	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2014-0076066 (43) 공개일자 2014년06월20일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) H04L 12/733 (2013.01)	(71) 출원인 연세대학교 산학협력단 서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 (신촌동)	
(21) 출원번호 10-2012-0144186 (22) 출원일자 2012년12월12일 심사청구일자 없음	(72) 발명자 이재용 서울 은평구 증산로15길 69, (신사동) 윤명준 서울 송파구 올림픽로 399, 4동 901호 (신천동, 진주아파트)	
	(74) 대리인 최관락, 송인호, 민영준	

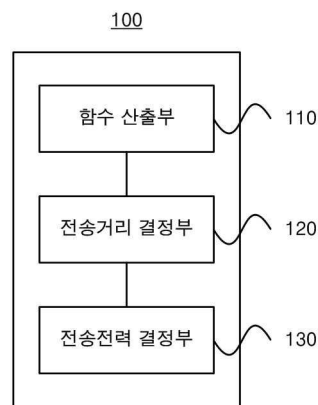
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 노드의 전송전력 결정장치 및 방법

(57) 요약

노드의 전송전력 결정장치 및 방법이 개시된다. 개시된 노드의 전송전력 결정장치는 상기 노드의 무선신호 전송 거리를 변수로 하는 물리 계층에서의 시간지연, MAC 계층에서의 시간지연 및 네트워크 계층에서의 시간지연을 이용하여 상기 노드의 무선신호 전송거리와 상기 노드의 데이터 스트루풋의 관계함수(전송거리 - 데이터 스트루풋 함수)를 산출하는 함수 산출부; 상기 전송거리 - 데이터 스트루풋 함수와 상기 노드에 대해 요구되는 임계 데이터 스트루풋을 이용하여 상기 노드의 무선신호 전송거리를 결정하는 전송거리 결정부; 및 상기 결정된 노드의 무선신호 전송거리를 이용하여 상기 노드의 전송전력을 결정하는 전송전력 결정부;를 포함하되, 상기 네트워크 계층에서의 시간지연은 상기 노드의 무선신호 최대전송 가능거리 및 상기 변수인 노드의 무선신호 전송거리의 비와 대응된다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415123215
부처명	지식경제부
연구사업명	대학 IT 연구센터 육성지원사업(ITRC)
연구과제명	차세대 RFID/USN 기술 연구 개발
기 여 율	1/1
주관기관	연세대학교 산학협력단
연구기간	2012.01.01 ~ 2012.12.31

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

노드의 전송전력 결정장치에 있어서,

상기 노드의 무선신호 전송거리를 변수로 하는 물리 계층에서의 시간지연, MAC 계층에서의 시간지연 및 네트워크 계층에서의 시간지연을 이용하여 상기 노드의 무선신호 전송거리와 상기 노드의 데이터 스트루풋의 관계함수 (전송거리 - 데이터 스트루풋 함수)를 산출하는 함수 산출부;

상기 전송거리 - 데이터 스트루풋 함수와 상기 노드에 대해 요구되는 임계 데이터 스트루풋을 이용하여 상기 노드의 무선신호 전송거리를 결정하는 전송거리 결정부; 및

상기 결정된 노드의 무선신호 전송거리를 이용하여 상기 노드의 전송전력을 결정하는 전송전력 결정부;를 포함 하되,

상기 네트워크 계층에서의 시간지연은 상기 노드의 무선신호 최대전송 가능거리 및 상기 변수인 노드의 무선신호 전송거리의 비와 대응되는 것을 특징으로 하는 노드의 전송전력 결정장치.

### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 전송거리 - 데이터 스트루풋 함수는 아래의 수학적식과 같이 표현되는 것을 특징으로 하는 노드의 무선신호 전송전력 결정장치.

$$T = \frac{\text{packet size}}{[t^P + t^M](R_{\max}/R)}$$

여기서, T는 상기 데이터 스트루풋, packet size는 상기 노드가 전송할 데이터의 양,  $t^P$ 는 상기 물리 계층에서의 시간지연,  $t^M$ 은 상기 MAC 계층에서의 시간지연,  $(R_{\max}/R)$ 은 상기 네트워크 계층에서의 시간지연,  $R_{\max}$ 는 상기 노드의 무선신호 최대전송 가능거리, R은 상기 노드의 전송거리를 각각 의미함.

### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 물리 계층에서의 시간지연은 상기 노드에서 전송된 무선신호의 수신노드에서의 SINR과 반비례하고,

상기 수신노드에서의 SINR은 상기 노드에서의 SINR과 동일하며, 상기 노드에서의 SINR은 상기 변수인 노드의 무선신호 전송거리와 비례하는 것을 특징으로 하는 노드의 무선신호 전송전력 결정장치.

### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기 노드에서의 SINR은 아래의 수학적식과 같이 표현되는 것을 특징으로 하는 노드의 무선신호 전송전력 결정장치.

$$\text{SINR} = 10 \cdot \log_{10} \left[ \frac{\left(\frac{R}{d}\right)^n}{6 \cdot \left(1 + \frac{1}{\sqrt{3}n} + \frac{1}{2n} + \frac{1}{\sqrt{7}n} + \frac{1}{3n}\right)} \right]$$

여기서, R은 상기 노드의 무선신호 전송거리, d는 상기 노드로 간접 무선신호를 전송한 노드와 상기 노드 사이의 거리, n은 경로 손실 변수를 각각 의미함.

**청구항 5**

제1항에 있어서,

상기 노드는 경쟁 기반 통신 방식에 따라 무선신호를 전송하고,

상기 MAC 계층에서의 지연시간은 상기 변수인 노드의 무선신호 전송거리 및 상기 노드의 트래픽 로드와 비례하는 것을 특징으로 하는 노드의 무선신호 전송전력 결정장치.

**청구항 6**

제1항에 있어서,

상기 전송거리 결정부는 상기 전송거리 - 데이터 스루풋 함수에서 상기 임계 데이터 스루풋을 만족시키는 무선신호 전송거리가 하나 이상 존재하는 경우, 상기 하나 이상의 무선신호 전송거리 중 최소값을 상기 노드의 무선신호 전송거리로서 결정하는 것을 특징으로 하는 노드의 무선신호 전송전력 결정장치.

**청구항 7**

제1항에 있어서,

상기 전송거리 결정부는 상기 전송거리 - 데이터 스루풋 함수에서 상기 임계 데이터 스루풋을 만족시키는 무선신호 전송거리가 존재하지 않는 경우, 상기 전송거리 - 데이터 스루풋 함수에서의 최대의 데이터 스루풋과 대응되는 무선신호 전송거리를 상기 노드의 무선신호 전송거리로서 결정하는 것을 특징으로 하는 노드의 무선신호 전송전력 결정장치.

**청구항 8**

노드의 전송전력 결정방법에 있어서,

상기 노드의 무선신호 전송거리를 변수로 하는 물리 계층에서의 시간지연, MAC 계층에서의 시간지연 및 네트워크 계층에서의 시간지연을 이용하여 상기 노드의 무선신호 전송거리와 상기 노드의 데이터 스루풋의 관계함수(전송거리 - 데이터 스루풋 함수)를 산출하는 단계;

상기 전송거리 - 데이터 스루풋 함수와 상기 노드에 대해 요구되는 임계 데이터 스루풋을 이용하여 상기 노드의 무선신호 전송거리를 결정하는 단계; 및

상기 결정된 노드의 무선신호 전송거리를 이용하여 상기 노드의 전송전력을 결정하는 단계;를 포함하되,

상기 네트워크 계층에서의 시간지연은 상기 노드의 무선신호 최대전송 가능거리 및 상기 변수인 노드의 무선신호 전송거리의 비와 대응되는 것을 특징으로 하는 노드의 전송전력 결정방법.

**명세서****기술분야**

[0001] 본 발명의 실시예들은 이동성이 없는 노드의 전송전력을 결정하는 장치 및 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 이동하지 않는 상태에서의 데이터 스루풋(Data Throughput)을 최대화할 수 있는 노드의 전송전력을 결정하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 데이터 통신에서, 데이터 스루풋(Data Throughput)은 네트워크 상의 특정 노드가 다른 노드로 데이터를 전송하는 경우 해당 노드에서 다른 노드로 전송되는 단위 시간당 데이터량을 의미한다. 이러한 데이터 스루풋은 프로토콜 스택 내의 각 계층에 의해 영향을 받는다.

[0003] 전송노드에서의 무선신호 전송전력을 증가시키는 경우, 수신노드에서의 SINR(Signal to Interference plus Noise Ratio)이 향상되므로, 물리(PHY) 계층에서의 데이터 스루풋은 증가될 수 있다. 그러나, 무선신호의 전송전력이 증가하면, 이와 비례하여 무선신호의 전송거리가 증가되어 MAC 계층에서의 충돌 및 경쟁(Collision and contention)의 문제가 발생할 수 있으며 이는 MAC 계층에서의 데이터 스루풋을 감소시킨다. 반면에, 전송노드에서의 무선신호 전송전력이 증가하는 경우, 무선신호의 전송거리가 증가하여 소스 노드로부터 목적 노드까지의

홉 카운트가 감소될 수 있으며, 이는 네트워크 계층에서의 데이터 스루풋을 향상시킨다.

[0004] 따라서, 전송노드에서의 데이터 스루풋을 최대화하기 위해서는 물리 계층, MAC 계층 및 네트워크 계층에서의 데이터 스루풋을 모두 반영하여야 하는데, 현재까지 이들을 모두 반영한 데이터 스루풋 모델은 제시되지 않고 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0005] 상기한 바와 같은 종래기술의 문제점을 해결하기 위해, 본 발명에서는 이동하지 않는 상태에서의 데이터 스루풋(Data Throughput)을 최대화할 수 있는 노드의 전송전력을 결정하는 장치 및 방법을 제한하고자 한다.

[0006] 본 발명의 다른 목적들은 하기의 실시예를 통해 당업자에 의해 도출될 수 있을 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0007] 상기한 목적을 달성하기 위해 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 노드의 전송전력 결정장치에 있어서, 상기 노드의 무선신호 전송거리를 변수로 하는 물리 계층에서의 시간지연, MAC 계층에서의 시간지연 및 네트워크 계층에서의 시간지연을 이용하여 상기 노드의 무선신호 전송거리와 상기 노드의 데이터 스루풋의 관계함수(전송거리 - 데이터 스루풋 함수)를 산출하는 함수 산출부; 상기 전송거리 - 데이터 스루풋 함수와 상기 노드에 대해 요구되는 임계 데이터 스루풋을 이용하여 상기 노드의 무선신호 전송거리를 결정하는 전송거리 결정부; 및 상기 결정된 노드의 무선신호 전송거리를 이용하여 상기 노드의 전송전력을 결정하는 전송전력 결정부;를 포함하되, 상기 네트워크 계층에서의 시간지연은 상기 노드의 무선신호 최대전송 가능거리 및 상기 변수인 노드의 무선신호 전송거리의 비와 대응되는 것을 특징으로 하는 노드의 전송전력 결정장치가 제공된다.

[0008] 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 노드의 전송전력 결정방법에 있어서, 상기 노드의 무선신호 전송거리를 변수로 하는 물리 계층에서의 시간지연, MAC 계층에서의 시간지연 및 네트워크 계층에서의 시간지연을 이용하여 상기 노드의 무선신호 전송거리와 상기 노드의 데이터 스루풋의 관계함수(전송거리 - 데이터 스루풋 함수)를 산출하는 단계; 상기 전송거리 - 데이터 스루풋 함수와 상기 노드에 대해 요구되는 임계 데이터 스루풋을 이용하여 상기 노드의 무선신호 전송거리를 결정하는 단계; 및 상기 결정된 노드의 무선신호 전송거리를 이용하여 상기 노드의 전송전력을 결정하는 단계;를 포함하되, 상기 네트워크 계층에서의 시간지연은 상기 노드의 무선신호 최대전송 가능거리 및 상기 변수인 노드의 무선신호 전송거리의 비와 대응되는 것을 특징으로 하는 노드의 전송전력 결정방법이 제공된다.

### 발명의 효과

[0009] 본 발명에 따르면, 이동하지 않는 상태의 노드의 데이터 스루풋(Data Throughput)을 최대화할 수 있는 장점이 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 노드의 전송전력 결정장치의 개략적인 구성을 도시한 도면이다.

도 2는 무선 네트워크에 포함되는 다수의 노드 중 노드  $i$  및 이에 대한 선택 노드 세트에 포함되는 노드들을 도시한 도면이다.

도 3은 본 발명에 따른 전송거리 - 데이터 스루풋 함수의 그래프의 일례를 도시한 도면이다.

도 4는 종래의 데이터 스루풋 모델에 따른 그래프들을 도시한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 전송거리 결정부의 동작을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 노드의 무선신호 전송전력 결정방법의 개략적인 구성을 도시한 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어

야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다.

[0012] 이하에서, 본 발명에 따른 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0013] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 노드의 전송전력 결정장치의 개략적인 구성을 도시한 도면이다.

[0014] 도 1에 도시된 노드의 전송전력 결정장치(100)는 무선신호(데이터)를 전송하는 노드(전송노드)에 포함될 수 있는 것으로서, 함수 산출부(110), 전송거리 결정부(120) 및 전송전력 결정부(130)를 포함한다.

[0015] 함수 산출부(110)는 물리 계층에서의 시간지연, MAC 계층에서의 시간지연 및 네트워크 계층에서의 시간지연을 이용하여 전송노드의 무선신호 전송거리와 전송노드의 데이터 스트림의 관계함수(전송거리 - 데이터 스트림 함수)를 산출한다. 여기서, 물리 계층에서의 시간지연, MAC 계층에서의 시간지연 및 네트워크 계층에서의 시간지연 각각은 전송노드의 무선신호 전송거리를 변수로 하는 함수이다.

[0016] 이하, 각 시간지연의 산출 및 이를 이용하여 전송거리 - 데이터 스트림 함수를 산출하는 함수 산출부(110)의 동작에 대해 보다 상세하게 설명하기로 한다.

#### [0017] 1. 물리 계층에서의 시간지연

[0018] 일반적으로, 물리 계층에서의 전송노드의 데이터 스트림은 채널 용량 이론을 사용하여 모델링될 수 있다. 여기서, 채널 용량 이론에 따른 전송노드의 데이터 스트림은 전송노드 및 이와 대응되는 수신노드 사이의 채널 대역폭과 수신노드에서의 SINR(Signal to Interference plus Noise Ratio)의 함수이며, 이는 아래의 수학적 식 1과 같이 표현될 수 있다.

#### 수학적 식 1

$$T_i^P = W \log(1 + \text{SINR}_j)$$

where

$$\text{SINR}_j = \frac{g_{ij}P_i}{\sum_{n \neq i,j} g_{nj}P_n + N_0}$$

[0020] 여기서,  $i$ 는 전송노드의 인덱스,  $j$ 는 수신노드의 인덱스,  $T_i^P$ 는 전송노드(노드  $i$ )의 물리 계층에서의 데이터 스트림, packet size는 전송노드(노드  $i$ )에서 전송할 데이터의 양,  $W$ 는 전송노드(노드  $i$ )와 수신노드(노드  $j$ ) 사이의 채널 대역폭,  $g_{ij}$ 는 경로 손실(Pass Loss)을 포함하는 전송노드(노드  $i$ )와 수신노드(노드  $j$ ) 사이의 채널 이득,  $g_{nj}$ 는 경로 손실을 포함하는 노드  $n$ 과 수신노드(노드  $j$ ) 사이의 채널 이득(여기서, 노드  $n$ 은 간섭으로 작용하는 무선신호(이하, "간섭 무선신호"라고 함)를 전송한 노드임),  $P_i$ 는 전송노드(노드  $i$ )에서의 무선신호 전송전력,  $P_n$ 는 노드  $n$ 에서의 무선신호 전송전력,  $N_0$ 는 백색 가우시안 잡음을 각각 의미한다.

[0021] 이에 따라, 전송노드(노드  $i$ )의 물리계층에서의 시간지연( $t_i^P$ )은 아래의 수학적 식 2와 같이 표현된다.

## 수학식 2

$$t_i^P = \frac{\text{packet size}}{W \log(1 + \text{SINR}_j)}$$

[0022]

[0023]

상기한 수학식 1 및 2를 참조하면, 물리 계층에서의 지연시간은 수신노드에서의 SINR과 반비례하고, 수신노드에서의 SINR은 간섭 무선신호의 전송전력에 영향을 받는다.

[0024]

한편, 무선 네트워크를 구성하는 다수의 노드가 균일하게 분포되는 것으로 가정하면, 수신노드에서의 SINR은 전송노드에서의 SINR과 동일할 수 있다. 이와 같은 가정에 기반하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 노드의 무선신호 전송전력 결정장치(100)는 수신노드에서의 SINR을 대신하여 전송노드에서의 SINR을 이용하여 전송노드의 물리 계층에서의 데이터 스루풋을 산출할 수 있다. 따라서, 이하에서는 전송노드(노드 i)에서의 SINR(즉, 노드 i가 수신노드로서 동작하는 경우, 노드 i에서의 SINR)을 이용하여 전송노드(노드 i)의 물리계층에서의 데이터 스루풋/시간지연을 산출하는 일례를 중심으로 본 발명의 실시예를 상세하게 설명하기로 한다.

[0025]

한편, 상기한 수학식 1에 따른 물리 계층에서의 데이터 스루풋은 MAC 계층에서의 동작(operation)이 고려되지 않은 문제점이 있다.

[0026]

보다 상세하게, 경쟁 기반의 통신 방식의 경우, MAC 계층에서의 통신 충돌 및 간섭을 방지하기 위해, 무선 네트워크 내의 노드들 중 아래의 수학식 3과 같이 표현되는 선택 노드 세트(Selected Node Set)에 속하는 노드 이외의 노드들은 전송노드(노드 i)와 함께 무선신호를 전송하지 못하도록 설정된다.

## 수학식 3

$$S_i^R = \{v \in V; v \neq i, d(v_1, v_2) \geq R\}$$

[0027]

[0028]

여기서,  $S_i^R$ 은 노드 i에 대한 선택 노드 세트,  $d(v_1, v_2)$ 는 노드  $v_1$ 과 노드  $v_2$  사이의 거리를 각각 의미한다. 즉, 무선 네트워크에 포함된 모든 노드들의 무선신호 전송거리가 동일한 것으로 가정하면, 노드 i의 선택 노드 세트에 포함되는 노드들 사이의 거리는 노드 i의 무선신호 전송거리보다 커야 한다.

[0029]

도 2에서는 무선 네트워크에 포함되는 다수의 노드 중 노드 i(중앙에 위치) 및 이에 대한 선택 노드 세트에 포함되는 노드들을 도시하고 있다. 도 2를 참조하면, 선택 노드 세트 내의 노드와 노드 i 사이의 거리는  $R$ ,  $\sqrt{3}R$ ,  $2R$ ,  $\sqrt{7}R$  등이 된다.

[0030]

그리고, 특정 노드에서 전송된 무선신호가 수신노드에서 수신되는 경우, 수신노드에서의 해당 무선신호의 수신 전력은 아래의 수학식 4와 같이 표현될 수 있다.

## 수학식 4

$$\begin{aligned} P_{rx} &= P_{tx} - PL(d) \\ &= P_{tx} - \left( PL(d_0) + 10n \log_{10} \left( \frac{d}{d_0} \right) + X_{\sigma} \right) \end{aligned}$$

[0031]

[0032]

여기서,  $P_{rx}$ 는 수신노드에서의 무선신호 수신전력,  $P_{tx}$ 는 특정 노드에서의 무선신호의 전송전력,  $PL(d)$ 는 특정 노

드와 수신노드 사이에서 발생하는 경로 손실,  $d$ 는 특정 노드와 수신노드 사이의 거리,  $d_0$ 는 기준 거리,  $n$ 은 경로 손실 변수,  $X_\sigma$ 는 0을 평균으로 하는 가우시안 랜덤 변수를 각각 의미한다.

[0033] 이 때,  $d_0$ 를 1m로,  $PL(d_0)$ 를 0으로 가정하고, 수신노드가 무선신호를 인식하기 위한 최소한의 전력을  $P_{target}$ 이라 하면, 수신노드에서의 무선신호의 수신전력은  $P_{target}$  보다 커야 한다. 따라서, 특정 노드는 데이터를 전달하고자 하는 수신노드에서 무선신호를 인식할 수 있도록 하기 위해 아래의 수학적식 5에 표현된 것과 같은 전송전력으로 무선신호를 전송하여야 한다.

### 수학적식 5

$$P_{tx} = P_{target} + 10n\log_{10}\left(\frac{R}{d}\right) + X_\sigma$$

[0034]

[0035] 한편, 수신노드는 자신에게 데이터를 전달하고자 하는 전송노드에서 전송된 무선신호뿐만 아니라 다른 수신노드로 데이터를 전달하고자 하는 다른 전송노드에서 전송된 무선신호를 함께 수신하며(다른 전송노드 역시 수학적식 5에 따른 전송전력으로 무선신호를 전송함), 다른 전송노드에서 전송된 무선신호는 수신노드에서 간섭으로 작용한다. 이하에서는 설명의 편의를 위해, 간섭으로 작용하는 무선신호를 "간섭 무선신호"로, 간섭 무선신호를 전송한 노드를 "간섭 전송노드"로 칭하기로 한다.

[0036] 여기서, 선택 노드 세트에 포함된 간섭 전송노드(노드  $k$ )가 상기한 수학적식 5에 따른 전송전력으로 간섭 무선신호를 전송하는 경우, 노드  $i$ 에서의 간섭 무선신호의 수신전력은 아래의 수학적식 6과 같은 dB 스케일로 표현될 수 있다.

### 수학적식 6

$$\begin{aligned} I_i^k &= P_{target} + 10n\log_{10}\left(\frac{R}{R}\right) + X_\sigma - \{10n\log_{10}\left(\frac{R}{D_k}\right) + X_\sigma\} \\ &= P_{target} + 10n\log_{10}\left(\frac{D_k}{R}\right) + X_\sigma \end{aligned}$$

[0037]

[0038] 여기서,  $I_i^k$ 는 노드  $k$ 에서 전송된 무선신호에 의한 노드  $i$ 에서의 간섭에 의한 전력,  $D_k$ 는 노드  $k$ 와 노드  $i$  사이의 거리를 의미하는 것으로서,  $R$ ,  $\sqrt{3}R$ ,  $2R$ ,  $\sqrt{7}R$ ,  $3R$ ,  $\sqrt{12}R$ ,  $\sqrt{13}R$  등의 값을 가진다.

[0039] 따라서, 노드  $i$ 에서 수신되는 전체 간섭 무선신호에 의한 수신전력은 모든 간섭 전송노드에서 전송된 간섭 무선신호를 대상으로 한 수학적식 6을 합산함에 의해 산출될 수 있다.

[0040] 그런데, 노드  $i$ 로부터 멀리 떨어진 간섭 전송노드에서 전송된 간섭 무선신호에 의한 간섭은 무시할 수 있을 정도로 작다. 따라서, 상기한 멀리 떨어진 간섭 전송노드로부터 전송된 간섭 무선신호에 의한 간섭을 제외한 노드  $i$ 에서의 간섭에 의한 수신전력은 아래의 수학적식 7과 같이 표현된다.

### 수학식 7

$$I_i^{\text{Approx}} = P_{\text{target}} + 10 \cdot \log_{10} \left[ 6 \cdot \left( 1 + \frac{1}{\sqrt{3}^n} + \frac{1}{2^n} + \frac{1}{\sqrt{7}^n} + \frac{1}{3^n} \right) \right]$$

상기한 수학식 7에 의해, 노드 i에서의 SINR은 아래의 수학식 8과 같이 산출될 수 있고, 이를 상기한 수학식 2에 대입함으로써 노드 i의 물리 계층에서의 지연시간이 산출될 수 있다.

### 수학식 8

$$\text{SINR} = 10 \cdot \log_{10} \left[ \frac{\left( \frac{R}{d} \right)^n}{6 \cdot \left( 1 + \frac{1}{\sqrt{3}^n} + \frac{1}{2^n} + \frac{1}{\sqrt{7}^n} + \frac{1}{3^n} \right)} \right]$$

정리하면, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 데이터 스트림의 산출 대상인 전송노드(노드 i)는 자신의 SINR을 이용하여 상기한 수학식 1 및 수학식 2에 따라 물리 영역에서의 데이터 스트림 및 지연시간을 산출할 수 있다. 이 때, 전송노드(노드 i)에서의 SINR은 전송노드(노드 i)에서의 무선신호 전송거리에 비례하며, 이는 상기한 수학식 8과 같이 근사화될 수 있다.

## 2. MAC 계층에서의 시간지연

경쟁 기반 통신 방식에 있어, 노드들에서의 무선신호의 전송은 충돌 및 간섭을 최소화하기 위해 MAC 프로토콜에 의해 제어된다. 따라서, MAC 계층에서의 시간지연은 충돌 회피 방법에 의해 결정될 수 있다.

이와 관련하여 무선 네트워크를 위한 다양한 MAC 프로토콜이 존재하지만, 무선 센서 네트워크에서는 CSMA/CA 프로토콜이 많이 사용된다.

CSMA/CA 프로토콜에 따르면, 각 노드는 제어 메시지를 이용하여 채널 상태를 체크하고, 무선 채널을 점유하며, 전송 범위 내에서 동시적인 데이터 전송이 제한된다. 따라서, 앞서 설명한 바와 같이 선택 노드 세트에 포함된 노드들에 대해서만 무선신호의 동시 전송이 허용된다.

그러나, 각 노드는 데이터를 전송할 기회를 획득하기 위해 경쟁하기 때문에, MAC 계층에서는 경쟁에 의한 시간 지연의 문제가 발생한다. 그리고, 경쟁 확률이 높으면, 무선신호를 전송하고자 하는 노드가 채널에 대한 전송 권한을 얻을 때까지의 시간(대기시간)이 길어지므로, 경쟁 확률은 MAC 계층에서의 시간지연에 영향을 미친다. 따라서, 경쟁 확률을 이용하여 MAC 계층에서의 지연시간을 산출할 수 있다.

일반적으로, 경쟁 확률은 전송노드와의 경쟁 대상인 노드들의 개수 및 전송노드에서의 트래픽 로드(traffic load)와 비례하는 관계를 가진다. 일례로서, 슬롯형 알로하 시스템(slotted aloha system)에서, 경쟁에 의한 MAC 계층에서의 시간지연은 아래의 수학식 9와 같이 표현된다.

### 수학식 9

$$t^M = t_{\text{slot}} \times e^{\lambda N}$$

- [0052] 여기서,  $t^M$ 은 전송노드의 MAC 계층에서의 시간지연,  $t_{slot}$ 은 전송노드에서의 무선신호 전송에 이용되는 타임슬롯의 길이,  $\lambda$ 는 전송노드에서의 트래픽 로드,  $N$ 은 경쟁 대상인 노드들의 개수를 각각 의미한다.
- [0053] 한편, 경쟁 대상인 노드들의 개수는 전송노드의 무선신호 전송거리에 비례하는 관계를 가진다.
- [0054] 일례로, 상기한 슬롯형 알로하 시스템에서, 경쟁 대상인 노드들의 개수는 아래의 수학적 식 10과 같이 표현된다.

### 수학적 식 10

$$N = \pi R^2 \sigma$$

- [0055]
- [0056] 여기서,  $\sigma$ 는 무선 네트워크 내에서의 평균 노드 밀도를 의미한다.
- [0057] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 데이터 스트림의 산출 대상인 전송노드의 MAC 계층에서의 시간지연은 무선신호의 전송에 이용되는 타임슬롯의 길이, 전송노드의 무선신호 전송거리 및 전송노드의 트래픽 로드와 비례하도록 설정될 수 있다.

### [0058] 3. 네트워크 계층에서의 시간지연

- [0059] 네트워크 계층에서, 노드의 전송거리는 라우팅 프로세스에 영향을 미친다. 그리고, 일반적으로 단대단(end to end) 라우팅 홉 카운트는 무선신호의 전송거리가 증가함에 따라 감소하며, 각 홉에서는 경쟁과 전송의 시간지연이 발생하므로, 증가된 홉 카운트는 단대단의 데이터 스트림을 감소시킨다.
- [0060] 따라서, 네트워크 계층에서의 시간지연은 전송노드의 무선신호 최대전송 가능거리와 전송노드의 무선신호 전송거리의 비( $R_{max}/R$ )와 대응되도록 설정될 수 있다.
- [0061] 정리하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 함수 산출부(110)는 상기에서 설명한 바에 따라 노드의 무선신호 전송거리를 변수로 하는 물리 계층에서의 시간지연, MAC 계층에서의 시간지연 및 네트워크 계층에서의 시간지연을 산출하고, 이를 이용하여 전송거리 - 데이터 스트림 함수를 산출한다. 여기서, 노드의 데이터 스트림은 아래의 수학적 식 11과 같이 표현될 수 있으며, 이는 도 3에 도시된 바와 같은 그래프의 형태로 표현된다.

### 수학적 식 11

$$T = \frac{\text{packet size}}{[t^P + t^M](R_{max}/R)}$$

- [0062]
- [0063]  $T$ 는 노드의 데이터 스트림, packet size는 노드가 전송할 데이터의 양,  $t^P$ 는 물리 계층에서의 시간지연,  $t^M$ 은 MAC 계층에서의 시간지연, ( $R_{max}/R$ )은 네트워크 계층에서의 시간지연을 의미한다.
- [0064] 여기서, 물리 계층에서의 시간지연은 노드에서 전송된 무선신호의 수신노드에서의 SINR과 반비례하고, 수신노드에서의 SINR은 노드에서의 SINR과 동일하며, 함수 산출부(110)는 노드의 무선신호 전송거리와 비례하는 노드의 SINR을 산출할 수 있다.
- [0065] 그리고, 함수 산출부(110)는 노드의 무선신호 전송거리 및 노드의 트래픽 로드와 비례하는 MAC 계층에서의 지연시간을 산출할 수 있다.

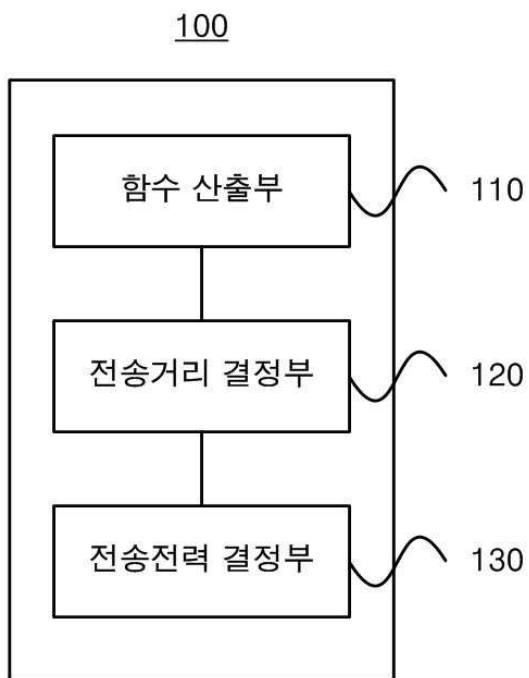
- [0066] 한편, 도 4에서는 물리 계층에서의 시간지연만을 고려한 종래의 데이터 스트루트 모델에 따른 그래프(도 4의 (a)), 물리 계층 및 MAC 계층에서의 시간지연만을 고려한 종래의 데이터 스트루트 모델에 따른 그래프(도 4의 (b)) 및 실제적인 노드의 무선신호 전송거리에 따른 데이터 스트루트의 그래프(도 4의 (c))를 도시하고 있다.
- [0067] 먼저, 도 4의 (a)를 참조하면, MAC 계층에서의 경쟁 동작으로 인해, 물리 계층에서의 시간지연만을 고려한 종래의 데이터 스트루트 모델에서, 물리 계층의 데이터 스트루트는 노드의 무선신호 전송거리와 무관한 상수값을 가지며, 이는 도 4의 (c)에 도시된 그래프와 전혀 상이한 형태를 가짐을 확인할 수 있다.
- [0068] 그리고, 도 4의 (b)를 참조하면, 물리 계층과 MAC 계층의 시간지연을 모두 고려하는 경우, 데이터 스트루트는 일정한 값을 유지하다가 감소하는 형태를 가지는데, 이 역시 도 4의 (c)에 도시된 그래프와 상이함을 확인할 수 있다.
- [0069] 이에 반해, 앞서 도 3에서 설명한 본 발명에 따른 스트루트 모델의 경우, 도 4의 (c)에 도시된 그래프와 거의 유사한 형태의 그래프를 가짐을 확인할 수 있다. 이는 본 발명에 따른 노드의 데이터 스트루트가 무선신호 전송 거리에 따른 네트워크 스트루트를 충실하게 반영함을 의미한다.
- [0070] 이는 본 발명에 따른 토폴로지 스트루트가 전송 범위 R에 따른 네트워크 스트루트를 충실하게 반영함을 의미한다.
- [0071] 계속하여, 도 1을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 노드의 무선신호 전송전력 결정장치(100)에 대해 설명한다.
- [0072] 전송거리 결정부(120)는 전송거리 - 데이터 스트루트 함수와 노드에 대해 요구되는 임계 데이터 스트루트를 이용하여 노드의 전송거리를 결정한다.
- [0073] 보다 상세하게, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 전송거리 결정부(120)는 전송거리 - 데이터 스트루트 함수에서 임계 데이터 스트루트를 만족시키는 노드의 무선신호 전송거리가 하나 이상 존재하는 경우, 하나 이상의 무선신호 전송거리 중 최소값을 노드의 무선신호 전송거리로서 결정할 수 있다.
- [0074] 일례로, 도 5에 도시된 바와 같이 전송거리 - 데이터 스트루트 함수에 따른 그래프(510)가 형성되고, 임계 데이터 스트루트가 도면부호(520)와 같은 경우, 전송거리 결정부(120)는 임계 데이터 스트루트(520)과 전송거리 - 데이터 스트루트 함수에 따른 그래프(510)가 만나는 지점에서의 무선신호 전송거리( $R_1$ )를 노드의 무선신호 전송거리로서 산출할 수 있다.
- [0075] 다른 일례로, 임계 데이터 스트루트가 도면부호(530)와 같은 경우, 전송거리 결정부(120)는 임계 데이터 스트루트(530)과 전송거리 - 데이터 스트루트 함수에 따른 그래프(510)가 만나는 2개의 지점에서의 무선신호 전송거리( $R_2$ ,  $R_3$ ) 중 최소값인  $R_2$ 를 노드의 무선신호 전송거리로서 산출할 수 있다. 이는 동일한 데이터 스트루트를 보장할 수 있는 경우, 무선신호의 전송거리가 짧은 것이 에너지 사용의 측면에서 더욱 효율적이기 때문이다.
- [0076] 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 전송거리 결정부(120)는 전송거리 - 데이터 스트루트 함수에서 임계 데이터 스트루트를 만족시키는 노드의 무선신호 전송거리가 존재하지 않는 경우, 전송거리 - 데이터 스트루트 함수에서의 최대의 데이터 스트루트와 대응되는 무선신호 전송거리를 노드의 무선신호 전송거리로서 결정할 수 있다.
- [0077] 다른 일례로, 도 5에 있어, 임계 데이터 스트루트가 도면부호(540)와 같은 경우, 임계 데이터 스트루트(540)과 전송거리 - 데이터 스트루트 함수에 따른 그래프(510)가 만나는 지점이 없으므로, 전송거리 결정부(120)는 전송거리 - 데이터 스트루트 함수에 따른 그래프(510)에서 최대의 데이터 스트루트와 대응되는 지점에서의 무선신호 전송거리( $R_4$ )를 노드의 무선신호 전송거리로서 산출할 수 있다.
- [0078] 마지막으로, 전송전력 결정부(130)는 상기에서 결정된 노드의 무선신호 전송거리를 이용하여 노드의 전송전력을 결정한다.
- [0079] 일반적으로 무선신호 전송거리는 무선신호 전송전력과 비례하는 관계를 가진다. 이와 관련해, 무선신호 전송전력에 따른 무선신호 전송거리를 산출하는 다양한 종래 방법이 존재하며, 전송전력 결정부(130)는 이러한 종래 방법들을 활용하여 상기 결정된 무선신호 전송거리로부터 노드의 무선신호 전송전력을 결정한다. 따라서, 이에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0080] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따르면, 이동하지 않는 상태의 노드의 데이터 스트루트를 최대화하여 무선

네트워크의 통신 성능을 높일 수 있는 장점이 있다.

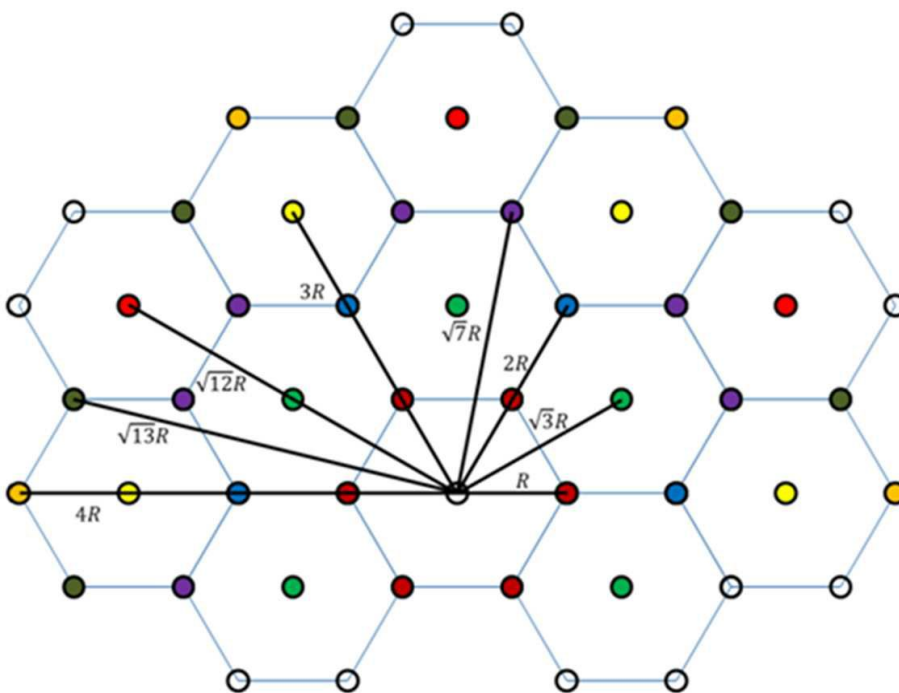
- [0081] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 노드의 무선신호 전송전력 결정방법의 개략적인 구성을 도시한 도면이다.
- [0082] 이하, 도 6을 참조하여 각 단계에서 수행되는 과정을 설명한다.
- [0083] 먼저, 단계(S610)에서는 노드의 무선신호 전송거리를 변수로 하는 물리 계층에서의 시간지연, MAC 계층에서의 시간지연 및 네트워크 계층에서의 시간지연을 이용하여 노드의 무선신호 전송거리와 상기 노드의 데이터 스트루트의 관계함수(전송거리 - 데이터 스트루트 함수)를 산출한다.
- [0084] 그리고, 단계(S620)에서는 전송거리 - 데이터 스트루트 함수와 노드에 대해 요구되는 임계 데이터 스트루트를 이용하여 노드의 무선신호 전송거리를 결정한다.
- [0085] 마지막으로, 단계(S630)에서는 상기 결정된 노드의 무선신호 전송거리를 이용하여 노드의 전송전력을 결정한다.
- [0086] 지금까지 본 발명에 따른 노드의 무선신호 전송전력 결정방법의 실시예들에 대하여 설명하였고, 앞서 도 1 내지 도 5에서 설명한 노드의 무선신호 전송전력 결정장치(100)에 관한 구성이 본 실시예에도 그대로 적용 가능하다. 이에, 보다 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0087] 또한, 본 발명의 실시예들은 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 본 발명을 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), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 본 발명의 일 실시예들의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.
- [0088] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위 뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

도면

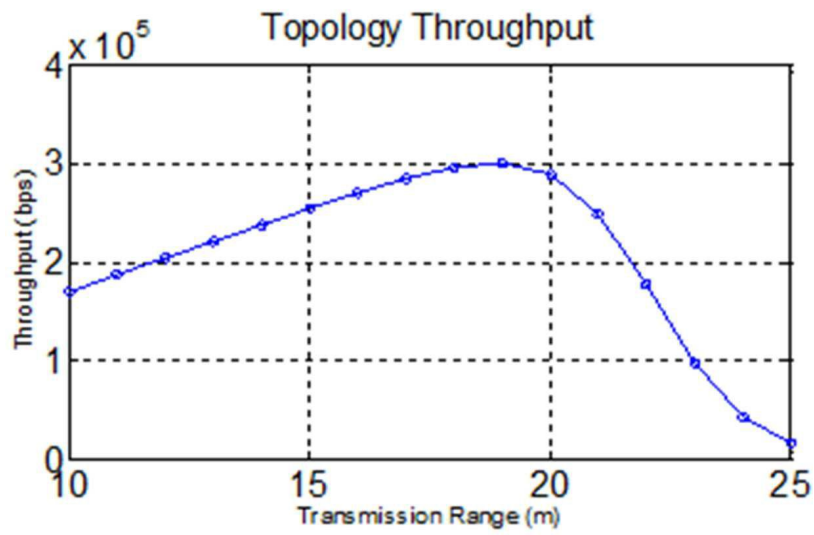
도면1



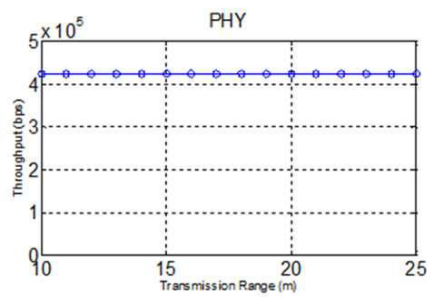
도면2



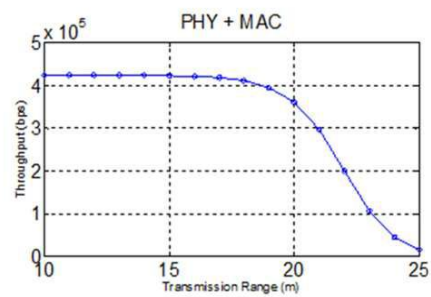
도면3



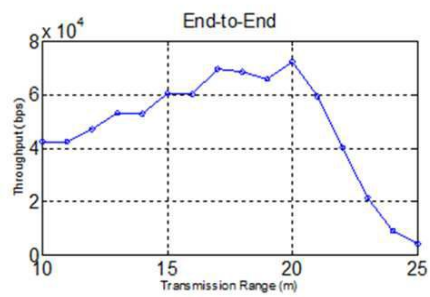
도면4



(a)

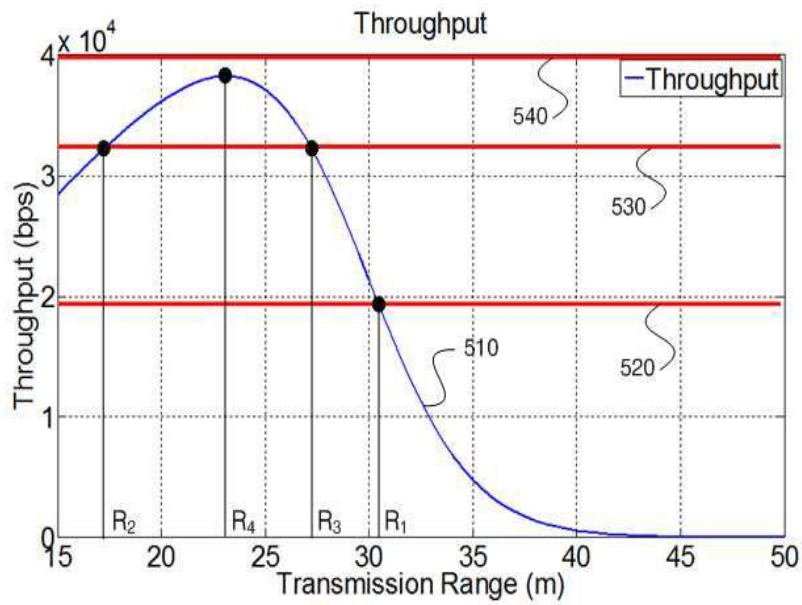


(b)



(c)

도면5



도면6

