



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl.	(45) 공고일자	2007년04월09일
H04L 12/28 (2006.01)	(11) 등록번호	10-0705537
H04L 29/02 (2006.01)	(24) 등록일자	2007년04월03일

(21) 출원번호	10-2005-0108085	(65) 공개번호
(22) 출원일자	2005년11월11일	(43) 공개일자
심사청구일자	2005년11월11일	

(73) 특허권자 울산대학교 산학협력단
 울산 남구 무거동 산29

(72) 발명자 한기준
 대구 수성구 범물동 서한 화성타운 103-501

 류정필
 대구 북구 대현1동 193-8번지 302호

 김민수
 경북 영천시 금호읍 교대리 410 3 우방아파트 101-1008

 이병직
 경북 경주시 용강동 청구타운 102동 807호

 하남구
 대구 북구 산격3동 1400-12호

 이흥희
 울산 중구 다운동 590번지 다운현대아파트 101-403

(74) 대리인 윤의섭
 김수진

(56) 선행기술조사문헌	
KR1020050028805 A	KR1020050065389 A
KR1020060055635 A	KR1020060075797 A
* 심사관에 의하여 인용된 문헌	

심사관 : 변형철

전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 무선 센서 네트워크에서 확률 기반의 센서 활성화 결정방법

(57) 요약

본 발명은 무선 센서 네트워크에서 확률기반의 센서 활성화 결정방법에 관한 것으로서, 상기 무선 센서 네트워크에서 확률기반의 센서 활성화 결정방법은, 무선 센서 네트워크의 센서 노드 활성화 결정방법으로서, (1) 센서 노드의 상태를 리스(Listen)으로 설정하고, 이웃한 센서 노드와의 무선데이터통신을 통해서 이웃 센서 노드의 정보를 획득하는 단계, (2) 센서 노드의 센싱반경(r)과 센서필드의 면적(U)을 이용하여 전체 네트워크의 커버리지(coverage)와 커넥티비티(connectivity)를 보장할 수 있는 최소 활성화노드수(N_{CON})를 산출하는 단계, (3) 상기 최소 활성화노드수(N_{CON})를 이용하여 임의의 센서 노드에서 네트워크의 커버리지(coverage)와 커넥티비티(connectivity)를 보장할 수 있는 평균이웃 센서 노드수(MN_{CON})를 산출하는 단계, (4) 상기 평균이웃 센서 노드수(MN_{CON})를 이용하여 센서 노드의 활성화확률(P_{Active})을 산출하는 단계 및 (5) 상기 활성화확률(P_{Active})을 이용하여 센서 노드의 활성화 여부를 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서 확률기반의 센서 활성화 결정방법이다.

본 발명에 따르면, 네트워크의 커버리지(coverage)와 커넥티비티(connectivity)를 보장하면서, 센서 노드를 일정한 확률에 따라 활성화 여부를 제어하므로, 센서 네트워크의 수명을 연장시킬 수 있다는 장점이 있으며, 또한, 지역 정보에 적응적인 활성화 확률을 근거로 모든 센서 노드의 상태를 결정함에 따라, 유동적인 센서 노드의 제어가 가능하므로 다양한 환경에서도 네트워크의 성능을 보장할 수 있다는 장점이 있다.

대표도

도 6

특허청구의 범위

청구항 1.

무선 센서 네트워크의 센서 노드 활성화 결정방법으로서,

- (1) 센서 노드의 상태를 리스(Listen)으로 설정하고, 이웃한 센서 노드와의 무선데이터통신을 통해서 이웃 센서 노드의 정보를 획득하는 단계;
- (2) 센서 노드의 센싱반경(r)과 센서필드의 면적(U)을 이용하여 전체 네트워크의 커버리지(coverage)와 커넥티비티(connectivity)를 보장할 수 있는 최소 활성화노드수(N_{CON})를 산출하는 단계;
- (3) 상기 최소 활성화노드수(N_{CON})를 이용하여 임의의 센서 노드에서 네트워크의 커버리지(coverage)와 커넥티비티(connectivity)를 보장할 수 있는 평균이웃 센서 노드수(MN_{CON})를 산출하는 단계;
- (4) 상기 평균이웃 센서 노드수(MN_{CON})를 이용하여 센서 노드의 활성화확률(P_{Active})을 산출하는 단계; 및
- (5) 상기 활성화확률(P_{Active})을 이용하여 센서 노드의 활성화 여부를 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서 확률기반의 센서 활성화 결정방법.

청구항 2.

제1항에 있어서, 상기 (2)단계는,

$$SA(k)=SA(k-1)\left(1+0.41\frac{\pi r^2}{U}\right)=\pi r^2\left(1+0.41\frac{\pi r^2}{U}\right)^k=U$$

$$k=\frac{\log\frac{U}{\pi r^2}}{\log\left(1+0.41\frac{\pi r^2}{U}\right)}=N_{CON}$$

식을 이용하여 최소 활성노드수(N_{CON})를 산출하는

것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서 확률기반의 센서 활성화 결정방법.

청구항 3.

제1항에 있어서, 상기 (3)단계는,

$$\frac{\pi r^2}{U}\left(\frac{\log\frac{U}{\pi r^2}}{\log\left(1+0.41\frac{\pi r^2}{U}\right)}-1\right)=MN_{CON}$$

식을 이용하여 평균이웃 센서 노드수(MN_{CON})를 산출하

는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서 확률기반의 센서 활성화 결정방법.

청구항 4.

제1항에 있어서, 상기 (4)단계는,

$$P_{active}=\frac{MN_{CON}}{N(Q(S))}$$

식을 이용하여 센서 노드의 활성확률(P_{Active})을 산출하는 것을 특징으로 하는 무선 센서

네트워크에서 확률기반의 센서 활성화 결정방법.

청구항 5.

제1항에 있어서, 상기 (1)단계는 1홉(hop) 이웃 센서 노드의 정보를 획득하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서 확률기반의 센서 활성화 결정방법.

청구항 6.

제1항에 있어서,

상기 (3)단계 이후에, 상기 (1)단계에서 획득한 이웃 센서 노드의 수와 상기 (3)단계에서 산출한 평균이웃 센서 노드수(MN_{CON})를 비교하여, 이웃 센서 노드의 수가 많은 경우 (4)단계로 진행되고, 이웃 센서 노드의 수가 적은 경우 센서 노드의 작동상태를 활성화로 설정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서 확률기반의 센서 활성화 결정방법.

청구항 7.

제1항에 있어서, 상기 (4)단계는,

(A) 상기 활성화률(P_{Active})을 이용하여 소정의 알고리즘에 따라 센서 노드의 활성화 여부를 결정하는 단계; 및

(B) 상기 (A)단계에서 센서 노드가 활성화 상태로 설정된 경우, 소정의 쿼리수신시간(T_q)내에 싱크 노드로부터 쿼리를 수신하지 못하는 경우 비활성화 상태로 센서 노드를 설정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서 확률기반의 센서 활성화 결정방법.

청구항 8.

제6항 또는 제7항에 있어서,

미리 설정된 라운드 회수에 도달하였는지 판단하여, 미리 설정된 라운드 회수에 도달하지 않은 경우 각 단계를 반복하고, 미리 설정된 라운드 회수에 도달한 경우 상기 (1)단계로 되돌아 가는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서 확률기반의 센서 활성화 결정방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 무선 센서 네트워크의 센서 노드의 동작상태를 결정하는 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 무선 센서 네트워크의 커버리지(coverage)와 커넥티비티(connectivity)를 보장할 수 있는 최적화된 활성 센서 노드수를 산출하고, 이를 이용하여 센서 노드의 동작상태를 확률적으로 결정하는 방법에 관한 것이다.

최근 무선통신과 전자공학 기술의 발달로 인하여 저가격, 극소형 센서 간의 네트워크가 가능하게 되었으면, 이러한 센서들로 구성된 네트워크를 무선 센서 네트워크라고 한다.

무선 센서 네트워크는 생태환경 감시, 지능형 환경 모니터링, 위치인지 서비스, 지능형 의료시스템, 지능형 로봇 시스템 등에 활용되고 있으며, 유비쿼터스 컴퓨팅 환경의 중심기술로서 발전하고 있다.

무선 센서 네트워크는 물리공간의 상태인 빛, 소리, 온도, 움직임과 같은 물리적 데이터를 감지, 측정, 전송하는 센서 노드와 센서 노드로부터 전송되는 데이터를 수신하고 분석하는 중앙의 기본노드(싱크 노드, sink-node)로 구성되는 네트워크이다.

통상적으로 센서 노드들은 하나 이상의 센서, 액추에이터(actuator), 마이크로 컨트롤러, 수 십KB 크기의 EEPROM, 수 KB의 SRAM, 수백 KB 크기의 플래시 메모리, ADC(Analog to Digital Converter), 근거리 무선 통신 모듈 및 이러한 구성 요소들에 전원을 공급해주기 위한 전원부(에너지원)로 구성된다.

무선 센서 네트워크는 정확한 정보수집과 신뢰성 확보를 위하여 센서 노드가 센서 필드에 조밀하게 배치되며, 사용자의 설정에 따라 복수의 싱크 노드가 포함되도록 구성될 수 있다.

무선 센서 네트워크의 특성상, 무선 센서 네트워크가 적용되는 대부분의 환경에서, 센서 노드는 오랜 기간 동안 동작해야 해야하고, 각종 구성부의 교체가 불가능하기 때문에 아주 제한적인 자원을 가지게 된다.

이러한 제한적인 자원 중에서 무선 센서 네트워크의 생존시간을 결정하는 결정적인 요소는 제한된 전력으로서, 제한된 전력을 얼마나 효율적으로 사용할 수 있는가에 따라서 무선 센서 네트워크의 생존시간이 결정된다.

센서의 구성부 중 에너지 소모가 가장 많은 구성부는 RF(Radio Frequency) 부분 즉, 데이터의 무선 송수신에 관련된 부분으로서, 얼마나 효율적인 무선 통신 네트워킹 기술을 적용하느냐에 따라서 네트워크의 성능 및 생존시간이 달라지게 된다.

따라서 무선 센서 네트워크의 커버리지(coverage)와 커넥티비티(connectivity)를 안정적으로 유지하면서, 효율적인 전력 소비가 가능한 기술들이 연구되어 왔으며, 그 결과로서 센서의 동작상태를 일정한 알고리즘에 따라서 차등적으로 제어하기 위한 방법들이 제시되고 있다.

종래의 무선 센서 네트워크 커버리지(coverage)와 커넥티비티(connectivity) 관련기술은 센서 필드에 배치된 노드들 중에서 각각의 노드가 이웃 센서 노드들과의 거리와 각도를 이용하여 활성화되는 노드들의 트리를 구성하거나 이웃 센서 노드들에 의해 커버되는 노드를 제외시키는 기법들과 센서 필드 중에서 취약지에 센서 노드를 배치시키는 기법들이 제안되었다.

그러나 종래기술은 무선 센서 네트워크의 커버리지(coverage)와 커넥티비티(connectivity)를 동시에 만족시키기 어렵다는 문제점이 있었다.

또한, 종래기술에 따라 센서의 활성 여부를 결정하는 경우, 주변환경의 변화에 적절하게 대처할 수 없다는 문제점이 있었다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 상술한 바와 같은 종래기술의 문제점을 해결하기 위하여, 지역정보 및 네트워크 정보에 의하여 산출되는 활성화 확률을 이용하여, 활성화된 최소한의 노드들에 의해 센서 필드의 커버리지(coverage)와 활성화된 노드들 간의 커넥티비티(connectivity)는 보장되는 확률적 기법에 의한 센서 노드 활성화 결정방법을 제공함을 목적으로 한다.

발명의 구성

상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위해, 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 무선 센서 네트워크의 센서 노드 활성화 결정방법으로서, (1) 센서 노드의 상태를 리스(Listen)으로 설정하고, 이웃한 센서 노드와의 무선데이터통신을 통해서 이웃 센서 노드의 정보를 획득하는 단계; (2) 센서 노드의 센싱반경(r)과 센서필드의 면적(U)를 이용하여 전체 네트워크의 커버리지(coverage)와 커넥티비티(connectivity)를 보장할 수 있는 최소 활성화노드수(N_{CON})를 산출하는 단계; (3) 상기 최소 활성화노드수(N_{CON})를 이용하여 임의의 센서 노드에서 네트워크의 커버리지(coverage)와 커넥티비티(connectivity)를 보장할 수 있는 평균이웃 센서 노드수(MN_{CON})를 산출하는 단계; (4) 상기 평균이웃 센서 노드수(MN_{CON})를 이용하여 센서 노드의 활성화확률(P_{Active})을 산출하는 단계; 및 (5) 상기 활성화확률(P_{Active})을 이용하여 센서 노드의 활성 여부를 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서 확률 기반의 센서 활성화 결정방법이 제공된다.

이하에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

U : 센싱필드, 센싱필드의 면적.

MN_{CON} : 네트워크 커버리지(Coverage)를 보장하기 위해 필요한 평균 이웃 센서 노드 수.

N_{CON} : 커넥티비티(connectivity)를 만족시키기 위한 최소한의 전체 노드 수.

MN_{CON} : 커넥티비티(Connectivity)를 만족시키기 위해 필요한 최소한의 이웃 센서 노드 수.

N : 센서 노드에서 주기적인 HELLO 메시지로 확인할 수 있는 전체 이웃 센서 노드 수.

P_{Active} : 활성 확률.

라운드(round) : 싱크 노드가 전송한 쿼리 메시지에 대해서 활성 노드들의 센싱 결과에 대한 보고가 끝나게 되는 시점.

이하에서, 첨부된 도면을 참조하여 무선 센서 네트워크에서 확률기반의 센서 활성화 결정방법에 대한 바람직한 실시예를 상세하게 설명한다.

도 1은 무선 센서 네트워크의 구성 예시도이다.

도 1에 도시된 바와 같이, 무선 센서 네트워크는 센싱필드($U=m*m$)(100) 내에 설치된 싱크 노드(102)와 복수개의 센서 노드(120, 102, 104, 106, 108, 110 등, 이하 '노드'라 함)로 구성된다.

이하에서는 임의의 센서 노드 S(120)를 기준으로 하여 본 발명에 대하여 상세히 설명하고자 한다.

네트워크를 설계하기에 따라서 싱크 노드와 센서 노드의 숫자는 임의로 변경이 가능하다.

센서 노드(120)는 자신의 센싱반경(r) 내에서 발생하는 각종 이벤트를 감지, 측정하여 그 정보를 싱크 노드(102)로 전송하게 되며, 싱크 노드(102)는 센서 노드(120)로부터 전송되는 정보를 수신하여 각종 데이터처리를 수행하게 된다.

센서 노드(120)는 센서 노드(104, 106, 108, 110) 간에 또는 센서 노드(120)와 싱크 노드(100) 간에 근거리 무선 데이터 통신을 이용하여 데이터를 송수신하게 된다.

센서 네트워크에서 커버리지(coverage)와 커넥티비티(connectivity)는 중요한 문제로서, 커버리지(coverage) 문제는 감시가 필요한 장소에 랜덤하게 배치된 센서 노드들 중에서 활성화된 센서 노드에 의해 센싱이 불가능한 지역인 센싱홀(sensing hole)이 발생하지 않도록 하는 문제이고, 커넥티비티(connectivity)는 활성화된 센서 노드 간 또는 센서 노드와 싱크 노드 간의 통신이 불가능한 커뮤니케이션 홀(communication hole)이 발생하지 않도록 하는 문제이다.

본 발명에서는 센서 네트워크의 커버리지(coverage)와 커넥티비티(connectivity)를 보장해주기 위하여, 네트워크 커버리지(coverage)를 보장하기 위해 필요한 평균 이웃 센서 노드 수(MN_{COV})와 네트워크 커넥티비티(Connectivity)를 만족시키기 위해 필요한 최소한의 이웃 센서 노드 수(MN_{CON})를 산출하고, MN_{CON} 와 MN_{COV} 의 차가 항상 0보다 크거나 같은 경우, 네트워크 커넥티비티(Connectivity)를 보장하는 노드만 활성화 시키면 커버리지는 자동적으로 만족된다는 것을 보이고, 이를 이용하여 산출된 MN_{COV} 에 따라 센서 노드의 활성화확률(P_{Active})을 산출하여 활성화확률에 따라 센서 노드의 활성화상태를 제어하는 방법을 제시한다.

이하에서 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 활성화확률(P_{Active}) 산출방법에 대하여 상세히 설명한다.

도 2a, 2b는 파티션 예측을 위한 모델을 도시한 예시도이다.

도 2a, 2b를 참조하여, 네트워크 커버리지(coverage)를 보장하기 위해 필요한 평균 이웃 센서 노드 수(MN_{COV})를 구하기 위한 과정을 상세하게 설명한다.

도 2a는 임의의 센서 노드 S(120)가 하나의 이웃 센서 노드 n1(104)을 가지는 경우, 그 이웃 센서 노드(n1)(140)에 의하여 덮여지는 영역을 나타낸 예시도로서, 덮이지 않는 영역은 수학식 1을 통하여 산출할 수 있다.

$$\text{수학식 1} \quad \int_0^r \frac{2\pi x [\pi r^2 - \text{INTX}(x)]}{\pi r^2} dx \approx 0.41 \pi r^2$$

수학식 1에서 r은 센서의 센싱반경이다.

즉, 임의의 센서 노드 S(120)가 하나의 이웃 센서 노드 n1(104)를 가질 경우, 이 이웃 센서 노드 n1(104)에 의해서 덮이지 않는 영역은 수학식 1과 같이 평균적으로 센서 노드 영역-센서 노드 S(120)가 센싱하는 영역-의 41% 정도이다.

도 2b는 임의의 노드 S(120)가 두 개의 이웃 센서 노드 n1(104), n2(106)를 가지는 경우, 그 이웃 센서 노드 n1(104), n2(106)에 의하여 덮여지는 영역을 나타낸 예시도로서, 덮여지지 않는 영역은 수학식 2를 통하여 산출된다.

수학식 2

$$UCA(0)=\pi r^2, UCA(k)=0.41 \times UCA(k-1)=\pi r^2 \times 0.41^k, k=1,2,3...$$

수학식 2에서 k는 센서 노드 S(120)에 연결된 이웃 센서 노드의 수이며, UCA(k)는 센서 노드 S(120)에 k개의 노드들이 연결된 경우, 센서 노드 S(120)의 센싱반경 중 덮여지지 않는 면적을 나타낸다.

센서 노드들이 유니폼 랜덤(uniform random) 방식으로 배치된다고 가정하였을 경우, 이웃 센서 노드가 2개 있을 경우, 이웃 센서 노드 n1(104)에 의하여 덮이지 않았던 41%의 센서 노드 영역의 41%가 덮이지 않고 남아 있게 된다.

수학식 2의 결과가 0에 가까운 수가 되었을 때의 k값 즉, 이웃 센서 노드 수가 하나의 센서 노드 영역을 완전히 덮기 위해 필요한 이웃 센서 노드의 수가 된다.

이러한 결과는 수학식 3을 통해서 정규화될 수 있다.

수학식 3

$$\pi r^2 \times 0.41^k = \varepsilon, k = \frac{\log(\varepsilon/\pi r^2)}{\log 0.41} = MN_{cov}$$

수학식 3에서 ε 은 0에 아주 가까운 수로 정의되며, 네트워크 커버리지(coverage)를 보장하기 위해 필요한 평균 이웃 센서 노드 수(MN_{cov})는 센서 노드의 센싱반경(r)으로부터 구해질 수 있다.

도 3a, 3b, 3c는 연결된 노드의 수에 따라 연결되는 영역을 표시한 예시도로서, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 커넥티비티(Connectivity)를 만족시키기 위해 필요한 최소한의 이웃 센서 노드 수(N_{CON})를 산출하는 방법을 상세하게 설명한다.

임의의 노드 n1(302)이 센서 노드 S(300)의 이웃이 될 확률은 $(\pi r^2/U)$ 가 되며, 이때 센서 노드 S(300)와 임의의 노드 n1(302)에 의한 센싱영역의 합은 수학식 4와 같이 구할 수 있다.

여기서 U(100)는 센싱필드의 면적으로서, m*m으로 가정한다.

수학식 4

$$SA(0)=\pi r^2, SA(1)=SA(0)\left(1+0.41 \frac{\pi r^2}{U}\right)$$

SA(k)는 임의의 센서 노드 S(300)에 k개의 노드가 연결된 경우의 센싱영역의 합을 의미한다.

즉, 2개의 센서 노드가 연결된 경우, 2개 센서 노드의 센싱영역의 합은 센서 노드 S(300)에 의한 센싱반경과 임의의 노드 n1(302)과 센서 노드 S(300)의 센싱영역의 차집합의 합이 되는 것이다.

이러한 값에 임의의 노드 n1(302)이 센서 노드 S(300)의 이웃이 될 확률을 반영한 것이 수학식 4에 표현되어 있다.

k개의 노드가 센서 노드 S(300)에 연결된 경우, k개의 노드에 의한 센싱영역의 합은 수학식 5와 같이 정규화된다.

수학식 5

$$SA(k)=SA(k-1)\left(1+0.41\frac{\pi r^2}{U}\right)=\pi r^2\left(1+0.41\frac{\pi r^2}{U}\right)^k=U$$

$$k=\frac{\log\frac{U}{\pi r^2}}{\log\left(1+0.41\frac{\pi r^2}{U}\right)}=N_{CON}$$

즉, 도 3b, 3c에 도시된 바와 같이 센서 노드 S(300)에 임의의 노드 n1(302), n2(304), n3(306), n4(308)가 연결된 경우에도, 센싱영역의 합은 수학식 5를 통해 산출될 수 있다.

상호 연결된 노드들에 의한 센싱영역이 전체 센싱 영역보다 크거나 같게 되었을 때의 k 값이 바로 네트워크의 커넥티비티(connectivity)를 만족시키기 위한 최소한의 노드 수(N_{CON})이며, 이는 수학식 5와 같이 구할 수 있다.

물론 정수 값이 아닌 경우에는 당연히 정수 값으로 올림이 되어야 할 것이다.

또한, 평균 이웃 센서 노드 수(MN_{CON})는 수학식 5를 이용하여 산출한 커넥티비티(connectivity)를 만족시키기 위한 최소한의 노드 수(N_{CON})를 수학식 6에 대입하여 구할 수 있다.

수학식 6

$$\frac{\pi r^2}{U}\left[\frac{\log\frac{U}{\pi r^2}}{\log\left(1+0.41\frac{\pi r^2}{U}\right)}-1\right]=\frac{\pi r^2}{U}(N_{CON}-1)=MN_{CON}$$

커넥티비티(connectivity) 보장을 위해 필요한 평균 이웃 센서 노드 수(MN_{CON})와 커버리지(coverage) 보장을 위해 필요한 평균 이웃 센서 노드 수(MN_{COV})와의 차가 항상 0보다 크거나 같은 경우, 커넥티비티(connectivity)를 보장하는 노드만 활성화 시키면 커버리지(coverage)는 자동적으로 만족되는 것을 알 수 있으며, 이는 전체 네트워크 크기와 노드의 센싱 및 통신 반경의 함수로 구할 수 있다.

따라서, 네트워크 설계시 커넥티비티(connectivity) 보장을 위해 필요한 평균 이웃 센서 노드 수(MN_{CON})를 커버리지(coverage) 보장을 위해 필요한 평균 이웃 센서 노드 수(MN_{COV})보다 크거나 같도록 설계하면, MN_{CON} 만을 활성화 시키더라도 네트워크의 커넥티비티(connectivity)와 커버리지(coverage)가 동시에 보장되게 된다.

물론 설계시에도 이러한 상술한 과정을 통해 네트워크를 구성할 수도 있으며, 또는, 네트워크의 센서 노드(120)가 이웃 센서 노드의 정보를 획득하여 MN_{COV} 와 MN_{CON} 를 비교한 뒤, MN_{CON} 이 크거나 같은 경우에만 본 발명에 따른 활성화 결정 방법을 통해 센서 노드의 활성화를 결정하도록 구성할 수도 있을 것이다.

각 노드에서 주기적인 HELLO 메시지로 확인할 수 있는 전체 이웃 센서 노드 수(N)와 커넥티비티(connectivity)를 만족시키기 위해 필요한 평균 이웃 센서 노드 수(MN_{CON})를 이용하여, 활성화률(P_{Active})을 구한다.

P_{Active} 는 수학식 7과 같이 정의된다.

수학식 7

$$P_{active} = \frac{MN_{CON}}{N(Q(S))}$$

수학식 7은 센서 노드(120)의 활성화를 결정함에 있어서, 전체 네트워크 커버리지(coverage)와 커넥티비티(connectivity)를 보장할 수 있는 최소값 보다 이웃 센서 노드들의 수(N)가 적은 경우 센서 노드(120)는 무조건 활성화 상태로 설정되며, 그 최소값보다 이웃 센서 노드 수(N)가 많으면, 활성화되는 노드 그룹에 속할 것인지를 확률로서 판단한다는 의미이다.

즉, 센서 노드(120)는 전체 이웃 센서 노드 수(N)와 평균 이웃 센서 노드 수(MN_{CON})를 비교하여, 전체 이웃 센서 노드 수(N)가 평균 이웃 센서 노드 수(MN_{CON})보다 작은 경우에는 센서 노드의 상태를 무조건 활성화 상태로 설정하며, 전체 이웃

$$P_{active} = \frac{MN_{CON}}{N}$$

센서 노드 수(N)가 평균 이웃 센서 노드 수(MN_{CON})보다 크거나 같은 경우에는 수학식으로 산출되는 활성화확률(P_{Active})에 의하여 센서 노드의 활성화를 결정하도록 구성되는 것이다.

도 4는 무선 센서 네트워크의 라운드 구성도이고, 도 5는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 센서 노드 상태전이도이다.

이하에서 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명에 따른 센서 노드의 상태전이 과정을 상세히 설명한다.

라운드란 싱크 노드(102)가 전송한 쿼리 메시지에 대해서 활성화된 센서 노드들의 센싱 결과에 대한 보고가 끝나게 되는 시점을 말한다.

라운드의 구성과 센서 노드(120)의 이웃 센서 노드 정보 업데이트 구간은 도 4와 같이 정의된다.

싱크 노드(102)로부터 쿼리가 전송되는 시점이 각 라운드의 시작시점이 되며, 센서 노드(120)가 쿼리를 수신하여 임무를 수행하고, 그 결과를 싱크 노드(102)로 전송하여 싱크 노드(102)가 이를 수신완료하는 시점이 각 라운드의 종기가 된다.

센서 노드(120)는 각 라운드의 쿼리를 수신하는 시간 (T_q)동안 싱크 노드(102)로부터 전송되는 쿼리를 수신하기 위하여 무선통신을 수행하도록 구성된다.

몇 개의 라운드가 합쳐져서, 갱신기간(Update period)(T_u)을 구성하게 되며, 갱신기간은 센서 노드(120)가 주기적으로 이웃 센서 노드(104, 106, 108, 110 등)의 정보를 획득하도록 리슨(Listen)상태로 천이하는 기준이 된다.

도 5에 도시된 바와 같이, 각 노드는 세 가지의 상태(리슨(Listen), 비활성화(Sleep), 활성화(Active))중 하나의 상태에 있게 된다.

네트워크 초기화 단계에서 센서 노드(120)는 리슨(Listen)상태에 머물게 되어 이웃 센서 노드 정보를 획득하여 활성화 확률(P_{Active})을 계산하게 된다.

센서 노드(120)는 계산된 확률에 의하여 $1-P_{Active}$ 의 확률로 비활성화(Sleep) 그리고 P_{Active} 의 확률로 활성화(Active)상태로 다음 라운드에 천이하게 된다.

비활성화(Sleep)상태에서는 센서 노드(120)는 라디오부의 전원을 끄고 다음 라운드에 P_{Active} 의 확률로 활성화(Active)상태로 천이하고, $1-P_{Active}$ 의 확률로 비활성화(Sleep)상태에 머물게 된다.

활성화(Active)상태의 센서 노드(120)는 활성화된 노드를 의미하고, 센싱과 데이터 라우팅에 참여할 수 있는 노드를 말한다.

활성화(Active)상태에서 센서 노드(120)는 P_{Active} 의 확률로 다음 라운드에 활성화(Active)상태에 머물게 되고, $1-P_{Active}$ 의 확률로 다음 라운드에 비활성화(Sleep)상태로 천이하게 된다.

한편, 활성화(Active)상태의 센서 노드(120)는 쿼리를 수신하는 시간 (T_q) 내에 쿼리를 수신하지 못하게 되면, 비활성화(Sleep)상태로 바로 천이하게 된다.

이는 센서 노드가 독립적으로 분리된 상태를 의미하기 때문이다.

모든 노드는 전체 이웃 센서 노드 정보를 업데이트하기 위하여, 주기적으로 리슨(Listen)상태로 무조건 천이하게 되며, 이 정보는 미리 설정되어 있을 수도 있으며, 또는, 싱크 노드(102)로부터 전송되는 쿼리 메시지 내에 포함되어 있을 수 있다.

예를 들어, 쿼리 메시지 내에 갱신기간(T_u)이 12로 설정되어 있으면, 12 라운드 뒤에는 반드시 리슨(Listen)상태로 모든 센서 노드가 천이해야 된다.

도 6은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따라 센서 노드 활성화 결정과정을 나타낸 순서도이다.

이하에서 첨부된 도 6을 참조하여, 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 센서 노드 활성화 결정과정에 대하여 상세히 설명한다.

무선 센서 네트워크의 초기화 단계에서, 각 센서 노드(120, 104, 106, 108, 110 등, 이하 '임의의 센서 노드 S(120)'를 기준으로 설명함)는 노드의 동작상태를 리슨(Listen)상태로 설정하고(S600), 이웃한 센서 노드들과의 단거리 무선통신을 통해 이웃한 센서 노드의 정보를 획득한다(S602).

센서 노드(120)는 주변에 있는(자신의 통신반경 내에 있는) 각 노드(104, 106, 108, 110)로 'Hello'메시지를 전송하고, 이를 수신하여 응답메시지를 보내는 이웃 센서 노드의 수를 N 으로 정의하여 저장한다.

이때, 각 센서 노드(120)는 자신으로부터 1 홉(hop) 거리에 있는 이웃 센서 노드들의 정보를 획득하도록 구성될 수도 있으며, 설정하기에 따라서 일정한 거리 내에 있는 이웃 센서 노드들의 정보만을 획득하도록 구성될 수 있다.

센서 노드(120)는 무선 센서 네트워크의 정보(센싱필드의 면적, 센서 노드의 센싱반경, 센서 노드의 통신반경 등)을 이용하여 커버리지(coverage) 보장을 위해 필요한 평균 이웃 센서 노드 수(MN_{CON}), 커넥티비티(Connectivity)를 만족시키기 위해 필요한 최소한의 이웃 센서 노드 수(N_{CON}), 커넥티비티(connectivity) 보장을 위해 필요한 평균 이웃 센서 노드 수(MN_{COV})를 산출하고, 산출한 각 노드 수와 상기 S600단계에서 획득한 이웃 센서 노드 정보를 이용하여 센서 노드의 활성화 확률(P_{Active})을 연산한다(S604).

여기서 무선 센서 네트워크의 정보(센싱필드의 면적, 센서 노드의 센싱반경, 센서 노드의 통신반경 등)은 네트워크를 설계할 때 미리 설정된 값을 사용하도록 하거나, 또는, 싱크 노드(102)로부터 전송되는 데이터를 수신하여 사용하도록 구성될 수 있다.

커버리지(coverage) 보장을 위해 필요한 평균 이웃 센서 노드 수(MN_{CON}), 커넥티비티(Connectivity)를 만족시키기 위해 필요한 최소한의 이웃 센서 노드 수(N_{CON}), 커넥티비티(connectivity) 보장을 위해 필요한 평균 이웃 센서 노드 수(MN_{COV}) 및 센서 노드의 활성화확률(P_{Active})을 산출하는 방식에 대해서는 상술하였으므로, 상세한 설명은 생략하기로 한다.

센서 노드(120)는 진행되는 라운드의 회수를 카운트하기 위한 라운드 카운트(T_C)를 0으로 초기화 한다(S606).

통상적으로 센서 노드(120)는 이상적인 상태가 아닌 자연적 상태하에서 여러 가지 원인으로 인하여 그 능력에 변화가 생기게 된다.

즉, 고장이 발생하여 작동불능 상태에 빠질 수도 있으며, 고장난 것이 복구되어 다시 작동상태가 될 수도 있으므로, 이러한 센서 노드(120)의 상태를 반영하여 센서 노드의 활성화확률(P_{Active})을 결정하기 위하여, 본 발명에서는 일정한 라운드가 지나게 되면 센서 노드(120)의 동작상태를 강제적으로 리슨(Listen)상태로 설정하고 주변 이웃 센서 노드의 정보를 다시 획득하도록 센서 노드(120)를 제어한다.

라운드 카운트(T_c)는 진행되는 라운드의 회수를 카운트하기 위한 일정의 변수로서, 라운드가 한번 진행될 때마다 1씩 증가하도록 구성되며, 센서 노드(120)는 라운드 카운트(T_c)와 미리 설정되었거나 또는 싱크 노드(102)로부터 전송되는 쿼리에 포함되어 있는 갱신기간(T_u)과 비교하여 이웃 센서 노드의 정보를 갱신하게 된다.

센서 노드(120)는 S602단계에서 획득한 센서 노드에 이웃한 이웃 센서 노드의 총 수(N)와 S604단계에서 산출한 커넥티비티(connectivity) 보장을 위해 필요한 평균 이웃 센서 노드 수(MN_{CON})를 비교하고(S608), 센서 노드에 이웃한 센서 노드의 총 수(N)가 MN_{CON} 의 수보다 작은 경우, 동작상태를 활성화로 설정한다(S624).

센서 노드(120)에 이웃한 센서 노드의 총 수(N)가 MN_{CON} 의 수보다 작은 경우, 네트워크의 커넥티비티(connectivity) 보장을 위해서는 센서 노드(120)를 포함한 주변의 모든 노드들이 활성화되어야 하므로, 본 발명은 이러한 경우 센서 노드(120)의 동작상태가 확률적으로 결정되지 않고, 무조건적으로 활성화 상태로 설정되도록 하여 네트워크의 성능을 최대한 보장할 수 있게 구성된다.

이러한 과정은 별도의 단계를 두어, 이웃한 센서 노드의 총 수(N)와 MN_{CON} 의 수를 비교하고, 그 결과에 따라 센서 노드(120)의 작동상태가 제어되도록 할 수도 있으며, 활성화 확률(P_{Active})에 따라 활성화 여부를 결정하는 단계에서 수행하도록 구성될 수도 있다.

즉, 활성화 확률(P_{Active})은 MN_{CON}/N 으로 정의되므로, N 이 MN_{CON} 보다 작은 경우에는 활성화 확률(P_{Active})이 1 이상이 되므로 무조건적으로 활성화 상태로 설정되도록 구성될 수도 있는 것이다.

센서 노드(120)가 활성화 상태로 설정되면, 센서 노드(120)는 싱크 노드(102)로부터 전송되는 쿼리를 수신하여 쿼리에 상응하는 임무를 수행하고 그 결과를 싱크 노드(102)로 전송하게 된다.

이때, 센서 노드(120)는 각 라운드가 종료될 때마다 라운드 카운트(T_c)를 1증가시키고(S626), 갱신기간(update period)(T_u) 값과 비교하여 라운드 카운트(T_c)가 갱신기간(T_u)보다 작은 경우 (S624)단계로 되돌아 가며, 라운드 카운트(T_c)가 갱신기간(T_u)과 같거나 큰 경우 (S600)단계로 돌아간다(S628).

갱신기간(T_u)은 센서 노드(120)가 강제적으로 이웃 센서 노드의 정보를 획득하기 위하여 S600단계로 되돌아 가게 되는 라운드의 회수로써, 미리 설정되어 있을 수도 있으며, 싱크 노드(102)로부터 전송되는 쿼리에 포함되도록 구성될 수도 있다.

센서 노드(120)는 S608단계에서 비교한 결과, 센서 노드(120)에 이웃한 센서 노드의 총 수(N)가 MN_{CON} 의 수보다 많거나 또는 같은 경우, S604단계에서 산출한 활성화확률(P_{Active})에 의하여 센서 노드의 활성화 여부를 결정한다(S610)

활성확률(P_{Active})에 의하여 센서 노드(120)의 활성화 여부를 결정하는 수단은 여러 가지가 있을 수 있으며, 당업자에게 자명한 수단을 이용하여 센서 노드(120)의 활성화 여부를 결정함에 있어서 활성화확률(P_{Active})이 반영되어 결정되도록 구성된다.

예를 들어, 일정한 상수를 랜덤하게 생성하여 그 값을 확률값과 비교하고, 비교한 결과에 따라 큰 경우에는 비활성화 상태로 설정하고, 작거나 같은 경우에 활성화 상태로 설정하는 방법 등이 이용될 수 있을 것이다.

센서 노드(120)는 S610단계에서 동작상태가 활성화 상태로 결정되면, 동작상태를 활성화 상태로 설정하고 싱크 노드(102)로부터 전송되는 쿼리를 수신하여 쿼리에 상응하는 임무를 수행한다(S620).

그러나 센서 노드(120)가 활성화 상태로 설정되어 싱크 노드로부터 전송되는 쿼리를 수신하기 위해 무선통신을 수행하였으나, 쿼리수신 시간(T_q) 내에 싱크 노드(102)로부터 전송되는 쿼리가 수신되지 않는 경우, 센서 노드(120)는 자동적으로 동작상태를 비활성화 상태로 설정한다(S622).

쿼리수신 시간(T_q)이란, 한 라운드에서 쿼리를 전송받기 위해 무선통신을 시도하도록 설정된 시간으로서, 미리 설정되어 있거나, 또는, 싱크 노드(102)로부터 전송되는 쿼리에 포함되도록 구성될 수도 있다.

쿼리수신 시간(T_q) 동안 쿼리를 수신하지 못한다는 것은 여러 가지 장애요인(악천후, 싱크 노드의 작동불능 등)으로 인하여 센서 노드(120)가 무선 네트워크로부터 고립되었음을 의미하므로, 이러한 경우 센서 노드(120)의 상태가 활성화되어도 무의미하므로 강제적으로 비활성화 상태로 설정하여 전원의 소비를 방지하게 된다.

센서 노드(120)는 S610단계에서 동작상태가 비활성화 상태로 결정되면, 동작상태를 비활성화 상태로 설정한 후, 일정한 라운드(즉 갱신기간(T_u)) 동안 대기하게 된다(S620).

센서 노드(120)는 활성확률(PActive)에 따라 센서 노드(120)의 활성 여부를 결정한 뒤(활성화 상태 또는 비활성화 상태), 라운드 카운트(T_c)를 1 증가시키고 (S616), 설정된 갱신기간(update period)(T_u)과 비교하여 라운드 카운트(T_c)가 갱신기간(T_u)보다 작은 경우 (S610)단계로 되돌아 가며, 라운드 카운트(T_c)가 갱신기간(T_u)과 같거나 큰 경우 (S600)단계로 돌아간다(S618).

상술한 과정을 통해서, 센서 노드(120)는 주변환경의 상태에 따라 유동적으로 센서의 활성화 여부를 확률적으로 결정할 수 있게 된다.

상기한 본 발명의 바람직한 실시예는 예시의 목적을 위해 개시된 것이고, 본 발명에 대해 통상의 지식을 가진 당업자라면 본 발명의 사상과 범위 안에서 다양한 수정, 변경 및 부가가 가능할 것이며, 이러한 수정, 변경 및 부가는 하기의 특허청구 범위에 속하는 것으로 보아야 할 것이다.

발명의 효과

이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 무선 센서 네트워크에서 확률 기반의 센서 활성화 결정방법에 따르면, 센서 노드의 활성화 여부를 확률에 따라 결정하여 센서 네트워크의 수명을 연장할 수 있다는 장점이 있다.

또한, 본 발명에 따르면, 네트워크의 커버리지(coverage)와 커넥티비티(connectivity)를 보장함과 동시에 제한된 센서 노드의 자원을 효율적으로 사용할 수 있다는 장점이 있다.

또한, 본 발명에 따르면, 지역 정보에 적응적인 활성 확률을 근거로 모든 센서 노드의 상태를 결정함에 따라, 유동적인 센서 노드의 제어가 가능하므로 다양한 환경에서도 센서 네트워크의 성능을 보장할 수 있다는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 무선 센서 네트워크의 구성 예시도.

도 2a, 2b는 파티션 예측을 위한 모델을 도시한 예시도.

도 3a, 3b, 3c는 연결된 노드의 수에 따라 연결되는 영역을 표시한 예시도.

도 4는 무선 센서 네트워크의 라운드 구성도.

도 5는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 센서 노드 상태천이도.

도 6은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 센서 노드 활성화 결정과정을 나타낸 순서도.

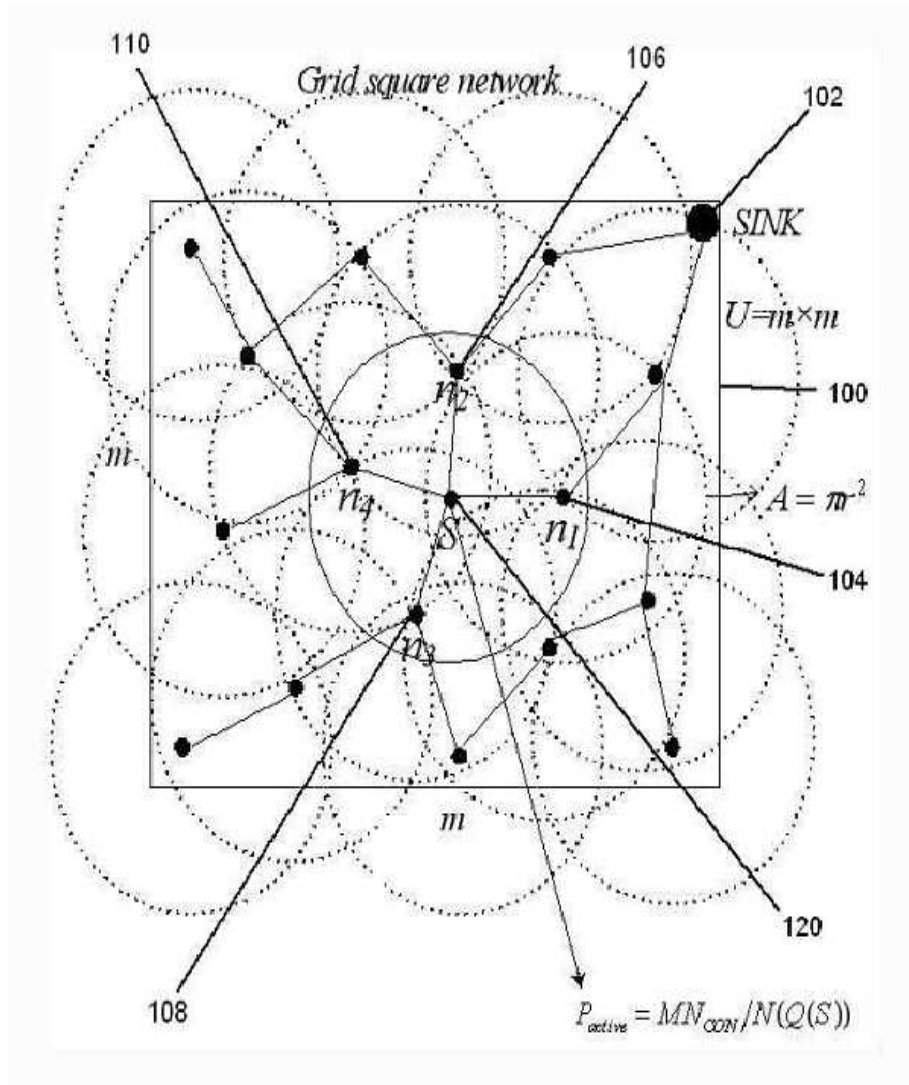
* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 *

100 : 센싱필드 102 : 싱크 노드

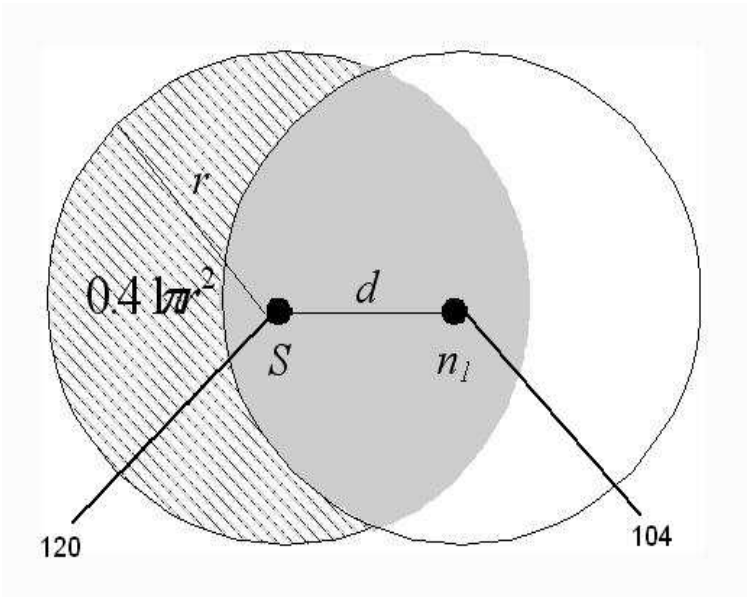
104, 106, 108, 110 : 센서 노드 120 : 센서 노드

도면

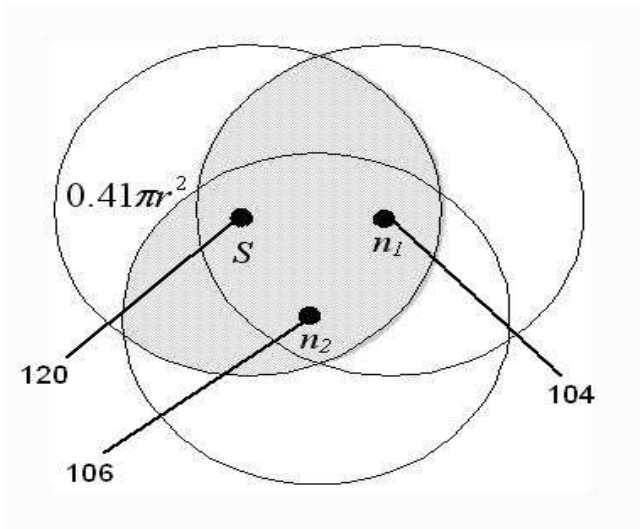
도면1



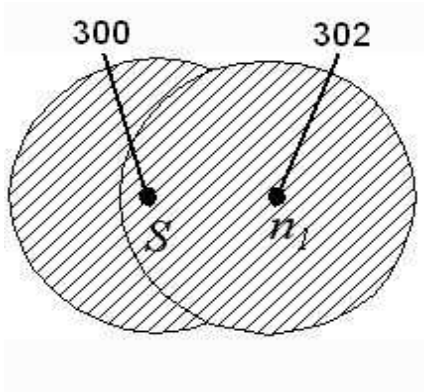
도면2a



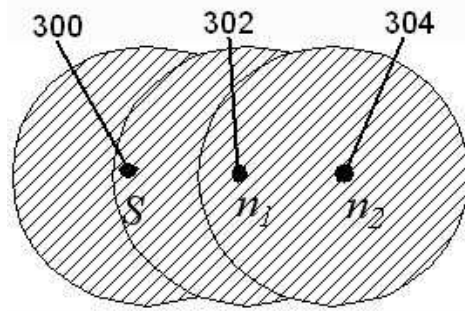
도면2b



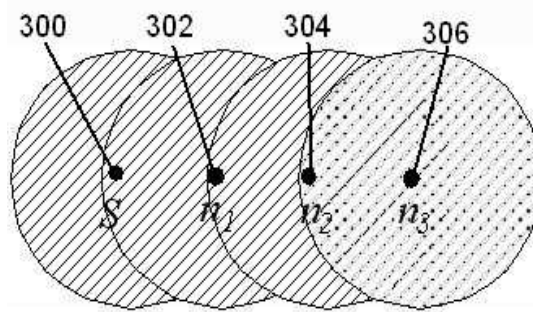
도면3a



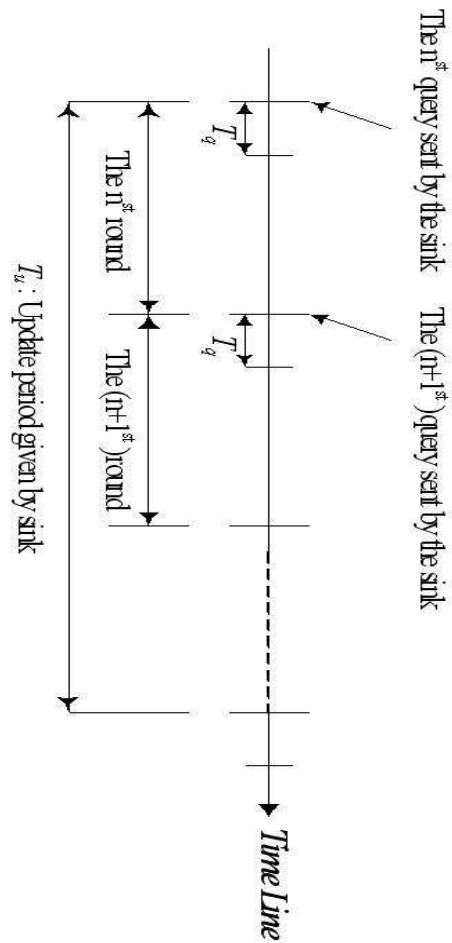
도면3b



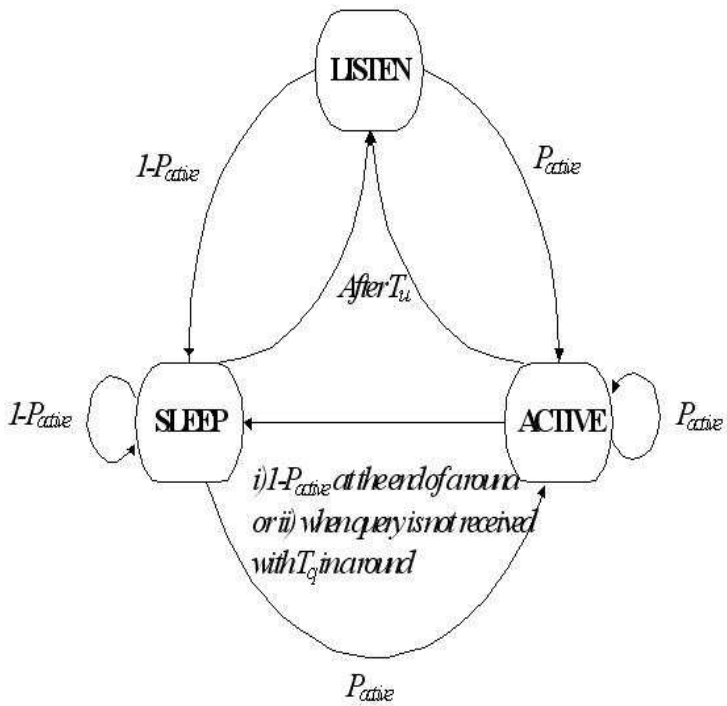
도면3c



도면4



도면5



도면6

