 있다. 여기서, 종단 노드는 트리의 각 브랜치 끝에 위치하는 센서 노드로서, 자신의 하위에 차일드 노드(child node)가 없는 노드를 나타낼 수 있다. 예컨대, 도 2를 참고하면, 노드 9, 노드 2, 노드 3, 노드 7, 노드 12, 노드 10, 노드 18, 노드 19, 노드 8, 노드 6, 노드 11, 노드 20, 및 노드 15가 종단 노드에 해당할 수 있다. 예컨대, 노드 20이 가장 먼 거리에 있는 종단 노드에 해당할 수 있다.
- [0075] 이때, 싱크 노드(602)에서 종단 노드로 전송하는 에이전트 패킷은 싱크 노드의 주소 정보, 종단 노드의 주소 정보, 에이전트 패킷의 송신 노드 주소 정보, 에이전트 패킷의 수신 노드 주소 정보, 에이전트 패킷의 순서번호 정보, 네트워크의 최대 거리, 싱크 노드부터 에이전트 패킷을 전송하는 노드까지의 거리 정보 등을 포함할 수 있다. 이외에, 미리 정의된 거리 파라미터, 비용 파라미터를 더 포함할 수도 있고, 거리 파라미터, 비용 파라미터, 오버히어링 노드 i 와 에이전트 패킷을 송신한 노드 j 사이의 링크 비용은 각 노드가 사전에 미리 알고 있을 수 있다. 여기서, 상기 최대 거리는 SPT를 기반 초기 무선 센서 네트워크 생성 시 결정되는 최대 거리에 해당

하는 센서 노드(즉, 종단 노드)와 싱크 노드(602) 사이의 거리값으로서 변하지 않는 고정값에 해당할 수 있다. 그리고, 싱크 노드(602)로부터 에이전트 패킷을 송신하는 센서 노드까지의 거리 정보는 에이전트 패킷이 전달되면서 거처온 경로를 구성하는 링크 비용의 합으로서, 에이전트 패킷의 전달 과정에서 거리값이 축적될 수 있다.

[0076] 611 단계에서, 에이전트 패킷을 수신한 센서 노드(601)는 에이전트 패킷에 포함된 정보를 이용하여 싱크 노드를 목적지로 하는 라우팅 테이블 정보를 업데이트할 수 있다. 여기서, 상기 센서 노드(601)는 종단 노드로 가는 경로 상에 있는 센서 노드(즉, 중간 노드)에 해당할 수도 있고, 종단 노드에 해당할 수도 있다.

[0077] 612 단계에서, 에이전트 패킷이 라우팅 경로를 따라 싱크 노드(602)로부터 종단 노드로 전달되는 과정에서, 상기 라우팅 경로 주변의 센서 노드들(예컨대, 오버히어링 노드)은 상기 에이전트 패킷을 오버히어링(overhearing)할 수 있다.

[0078] 예컨대, 상기 에이전트 패킷을 수신하는 센서 노드와 기정의된 기준 홉 이내에 해당하는 센서 노드들이 상기 센서 노드로 전달되는 에이전트 패킷을 오버히어링할 수 있다. 즉, 해당 센서 노드들이 오버히어링 노드에 해당할 수 있다. 이러한 오버히어링 노드(603)는 에이전트 패킷을 엿듣는 노드로서, 에이전트 패킷을 전송한 노드(예컨대, 싱크 노드 또는 센서 노드)와 현재 연결 정보가 없는 노드(즉, 연결되지 않은 노드)에 해당할 수 있다. 그리고, 상기 에이전트 패킷을 전송한 노드는 오버히어링 노드(603)의 다음 홉(next hop)이 아니면서 차일드 노드(child node)가 아닌 센서 노드 또는 싱크 노드에 해당할 수 있다.

[0079] 613 단계에서, 오버히어링 노드(603)는 오버히어링한 에이전트 패킷에 포함된 정보에 기초하여 제1 및 제2 조건을 만족하는지 여부를 확인하고, 제1 및 제2 조건을 만족하는 경우에, 에이전트 패킷의 송신 노드 j 로 연결 변경을 수행할 수 있다.

[0080] 이때, 오버히어링 노드(603)는 연결 변경을 수행하기 위해, 즉, 기존 노드와의 연결을 해제하고 새로운 노드(상기 에이전트 패킷을 송신한 노드 j)로 재연결을 수행하기 위해, 아래의 표 2에서 정의하고 있는 파라미터들의 값을 결정할 수 있다.

표 2

A.	C_{ij} : 엿듣는 노드 i 와 agent 패킷을 송신한 노드 j 사이의 링크 비용, 인접 노드간 주기적으로 전송되는 hello 메시지 등의 송수신에 의하여 해당 링크 비용을 사전에 알고 있음.
B.	C_{jk} : 엿듣는 노드 i 와 싱크 노드로 가는 노드 i 의 next hop 노드 k 사이의 링크 비용, 인접 노드간 주기적으로 전송되는 hello 메시지 등의 송수신에 의하여 해당 링크 비용을 사전에 알고 있음.
C.	D_{max} ($=\max\{D_{is}\}, \forall i$): 네트워크의 최대 거리 값, 엿듣는 agent 패킷 내에 포함되어 있음.
D.	D_{js} : 싱크 노드부터 agent 패킷을 송신하는 노드까지의 거리 값, 엿듣는 agent 패킷 내에 포함되어 있음.
E.	D_{ic}^{max} ($=\max\{D_{ic}\}, \forall c=\{i\text{의 child 노드}\}$) : 엿듣는 노드 i 와 노드 i 의 child 노드들 간의 거리의 최대 값.

[0081]

[0082] 표 2에 따르면, 오버히어링 노드(603)는 오버히어링 노드(즉, 엿듣는 노드, 603) i 와 에이전트 패킷을 송신한 노드 j 사이의 링크 비용 C_{ij} 를 결정할 수 있다. 여기서, 링크 비용 C_{ij} 은 오버히어링 노드(603)와 상기 송신 노드 j 사이의 헬로우 메시지 송수신을 통해 각 노드가 미리 알고 있을 수 있다. 마찬가지로, C_{jk} 역시 헬로우 메시지의 송수신을 통해 미리 알고 있을 수 있다. 그리고, 최대 거리인 D_{max} 는 에이전트 패킷에 포함된 정보이고, D_{js} 는 싱크 노드(602)로부터 에이전트 패킷을 송신한 노드까지의 거리값으로서, 에이전트 패킷에 포함된 정보이다. 여기서, D_{js} 는 싱크 노드(602)로부터 라우팅 경로를 따라 종단 노드로 전송될 때까지, 통과하는 중간

센서 노드들에서 계속하여 축적될 수 있다. 즉, 중간 노드에서 현재 자신까지의 거리를 에이전트 패킷 내의 D_{js} 에 더함으로써, 에이전트 패킷 내의 D_{js} 는 종단 노드에 도달할 때까지 계속 축적하여 업데이트될 수 있다. 그리

고, D_{ic}^{max} 는 오버히어링 노드(603)와 오버히어링 노드(603)의 차일드 노드(604) 간의 최대 거리값을 나타낼 수 있다.

[0083] 그러면, 오버히어링 노드(603)는 표 2의 파라미터들을 기반으로 제1 및 제2 조건을 만족하는지 여부를 확인할 수 있다. 예를 들어, 오버히어링 노드(603)는 아래의 수학적 식 2에 기초하여 제1 및 제2 조건이 만족하는지 여부를 확인할 수 있다.

[0084] [수학적 식 2]

$$D_{js} + C_{ij} + D_{ic}^{max} < D_{max} - \Delta_1$$

[0085] $C_{ij} < C_{ik} - \Delta_2$

[0086] 수학적 식 2에 따르면, $D_{js} + C_{ij} + D_{ic}^{max} < D_{max} - \Delta_1$ 는 제1 조건(즉, 거리 조건)을 나타내고, $C_{ij} < C_{ik} - \Delta_2$ 는 제2 조건(즉, 비용 조건)을 나타낼 수 있다.

[0087] 예를 들어, 오버히어링 노드(603)는 최대 거리 D_{max} 와 기정의된 거리 파라미터 Δ_1 간의 차이인 거리 차를 계산할 수 있다. 그리고, 오버히어링 노드(603)는 싱크 노드(602)와 오버히어링 패킷을 수신한 센서 노드 i 의 하위

에 존재하는 종단 노드들까지의 거리($D_{js} + C_{ij} + D_{ic}^{max}$)를 계산할 수 있다. 그리고, 오버히어링 노드(603)는 계산된 상기 거리($D_{js} + C_{ij} + D_{ic}^{max}$)와 계산된 상기 거리 차($D_{max} - \Delta_1$)를 비교하여 제1 조건이 성립하는지 여부를 확인할 수 있다. 수학적 식 1을 참고하면, 오버히어링 노드(603)는 상기 거리

($D_{js} + C_{ij} + D_{ic}^{max}$)가 상기 거리 차($D_{max} - \Delta_1$)보다 작으면 상기 제1 조건이 성립(즉, 만족)하는 것으로 결정하고, 작지 않으면, 상기 제2 조건이 성립(즉, 만족)하지 않는 것으로 결정할 수 있다.

[0088] 그리고, 오버히어링 노드(603)는 오버히어링 노드 i (603)와 현재 연결되어 있는 기존 노드(605)와의 링크 비용

C_{ik} 와 비용 파라미터 Δ_2 간의 차이인 비용 차 $C_{ik} - \Delta_2$ 를 계산할 수 있다. 그리고, 오버히어링 노드 i (603)는 오버히어링 노드 i (603)와 새로 연결하고자 하는 노드 j (즉, 에이전트 패킷을 전송한 센서 노드 j 사이의 링크 비용 C_{ij} 와 상기 비용 차를 비교하여 제2 조건이 성립(즉, 만족)하는지 여부를 확인할 수 있다. 예컨

대, 오버히어링 노드 i (603)는 상기 링크 비용 C_{ij} 이 상기 비용 차 $C_{ik} - \Delta_2$ 보다 작으면, 제2 조건이 성립(즉, 만족)하는 것으로 결정하고, 작지 않으면 제2 조건이 성립(즉, 만족)하지 않는 것으로 결정할 수 있다.

[0089] 그리고, 오버히어링 노드(603)는 제1 및 제2 조건이 모두 만족하는 것으로 확인되면, 에이전트 패킷을 전송한 송신 노드 j 로 연결 변경을 수행할 수 있다. 즉, 오버히어링 노드(603)는 싱크 노드(602)와 센서 노드 i 의 하

위에 존재하는 종단 노드들까지의 전체 거리($D_{js} + C_{ij} + D_{ic}^{max}$)가 모두 네트워크의 최대 거리 D_{max} 보다는 Δ_1 만큼 작으면서, 현재 연결되어 있는 기존 노드(605)와의 링크 비용 C_{ik} 보다 새로 연결하고자 하는 노드 j 와의 링크 비용 C_{ij} 이 Δ_2 만큼 더 작아지는 경우에만 연결 변경을 수행할 수 있다. 여기서, 거리 파라미터 Δ_1

와 비용 파라미터 Δ_2 는 데이터 병합시 발생하는 지연 시간(aggregation delay)이나 시간에 따른 링크 비용의 변화 등을 고려하여 변경 조건을 보수적으로 가져가기 위한 마진(margin) 값으로서, 둘 다 양수로 미리 설정될 수 있다. 이처럼, 수학적 2의 조건식을 통해 재연결을 수행함으로써, 네트워크의 최대 거리는 증가하지 않으면서, 트리의 구성 링크 비용이 감소할 수 있다.

- [0090] 그리고, 연결 변경을 수행함에 따라, 오버히어링 노드(603)는 자신의 라우팅 테이블 정보를 업데이트할 수 있다. 예를 들어, 자신의 싱크 노드로 가는 해당 라우팅 테이블 정보의 다음 홉(next hop)을 기존 노드 k에서 새로 연결된 노드 j로 변경함으로써, 라우팅 테이블 정보를 업데이트할 수 있다.
- [0091] 이처럼, 새로운 센서 노드 j로 재연결을 수행하는 경우, 614 단계에서, 오버히어링 노드(603)는 기존 노드(즉, 센서 노드 k, 605)와의 연결을 해제할 수 있다.
- [0092] 615 단계에서, 오버히어링 노드(603)는 연결 해제를 위한 연결 해제 메시지를 기존 노드(605)로 전송할 수 있다.
- [0093] 616 단계에서, 기존 노드(605)는 연결 해제 메시지를 수신하고, 수신된 연결 해제 메시지에 기초하여 자신의 라우팅 테이블 정보를 업데이트할 수 있다. 예컨대, 기존 노드(605)는 자신의 라우팅 테이블 정보에서 상기 연결 해제 메시지를 전송한 노드(즉, 오버히어링 노드 i, 603)가 다음 홉(next hop)인 정보들을 모두 삭제함으로써, 라우팅 테이블 정보를 업데이트할 수 있으며, 오버히어링 노드 i(603)와의 연결을 해제할 수 있다.
- [0094] 617 단계에서, 오버히어링 노드(603)는 라우트 응답(route reply) 메시지를 싱크 노드(602)로 전송할 수 있다.
- [0095] 618 단계에서, 싱크 노드(602), 및 오버히어링 노드(603)로부터 싱크 노드(602) 간의 라우팅 경로 상에 존재하는 센서 노드들(즉, 중간 노드들)은 상기 라우트 응답 메시지에 기초하여 자신의 라우팅 테이블 정보를 업데이트할 수 있다. 예컨대, 싱크 노드(602) 및 상기 중간 노드들 각각은 라우트 응답 메시지를 처음 발생시킨 노드(즉, 오버히어링 노드)를 목적지로 하는 라우팅 테이블 정보를 업데이트할 수 있다. 이처럼, 각 노드에서 라우팅 테이블 정보를 업데이트함으로써, 상기 오버히어링 노드(603)가 기존 노드와의 연결을 해제하고 새로운 노드와 연결함에 따라 재구성된 트리 구조(즉, 변경된 트리 구조)가 무선 센서 네트워크 전반에 반영될 수 있다.
- [0096] 619 단계에서, 오버히어링 노드(603)가 차일드 노드(604)가 있는 경우, 오버히어링 노드(603)는 자신의 차일드 노드(604)로 라우트 요청(route request) 메시지를 멀티캐스트 전송(multicasting)할 수 있다. 이처럼, 멀티캐스트 전송한 이후, 오버히어링 노드(603)는 자신의 동작 상태를 아이들 상태(idle state)로 되돌릴 수 있다.
- [0097] 620 단계에서, 차일드 노드(609)는 라우트 요청 메시지를 수신한 경우, 차일드 노드(609)는 싱크 노드(603)를 목적지로 하는 라우트 응답(route reply) 메시지를 전송함으로써, 싱크 노드에서 차일드 노드로 가는 경로에 대한 라우팅 테이블 정보를 업데이트할 수 있다.
- [0098] 이때, 오버히어링 노드(603)의 차일드 노드가 존재하지 않는 경우, 즉, 오버히어링 노드(603)가 종단 노드인 경우, 차일드 노드의 라우팅 테이블 정보를 업데이트하는 동작(618 내지 619 단계)은 생략될 수 있다. 즉, 차일드 노드가 존재하지 않는 경우, 오버히어링 노드(603)는 라우트 요청 메시지를 전송하지 않고, 동작 상태를 아이들 상태(idle state)로 변경할 수 있다.
- [0099] 한편, 다시 611 단계를 참고하면, 센서 노드(601)에서 에이전트 패킷을 수신한 이후, 621 단계에서, 센서 노드(601)가 상기 에이전트 패킷의 목적지에 해당하면, 즉, 센서 노드(601)가 종단 노드에 해당하는 경우, 센서 노드(601)는 에이전트 패킷을 한번 더 방송(broadcasting)한 후, 동작 상태가 다시 아이들 상태(idle state)로 되돌아 갈 수 있다.
- [0100] 622 단계에서, 센서 노드(601)가 상기 에이전트 패킷의 목적지에 해당하지 않는 경우, 센서 노드(601)는 에이전트 패킷의 목적지에 해당하는 센서 노드(즉, 종단 노드) 또는 다음 홉에 해당하는 다음 센서 노드로 해당 에이전트 패킷을 포워딩(forwarding)할 수 있다. 그리고, 포워딩 이후, 센서 노드(601)의 동작 상태는 아이들 상태로 되돌아갈 수 있다.
- [0101] 이상의 도 6에 따르면, 센서 노드(601), 싱크 노드(602), 오버히어링 노드(603), 차일드 노드(604) 및 기존 노드(605)는 각각 동작 상태가 아이들 상태인 경우에, 이벤트가 발생함에 따라 서로 다른 동작을 수행하여 라우팅 테이블 정보를 업데이트함으로써, 재구성된 트리 구조를 무선 센서 네트워크 전반에 반영할 수 있다. 여기서, 이벤트는 에이전트 패킷을 직접 수신하는 이벤트, 에이전트 패킷을 오버히어링하는 이벤트, 연결 해제 메시지를

수신하는 이벤트, 라우트 응답 메시지를 수신하는 이벤트, 라우트 요청 메시지를 수신하는 이벤트 등을 포함할 수 있다.

- [0103] 도 7 내지 도 17은 본 발명의 일실시예에 있어서, SPT를 기반으로 초기 무선 센서 네트워크를 형성한 이후에 에이전트 패킷을 이용하여 재구성되는 트리 구조를 도시한 도면이다.
- [0104] 도 7 내지 도 17에서는 전체 노드가 20개인 경우에 정보 수집 시간을 최소로 유지하면서 네트워크의 에너지 소비량이 감소하도록 조정된 무선 센서 네트워크의 트리 구조를 도시하고 있다. 이하의 도 7 내지 도 17에서는 제1 및 제2 조건이 모두 만족하여 노드간 재연결을 통해 트리를 재구성하는 경우를 예로 들어 설명하나, 이는 실시예에 해당되며, 도 7 내지 도 17의 재구성된 트리 구조에서, 가장 먼 거리의 노드로부터 가장 가까운 거리의 노드로 에이전트 패킷을 순차적으로 전송하여 트리를 재구성하는 과정에서 제1 및 제2 조건 중 적어도 하나가 만족하지 않는 경우에 기존 노드와의 연결이 유지되는 경우 역시 포함될 수 있다.
- [0105] 도 7은 본 발명의 일실시예에 있어서, 싱크 노드에서 중단 노드 20으로 에이전트 패킷을 전송하는 경우에 재연결을 통해 재구성된 트리 구조를 나타낼 수 있다.
- [0106] 도 7을 참고하면, 트리(700)에서 최대 거리에 해당하는 노드는 노드 20(701)으로서 도 2의 트리(210)에서의 최대 거리에 해당하는 노드 20과 동일함을 확인할 수 있다. 즉, 최대 거리(D_{max})가 변경되지 않고, SPT 기반의 트리(210)와 동일하게 유지됨을 확인할 수 있다. 도 17을 참고하면, 트리(1710)에서, 노드 2, 노드 4, 노드 8, 노드 9, 노드 10, 노드 18 및 노드 19는 트리(210) 대비 연결 링크 비용이 감소하도록 재연결이 이루어졌음을 확인할 수 있다.
- [0107] 예를 들어, 싱크 노드(702)에서 중단 노드인 노드 20(701)으로 에이전트 패킷을 전송하는 경우, 싱크 노드(702)와 중단 노드(701)까지의 라우팅 경로 상에 존재하는 센서 노드 17(703)에서 에이전트 패킷을 싱크 노드(702)로부터 수신하여 중단 노드(701)로 전달할 수 있다. 이때, 센서 노드 17(703)과 기정의된 기준 홉(또는 기정의된 기준 거리) 이내에 존재하는 센서 노드 17(703) 주변의 센서 노드들에서 상기 에이전트 패킷을 오버히어링할 수 있다. 예컨대, 센서 노드 14, 15, 9, 16, 11, 20, 싱크 노드 1 등이 상기 에이전트 패킷을 오버히어링할 수 있다. 이때, 중단 노드 20(701)은 센서 노드 17(703)과 연결되어 있으므로, 오버히어링된 에이전트 패킷을 버릴 수 있다(즉, 에이전트 패킷을 삭제할 수 있다). 그리고, 센서 노드 14는 센서 노드 17과의 링크 비용이 기존의 싱크 노드 1(702)과의 링크 비용보다 작더라도, 차일드 노드인 센서 노드 11로부터 싱크 노드 1(702)까지의 경로(즉, 노드 11-> 노드 14 -> 노드 17 -> 노드 1)로의 경로가 현재 경로(노드 11-> 노드 14-> 노드 1)보다 거리가 멀어지므로, 노드 14는 노드 17과 재연결을 수행하지 않고, 기존 노드(즉, 노드 1)와의 연결을 유지할 수 있다.
- [0108] 센서 노드 9(704)를 참고하면, 센서 노드 9(704)는 SPT 기반으로 형성된 초기 무선 센서 네트워크 상에서 노드 16(기존 노드, 705)와 연결될 수 있다. 이때, 센서 노드 9(704)에서 센서 노드 17(703)에서 센서 노드 20(701)으로 전송한 에이전트 패킷을 오버히어링 한 경우, 센서 노드 9(704)와 센서 노드 17(703) 간의 링크 비용이 기존 노드(705)와의 링크 비용보다 작고, 센서 노드 9(704)로부터 센서 노드 17(703)을 통한 싱크 노드 1(702)까지의 거리가 최대 거리(즉, 싱크 노드 1로부터 중단 노드 20까지의 거리)보다 작으므로(즉, 제1 및 제2 조건을 모두 만족하므로), 센서 노드 9(704)는 기존 노드(705)와의 연결을 해제하고, 새로운 노드(즉, 노드 17, 703)과 재연결을 수행할 수 있다. 이때, 센서 노드 9(704)와 연결된 차일드 노드가 존재하는 경우, 차일드 노드로부터 센서 노드 9(704), 센서 노드 17(703)을 통해 싱크 노드 1(702)까지의 거리가 최대 거리보다 작아야 재연결이 수행될 수 있다.
- [0109] 에이전트 패킷을 중단 노드인 센서 노드 20(701)에서 수신하고, 센서 노드 20(701)에서 다시 한번 에이전트 패킷을 방송(broadcasting) 이후 센서 노드 20(701) 관련 트리 재구성은 종료될 수 있으며, 싱크 노드 1(702)는 중단 노드 20(701)의 다음 순서에 해당하는 중단 노드를 목적으로 설정한 에이전트 패킷을 전송할 수 있다.
- [0110] 도 8은 본 발명의 일실시예에 있어서, 싱크 노드에서 중단 노드 2로 에이전트 패킷을 전송하는 경우에 재연결을 통해 재구성된 트리 구조를 나타낼 수 있다.
- [0111] 도 8에 따르면, 싱크 노드(801)에서 중단 노드 2(802)로 에이전트 패킷이 전송될 때, 센서 노드 5(803)가 전송한 에이전트 패킷을 오버히어링 노드 4(804)가 오버히어링할 수 있다. 오버히어링 노드 4(804)에서는 에이전트 패킷에 포함된 정보를 기반으로 제1 조건 및 제2 조건이 만족하는지 여부를 확인하고, 제1 및 제2 조건이 만족하는 것으로 확인됨에 따라, 기존 노드(즉, 싱크 노드 1)과의 연결을 해제하고, 새로운 노드(즉, 노드 5, 803)와 재연결을 수행할 수 있다. 즉, 노드 4(804)가 노드 5(803)와 재연결되어 싱크 노드 1(801)까지 돌아가더라도

도, 링크 비용은 감소하고, 노드 7부터 노드 4, 노드 5를 통한 싱크 노드 1까지의 거리는 최대 거리인 싱크 노드(801)로부터 노드 20까지의 거리보다 여전히 작으므로 노드 4(804)는 노드 5(803)와 재연결을 수행하여 트리를 재구성할 수 있다.

- [0112] 도 9는 본 발명의 일실시예에 있어서, 싱크 노드에서 중단 노드 11로 에이전트 패킷을 전송하는 경우에 재연결을 통해 재구성된 트리 구조를 나타낼 수 있다.
- [0113] 도 9를 참고하면, 싱크 노드 1(901)에서 중단 노드 11(902)로 에이전트 패킷이 전송될 때, 오버히어링 노드 8(903)은 센서 노드 14(904)가 전송한 에이전트 패킷을 오버히어링할 수 있다. 이때, 오버히어링 노드 8(903)은 에이전트 패킷에 포함된 정보를 기반으로 제1 조건 및 제2 조건이 만족하는지 여부를 확인할 수 있다. 그리고, 제1 및 제2 조건이 모두 만족하는 것으로 확인됨에 따라, 오버히어링 노드 8(903)은 기존 노드(싱크 노드 1)와의 연결을 해제하고, 새로운 노드 14(904)와 재연결을 수행함으로써, 트리 구조를 재구성할 수 있다.
- [0114] 도 10 내지 도 12는 본 발명의 일실시예에 있어서, 싱크 노드에서 중단 노드 12로 에이전트 패킷을 전송하는 경우에 재연결을 통해 재구성된 트리 구조를 나타낼 수 있다.
- [0115] 도 10을 참고하면, 싱크 노드 1(1001)에서 중단 노드 12(1002)로 에이전트 패킷이 전송될 때, 오버히어링 노드 19(1003)은 센서 노드 13(1004)이 전송한 에이전트 패킷을 오버히어링할 수 있다. 이때, 제1 및 제2 조건이 만족함에 따라, 오버히어링 노드 19(1003)은 기존 노드(즉, 싱크 노드 1)와의 연결을 해제하고, 새로운 노드(즉, 센서 노드 13, 1004)와 재연결을 수행함으로써, 트리 구조가 재구성될 수 있다.
- [0116] 도 11을 참고하면, 싱크 노드 1(1101)에서 중단 노드 12(1102)로 에이전트 패킷을 전송하는 경우에, 오버히어링 노드 18(1103)은 센서 노드 13(1104)이 전송한 에이전트 패킷을 오버히어링할 수 있다. 그리고, 오버히어링된 패킷에 포함된 정보에 기초하여 제1 조건 및 제2 조건이 만족하는지 여부를 확인하고, 제1 및 제2 조건이 만족하는 것으로 확인됨에 따라, 오버히어링 노드 18(1103)은 기존 노드(싱크 노드 1)와의 연결을 해제하고, 센서 노드 13(1104)과 재연결을 수행할 수 있다.
- [0117] 도 12를 참고하면, 싱크 노드 1(1201)에서 중단 노드 12(1202)로 에이전트 패킷을 전송하는 경우에, 오버히어링 노드 10(1203)은 센서 노드 13(1204)이 전송한 에이전트 패킷을 오버히어링할 수 있다. 이때, 제1 및 제2 조건이 만족하는 것으로 확인됨에 따라, 오버히어링 노드 10(1203)은 기존 노드(싱크 노드 1)와의 연결을 해제하고, 새로운 센서 노드 13(1204)과 재연결을 수행할 수 있다.
- [0118] 도 13은 본 발명의 일실시예에 있어서, 싱크 노드에서 중단 노드 2로 에이전트 패킷을 전송하는 경우에 재연결을 통해 재구성된 트리 구조를 나타낼 수 있다.
- [0119] 도 13을 참고하면, 싱크 노드 1(1301)에서 중단 노드 2(1302)로 에이전트 패킷을 전송하는 경우에, 중단 노드인 오버히어링 노드인 센서 노드 2(1302)가 센서 노드 3(1303)이 전송한 에이전트 패킷을 오버히어링할 수 있다. 이때, 오버히어링된 에이전트 패킷에 포함된 정보를 기반으로 제1 및 제2 조건이 만족하는 것으로 확인된 경우, 센서 노드 2(1302)는 기존 노드(센서 노드 5, 1304)와 연결을 해제하고, 새로운 노드 3(1303)과 재연결을 수행할 수 있다.
- [0120] 이처럼, 싱크 노드는 가장 먼 거리의 중단 노드로부터 가장 가까운 거리의 중단 노드까지 정렬된 순서에 따라 에이전트 패킷을 전송할 수 있으며, 오버히어링 노드들 각각은 오버히어링된 에이전트 패킷에 포함된 정보를 기반으로 제1 및 제2 조건이 만족하는지 여부를 확인하여 기존 노드와의 연결을 유지하거나 새로운 노드와 재연결을 수행하여 트리 구조를 재구성할 수 있다. 이때, 재연결 과정에서, 중단 노드들에 순차적으로 에이전트 패킷이 전송되고, 오버히어링 노드들은 조건을 확인하고 재연결을 반복적으로 수행함에 따라, 이전 순서의 중단 노드와 관련하여 에이전트 패킷을 오버히어링하는 과정에서 재연결된 노드가 현재 순서의 중단 노드와 관련하여 전송된 에이전트 패킷을 오버히어링하는 과정에서 다시 재연결이 발생할 수 있다.
- [0121] 도 14는 본 발명의 일실시예에 있어서, 싱크 노드에서 중단 노드 15로 에이전트 패킷을 전송하는 경우에 재연결을 통해 재구성된 트리 구조를 나타낼 수 있다.
- [0122] 도 14를 참고하면, 싱크 노드 1(1401)에서 중단 노드 15(1402)로 에이전트 패킷을 전송하는 경우에, 센서 노드 9(1403)은 센서 노드 15(1402)이 전송한 에이전트 패킷을 오버히어링할 수 있다. 이때, 오버히어링된 에이전트 패킷에 포함된 정보를 기반으로 제1 및 제2 조건이 만족하는 것으로 확인된 경우, 센서 노드 9(1403)은 기존 노드(센서 노드 17, 1404)와 연결을 해제하고, 새로운 노드 15(1402)와 재연결을 수행할 수 있다. 즉, 도 7과 같이, 센서 노드 9(704)는 에이전트 패킷이 싱크 노드(702)에서 중단 노드(701)로 전달되는 과정에서 기존 노드

(센서 노드 16, 705)와의 연결을 해제하고 센서 노드 17(703)과 재연결을 수행하여 트리 구조가 재구성될 수 있으며, 이후, 싱크 노드로부터 가장 가까운 중단 노드까지 순차적으로 에이전트 패킷이 전달되는 과정에서, 예컨대, 도 14와 같이, 중단 노드 15(1402)로 에이전트 패킷이 전송되는 과정에서, 센서 노드 9(1403)는 다시 한번 최대 거리를 유지하면서 네트워크의 에너지 비용은 보다 감소시키는 방향으로 재연결을 수행할 수 있다. 즉, 상기 재연결된 노드 17(1404)과의 연결을 해제하고, 센서 노드 15(1402)와 다시 재연결을 수행하여 트리를 재구성할 수 있다.

- [0123] 도 15 및 도 16은 본 발명의 일실시예에 있어서, 싱크 노드에서 중단 노드 19로 에이전트 패킷을 전송하는 경우에 재연결을 통해 재구성된 트리 구조를 나타낼 수 있다.
- [0124] 도 15을 참고하면, 싱크 노드 1(1501)에서 중단 노드 19(1502)로 에이전트 패킷을 전송하는 경우에, 오버히어링 노드 18(1503)이 중단 노드 19(1502)가 전송한 에이전트 패킷을 오버히어링할 수 있다. 이때, 오버히어링된 에이전트 패킷에 포함된 정보를 기반으로 제1 및 제2 조건이 만족하는 것으로 확인된 경우, 오버히어링 노드 18(1503)은 기존 노드(센서 노드 13, 1504)와 연결을 해제하고, 새로운 노드 19(1502)와 재연결을 수행할 수 있다.
- [0125] 도 16을 참고하면, 싱크 노드 1(1601)에서 중단 노드 19(1602)로 에이전트 패킷을 전송하는 경우에, 오버히어링 노드 10(1603)이 중단 노드 19(1602)가 전송한 에이전트 패킷을 오버히어링할 수 있다. 이때, 오버히어링된 에이전트 패킷에 포함된 정보를 기반으로 제1 및 제2 조건이 만족하는 것으로 확인된 경우, 오버히어링 노드 10(1603)은 기존 노드(센서 노드 13, 1604)와 연결을 해제하고, 새로운 노드 19(1602)와 재연결을 수행할 수 있다.
- [0126] 도 17은 본 발명의 일실시예에 있어서, 싱크 노드에서 중단 노드 10으로 에이전트 패킷을 전송하는 경우에 재연결을 통해 재구성된 트리 구조를 나타낼 수 있다.
- [0127] 도 7 내지 17에서, 중단 노드 10은 싱크 노드에서 가장 가까운 중단 노드에 해당할 수 있다.
- [0128] 도 17을 참고하면, 싱크 노드 1(1701)에서 중단 노드 10(1702)로 에이전트 패킷을 전송하는 경우에, 오버히어링 노드 18(1703)이 중단 노드 10(1702)이 전송한 에이전트 패킷을 오버히어링할 수 있다. 이때, 오버히어링된 에이전트 패킷에 포함된 정보를 기반으로 제1 및 제2 조건이 만족하는 것으로 확인된 경우, 오버히어링 노드 18(1703)은 기존 노드(센서 노드 19, 1704)와 연결을 해제하고, 새로운 노드 10(1702)과 재연결을 수행할 수 있다.
- [0129] 이상의 도 7 내지 도 17과 같이, 싱크 노드로부터 가장 먼 거리의 중단 노드(노드 20)부터 가장 가까운 거리의 중단 노드(노드 10) 순서로 순차적으로 전송된 에이전트 패킷을 오버히어링 노드에서 오버히어링하고, 제1 및 제2 조건을 만족하는지 여부에 따라 재연결을 수행하여 트리 구조가 재구성될 수 있으며, 최종적으로 재구성된 무선 센서 네트워크의 트리 구조는 도 17의 1710에 해당할 수 있다.
- [0131] 도 18은 본 발명의 일실시예에 있어서, SPT, MST 및 데이터 병합 트리 생성 방법 간의 성능 비교 결과를 도시한 그래프를 나타낼 수 있다.
- [0132] 도 18은 센서 노드의 수가 증가함에 따른 기존의 SPT, MST 기반으로 트리 구조를 형성한 경우와 본 발명에서 제안하는 데이터 병합 트리 생성 방법으로 트리 구조를 형성한 경우의 정보 수집 시간(1810), 네트워크의 에너지 소비량(1820) 및 에너지 효율(1803)을 나타낼 수 있다.
- [0133] 그래프 1810을 참고하면, 정보 수집 시간 측면에서, 데이터 병합 트리 생성 방법(1813)은 SPT(1811)와 동일하게 최적의 가장 낮은 정보 수집 시간을 가질 수 있으며, MST(1812)는 상대적으로 긴 정보 수집 시간을 가질 수 있다.
- [0134] 그래프 1820을 참고하면, 네트워크의 에너지 소비량 측면에서, MST(1822)는 가장 낮은 성능을 가지며, SPT(1821)는 가장 높은 에너지 소비량을 가질 수 있다. 그리고, 데이터 병합 트리 생성 방법(1823)은 SPT(1821) 보다는 낮은 에너지 소비량을 가지며, MST(1822)에 근접하는 SPT(1821)보다 낮아진 에너지 소비량을 가짐을 확인할 수 있다. 에너지 소비량과 정보 수집 시간 간에는 트레이드 오프 관계가 존재하지만, 제안하는 데이터 병합 트리 생성 방법은 상기 트레이드 오프 관계를 극복하여 최적의 정보 수집 시간을 가지면서도 SPT 대비 에너지 소비량을 감소시킬 수 있다.
- [0135] 그래프 1810과 그래프 1820에 도시된 성능을 통합하여 나타낸 그래프 1830을 참고하면, 네트워크의 에너지 효율 측면에서, SPT(1831)와 MST(1832)는 서로 비슷하게 낮은 성능을 갖지만, 데이터 병합 트리 생성 방법(1833)은

SPT(1831)와 MST(1832) 대비 향상된 에너지 효율을 가짐을 확인할 수 있다.

[0136] 이상의 데이터 병합 트리 생성 방법 및 시스템은 센싱 데이터를 수집하는 무선 센서 네트워크에서 연결 트리를 구성하는데 사용될 수 있으며, 센싱 데이터를 수집하는 시간(즉, 정보 수집 시간)을 최소화하면서도 센서 노드의 에너지 소모를 줄여 무선 센서 네트워크의 에너지 효율을 향상시킬 수 있다. 결국, 무선 센서 네트워크의 생존 시간을 증가시킬 수 있으며, 다양한 무선 센서 네트워크 서비스에서 에너지 효율적인 네트워크 토폴로지 구성 시 이용될 수 있다.

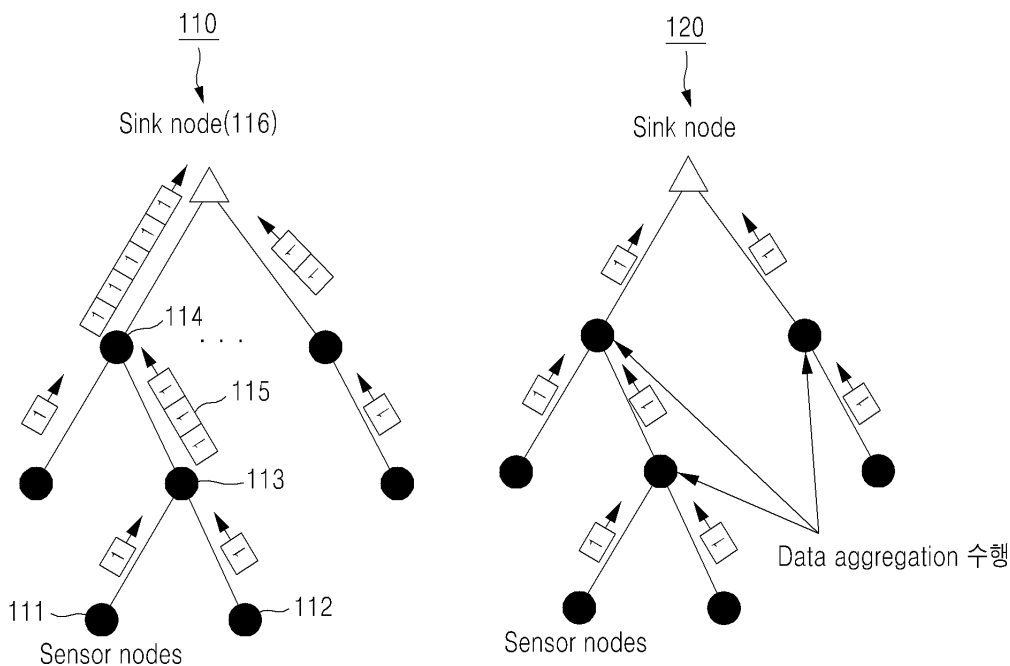
[0138] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.

[0139] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

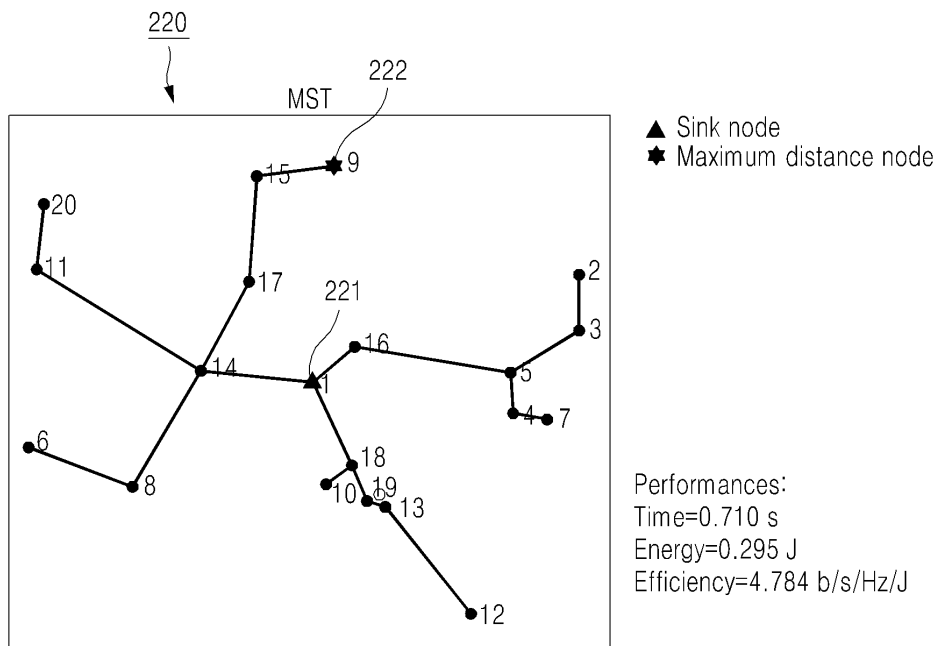
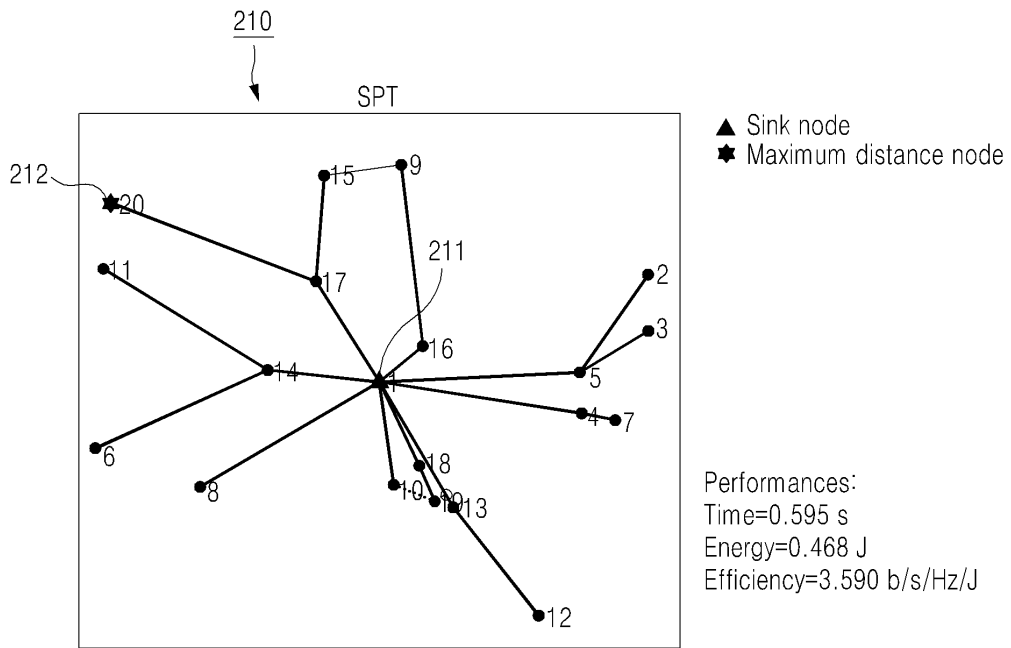
[0140] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

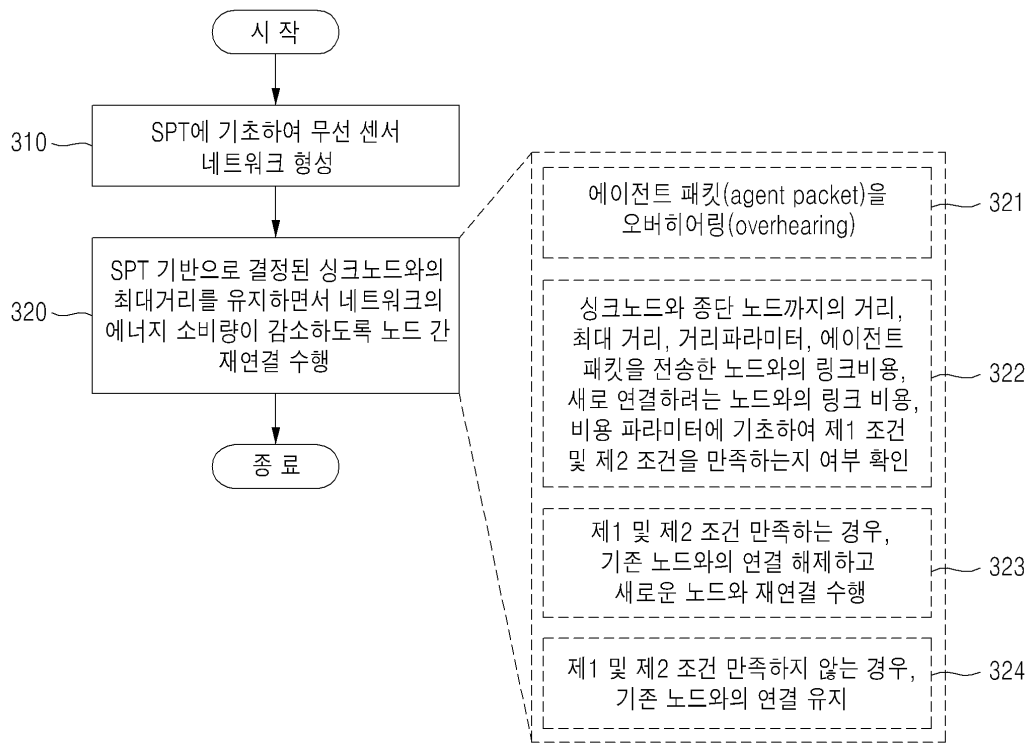
도면1



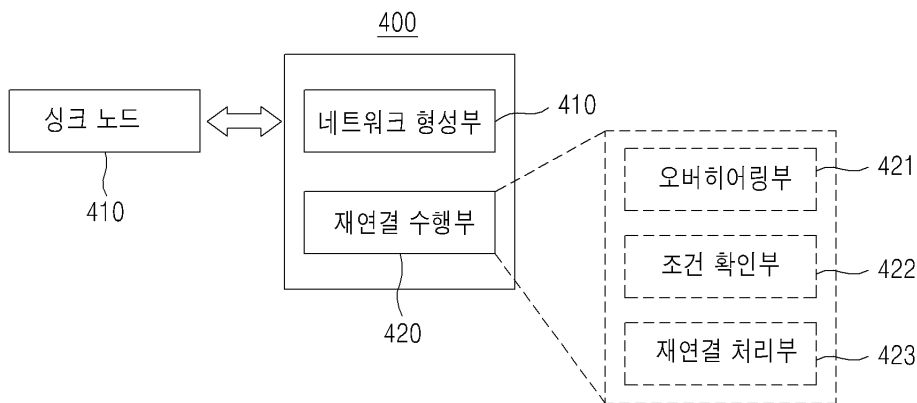
도면2



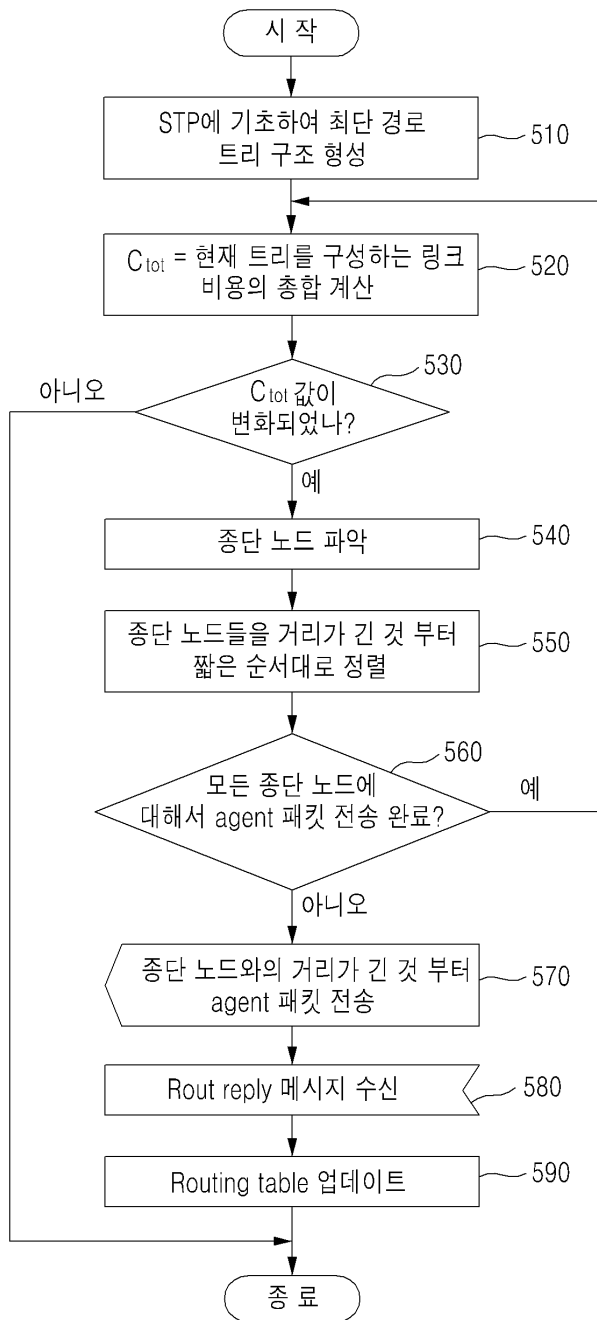
도면3



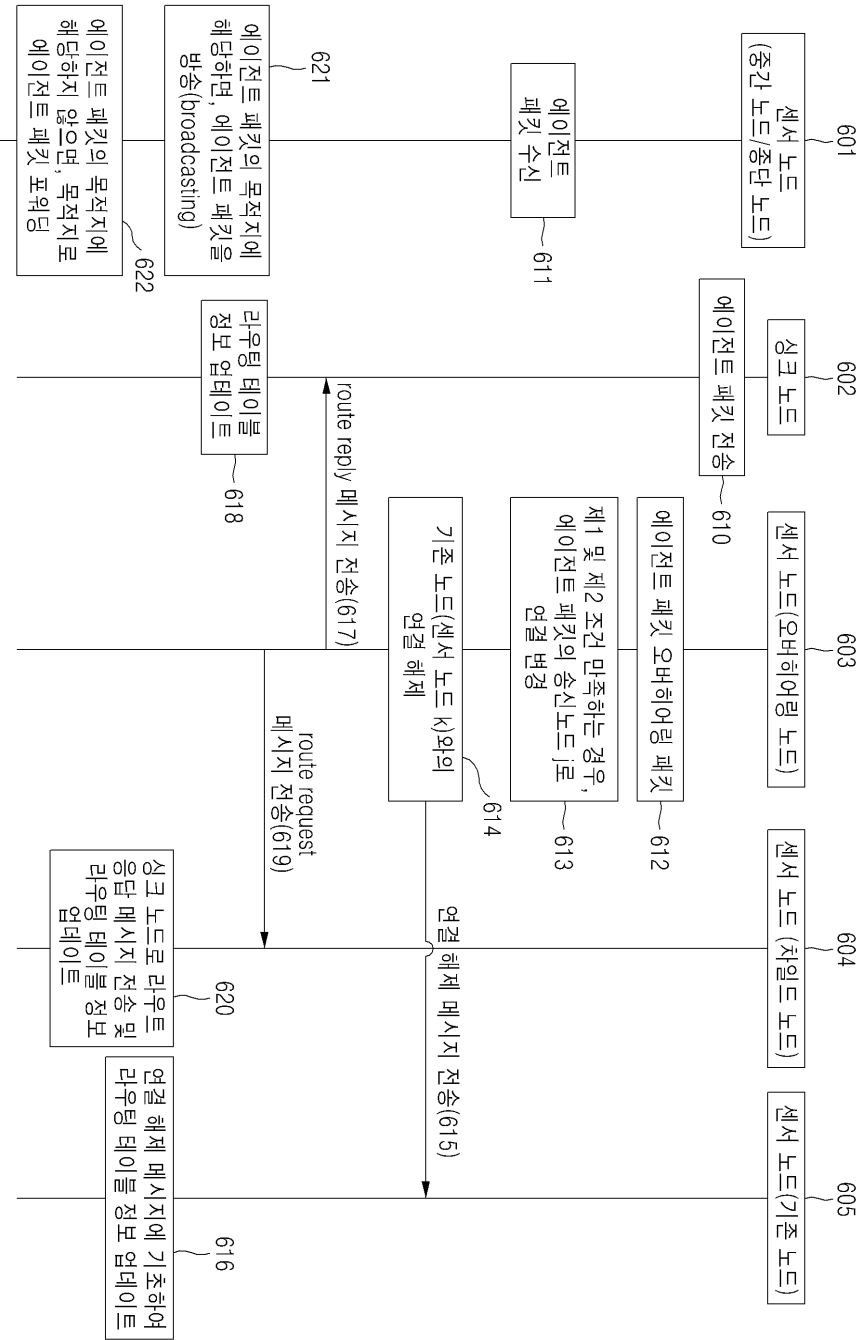
도면4



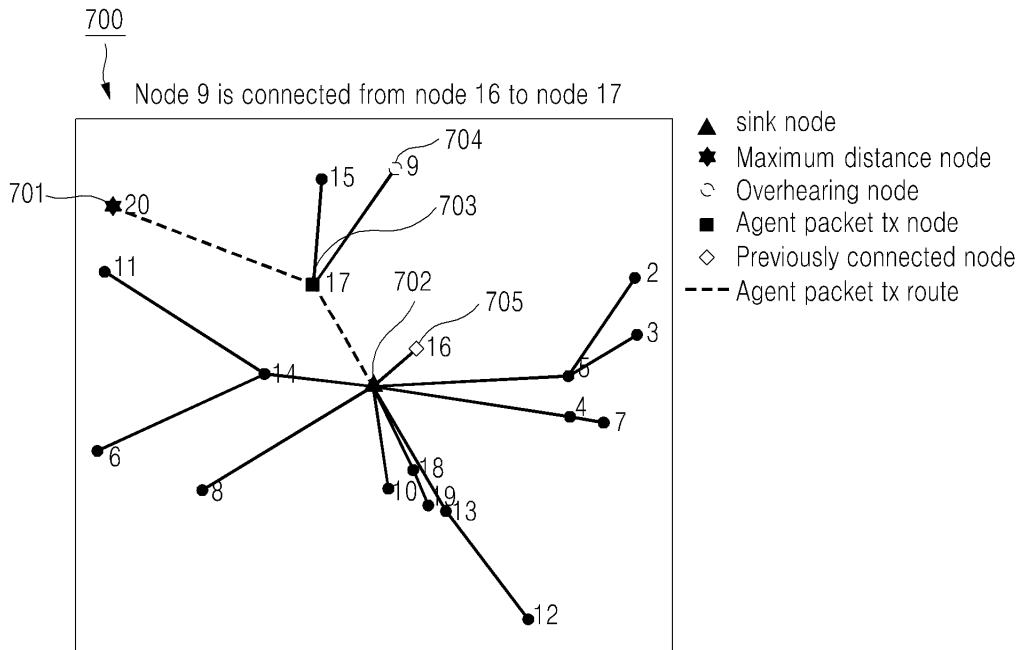
도면5



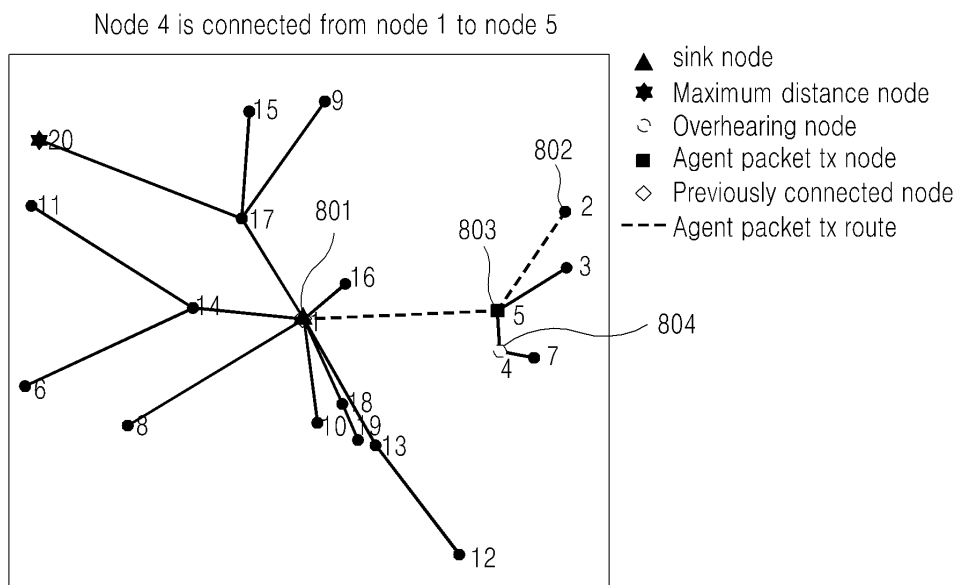
도면6



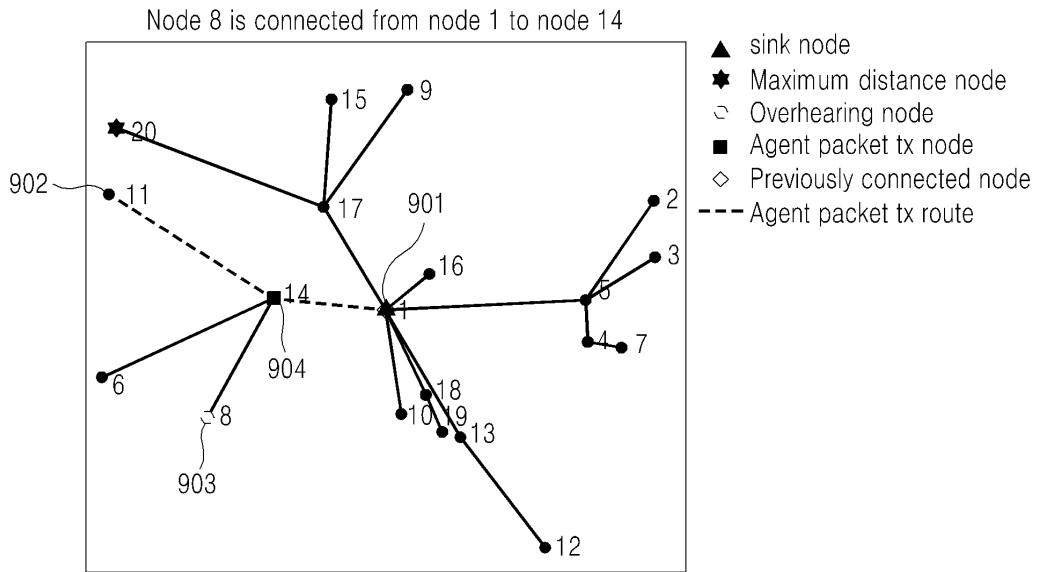
도면7



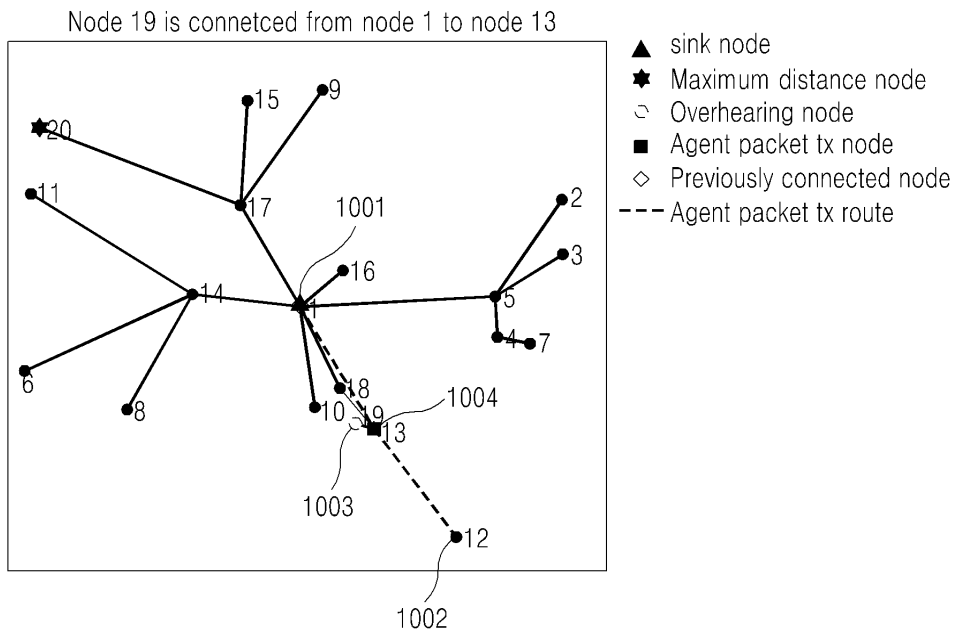
도면8



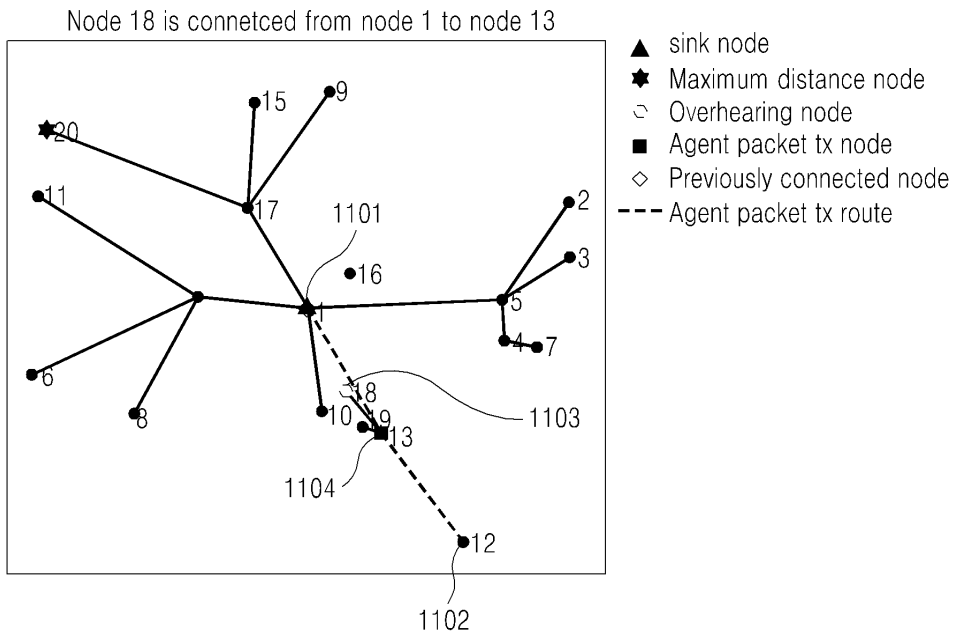
도면9



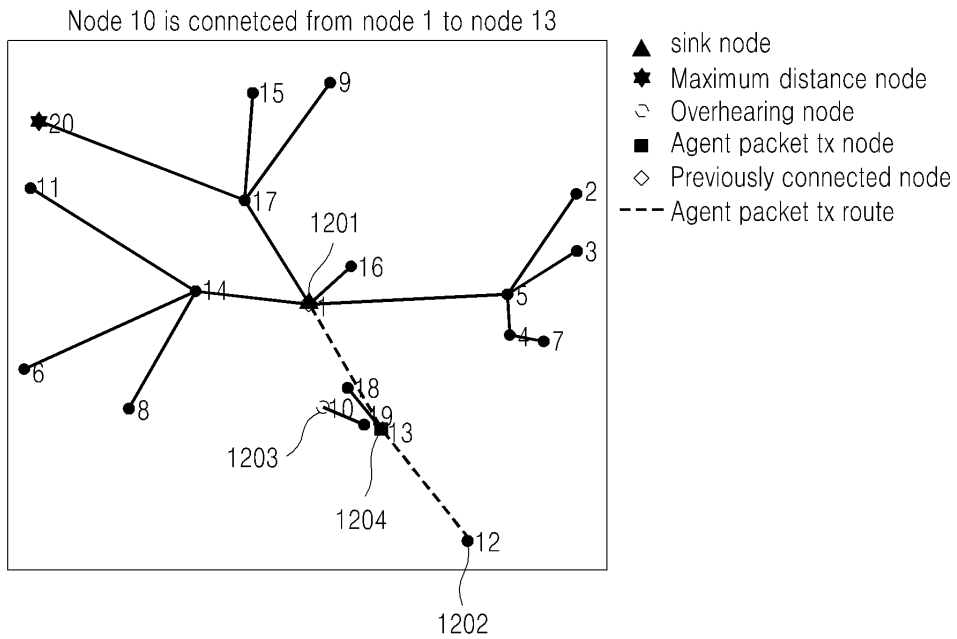
도면10



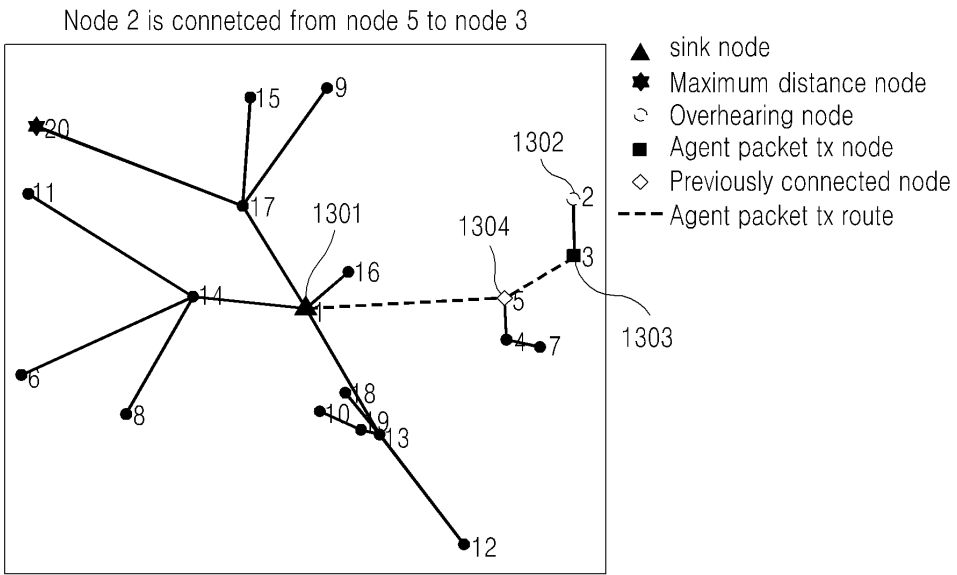
도면11



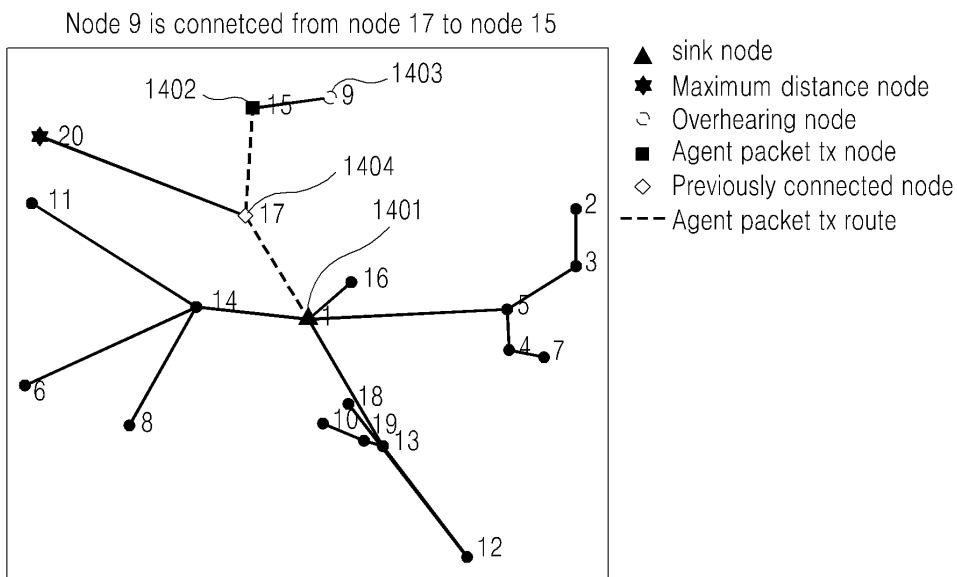
도면12



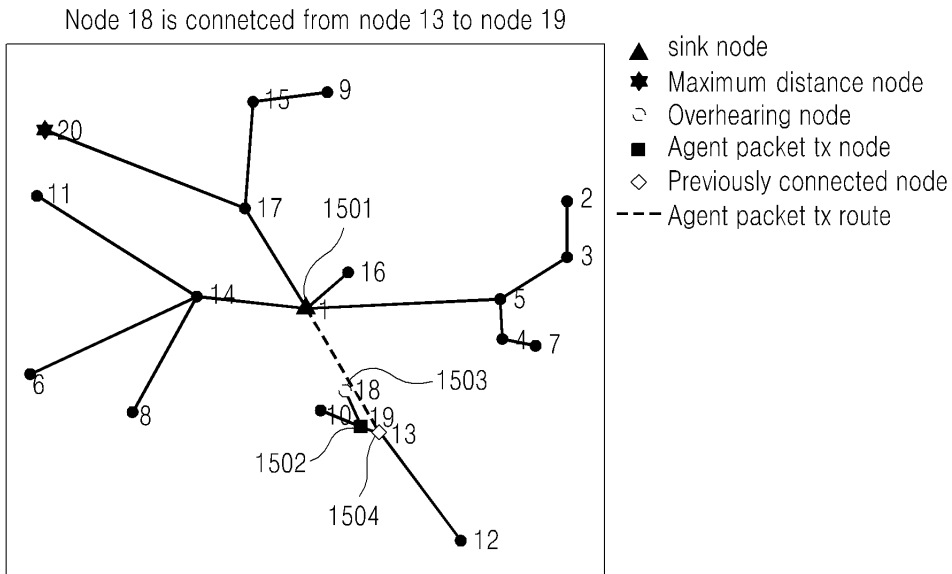
도면13



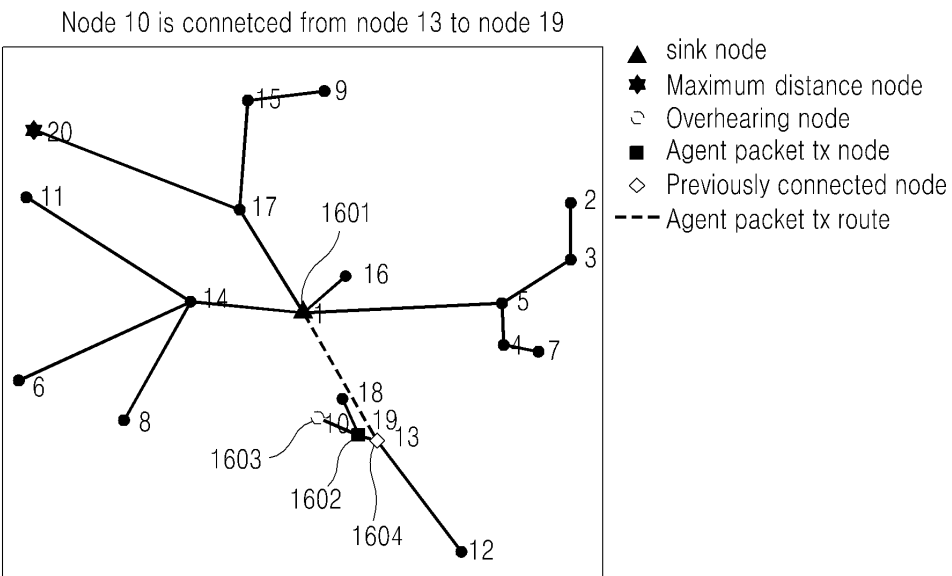
도면14



도면15

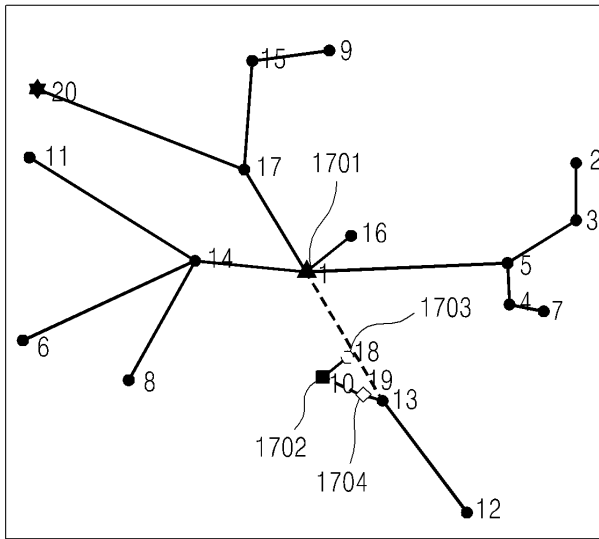


도면16



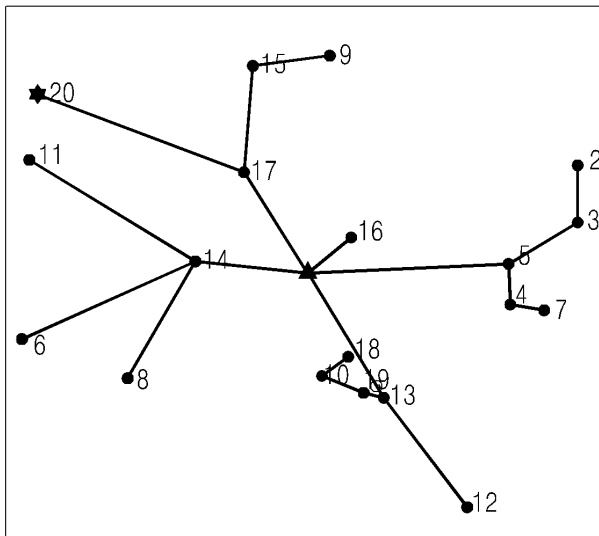
도면17

Node 18 is connected from node 19 to node 10



- ▲ sink node
- ★ Maximum distance node
- Overhearing node
- Agent packet tx node
- ◇ Previously connected node
- Agent packet tx route

1710



- ▲ Sink node
- ★ Maximum distance node

Performances:
 Time=0.595 s
 Energy=0.353 J
 Efficiency=4.761 b/s/Hz/J

도면18

