



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0070960
(43) 공개일자 2008년08월01일

(51) Int. Cl.

H04L 12/28 (2006.01) H04L 29/06 (2006.01)

H04Q 7/36 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0008916

(22) 출원일자 2007년01월29일

심사청구일자 2007년01월29일

(71) 출원인

울산대학교 산학협력단

울산 남구 무거동 산29

(72) 발명자

정재탁

대구광역시 수성구 사월동 보성아파트 2차 102동 1401호

이병직

경상북도 경주시 용강동 청구타운 102동 807호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이풍우

전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 활성화 노드 선택기법을 기반으로 하는 토폴로지 구성방법

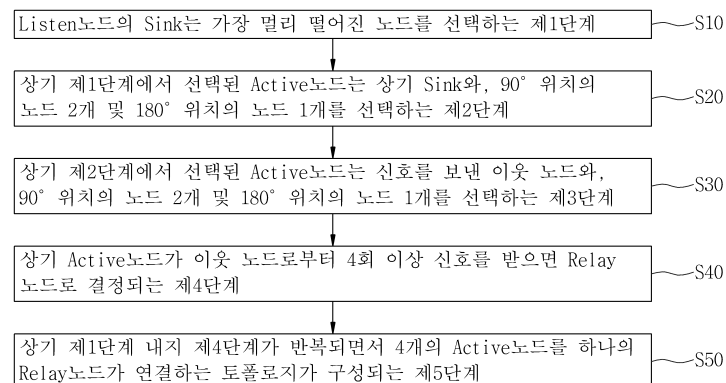
(57) 요약

본 발명은 무선센서네트워크(Wireless Sensor Network; WSN)에서 최소한의 노드만을 활성화시켜 노드의 에너지 소비를 절약하는 토폴로지 구성방법에 관한 것으로, 네트워크의 연결성(Connectivity)과 범위(Coverage)를 보장하는 Active노드와 Relay노드의 수를 줄임으로써 노드들의 에너지 소비를 최대한 줄이고, 이로 인해 전체 네트워크의 수명을 연장시키는 활성화 노드 선택기법을 기반으로 하는 효율적인 토폴로지 구성방법에 관한 것이다.

Listen노드의 Sink에서 AS(Active Selecting)신호가 발생되고, 상기 발생된 AS신호는 Sink로부터 가장 멀리 떨어져 있는 노드를 선택하는 제1단계(S10)와; 상기 제1단계에서 선택된 Active노드는 AS신호를 보낸 Sink와, 90°의 각을 이루는 위치의 가장 가까운 노드 2개와, 180°의 각을 이루는 위치의 가장 가까운 노드 1개를 선택하는 제2단계(S20)와; 상기 제2단계에서 선택된 Active노드는 자신에게 AS신호를 보낸 이웃 노드와, 90°의 각을 이루는 위치의 가장 가까운 노드 2개와, 180°의 각을 이루는 위치의 가장 가까운 노드 1개를 선택하는 제3단계(S30)와; 상기 Active노드가 이웃 노드로부터 4회 이상 AS신호를 받게 되면 Relay노드로 결정되는 제4단계(S40)와; 상기 제1단계 내지 제4단계가 반복되면서 4개의 Active노드를 하나의 Relay노드가 연결하는 토폴로지가 구성되는 제5단계(S50)를 포함한다.

본 발명은 노드들이 충분히 밀집되게 분포된 센서 네트워크 환경에서 Active노드와 Relay노드의 수를 최대한 줄여 최소한의 노드만을 활성화시켜 노드들의 에너지 소비를 절약하고, 이로 인해 전체 네트워크의 수명을 연장시킬 수 있으며, 이는 한 노드가 중복영역이 가장 적은 위치에 있는 4개의 이웃노드를 활성화시킴으로써 센싱영역이 모두 Cover되고, 자기 자신은 Connectivity 보장을 위해 Relay 역할을 수행하는 구조를 형성하여 Communication홀이나 센싱홀이 발생되지 않는 효과가 있다.

대표도 - 도3



(72) 발명자

조규철

대구광역시 북구 침산동 동아1차 무지개아파트 10
5동 602호

하남구

대구광역시 북구 대현동 17-57

윤장규

경상북도 예천군 유천면 화지리 165번지

한기준

대구광역시 수성구 범물동 서한 화성타운 103동
501호

이흥희

울산광역시 중구 다운동 다운현대아파트 101동 40
3호

특허청구의 범위

청구항 1

토폴로지 구성방법에 있어서,

Listen노드의 Sink에서 AS(Active Selecting)신호가 발생되고, 상기 발생된 AS신호는 Sink로부터 가장 멀리 떨어져 있는 노드를 선택하는 제1단계(S10)와;

상기 제1단계에서 선택된 Active노드는 AS신호를 보낸 Sink와, 90° 의 각을 이루는 위치의 가장 가까운 노드 2개와, 180° 의 각을 이루는 위치의 가장 가까운 노드 1개를 선택하는 제2단계(S20)와;

상기 제2단계에서 선택된 Active노드는 자신에게 AS신호를 보낸 이웃 노드와, 90° 의 각을 이루는 위치의 가장 가까운 노드 2개와, 180° 의 각을 이루는 위치의 가장 가까운 노드 1개를 선택하는 제3단계(S30)와;

상기 Active노드가 이웃 노드로부터 4회 이상 AS신호를 받게 되면 Relay노드로 결정되는 제4단계(S40)와;

상기 제1단계 내지 제4단계가 반복되면서 4개의 Active노드를 하나의 Relay노드가 연결하는 토폴로지가 구성되는 제5단계(S50)를 포함하는 것을 특징으로 하는 활성화 노드 선택기법을 기반으로 하는 효율적인 토폴로지 구성방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 제1단계(S10)에서 Sink로부터 가장 멀리 떨어진 노드의 선택은 GPS가 탑재된 노드이면 좌표값으로 거리를 구하고, 그렇지 않은 노드는 전파의 세기로 거리를 측정하는 것을 특징으로 하는 활성화 노드 선택기법을 기반으로 하는 효율적인 토폴로지 구성방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 Active노드 선택시 노드 간의 최적거리는 서로 $\sqrt{2}r$ 으로, $r \leq x \leq \sqrt{3}r$ 의 범위 내에서 선택되고, Relay노드를 중점으로 Active노드 간에 이루는 최적각도는 90° 로, $60^\circ \leq y \leq 120^\circ$ 의 범위 내에서 선택되는 것을 특징으로 하는 활성화 노드 선택기법을 기반으로 하는 효율적인 토폴로지 구성방법.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 Active노드와 Relay노드는 일정 에너지 Threshold값 이하로 떨어지게 되면 Sleep노드로 결정되며, 상기 Sleep노드는 일정 시간 Threshold값 이상으로 넘어가게 되면 다시 초기 상태인 Listen노드로 돌아가는 것을 특징으로 하는 활성화 노드 선택기법을 기반으로 하는 효율적인 토폴로지 구성방법.

청구항 5

제 1항 내지 제 4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 Active노드는 센싱(Sensing)기능과 Radio기능 및 무선채널을 동작하고, 상기 Relay노드는 센싱(Sensing)기능은 Turn Off하고 무선채널만 동작하고, 상기 Sleep노드는 센싱(Sensing)기능과 무선채널을 모두 동작하지 않는 것을 특징으로 하는 활성화 노드 선택기법을 기반으로 하는 효율적인 토폴로지 구성방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <10> 본 발명은 무선센서네트워크(Wireless Sensor Network; WSN)에서 최소한의 노드만을 활성화시켜 노드의 에너지 소비를 절약하는 토폴로지 구성방법에 관한 것으로, 더욱 세부적으로는 네트워크의 Connectivity(연결성)과 Coverage(영역)를 보장하는 Active노드와 Relay노드의 수를 최소화하여 노드들의 에너지 소비를 최대한 줄이고, 이로 인해 전체 네트워크의 수명을 연장시키는 활성화 노드 선택기법을 기반으로 하는 효율적인 토폴로지 구성방법에 관한 것이다.
- <11> 현재 중복된 센싱(Sensing) 영역을 최소화하기 위한 여러 가지 토폴로지 구성 기법들이 제안되고 있는데, 가장 대표적인 토폴로지 모양은 Square Lattice와 Hexagon Lattice가 있다.
- <12> 상기 Hexagon Lattice 구조의 토폴로지는 센싱 홀(Hole)이 발생되지 않고, 센싱 중복영역이 최소가 되는 가장 이상적인 토폴로지이나, 이 모양은 단지 Coverage만이 고려되었을 뿐, Sink까지의 Connectivity는 보장되지 않는다.
- <13> 상기 센싱 홀이 발생되지 않는 가장 효율적인 토폴로지 모양은 도 1과 같이 Hexagon 구조를 이루는데, 한 노드의 센싱 반경이 r 이라면 노드간의 거리는 $\sqrt{3}r$ 을 이룬다. 이 구조는 1-hop으로 Connectivity가 보장되지 않으며, 이를 보장하기 위해 도 1(a)와 같이 중복 영역에 Relay노드를 배치한다. 이것은 Connectivity 관점에서 볼 때 두 개의 Active노드를 한 개의 Relay노드가 연결해 주는 구조이다.
- <14> 또한, 상기 Relay노드의 수를 줄이기 위해 도 1(b)와 같이, 3개의 Active노드를 하나의 Relay노드가 연결해 주는 구성으로 할 수 있는데, 하나의 노드 센싱반경이 이웃 3개의 노드로 인해 모두 커버(Cover)가 보장되며, 자기 자신은 Radio부만을 가동시켜 Connectivity를 보장시키는 것이다. 이와 같은 구조는 Active노드 간의 거리는 각각 $\sqrt{3}r$, Active노드와 Relay노드 간의 거리는 정확히 r 을 유지해야 한다. 그러나 랜덤(Random)하게 노드가 배치된 센싱 필드에서는 이러한 토폴로지가 구성되기는 불가능하다.
- <15> 도 2에서는 무선 센서네트워크에서 일반적인 Power Consumption 파라메타를 보여주는데, 센서네트워크 환경이나 어플리케이션에 따라 달라질 수 있지만, 일반적으로는 상기 도 2와 같이 센서는 Radio를 가동시키는데 드는 에너지 소비가 크며, 이에 비해 센싱을 하는데 드는 에너지 소비는 극히 작다. 즉 Active노드와 Relay노드의 에너지소비 측면에서 볼 때 큰 차이가 나지 않는다.
- <16> APWeb Workshops 2006, LNCS 3842에 발표된 논문 “An Energy Efficient Network Topology Configuration Scheme for Sensor Networks” (저자; Eunhwa Kim, Jeoungpil Ryu and Kijun Han)에서는 이러한 Hexagon 토폴로지 구성을 기반으로 하여 Connectivity를 보장하기 위해서 센싱 중복영역에 Relay노드를 두는 알고리즘을 제안하고 있으나, 지나치게 많은 Relay노드가 활성화된다.
- <17> GAF(Geographic Active Fidelity)에서는 각 노드가 자신의 지리적 위치정보를 알고 있다는 가정하에 네트워크 전체를 가상의 Grid로 분할한 후, 하나의 Grid안에 한 노드만을 활성화되게 하는 기법을 이용하는데, 이 기법은 노드간의 Connectivity를 고려하지 않는다.
- <18> ASCENT(Adaptive Self-Configuring Sensor Network Topologies)에서는 활성화된 이웃 노드의 개수와 전송 손실률을 이용하여 노드를 활성화시키는 기법을 사용하는데, 여기에서 각 노드는 휴지(Sleep)상태와 수동(Passive)상태를 일정한 주기로 반복한다. 상기 수동상태에서는 이웃 노드의 개수와 전송 손실률을 구하여 이웃 노드의 개수 기준보다 적거나 손실률이 기준보다 크면 테스트 상태로 전환된다. 상기 테스트 단계에서는 그 노드를 활성화시켜 메시지 전달에 참여하면서 일정 시간 동안 주변 이웃 노드의 수와 전송 손실률 변화를 관찰하여 활성화 기준에 합치하면 영구 활성화 단계로 전환하고, 합치하지 않으면 수동상태로 전환된다. 그러나, 이 기법에서는 네트워크의 센싱 영역이 완전히 보장되지 않는다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <19> 상술한 바와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명에서는 전체 네트워크의 Coverage와 Connectivity를 보장하면서 네트워크에 참여하는 노드(Active노드, Relay노드)의 수를 최대한 줄여 최소한의 노드만을 활성화시켜 노드들의 에너지 소비를 절약하고, 이로 인해 전체 네트워크의 수명을 연장시키는 활성화 노드 선택기법을 기반으로 하는 효율적인 토폴로지 구성방법을 제공하는데 목적이 있다.
- <20> 상기와 같은 활성화 노드 선택기법을 기반으로 하는 효율적인 토폴로지를 구성하기 위해서는 충분히 밀집된 센서 네트워크에서 각 노드가 주변 이웃 노드의 위치정보를 이용하여 이웃 Active노드를 결정하고, 자신의 상태를

결정하면서 토폴로지를 구성해 나가는 기법이 요구된다.

발명의 구성 및 작용

- <21> 목적을 달성하기 위한 구성으로는,
- <22> Listen노드의 Sink에서 AS(Active Selecting)신호가 발생되고, 상기 발생된 AS신호는 Sink로부터 가장 멀리 떨어져 있는 노드를 선택하는 제1단계와; 상기 제1단계에서 선택된 Active노드는 AS신호를 보낸 Sink와, 90° 의 각을 이루는 위치의 가장 가까운 노드 2개와, 180° 의 각을 이루는 위치의 가장 가까운 노드 1개를 선택하는 제2단계와; 상기 제2단계에서 선택된 Active노드는 자신에게 AS신호를 보낸 이웃 노드와, 90° 의 각을 이루는 위치의 가장 가까운 노드 2개와, 180° 의 각을 이루는 위치의 가장 가까운 노드 1개를 선택하는 제3단계와; 상기 Active노드가 이웃 노드로부터 4회 이상 AS신호를 받게 되면 Relay노드로 결정되는 제4단계와; 상기 제1단계 내지 제4단계가 반복되면서 4개의 Active노드를 하나의 Relay노드가 연결하는 토폴로지가 구성되는 제5단계를 포함한다.
- <23> 본 발명의 다른 특징으로서, 상기 제1단계에서 Sink로부터 가장 멀리 떨어진 노드의 선택은 GPS가 탑재된 노드이면 좌표값으로 거리를 구하고, 그렇지 않은 노드는 전파의 세기로 거리를 측정한다.
- <24> 본 발명의 또 다른 특징으로서, 상기 Active노드 선택시 노드 간의 최적거리는 서로 $\sqrt{2}r_o$ 로, $r \leq x \leq \sqrt{3}r_o$ 의 범위 내에서 선택되고, Relay노드를 중점으로 Active노드 간에 이루는 최적각도는 90° 로, $60^\circ \leq y \leq 120^\circ$ 의 범위 내에서 선택된다.
- <25> 본 발명의 또 다른 특징으로서, 상기 Active노드와 Relay노드는 일정 에너지 Threshold값 이하로 떨어지게 되면 Sleep노드로 결정되며, 상기 Sleep노드는 일정 시간 Threshold값 이상으로 넘어가게 되면 다시 초기 상태인 Listen노드로 돌아간다.
- <26> 본 발명의 또 다른 특징으로서, 상기 Active노드는 센싱(Sensing)기능과 Radio기능 및 무선채널을 동작하고, 상기 Relay노드는 센싱(Sensing)기능은 Turn Off하고 무선채널만 동작하고, 상기 Sleep노드는 센싱(Sensing)기능과 무선채널을 모두 동작하지 않는다.
- <27> 도 3은 본 발명에 따른 활성화 노드 선택기법을 기반으로 하는 효율적인 토폴로지의 구성방법을 나타낸 블록도이고, 도 4는 본 발명에 따른 활성화 노드 선택기법을 기반으로 하는 효율적인 토폴로지를 나타낸 구성도이고, 도 5는 본 발명에 따른 활성화 노드 선택의 선택단계를 나타낸 도면이고, 도 6은 본 발명에 따른 노드들의 상태 천이도를 나타낸 도면이고, 도 7은 본 발명에 따른 네트워크의 노드 조밀도에 따른 노드 생존 시간변화를 나타낸 도면이고, 도 8은 본 발명에 따른 네트워크의 노드 조밀도에 따른 Coverage와 Connectivity변화를 나타낸 도면이고, 도 9는 본 발명에 따른 네트워크의 노드 조밀도에 따른 Working 노드 수의 변화를 나타낸 도면이다.
- <28> 이하, 도면을 참고로 구성요소를 설명하면 다음과 같다.
- <29> 도 3은 본 발명의 활성화 노드 선택기법을 기반으로 하는 효율적인 토폴로지 구성방법을 나타낸 블록도로써, Listen노드의 Sink에서 AS신호가 발생되고, 상기 발생된 AS신호는 Sink로부터 가장 멀리 떨어져 있는 노드를 선택하는 제1단계(S10)와, 상기 제1단계에서 선택된 Active노드는 AS신호를 보낸 Sink와, 90° 의 각을 이루는 위치의 가장 가까운 노드 2개와, 180° 의 각을 이루는 위치의 가장 가까운 노드 1개를 선택하는 제2단계(S20)와, 상기 제2단계에서 선택된 Active노드는 자신에게 AS신호를 보낸 이웃 노드와, 90° 의 각을 이루는 위치의 가장 가까운 노드 2개와, 180° 의 각을 이루는 위치의 가장 가까운 노드 1개를 선택하는 제3단계(S30)와, 상기 Active노드가 이웃 노드로부터 4회 이상 AS신호를 받게 되면 Relay노드로 결정되는 제4단계(S40)와, 상기 제1단계 내지 제4단계가 반복되면서 4개의 Active노드를 하나의 Relay노드가 연결하는 토폴로지가 구성되는 제5단계(S50)를 포함한다.
- <30> 상기 제1단계(S10)에서의 가장 멀리 떨어진 노드는 거리상으로 가장 멀리 있는 노드이며, GPS가 탑재된 노드이면 좌표값으로 거리를 구하고, 그렇지 않은 노드는 전파의 세기로 거리를 측정한다.
- <31> 도 4는 본 발명의 활성화 노드 선택기법을 기반으로 하는 효율적인 토폴로지를 나타낸 구성도로써, 노드가 균일하게 배열 또는 랜덤하게 노드가 뿌려진 환경에서 센싱홀이 발생되지 않고 센싱 중복영역을 최소화하며, Connectivity를 보장하도록 4개의 Active노드를 하나의 Relay노드가 연결하는 구조이다.
- <32> 상기 구조에서의 Relay노드는 이웃 4개의 Active노드로 인해 센싱영역이 모두 보장되고, 센싱기능은 오프(Off)

되고 Radio부만 온(On)됨으로써 Relay역할을 수행하게 된다.

- <33> 이때, 4개의 Active노드는 서로 $\sqrt{2}r$ 의 거리를 유지할 때 가장 안정적이지만, 종래의 Hexagon 구조와는 달리 정확한 포인트를 요구하지 않으며, 4개의 노드간의 거리가 서로 $r \leq x \leq \sqrt{3}r$ 의 범위를 벗어나지 않는다면 Full Coverage와 Connectivity가 보장된다. 또한 각도 측면에서 Relay노드를 중점으로 Active노드 간에 이루는 각이 90° 를 이루게 될 때 가장 안정적이고, $60^\circ \leq y \leq 120^\circ$ 의 범위를 유지한다면 Full Coverage와 Connectivity가 보장된다. 상기와 같이, 충분한 위치 포인트 범위를 가지는 구조는 노드가 랜덤하게 뿌려진 센싱 필드에서 중요하다.
- <34> 상기 본 발명의 활성화 노드 선택기법을 기반으로 하는 효율적인 토폴로지 구조를 무선센서네트워크(Wireless Sensor Network; WSN)에 적용하여 상세히 설명하면 다음과 같다.
- <35> 먼저, 거리 Threshold값을 두어 그 이상 떨어져 있는 노드를 Active노드 후보로 고려한다. 우선 Sink는 1-hop 이웃 노드들 중 가장 멀리 떨어져 있는 노드를 선택하고, 거리 Threshold이상 떨어진 노드들 중 선택된 노드와 90° 의 각을 이루는 위치에 가장 가까이 있는 두 노드와, 그리고 180° 의 각을 이루는 위치에 가장 가까이 있는 한 노드를 선택하고, 상기 네 노드들에게 AS(Active Selecting)신호를 보낸다.
- <36> 상기 AS신호를 받은 노드들은 Active노드가 되고, 각각 주위 1-hop 노드에게 Advertising하고 위치 정보를 수집한다. 상기 수집된 정보를 통해 자신을 중점으로 AS신호를 보낸 Sink와 90° , 180° 를 이루는 위치에 가까이 있는 3개의 노드를 선택하여 AS신호를 보낸다.
- <37> 상기 과정을 반복하면서 Sink로부터 시작하여 점차 전체 토폴로지가 구성되고, 이때 Active노드 선정에 있어 자신과 90° , 180° 를 이루는 위치에 가까이 있는 노드를 선택하되, 다른 Active노드에게 신호를 받은 노드를 우선적으로 선택한다. 노드가 한 번 이상 신호를 받았다는 것은 그 수만큼 신호를 보낸 노드들의 Relay 역할을 하기 때문에 노드의 중복 발생을 막을 수 있다.
- <38> 도 5는 상기 본 발명의 활성화 노드 선택기법을 기반으로 하는 효율적인 토폴로지 구성을 단계별로 나타낸 도면이다.
- <39> <STEP 1> : Sink로부터 가장 멀리 떨어져 있는 노드.
- <40> Select x and $S_A \leftarrow x$ 는 Max $| \text{Sink}-x |$, $x \in 1\text{-hop}$
- <41> <STEP 2> : 선택된 Active노드들은 AS신호를 보낸 Sink와 90° , 180° 의 각을 이루는 위치에 가장 가까운 노드를 선택한다.
- <42> Select x and $S_A \leftarrow x$ 는 $\angle xy(90^\circ)$, $x \in 1\text{-hop}$
- <43> Select x and $S_A \leftarrow x$ 는 $\angle xy(180^\circ)$, $x \in 1\text{-hop}$
- <44> <STEP 3> : STEP 2에서 선택된 Active노드는 각각 자신에게 AS신호를 보낸 노드와 90° , 180° 의 각을 이루는 위치에 가장 가까운 노드를 선택한다.
- <45> Select x and $S_A \leftarrow x$ 는 $\angle xy(90^\circ)$, $x \in 1\text{-hop}$
- <46> Select x and $S_A \leftarrow x$ 는 $\angle xy(180^\circ)$, $x \in 1\text{-hop}$
- <47> <STEP 4> : 이웃 노드로부터 4회 이상 AS신호를 받게 되면 Relay노드로 결정된다.
- <48> Select x and $S_R \leftarrow x$ 는 $X_{m.c} \geq 4$, $x \in S_A$, $x \in 1\text{-hop}$
- <49> <STEP 5> : STEP 1 ~ STEP 4를 반복하면서 토폴로지 구성.
- <50> 이때, $X_{m.c}$ 는 x 가 1-hop 이웃 노드들에게서 AS신호를 들은 횟수이고, $\angle xy(90^\circ)$ 는 x 를 중점으로 y 와 90° 의 각을 이루는 위치에 가장 가까이 있는 노드이고, $\angle xy(180^\circ)$ 는 x 를 중점으로 y 와 180° 의 각을 이루는 위치에 가장 가까이 있는 노드이고, $|x-y|$ 는 distance between two node x and y 이고, S_R 는 Relay노드의 집합이고, S_A 는 Active노드의 집합이다.

- <51> 도 6은 상기 노드들의 상태천이도를 나타내는데, Listen상태와, Active상태, Relay상태 및 Sleep상태 중 하나의 상태로 된다. 초기에 모든 노드들은 Listen상태가 되며, 이 상태에서 주위 이웃 노드들로부터 AS신호를 받게 되면 Active노드가 된다. 상기 Active노드로 결정된 노드는 주위 1-hop노드들에게 자신의 상태를 알려주고, 위치 정보를 수집하여 다음 Active노드를 결정한다. 상기 AS신호를 4번 이상 받게 되면 자신은 Relay노드 상태로 바뀌게 된다. 상기 Active노드와 Relay노드는 모두 잔여에너지가 $T_e(\text{Threshold})$ 이하로 떨어지게 되면, Sleep상태로 바뀌게 되고, 상기 Sleep상태에서 노드는 미리 정해놓은 시간 $T_e(\text{Threshold})$ 이 지난 후에 초기 상태인 Listen상태로 돌아간다.
- <52> 상기 Active노드는 센싱(Sensing)기능과 Radio기능 및 무선채널을 동작하고, 상기 Relay노드는 센싱(Sensing)기능은 Turn Off하고 무선채널만 동작하고, 상기 Sleep노드는 센싱(Sensing)기능과 무선채널을 모두 동작하지 않는다.
- <53> <실시예>
- <54> 다음과 같은 환경에서 시뮬레이션하고, Ideal Hexagon Lattice 방식, Random Generate Scheme과 Workingnode(Active노드 + Relay노드) 수, Coverage, Connectivity를 비교하면 다음과 같다.
- <55> - 센싱 필드 : 500 by 500
- <56> - 센싱 반경 = 통신 반경 = 50
- <57> - Density(노드 수 / 네트워크 사이즈) : 8~44(10~4N/M²)
- <58> 결과는 하기와 같다.
- <59> 도 7에서 본 발명의 기법은 Random Selection Scheme과 비교하여 적은 수의 Working 노드가 발생됨을 알 수 있으며, 도 8과 같이 본 발명에서 제시한 기법은 Density of $2.8 * 10^{-4} \text{ N/m}^2$ 를 가질 때 전체 네트워크의 Full Coverage와 Connectivity를 보장한다. 또한 Random Selection Scheme와 비교하여 적은 수의 Working 노드를 통하여 Full Coverage와 Connectivity를 만족시킨다. 도 9와 같이, 전체 네트워크의 사이즈가 증가될수록 Working 노드의 수는 증가하며, Random Selection Scheme보다 적은 노드가 발생된다.
- <60> 본 발명은 특정의 실시 예와 관련하여 도시 및 설명하였지만, 첨부된 특허청구범위에 의해 나타난 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 개조 및 변화가 가능하다는 것을 당업계에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구나 쉽게 알 수 있을 것이다.

발명의 효과

- <61> 상기한 바와 같이, 본 발명은 노드들이 충분히 밀집되게 분포된 센서 네트워크 환경에서 Active노드와 Relay노드의 수를 최대한 줄여 최소한의 노드만을 활성화시켜 노드들의 에너지 소비를 절약하고, 이로 인해 전체 네트워크의 수명을 연장시킬 수 있으며, 이는 한 노드가 중복영역이 가장 적은 위치에 있는 4개의 이웃노드를 활성화시킴으로써 센싱영역이 모두 Cover되고, 자기 자신은 Connectivity 보장을 위해 Relay 역할을 수행하는 구조를 형성하여 Communication홀이나 센싱홀이 발생되지 않는 효과가 있다.

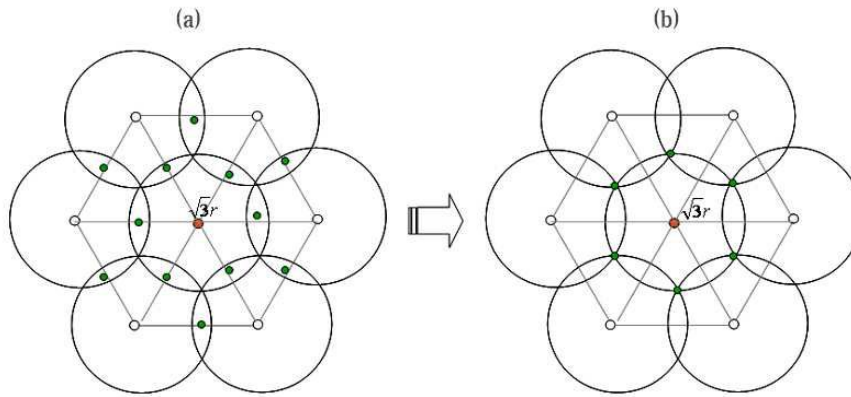
도면의 간단한 설명

- <1> 도 1은 종래의 정육각형 모양의 토폴로지를 나타낸 도면.
- <2> 도 2는 종래의 센서 노드 에너지 소비율을 나타낸 도면.
- <3> 도 3은 본 발명에 따른 활성화 노드 선택기법을 기반으로 하는 효율적인 토폴로지의 구성방법을 나타낸 블록도.
- <4> 도 4는 본 발명에 따른 활성화 노드 선택기법을 기반으로 하는 효율적인 토폴로지를 나타낸 구성도.
- <5> 도 5는 본 발명에 따른 활성화 노드 선택의 선택단계를 나타낸 도면.
- <6> 도 6은 본 발명에 따른 노드들의 상태천이도를 나타낸 도면.
- <7> 도 7은 본 발명에 따른 네트워크의 노드 조밀도에 따른 노드 생존 시간변화를 나타낸 도면.
- <8> 도 8은 본 발명에 따른 네트워크의 노드 조밀도에 따른 Coverage와 Connectivity변화를 나타낸 도면.

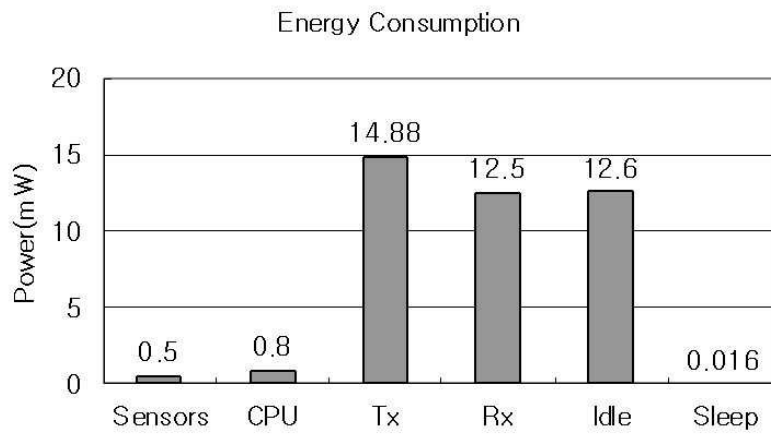
<9> 도 9는 본 발명에 따른 네트워크의 노드 조밀도에 따른 Working 노드 수의 변화를 나타낸 도면.

도면

도면1



도면2



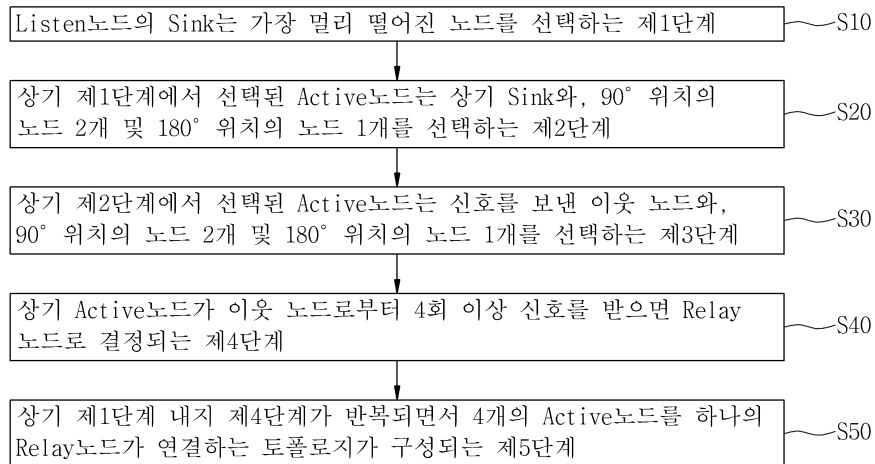
Tx : Transmission power consumption

Rx : Receiving power consumption

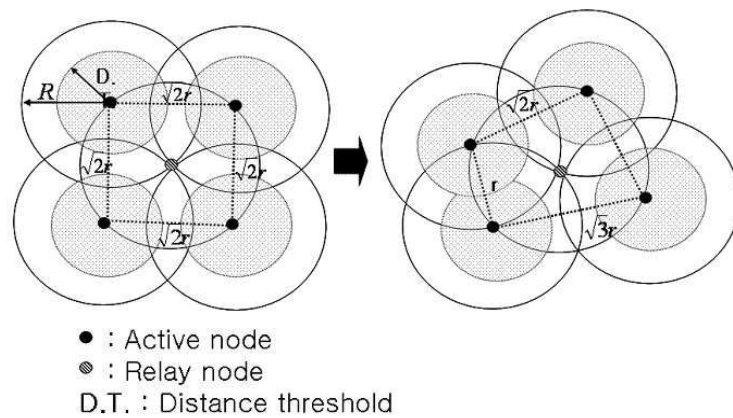
Idle : Idle listening power consumption

Sleep : Sleep power consumption

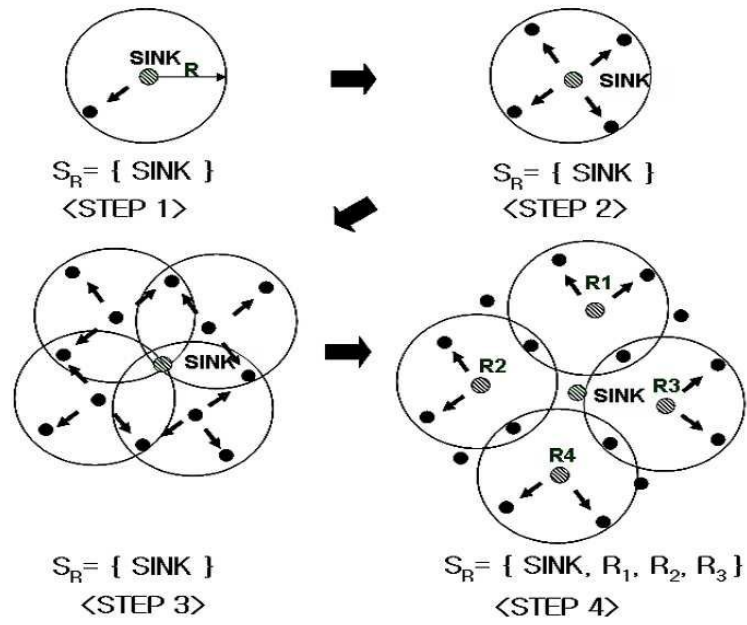
도면3



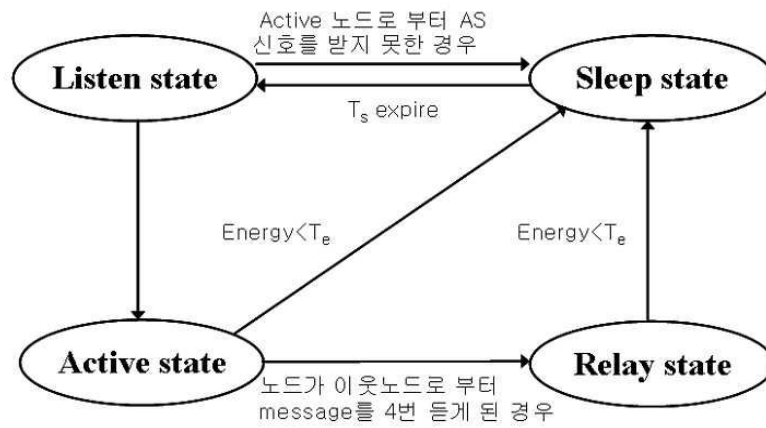
도면4



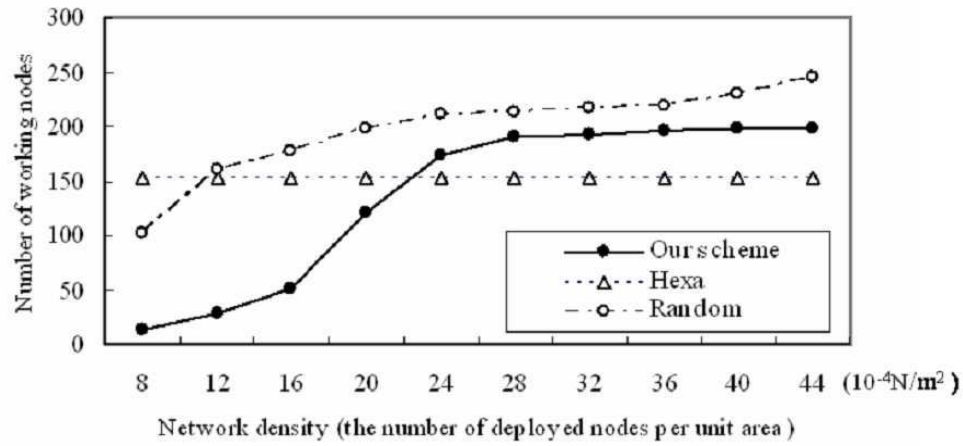
도면5



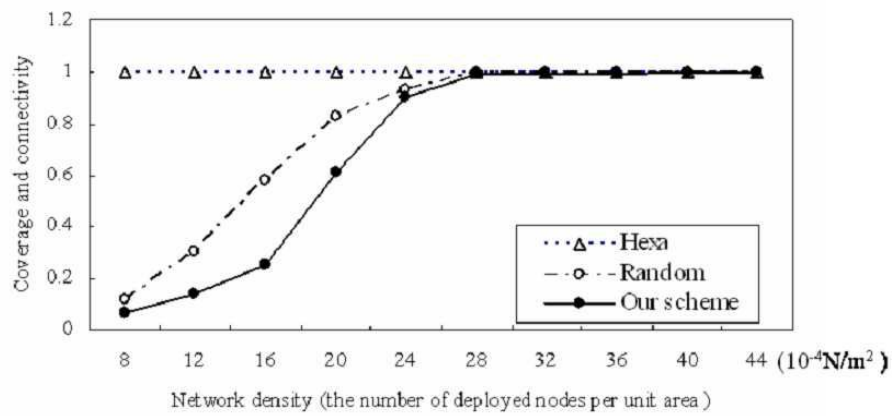
도면6



도면7



도면8



도면9

