



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0056482  
(43) 공개일자 2009년06월03일

(51) Int. Cl.

H04L 12/28 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0123642

(22) 출원일자 2007년11월30일

심사청구일자 2007년11월30일

(71) 출원인

한국전자통신연구원

대전 유성구 가정동 161번지

연세대학교 산학협력단

서울 서대문구 신촌동 134 연세대학교

(72) 발명자

진광자

대전 서구 월평3동 황실아파트 110-1407

김봉수

대전 유성구 어은동 한빛아파트 132-1101

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

리엔특허법인

전체 청구항 수 : 총 11 항

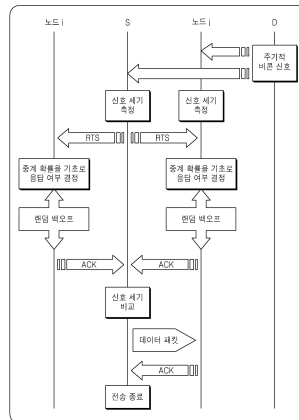
**(54) 중계확률 기반의 무선 네트워크에서 메시지 전달 방법**

**(57) 요약**

본 발명은 중계확률 기반의 무선 네트워크에서 메시지 전달 방법을 개시한다.

본 발명은 무선 네트워크에서 각 노드들이 메시지 전송을 위한 중계확률을 산출하고, 목적 노드로부터 수신한 비콘 신호의 세기를 측정하여, 상기 중계확률과 비콘 신호 세기에 따라 메시지를 중계할 노드를 결정함으로써 동적으로 메시지를 전달할 수 있다.

**대표도** - 도2



(72) 발명자

**표철식**

대전 서구 만년동 강변아파트 109-701

**채종석**

대전 유성구 도룡동 391번지 타운하우스 11-201

**황영주**

서울 성북구 돈암1동 동부센트레빌아파트 108-1802

**김동민**

서울 서초구 서초1동 1628-61 301호

**김성륜**

서울 서초구 우면동 동양고속아파트 103-1401

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2005-S-038-03

부처명 정보통신부 및 정보통신연구진흥원

연구사업명 IT성장동력기술개발

연구과제명 UHF RF-ID 및 Ubiquitous 네트워킹 기술 개발

주관기관 한국전자통신연구원

연구기간 2007년 03월 01일 ~ 2008년 02월 29일

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

무선 네트워크에서 전송 노드가 목적 노드로 메시지를 전달하는 방법에 있어서,

이웃 노드들로 전송요구 신호를 발송하는 단계;

상기 이웃 노드들 중 각각의 중계확률을 기초로 상기 전송요구 신호에 대해 응답을 결정한 이웃 노드들로부터 응답 신호를 수신하는 단계; 및

응답 신호를 전송한 이웃 노드들 중 하나를 중계 노드로 결정하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 네트워크에서의 메시지 전달 방법.

### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 중계 노드 결정 단계는,

상기 응답 신호들에 포함된 각 이웃 노드가 계산한 상기 목적 노드로부터 수신한 비콘 신호의 세기를 비교하는 단계; 및

상기 비콘 신호의 세기가 가장 큰 이웃 노드를 중계 노드로 결정하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 네트워크에서의 메시지 전달 방법.

### 청구항 3

제2항에 있어서,

전송 노드 자신이 계산한 상기 목적 노드로부터 수신한 비콘 신호의 세기가 상기 이웃 노드들의 비콘 신호의 세기보다 크면 상기 목적 노드로 직접 메시지를 전달하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 네트워크에서의 메시지 전달 방법.

### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 이웃 노드들로부터 응답 신호를 수신하지 못한 경우 상기 목적 노드로 직접 메시지를 전달하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 네트워크에서의 메시지 전달 방법.

### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 중계 노드 또는 목적 노드로부터 메시지를 전송한 후 수신 확인 응답을 받지 못한 경우 이진 지수적 백오프(BEB) 방식을 적용하여 메시지를 재전송하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 네트워크에서의 메시지 전달 방법.

### 청구항 6

무선 네트워크에서 전송 노드로부터 목적 노드로 메시지를 전달하는 방법에 있어서,

상기 전송 노드로부터 상기 메시지를 수신한 중계 노드가 상기 메시지의 목적 노드 주소가 자신의 주소와 동일한지 여부를 판단하는 단계;

목적 노드 주소와 자신의 주소가 동일하면 메시지 전송을 종료하고, 동일하지 않으면 이웃 노드들로 전송요구 신호를 발송하는 단계;

각각의 중계확률을 기초로 상기 전송요구 신호에 대해 응답을 결정한 이웃 노드들로부터 응답 신호를 수신하는 단계; 및

응답 신호를 전송한 이웃 노드들 중 하나를 다음 중계 노드로 결정하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 네트워크에서의 메시지 전달 방법.

**청구항 7**

제6항에 있어서, 상기 다음 중계 노드 결정 단계는,

상기 응답 신호들에 포함된 각 이웃 노드가 계산한 상기 목적 노드로부터 수신한 비콘 신호의 세기를 비교하는 단계; 및

상기 비콘 신호의 세기가 가장 큰 이웃 노드를 다음 중계 노드로 결정하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 네트워크에서의 메시지 전달 방법.

**청구항 8**

제7항에 있어서,

중계 노드 자신이 계산한 상기 목적 노드로부터 수신한 비콘 신호의 세기가 상기 이웃 노드들의 비콘 신호의 세기보다 크면 상기 목적 노드로 직접 메시지를 전달하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 네트워크에서의 메시지 전달 방법.

**청구항 9**

제6항에 있어서,

상기 이웃 노드들로부터 응답 신호를 수신하지 못한 경우 상기 목적 노드로 직접 메시지를 전달하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 네트워크에서의 메시지 전달 방법.

**청구항 10**

제6항에 있어서,

상기 다음 중계 노드 또는 목적 노드로부터 메시지를 전달한 후 수신 확인 응답을 받지 못한 경우 이진 지수적 백오프(BEB) 방식을 적용하여 메시지를 재전송하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 네트워크에서의 메시지 전달 방법.

**청구항 11**

제6항에 있어서,

상기 수신한 메시지가 미리 설정한 홉 카운트를 초과하는 경우에는 상기 응답 신호를 전송한 이웃 노드들 중 홉 카운트가 1 이상인 노드들을 제외한 나머지 이웃 노드들 중에서 다음 중계 노드를 결정하는 것을 특징으로 하는 무선 네트워크에서의 메시지 전달 방법.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**기술 분야**

- <1> 본 발명은 네트워크 시스템에서 메시지 전달 방법에 관한 것으로, 특히 이동 가능한 무선 노드로 이루어진 네트워크 시스템에서, 각 노드들이 메시지 전송을 위한 중계확률을 산출하고 이에 따라 메시지를 중계할 노드를 결정함으로써 동적으로 메시지를 전달하는 라우팅 방법에 관한 것이다.
- <2> 본 발명은 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT성장동력기술개발 사업의 일환으로 수행한 연구로부터 도출된 것이다[과제번호: 2005-S-038-03, 과제명: UHF RF-ID 및 Ubiquitous 네트워킹 기술개발].

**배경 기술**

- <3> 무선 센서 네트워크는 다수의 협력하는 센서 노드들로 이루어져 있으며, 각 센서 노드들은 배터리에 의해 구동되고, 적은 용량의 메모리와 프로세싱 장치를 포함하고 있다. 따라서 센서 네트워크에서 통신 프로토콜을 설계하기 위해서는 에너지, 메모리 및 연산 효율이 고려되어야 한다. 특히 라우팅 프로토콜은 간단하고 경량이어야 한다. 또한 센서 네트워크 내 임의의 노드는 제거(disappear) 또는 파손(break down)이 있을 수 있으므로 자가 구성 용이성(self-configurability)도 요구된다. 고정된 경로가 파손된 노드를 포함하고 있는 경우, 전송이 실

패하여 파손된 경로를 통한 재전송에 의해 에너지 효율이 상당히 저하된다.

- <4> 이와 같은 무선 네트워크 내에서 메시지를 전달하기 위해서는 멀티홉(Multi-Hop) 라우팅 방법이 요구되는데, 이와 같은 무선 네트워크에서 적용이 가능한 대표적인 라우팅(routing) 방법으로는 캐리어 센싱을 기반으로 하는 AODV(ad hoc on-demand distance vector)방식이 있었다.
- <5> 그러나, 이와 같은 종래의 메시지 전달 방식은 별도의 MAC(Media Access Controller)을 필요로 하고, 무선 노드가 이동하는 경우에 노드 당 쓰루풋(throughput)이 낮다는 문제점을 가지고 있다.

**발명의 내용**

**해결 하고자하는 과제**

- <6> 본 발명은, 각 무선 노드들이 메시지 중계확률(relay probability)을 산출하고 이에 기반하여 메시지를 중계할 노드를 결정함으로써 각 노드 당 쓰루풋을 개선시키고, 메시지 루프를 제거할 수 있는 메시지 전달 방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.
- <7> 본 발명의 다른 목적 및 장점들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있으며, 본 발명의 실시예에 의해 보다 분명하게 알게 될 것이다. 또한, 본 발명의 목적 및 장점들은 특허 청구 범위에 나타낸 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 쉽게 알 수 있을 것이다.

**과제 해결수단**

- <8> 본 발명의 다수의 노드를 포함하는 무선 네트워크에서 전송 노드가 목적 노드로 메시지를 전달하는 방법은, 이웃 노드들로 전송요구 신호를 전송하는 단계; 각각의 중계확률을 기초로 상기 전송요구 신호에 대한 응답 여부를 결정한 이웃 노드들로부터 응답 신호들을 수신하는 단계; 및 응답 신호를 전송한 이웃 노드들 중 하나를 중계 노드로 결정하는 단계;를 포함할 수 있다.
- <9> 본 발명의 다수의 노드를 포함하는 무선 네트워크에서 전송 노드로부터 목적 노드로 메시지를 전달하는 방법은, 상기 전송 노드로부터 상기 메시지를 수신한 수신 노드가 상기 메시지의 목적 노드 주소가 자신의 주소와 동일한지 여부를 판단하는 단계; 목적 노드 주소와 자신의 주소가 동일하면 메시지 전송을 종료하고, 동일하지 않으면 이웃 노드들로 전송요구 신호를 전송하는 단계; 각각의 중계확률을 기초로 상기 전송요구 신호에 대한 응답 여부를 결정한 이웃 노드들로부터 응답 신호들을 수신하는 단계; 및 응답 신호를 전송한 이웃 노드들 중 하나를 중계 노드로 결정하는 단계;를 포함할 수 있다.
- <10> 본 발명은 무선 네트워크에서의 메시지 전달 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 제공할 수 있다.

**효과**

- <11> 본 발명은 무선 네트워크에서 각 노드들이 메시지 전송을 위한 중계확률을 산출하고 목적 노드로부터 수신한 비콘 신호의 세기를 측정하여, 상기 중계확률과 비콘 신호 세기에 따라 메시지를 중계할 노드를 결정함으로써 동적으로 메시지를 전달할 수 있기 때문에 메시지 전달 효율을 높일 수 있다.
- <12> 또한 본 발명은 중계확률에 기반한 메시지 라우팅 방법을 구현함으로써 각 노드 당 쓰루풋을 개선시키고, MAC 레이어를 별도로 구비하지 않고도 메시지 전달이 가능하다.
- <13> 그리고 본 발명은 네트워크 내에서의 메시지 루핑을 제거하여 효율적으로 메시지가 전달될 수 있다.

**발명의 실시를 위한 구체적인 내용**

- <14> 이하 본 발명의 바람직한 실시예가 첨부된 도면들을 참조하여 설명될 것이다. 도면들 중 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 참조번호들 및 부호들로 나타내고 있음에 유의해야 한다. 하기에서 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.
- <15> 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.

- <16> 본 발명에서는 데이터, 패킷, 데이터 패킷, 메시지, 신호의 용어들을 특별히 구분하지 않고 상호 교환가능하게 사용한다.
- <17> 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 다수의 노드들을 포함하는 무선 네트워크를 도시한다.
- <18> 본 발명의 중계 노드를 통한 메시지 라우팅 방법은 이른바 바스켓볼 라우팅(Basketball Routing) 알고리즘을 도입한다. 랜덤 바스켓볼 라우팅(random basketball routing: BR)은 간단한 노드의 이동성을 라우팅 설계와 통합하는 홉 기반(per-hop-based) 멀티홉 라우팅이다. BR에서, 이동 가능한 노드는 동일한 패킷을 여러번 수신하여 전달할 수 있다. BR은 다음 전달자(중계 노드)가 전체 네트워크 토폴로지를 알 필요없이 적응적으로 (또는 호기적으로(opportunisticly)) 결정된다는 점에서 자가 구성이 용이한 특성을 갖는다. BR은 MAC와 라우팅을 계층간 최적화된 방식(cross-layer optimized manner)으로 결합하기 때문에 센서 네트워크에 유용하게 이용될 수 있다.
- <19> 도 1을 참조하면, 본 발명의 무선 네트워크는 다수 개의 전송 노드와(transmission node) 중계 노드(relay node)로 이루어져 있다. 자기 자신의 메시지를 생성하여 타 노드들로 전송하는 노드를 전송 노드라 하며, 목적 노드(D)와 대응하여 소스 노드(S)라고도 한다. 소스 노드(S)와 목적 노드(D) 사이에서 데이터를 수신하여 다른 노드로 전달하는 노드를 중계 노드(R)라 한다. 주어진 타임 슬롯 내에서 노드들은 각각 중계 확률(relay probability)( $p$ )( $0 < p < 1$ )을 계산하게 된다. 중계확률은 노드의 위치에서 다른 노드로부터 메시지를 받아 또 다른 노드로 메시지를 전달할 수 있는 가능성이다. 각 노드들은  $p$ 의 확률로 다른 노드들로부터 전송된 메시지를 수신(listening)하고,  $1-p$ 의 확률로 자기 자신의 메시지를 타 노드들로 전송(transmitting)하게 된다.
- <20> 전송시, 노드는 예를 들어 거리 등을 고려하여 적절히 자신의 패킷을 중계 노드로 전송하거나 목적 노드로 직접 전송한다. 중계 확률을 간단히 제어함으로써, 네트워크의 MAC 뿐만 아니라 라우팅도 제어할 수 있다. 예를 들어,  $p=0$ 인 경우, 패킷의 중계는 없고 라우팅은 모든 노드가 동시에 전송하는 단일-홉 전송으로 축소된다. 중계 확률이 증가함에 따라 전송 노드 주변의 중계 노드가 증가(즉, 전송 노드가 감소)하고, 평균 전송 거리와 재전송으로 인한 딜레이가 감소한다. 그러나, 노드의 전송 확률  $1-p$  또한 감소하고 전송 자체의 기회가 줄어든다. 또 다른 예로서,  $p=1$ 인 경우, 전송 노드는 없기 때문에 최적의 중계 확률이 존재하여 최대 네트워크 쓰루풋이 획득될 수 있다.
- <21> 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 네트워크에서 중계 노드를 선택하기 위한 메시지 라우팅 방법을 설명하는 도면이다.
- <22> 도 2를 참조하면, 무선 네트워크 내에서 소스 노드(source node, S), 목적 노드(destination node, D) 및 이웃 노드(neighboring node)들(노드  $i$  및  $j$ ) 간에 메시지 라우팅이 이루어진다.
- <23> 먼저 목적 노드(D)는 주기적으로 비콘 신호를 브로드캐스팅한다.
- <24> 비콘 신호를 수신한 노드들(소스 노드(S), 노드( $i, j$ )) 각각은 비콘 신호의 세기(strength)를 측정하고 저장함으로써 무선 네트워크 내에 존재하는 모든 노드들이 목적 노드의 위치를 파악하게 된다. 또한 각 노드는 자신의 중계 확률( $p$ )을 계산하여 결정하고 있다.
- <25> 소스 노드(S)가 메시지를 전송하고자 하는 경우, 소스 노드(S)는 전파 영역(radio range) 내 이웃 노드들(노드  $i$  및  $j$ )로 전송요구(RTS: Request-to-Send) 신호를 전송한다. RTS 프레임 헤더에는 RTS 메시지를 전송한 소스 노드(S)의 식별자(ID)를 포함한다.
- <26> RTS 메시지를 수신한 각 이웃 노드들(노드  $i$  및  $j$ )은 중계 확률( $p$ )을 기초로 응답(ACK) 여부를 결정하고, 충돌을 피하기 위해 짧은 랜덤 타임 슬롯 동안 대기한 후 ACK 신호를 송출한다. ACK 패킷 헤더에는 수신한 비콘 신호의 측정된 세기 및 자신의 ID를 포함한다.
- <27> 소스 노드(S)는 각 이웃 노드들(노드  $i$  및  $j$ )로부터 ACK 신호를 수신하고, ACK 신호에 포함된 비콘 신호의 세기를 비교하여 가장 센 비콘 신호를 송출한 노드를 중계 노드(relay node)로 결정한다. 소스 노드(S)는 데이터 패킷을 선택된 중계 노드( $j$ )로 전송하고, 중계 노드( $j$ )로부터 ACK 신호를 수신한 후 전송을 종료한다.
- <28> 데이터 패킷을 수신한 중계 노드( $j$ )는 자신이 목적 노드가 아닌 한 전송된 소스 노드(S)가 수행한 과정을 반복한다.
- <29> 상기 실시예와 같이 중계 노드들을 통해 메시지를 전달하는 경우에는 멀티 홉의 라우팅이 된다.

<30> 상기 실시예의 경우 하나의 홉에서 전송이 성공할 확률( $P_r$ )은 도 1을 참조하여, 다음과 같이 식 (1)에 의해 계산될 수 있다.

$$\begin{aligned}
 P_r[\gamma_j \geq \gamma] &= \frac{1}{A_0} \int_{A_0}^{\infty} f_{I,X}(i,x) di dx \\
 &= \frac{1}{1 - e^{-\lambda p a}} \left[ 1 + e^{-\frac{a^2 p^2}{(1-p)^2 \pi^3 \gamma}} \operatorname{erfc}\left(\frac{ap}{(1-p) \pi^{3/2} \sqrt{\gamma}}\right) \right. \\
 &\quad - e^{-\frac{a^2 p^2}{(1-p)^2 \pi^3 \gamma}} \operatorname{erfc}\left(\frac{2ap + \lambda(1-p)^2 \pi^3 \gamma}{2(1-p) \pi^{3/2} \sqrt{\gamma}}\right) \\
 &\quad \left. - e^{-\lambda p a} \operatorname{erfc}\left(\frac{\pi^{3/2} \lambda(1-p) \sqrt{\gamma}}{2}\right) \right] \quad \dots(1)
 \end{aligned}$$

- <31>
- <32> p: 중계확률(relay probability),
- <33>  $\gamma$ : 타겟 SIR(target SIR(Signal to Interference Ratio)),
- <34>  $\gamma_j$ : 노드 j에서 수신한 SIR(received SIR at node j)
- <35> I: 전체 간섭 파워(total interference power)
- <36> X: 소스 노드에서 가장 가까운 중계 노드(j)까지의 거리(distance from a source node to the closest relay node j)
- <37>  $a=1.3$  : X의 pdf를 유도하기 위한 넓이 A(x)에서의 상수값(constant for denoting the area A(x) in the relaying region)
- <38>  $\lambda$ : 소스 노드 밀도(source node density)
- <39> 소스 노드(S)가 중계 노드 또는 목적 노드로 패킷을 성공적으로 전송하기 위해서는 수신 노드(중계 노드 또는 목적 노드)에서의 수신 SIR이 타겟 SIR( $\gamma$ ) 이상이어야 한다.
- <40> 예상되는 BEB(Binary Exponential Backoff) 슬롯의 수( $N_B$ )는 충돌 확률을 이용하여 다음과 같이 식 (2)에 의해 계산될 수 있다.

$$N_B = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{1 - p_{cB}} + \frac{W_0}{1 - 2p_{cB}} \right) - 1 \quad \dots(2)$$

- <41>
- <42>  $W_0$  : 최소 경쟁 윈도우 크기(the minimum contention window size),
- <43>  $p_{cB}$  ; 한 홉에서 충돌이 일어날 확률(probability of transmission failure of case B).
- <44> 소스 노드(S)로부터 목적 노드(D)로 메시지가 전달되는 동안 홉의 수(number of hops)(k)는 다음과 같이 식 (3)에 의해 계산될 수 있다.

$$k \# E\left[\frac{1}{X}\right] = \frac{\sqrt{\pi} \sqrt{\lambda p a}}{1 - e^{-\lambda p a}} \operatorname{erf}(\sqrt{\lambda p a}) \quad \dots(3)$$

<45>

<46>  $\lambda$  : 소스 노드 밀도,

<47>  $p$  : 중계확률,

<48>  $a=1.3$  :  $X$ 의 pdf를 유도하기 위한 넓이  $A(x)$ 에서의 상수값,

<49>  $X$  : 소스 노드에서 가장 가까운 중계 노드( $j$ )까지의 거리.

<50> 멀티 홉의 라우팅에 있어서 traverse time( $D_B$ )은 다음과 같이 식 (4)에 의해 계산될 수 있다.

$$\begin{aligned} D_B(\gamma, p) &= \left[ \sum_{s=0}^{\infty} Q(k N_B + s) \binom{k+s-1}{s} (1-p)^k p^s \right] E t_{slot} \\ &= \left[ k \left( N_B + \frac{p}{1-p} \right) \right] E t_{slot} \quad \dots(4) \end{aligned}$$

<51>

<52>  $\gamma$  : 타겟 SIR

<53>  $p$  : 중계확률,

<54>  $k$  : 홉의 수,

<55>  $s$  : 중계확률에 의해 동작하는 중계 노드들로 인해, 한 패킷이 어느 중계 노드에서 딜레이되는 총 타임슬롯의 수 (number of time slots that a packet stays at a relay node until the relay node gets the chance for transmitting),

<56>  $t_{slot}$  : 타임 슬롯의 지속 시간(duration of a time slot).

<57> 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 소스 노드가 RTS 신호를 수신한 이웃 노드들로부터 ACK 신호를 받지 못한 경우에 목적 노드로 직접 패킷을 전송하는 방법을 설명하는 도면이다.

<58> 도 3을 참조하면, 무선 네트워크 내에 소스 노드(source node, S), 목적 노드(destination node, D) 및 이웃 노드(neighboring node)들(노드  $i$  및  $j$ ) 간에 메시지 라우팅이 이루어진다.

<59> 소스 노드(S)는 이웃 노드들(노드  $i$  및  $j$ )로 RTS(Request-to-Send) 신호를 전송하였으나, RTS 신호를 수신한 각 이웃 노드들(노드  $i$  및  $j$ )로부터 ACK 신호를 받지 못한 경우, 전송하고자 하는 패킷을 직접 목적 노드(D)를 향해 전송한다.

<60> 이때 소스 노드(S)는 목적 노드(D)로 패킷이 전송될 것을 반드시 기대하지는 않으며, 목적 노드(D)로부터 ACK 신호를 받는 경우에만 전송을 종료하게 된다.

<61> 상기 실시예에서 패킷 전송이 성공할 확률( $P_r$ )은 다음과 같이 식 (5)에 의해 계산될 수 있다.

$$\begin{aligned} P_r[\gamma_j \geq \gamma] &= \frac{1}{A_0} \int_{\gamma}^{\infty} f_I(i) di \\ &= \operatorname{erfc}\left(\frac{\pi^{3/2} \lambda (1-p) \sqrt{\gamma}}{2}\right) \quad \dots(5) \end{aligned}$$

<62>

<63> p: 중계확률(relay probability),

<64> γ: 타겟 SIR(target SIR(Signal to Interference Ratio)),

<65> γ<sub>j</sub>: 노드 j에서 수신한 SIR(received SIR at node j)

<66> I: 전체 간섭 파워(total interference power)

<67> λ: 소스 노드 밀도(source node density)

<68> 예상되는 BEB(Binary Exponential Backoff) 타임 슬롯의 수(N<sub>A</sub>)는 다음과 같이 식 (6)에 의해 계산된다.

$$N_A = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{1-p_{cA}} + \frac{W_0}{1-2p_{cA}} \right) - 1 \quad \dots(6)$$

<69> W<sub>0</sub> : 최소 경쟁 윈도우 크기(the minimum contention window size)

<70> p<sub>cA</sub> : 한 홉에서 충돌이 일어날 확률(probability of transmission failure of case A)

<71> 예상되는 traverse time(D<sub>A</sub>)은 다음과 같이 식 (7)에 의해 계산된다.

$$D_A(\gamma, p) = \left[ \sum_{s=0}^{\infty} Q(N_A + s) (1-p)^s p^s \right] E t_{slot}$$

$$= \left[ \left( N_A + \frac{p}{1-p} \right) \right] E t_{slot} \quad \dots(7)$$

<72> p : 중계확률,

<73> γ: 타겟 SIR,

<74> s: 중계확률에 의해 동작하는 중계 노드들로 인해, 한 패킷이 어느 중계 노드에서 딜레이되는 총 타임슬롯의 수,

<75> t<sub>slot</sub> : 타임 슬롯의 지속 시간.

<76> 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 소스 노드가 목적 노드 또는 중계 노드로 패킷을 전송한 후 ACK 신호를 수신하지 못한 경우 패킷을 재전송하는 방법을 설명하는 도면이다.

<77> 도 4를 참조하면, 소스 노드(S)가 중계 노드로 또는 목적 노드로 직접 패킷을 전송하였으나 ACK 신호를 수신하지 못한 경우, 결국 메시지의 전송이 완료되지 못한 것이므로 BEB(Binary Exponential Backoff)를 통해 메시지 또는 패킷을 재전송한다. 이진 지수적 백오프(BEB : Binary Exponential Backoff) 방식은 백오프 스테이지(backoff stage), 백오프 카운터(backoff counter), 경쟁 윈도우(contention window)의 세 가지 매개변수를 사용하여 충돌이 발생하면 백오프 스테이지를 하나씩 증가시키고 백오프 카운터를 선택하는 범위인 경쟁 윈도우를 두 배씩 증가시키는 방식으로 전송 패킷 간의 충돌 발생 가능성을 줄일 수 있다. 이러한 패킷 재전송은 랜덤 백오프 슬롯 후에 전송 확률(1-p)과 독립적으로 발생한다.

<78> 소스 노드(S)는 ACK를 수신한 후에 전송을 종료한다.

<79> 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 바스켓볼 라우팅 알고리즘을 적용한 무선 센서 네트워크 시스템에서의 패킷 구조를 도시한다. 도 6은 도 5의 메시지 종류를 도시한다.

<80> 도 5를 참조하면, 본 발명에 따른 패킷은, 메시지의 종류(type), 브로드캐스팅하는 노드의 식별정보(broadcastNodeID), 응답하는 노드의 식별정보(responseNodeID), 목적 노드의 메시지 RSSI(dstRSSI), 소스 노드(메시지 생성자)의 식별정보(sourceNodeID), 목적 노드(메시지 수신자)의 식별정보(destNodeID), 현재 전달자

(forwarder)인 현재 중계 노드의 식별정보(sendNodeID), 다음 전달자인 다음 중계 노드의 식별 정보(recvNodeID), 중계 회차를 나타내는 홉카운트(hopcount)로 구성된다. 각 패킷의 필드는 16비트가 할당되고, 홉 카운트 필드만 32비트가 할당되었다.

- <83> 도 6을 참조하면, 본 발명에 따른 무선 센서 네트워크 시스템에서의 메시지는 RTS 메시지, 위치 정보 메시지(Location informing message), RTS 메시지에 대한 응답(ACK) 메시지, 데이터 메시지, 데이터에 대한 응답(ACK) 메시지로 정의된다.
- <84> RTS 메시지 및 위치 정보 메시지는 브로드캐스팅하는 노드의 식별정보(broadcastNodeID)를 포함한다. RTS 메시지에 대한 응답(ACK) 메시지는 브로드캐스팅하는 노드의 식별정보(broadcastNodeID), 응답하는 노드의 식별정보(responseNodeID), 목적 노드의 메시지 RSSI(dstRSSI)를 포함한다. 데이터 메시지는 전송 노드의 식별정보(sourceNodeID), 목적 노드의 식별정보(destNodeID), 현재 중계 노드의 식별정보(sendNodeID), 다음 중계 노드의 식별 정보(recvNodeID), 홉카운트(hopcount)를 포함한다. 데이터에 대한 응답(ACK) 메시지는 응답하는 노드의 식별정보(responseNodeID)를 포함한다.
- <85> 예를 들어, 센서 노드에 전력이 공급되면, 노드는 패킷을 수신하기 위해 채널을 청취(listen)한다. 목적 노드가 TYPE\_DSTBCAST 메시지를 주기적으로 브로드캐스팅하여 다른 노드들에게 자신의 위치를 알린다. TYPE\_DSTBCAST 메시지를 수신한 각 노드는 RSSI(Received Signal Strength Intensity/Indication)를 측정하고 dstRSSI로 저장한다. 소스 노드는 다음 중계 노드를 선택하기 위해 TYPE\_SRCBCAST 메시지를 브로드캐스팅한다. 이웃 노드들은 TYPE\_SRCBCAST 메시지를 수신한 후 자신의 중계 확률을 기초로 TYPE\_RESPONSE를 전송할 것인지를 결정한다. 다음으로, 소스 노드는 자신의 dstRSSI와 수신한 TYPE\_SRCBCAST 메시지 내의 dstRSSI를 비교한다. 소스 노드의 dstRSSI가 가장 크면 소스 노드는 TYPE\_ROUTING 메시지를 목적 노드로 직접 전송한다. 그렇지 않으면 소스 노드는 가장 큰 dstRSSI의 값을 갖는 노드를 중계 노드로 하여 TYPE\_ROUTING 메시지를 전송한다. TYPE\_ROUTING 메시지를 수신한 중계 노드는 TYPE\_ACK 메시지를 소스 노드로 전송하고 destNodeID가 자신의 로컬 어드레스와 동일한지를 체크한다. 동일하면 라우팅이 종료되고, 동일하지 않으면 상기 중계 노드는 TYPE\_SRCBCAST 메시지를 브로드캐스트하고 상기 절차가 반복된다.
- <86> 중계 노드를 통해 메시지를 전송하거나, 혹은 직접 목적 노드에 메시지를 전송하는 경우에 있어서 만약 소스 노드가 ACK 신호를 받지 못하게 되면, 결국 메시지의 전송이 완료되지 못한 것이므로 BEB(Binary Exponential Backoff)를 통해 메시지 혹은 데이터를 재전송할 수 있다.
- <87> 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 중계 노드를 이용하여 메시지를 전송하는 경우 발생할 수 있는 메시지 루프를 도시한다.
- <88> 도 7을 참조하면, 메시지가 목적 노드(D)에 전달되지 못하고, 계속해서 특정한 노드들(S, R1, R2) 간에만 반복적으로 전달되고 있다. 이러한 메시지 루프(loop)는 정적인 환경에서 발생할 수 있는데, 이는 본 발명의 메시지 전달 방법이 노드에 동일한 패킷을 한 번 이상 중계하는 것을 허용하고 있기 때문이다.
- <89> 이러한 메시지 루프를 방지하기 위해 본 발명은 메시지가 전달된 홉의 숫자를 나타내는 홉 카운트(hop count)를 이용하여 메시지 루프를 방지한다.
- <90> 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 메시지 루프를 방지하기 위한 방법을 설명하는 도면이다.
- <91> 메시지가 특정 노드들 사이에서만 전송되고, 목적 노드로 전달되지 못하는 경우를 방지하기 위하여 미리 루프 역치값(loop threshold)을 설정하고, 중계 노드들은 루프 역치값을 초과하는 메시지에 대해서는 이전에 동일 메시지를 현재의 중계 노드로 전달했던 노드로 전달하지 않는다. 이러한 루프 프리 메카니즘(loop-free mechanism)을 적용함으로써 메시지가 목적 노드에 전송되도록 한다.
- <92> 도 8을 참조하면, 소스 노드(S)로부터 전달되는 메시지가 루프 역치값 5홉을 초과하는 6홉이 되면 해당 노드(R<sub>4</sub>)는 앞서 메시지를 전달했던 노드들(R<sub>3</sub>, R<sub>5</sub>) 전송하지 않고 다른 노드(R<sub>6</sub>)로 메시지를 전달함으로써 목적 노드(D)로 메시지가 전달되도록 한다.
- <93> 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 네트워크에서 소스 노드로부터 목적 노드로 메시지를 전달하는 방법을 설명하는 흐름도이다.
- <94> 도 9를 참조하면, 목적 노드로 전달할 메시지를 가지는 소스 노드를 포함하여 무선 네트워크를 구성하는 노드들은 목적 노드로부터 비콘 신호를 수신하고 비콘 신호의 세기(RSSI)<sub>S</sub>를 계산하여 저장한다(S910).

- <95> 소스 노드는 메시지를 전달하기 위해 RTS 신호를 이웃 노드들로 전송한다(S920).
- <96> 소스 노드는 RTS 신호에 대한 응답 신호를 이웃 노드들로부터 수신하였는지 여부를 판단한다(S930).
- <97> 응답 신호를 수신하였으면 응답 신호에 포함된  $(RSSI)_B$  (각 이웃 노드가 목적 노드로부터 비콘 신호를 수신하고 계산한 비콘 신호의 세기)를 자신의  $(RSSI)_S$ 와 비교하고(S940), 응답 신호를 수신하지 못하였으면 직접 목적 노드로 메시지를 전달한다(S970).
- <98> 자신의  $(RSSI)_S$ 가  $(RSSI)_B$  보다 작으면  $(RSSI)_B$  가 가장 큰 이웃 노드를 중계 노드로 결정하여(S950), 중계 노드로 메시지를 전달하고(S960), 자신의  $(RSSI)_S$ 가  $(RSSI)_B$  보다 크면 직접 목적 노드로 메시지를 전달한다(S970). 자신의  $(RSSI)_S$ 가  $(RSSI)_B$  가 가장 큰 이웃 노드의  $(RSSI)_B$  와 동일한 경우에는 자신이 직접 또는  $(RSSI)_B$  가 가장 큰 이웃 노드 중에 선택하여 메시지를 전달할 수 있을 것이다.
- <99> 중계 노드로서 메시지를 전달받은 노드는 메시지 내의 목적지 주소가 자신의 주소와 동일한지 여부를 판단하고, 동일하면 자신이 최종 목적 노드이므로 메시지 전달을 종료하고 동일하지 않으면 전술된 단계 S920 내지 S970을 반복한다. 이때 중계 노드는 단계 S940에서 자신의  $(RSSI)$ 를 이웃 노드의  $(RSSI)_B$  와 비교한다.
- <100> 도 10은 노드 수에 대한 홉의 수를 도시하는 그래프이다.
- <101> 도 10을 참조하면, 소스 노드로부터 목적 노드까지 패킷의 전달에 요구되는 홉의 수를 i) 본 발명이 적용된 경우와 ii) CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 기반의 AODV(Ad-hoc On-Demand Distance Vector) 라우팅이 적용된 경우가 비교되어 있다.
- <102> 상기 실시예는 5 내지 15개의 노드가 선형적으로  $2.05M \times 14M$  의 공간 상에 위치하고, 소스 노드와 목적 노드는 각각 양 끝에 위치하고 중계 노드들은 그 사이에 위치시켰다. 노드의 전송 범위는 6M, 최적의 중계 확률(p)은 0.83, 응답 대기 시간(RESPONSE\_WAIT\_TIME)은 5s, ACK 대기 시간(ACK\_WAIT\_TIME)은 2s, 전송요구 메시지 전송 시간(BCAST\_TIME)은 10s, 루프 역치는 10hop으로 설정하였다.
- <103> 상기 그래프를 통해 본 발명을 적용한 경우 AODV 라우팅을 적용하는 경우보다 홉의 수가 적음을 알 수 있고, 본 발명이 AODV 라우팅의 경우보다 성능이 향상되는 것을 네트워크의 노드 수가 많을수록 분명히 알 수 있다.
- <104> 예를 들어, 12개의 노드로 구성된 무선 네트워크에서 도 11(a)에 도시된 바와 같이 본 발명이 적용되는 경우에는 기회적 본성(opportunistic nature)으로 인해 가까운 노드를 스킵하는 것이 가능하여 소스 노드로부터 목적 노드까지 4번의 홉으로 메시지 전달이 가능하지만, 도 11(b)에 도시된 바와 같이 CSMA/CA 기반의 AODV 라우팅이 적용되는 경우에는 9번의 홉으로 거의 모든 노드가 메시지를 중계하게 된다.
- <105> 도 12는 노드 수에 따른 홉 당 전송 거리를 도시하는 그래프로서, 파라미터는 도 10과 동일하다.
- <106> 도 12를 참조하면, 노드 수가 증가할수록 홉 당 전송 거리가 본 발명이 적용되는 경우와 CSMA/CA 기반의 AODV 라우팅이 적용된 경우 모두 감소하고 있지만, 본 발명이 적용되는 경우 더 긴 전송 거리를 이용할 수 있어 홉의 수를 줄일 수 있음을 알 수 있다.
- <107> 본 발명은 또한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의해 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록 장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 광데이터 저장장치 등이 있으며, 또한 캐리어 웨이브(예를 들어 인터넷을 통한 전송)의 형태로 구현되는 것도 포함한다. 또한, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다. 그리고, 본 발명을 구현하기 위한 기능적인(functional) 프로그램, 코드 및 코드 세그먼트들은 본 발명이 속하는 기술분야의 프로그래머들에 의해 용이하게 추론될 수 있다.
- <108> 지금까지 본 발명에 대하여 바람직한 실시예들을 중심으로 살펴보았다. 여기서 특정한 용어들이 사용되었으나, 이는 단지 본 발명을 설명하기 위한 목적에서 사용된 것이지 의미 한정이나 특허청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다.
- <109> 그러므로 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 따라서 개시된 실시예들은 한정

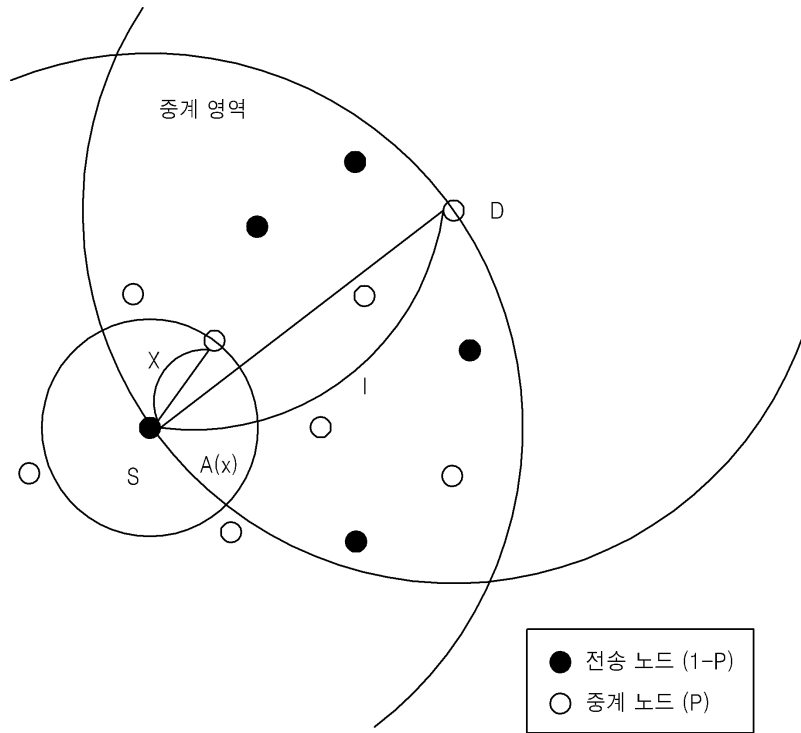
적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

**도면의 간단한 설명**

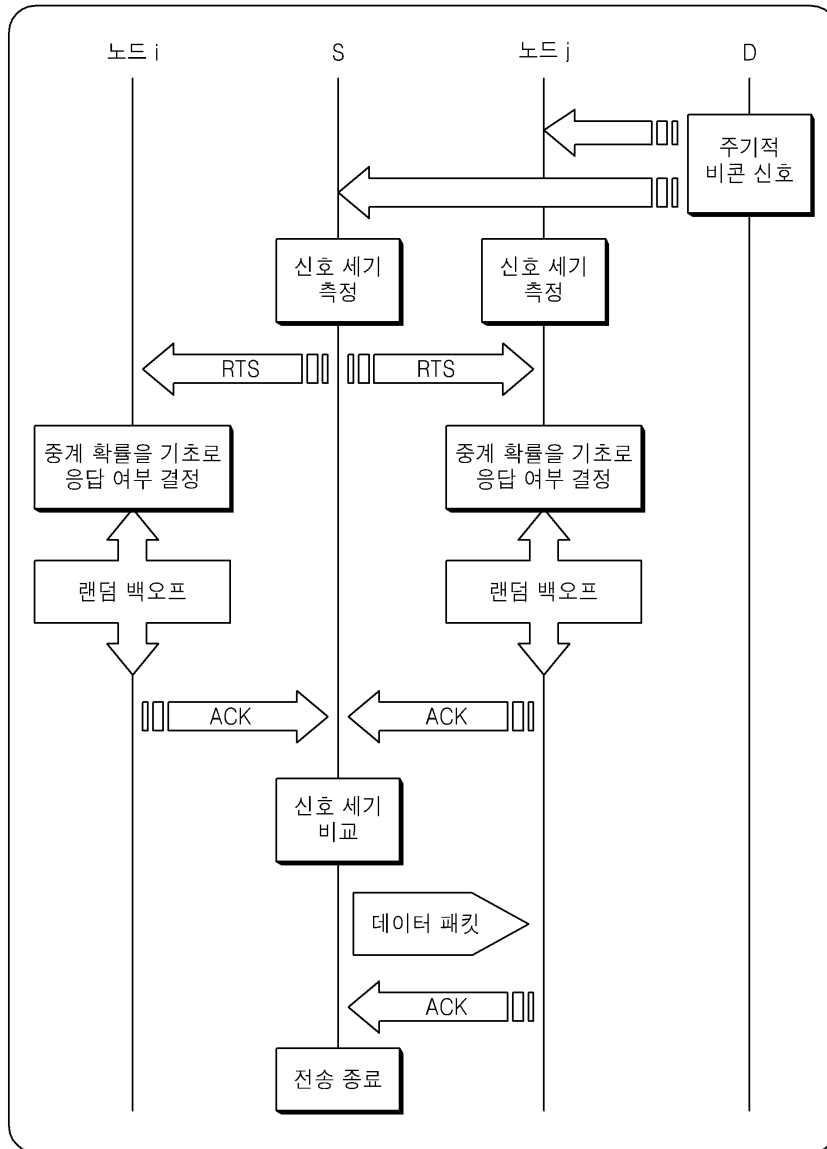
- <110> 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 다수의 노드들을 포함하는 무선 네트워크를 도시한다.
- <111> 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 네트워크에서 중계 노드를 선택하기 위한 메시지 라우팅 방법을 설명하는 도면이다.
- <112> 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 소스 노드가 RTS 신호를 수신한 이웃 노드들로부터 ACK 신호를 받지 못한 경우에 목적 노드로 직접 패킷을 전송하는 방법을 설명하는 도면이다.
- <113> 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 소스 노드가 목적 노드 또는 중계 노드로 패킷을 전송한 후 ACK 신호를 수신하지 못한 경우 패킷을 재전송하는 방법을 설명하는 도면이다.
- <114> 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 마스켓볼 라우팅 알고리즘을 적용한 무선 센서 네트워크 시스템에서의 패킷 구조를 도시한 도면이다.
- <115> 도 6은 도 5의 메시지 종류를 도시한 도면이다.
- <116> 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 중계 노드를 이용하여 메시지를 전송하는 경우 발생할 수 있는 메시지 루프를 도시한 도면이다.
- <117> 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 메시지 루프를 방지하기 위한 방법을 설명하는 도면이다.
- <118> 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 네트워크에서 소스 노드로부터 목적 노드로 메시지를 전달하는 방법을 설명하는 흐름도이다.
- <119> 도 10은 본 발명과 AODV 라우팅이 무선 네트워크에 적용될 때 노드 수에 대한 홉의 수를 각각 도시하는 그래프이다.
- <120> 도 11(a) 및 도 11(b)는 12개의 노드로 구성된 무선 네트워크에서 본 발명과 AODV 라우팅이 적용될 때 각각의 라우팅 경로를 도시한다.
- <121> 도 12는 본 발명과 AODV 라우팅이 무선 네트워크에 적용될 때 노드 수에 따른 홉 당 전송 거리를 각각 도시하는 그래프이다.

도면

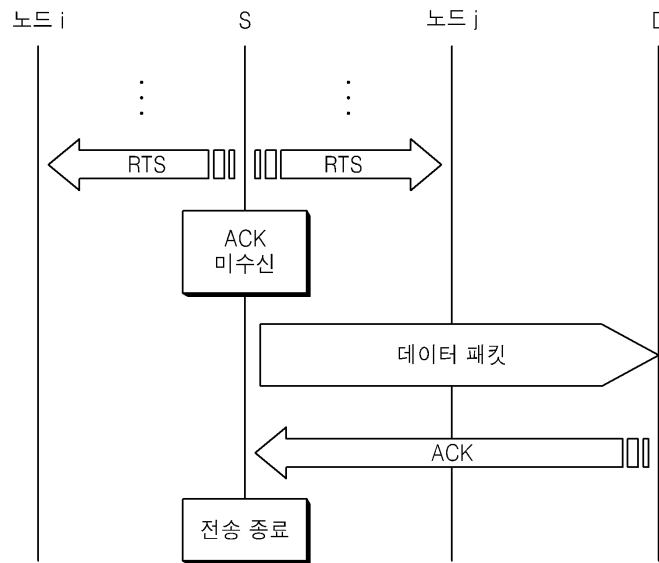
도면1



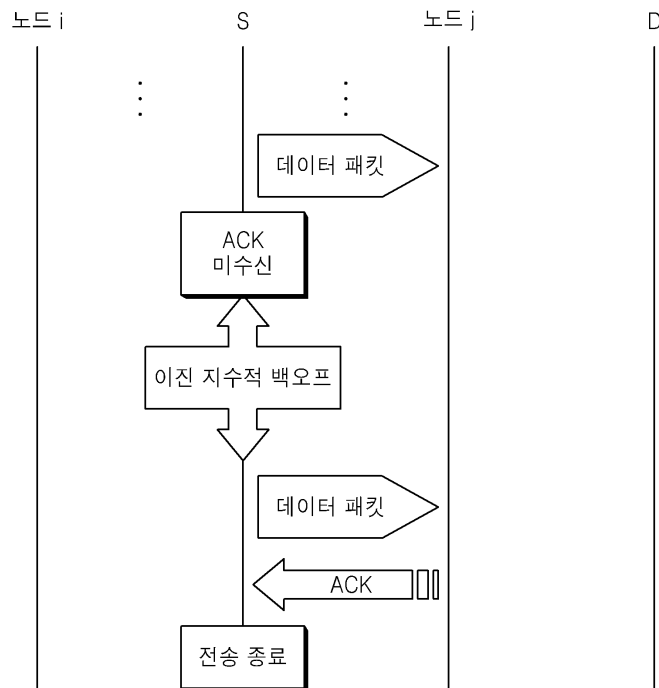
도면2



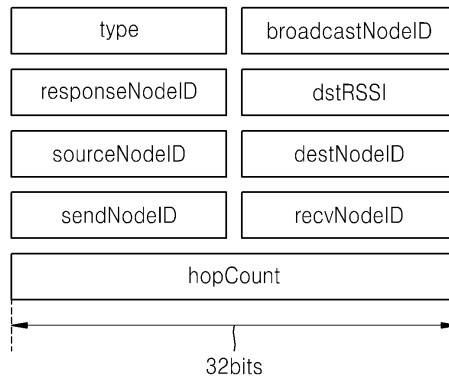
도면3



도면4



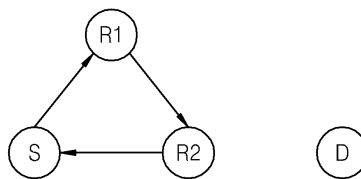
도면5



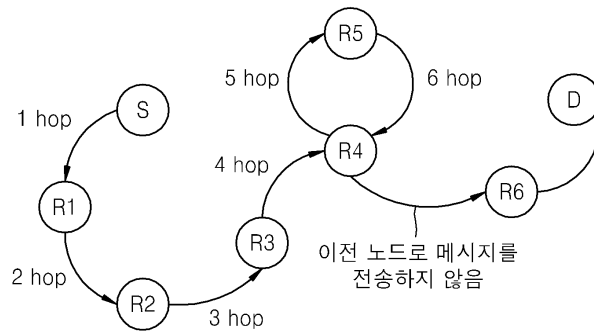
도면6

Message Type	Description	Elements
TYPE_SRCBCAST	RTS message	broadcastNodeID
TYPE_DSTBCAST	Location informing message	broadcastNodeID
TYPE_RESPONSE	ACK to RTS message	broadcastNodeID responseNodeID
TYPE_ROUTING	Data message	dstRSSI sourceNodeID destNodeID sendNodeID rcvNodeID
TYPE_ACK	ACK to data message	hopCount responseNodeID

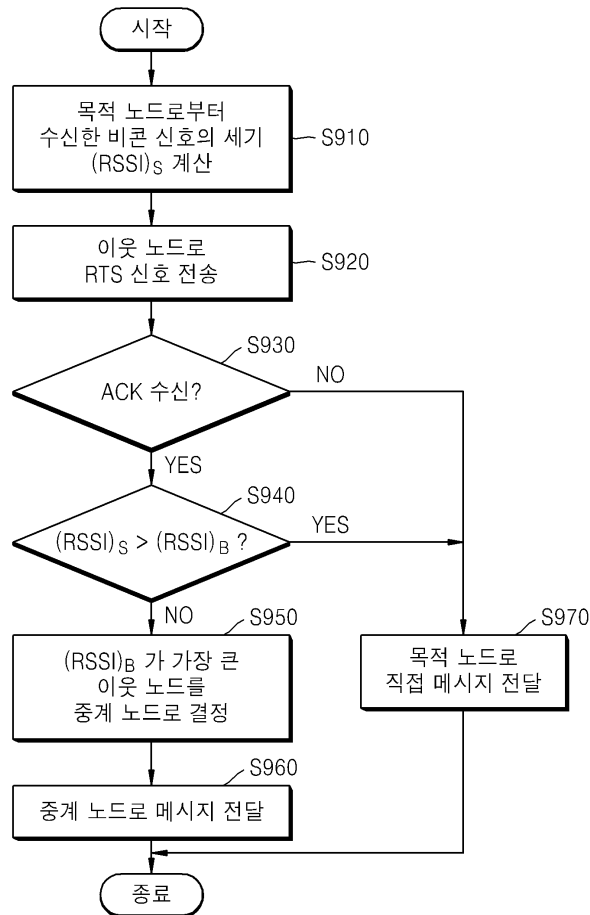
도면7



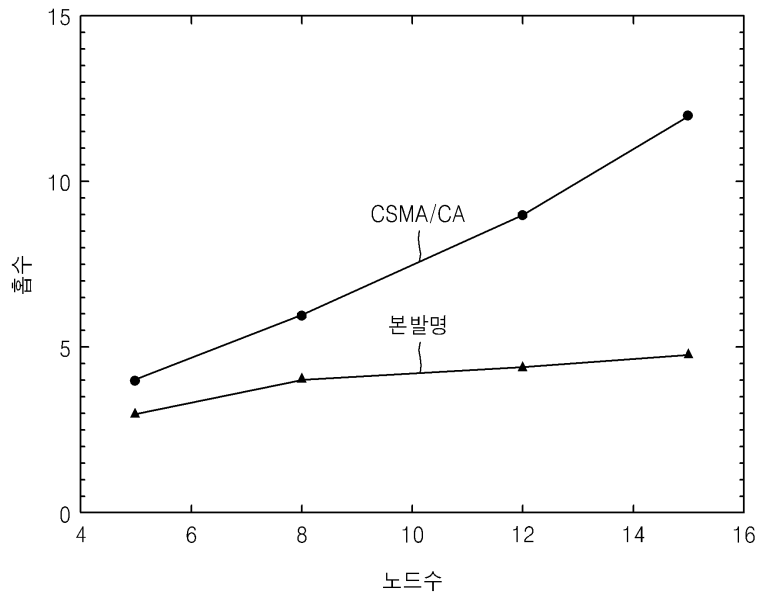
도면8



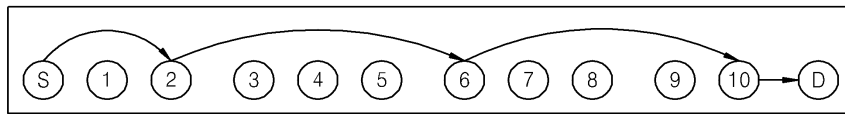
도면9



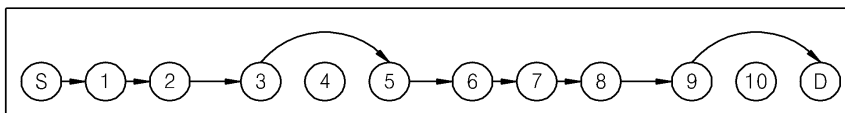
도면10



도면11a



도면11b



도면12

