



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0007324
(43) 공개일자 2011년01월24일

(51) Int. Cl.

H04L 12/28 (2006.01) H04W 52/02 (2009.01)

H04W 84/18 (2009.01)

(21) 출원번호 10-2009-0064786

(22) 출원일자 2009년07월16일

심사청구일자 2009년07월16일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가 1

(72) 발명자

이원준

서울특별시 강남구 대치2동 한보미도아파트

108-1001

유지은

서울특별시 성북구 삼선동4가 104-9 301호

(74) 대리인

송경근

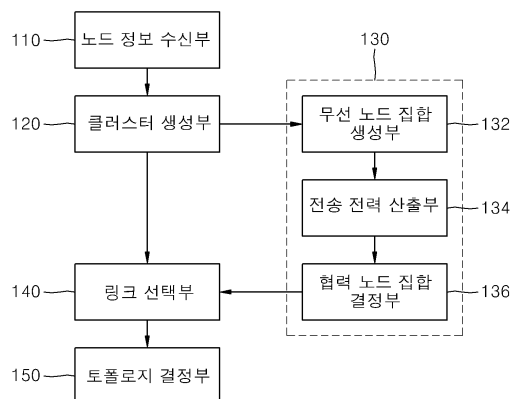
전체 청구항 수 : 총 24 항

(54) 무선 애드혹 네트워크의 토폴로지 제어장치 및 방법, 무선 애드혹 네트워크의 노드장치, 그리고 무선 애드혹 네트워크의 노드장치의 통신 링크 형성방법

(57) 요약

무선 애드혹 네트워크의 토폴로지 제어장치 및 방법, 무선 애드혹 네트워크의 노드장치, 그리고 무선 애드혹 네트워크의 노드장치의 통신 링크 형성방법이 개시된다. 노드 정보 수신부는 무선 애드혹 네트워크 상에 위치하는 복수의 무선 노드로부터 각각의 무선 노드의 위치정보 및 노드ID를 수신한다. 클러스터 생성부는 무선 노드들 중에서 일반 통신 링크에 의해 연결되어 서로 데이터를 송수신할 수 있는 무선 노드들로 이루어진 복수의 클러스터를 생성하고, 각각의 클러스터에 속하는 무선 노드들의 노드ID 중에서 어느 하나를 해당 클러스터의 클러스터ID로 결정한다. 협력 통신 링크 생성부는 서로 다른 클러스터ID를 가지며 협력 통신에 의해 서로 데이터를 송수신할 수 있는 송신 노드 및 수신 노드의 사이에 복수의 협력 통신 링크를 생성한다. 링크 선택부는 복수의 협력 통신 링크 중에서 최종 협력 통신 링크를 선택하고, 동일한 클러스터ID를 가지는 무선 노드들 간의 일반 통신 링크 중에서 최종 일반 통신 링크를 선택한다. 토폴로지 결정부는 최종 협력 통신 링크와 최종 일반 통신 링크의 결합으로 결정된 무선 애드혹 네트워크의 토폴로지를 무선 노드들로 전송한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 20090053859, R33-2008-000-10004-0

부처명 한국과학재단, 한국과학재단

연구관리전문기관

연구사업명 중견연구자지원_핵심연구, 세계적수준의연구중심대학육성사업

연구과제명 Cross-layer 기반의 Cooperative 무선 네트워킹 기술 연구, 미래 네트워크 최적화 기술

기여율

주관기관 한국과학재단, 고려대학교 산학협력단

연구기간 2009년 03월 01일 ~ 2010년 02월 28일, 2008년 12월 01일 ~ 2009년 10월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

무선 애드혹 네트워크 상에 위치하는 복수의 무선 노드로부터 각각의 무선 노드의 위치정보 및 노드ID를 수신하는 노드 정보 수신부;

상기 무선 노드들 중에서 일반 통신 링크에 의해 연결되어 서로 데이터를 송수신할 수 있는 무선 노드들로 이루어진 복수의 클러스터를 생성하고, 각각의 클러스터에 속하는 무선 노드들의 노드ID 중에서 어느 하나를 해당 클러스터의 클러스터ID로 결정하여 동일한 클러스터에 속하는 무선 노드들로 전송하는 클러스터 생성부;

상기 무선 노드들 중에서 서로 다른 클러스터ID를 가지며 협력 통신에 의해 서로 데이터를 송수신할 수 있는 송신 노드 및 수신 노드의 사이에 복수의 협력 통신 링크를 생성하는 협력 통신 링크 생성부;

상기 복수의 협력 통신 링크 중에서 협력 통신을 수행하기 위한 평균 전송 전력을 기초로 최종 협력 통신 링크를 선택하고, 동일한 클러스터ID를 가지는 무선 노드들 간의 일반 통신 링크 중에서 일반 통신을 수행하기 위한 평균 전송 전력을 기초로 최종 일반 통신 링크를 선택하는 링크 선택부; 및

상기 최종 협력 통신 링크와 상기 최종 일반 통신 링크로 이루어진 네트워크의 토폴로지를 결정하여 상기 무선 노드들로 전송하는 토폴로지 결정부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 애드혹 네트워크의 토폴로지 제어 장치.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 협력 통신 링크 생성부는,

상기 각각의 협력 통신 링크에 대하여 상기 송신 노드와 일반 통신을 수행할 수 있는 무선 노드들을 조합하여 복수의 무선 노드 집합을 생성하는 무선 노드 집합 생성부;

상기 각각의 무선 노드 집합에 대하여 상기 송신 노드로부터의 거리가 가장 먼 무선 노드와 일반 통신을 수행하기 위한 상기 송신 노드의 전송 전력인 일반 전송 전력 및 상기 무선 노드 집합에 속하는 무선 노드들을 협력 노드로 하여 상기 수신 노드와 협력 통신을 수행하기 위한 상기 송신 노드의 전송 전력인 협력 전송 전력을 산출하는 전송 전력 산출부; 및

상기 복수의 무선 노드 집합 중에서 상기 일반 전송 전력과 상기 협력 전송 전력 중 큰 값을 가지는 전송 전력을 최소로 하는 무선 노드 집합을 상기 송신 노드와 상기 수신 노드 간의 협력 통신에 사용되는 협력 노드 집합으로 결정하는 협력 노드 집합 결정부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 애드혹 네트워크의 토폴로지 제어 장치.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 일반 전송 전력은 하기 수학적 A에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는 무선 애드혹 네트워크의 토폴로지 제어 장치:

[수학적 A]

$$\omega_d(u, H(u)) = \frac{\tau}{(\max_{j \in H(u)} d_{uj})^{-\alpha}}$$

여기서, $\omega_d(u, H(u))$ 는 상기 무선 노드 집합에 대한 상기 송신 노드의 일반 전송 전력, τ 는 상기 수신 노드에서 수신한 데이터를 디코딩하기 위한 최소 평균 잡음비, α 는 경로 손실 지수, 그리고 d_{uj} 는 상기 송신 노드와 상기 무선 노드 집합에 속하는 무선 노드 사이의 거리이다.

청구항 4

제 2항 또는 제 3항에 있어서,

상기 협력 전송 전력은 하기 수학적식 B에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는 무선 애드혹 네트워크의 토폴로지 제어 장치:

[수학적식 B]

$$\omega_c(u, v, H(u)) = \frac{\tau}{\sum_{i \in \Omega} (d_{iv})^{-\alpha}}$$

여기서, $\omega_c(u, v, H(u))$ 는 상기 송신 노드가 상기 무선 노드 집합에 속하는 무선 노드들을 협력 노드로 하여 상기 수신 노드와 협력 통신을 수행하기 위한 상기 송신 노드의 협력 전송 전력, τ 는 상기 수신 노드에서 수신한 데이터를 디코딩하기 위한 최소 평균 잡음비, α 는 경로 손실 지수, Ω 는 상기 송신 노드와 상기 무선 노드 집합을 모두 포함하는 집합, 그리고 d_{iv} 는 상기 집합 Ω 에 속하는 노드 i 와 상기 수신 노드 사이의 거리이다.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 협력 통신 링크 생성부는,

상기 각각의 협력 통신 링크에 대하여 상기 수신 노드와 일반 통신을 수행하기 위한 상기 송신 노드의 전송 전력 및 상기 송신 노드와 일반 통신을 수행할 수 있는 무선 노드 중 하나를 협력 노드로 하여 상기 수신 노드와 협력 통신을 수행하기 위한 상기 송신 노드의 전송 전력의 차이인 전력 이득을 상기 송신 노드와 일반 통신을 수행할 수 있는 복수의 무선 노드 각각에 대하여 산출하는 전력 이득 산출부;

상기 송신 노드와 일반 통신을 수행할 수 있는 각각의 무선 노드에 대하여 상기 송신 노드가 상기 무선 노드와 일반 통신을 수행하기 위한 상기 송신 노드의 전송 전력인 전력 비용을 산출하는 전력 비용 산출부; 및

상기 송신 노드와 일반 통신을 수행할 수 있는 무선 노드 중에서 상기 전력 비용에 대한 상기 전력 이득의 비가 최대인 무선 노드로부터 순차적으로 상기 송신 노드와 상기 수신 노드 간의 협력 통신을 위한 협력 노드로 추가하여 협력 통신을 위한 상기 송신 노드의 전송 전력 값을 최소로 하는 무선 노드들의 집합을 상기 송신 노드와 상기 수신 노드 간의 협력 통신에 사용되는 협력 노드 집합으로 결정하는 협력 노드 집합 결정부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 애드혹 네트워크의 토폴로지 제어 장치.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 전력 이득은 하기 수학적식 C에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는 무선 애드혹 네트워크의 토폴로지 제어 장치:

[수학적식 C]

$$b_i = P_d(u, v) - P_c(u+i, v) = (d_{uv})^{-\alpha} - \frac{1}{\sum_{\Omega \in u, i} (d_{\Omega v})^{-\alpha}}$$

여기서, b_i 는 상기 무선 노드에 대한 상기 송신 노드의 전력 이득, $P_d(u, v)$ 는 상기 수신 노드와의 일반 통신을 위한 상기 송신 노드의 전송 전력, $P_c(u+i, v)$ 는 상기 송신 노드가 상기 무선 노드를 협력 노드로 하여 상기 수신 노드와 협력 통신을 수행하기 위한 상기 송신 노드의 전송 전력, α 는 경로 손실 지수, d_{uv} 는 상기 송신 노드와 상기 수신 노드 사이의 거리, Ω 는 상기 송신 노드 또는 상기 무선 노드 중에서 어느 하나의 노드, 그리고 $d_{\Omega v}$ 는 상기 노드 Ω 와 상기 수신 노드 사이의 거리이다.

청구항 7

제 5항 또는 제 6항에 있어서,

상기 전력 비용은 하기 수학적식 D에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는 무선 애드혹 네트워크의 토폴로지 제어

장치:

[수학식 D]

$$c_i = P_d(u, i)^{-\alpha} = (d_{ui})^{-\alpha}$$

여기서, c_i 는 상기 무선 노드에 대한 상기 송신 노드의 전력 비용, $P_d(u, i)$ 는 상기 무선 노드와의 일반 통신을 위한 상기 송신 노드의 전송 전력, α 는 경로 손실 지수, 그리고 d_{ui} 는 상기 송신 노드와 상기 무선 노드 사이의 거리이다.

청구항 8

무선 애드혹 네트워크 상에 위치하는 복수의 무선 노드로부터 각각의 무선 노드의 위치정보 및 노드ID를 수신하는 노드 정보 수신단계;

상기 무선 노드들 중에서 일반 통신 링크에 의해 연결되어 서로 데이터를 송수신할 수 있는 무선 노드들로 이루어진 복수의 클러스터를 생성하고, 각각의 클러스터에 속하는 무선 노드들의 노드ID 중에서 어느 하나를 해당 클러스터의 클러스터ID로 결정하여 동일한 클러스터에 속하는 무선 노드들로 전송하는 클러스터 생성단계;

상기 무선 노드들 중에서 서로 다른 클러스터ID를 가지며 협력 통신에 의해 서로 데이터를 송수신할 수 있는 송신 노드 및 수신 노드의 사이에 복수의 협력 통신 링크를 생성하는 협력 통신 링크 생성단계;

상기 복수의 협력 통신 링크 중에서 협력 통신을 수행하기 위한 평균 전송 전력을 기초로 최종 협력 통신 링크를 선택하고, 동일한 클러스터ID를 가지는 무선 노드들 간의 일반 통신 링크 중에서 일반 통신을 수행하기 위한 평균 전송 전력을 기초로 최종 일반 통신 링크를 선택하는 링크 선택단계; 및

상기 최종 협력 통신 링크와 상기 최종 일반 통신 링크로 이루어진 네트워크의 토폴로지를 결정하여 상기 무선 노드들로 전송하는 토폴로지 결정단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 애드혹 네트워크의 토폴로지 제어 방법.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 협력 통신 링크 생성단계는,

상기 각각의 협력 통신 링크에 대하여 상기 송신 노드와 일반 통신을 수행할 수 있는 무선 노드들을 조합하여 복수의 무선 노드 집합을 생성하는 무선 노드 집합 생성단계;

상기 각각의 무선 노드 집합에 대하여 상기 송신 노드로부터의 거리가 가장 먼 무선 노드와 일반 통신을 수행하기 위한 상기 송신 노드의 전송 전력인 일반 전송 전력 및 상기 무선 노드 집합에 속하는 무선 노드들을 협력 노드로 하여 상기 수신 노드와 협력 통신을 수행하기 위한 상기 송신 노드의 전송 전력인 협력 전송 전력을 산출하는 전송 전력 산출단계; 및

상기 복수의 무선 노드 집합 중에서 상기 일반 전송 전력과 상기 협력 전송 전력 중 큰 값을 가지는 전송 전력을 최소로 하는 무선 노드 집합을 상기 송신 노드와 상기 수신 노드 간의 협력 통신에 사용되는 협력 노드 집합으로 결정하는 협력 노드 집합 결정단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 애드혹 네트워크의 토폴로지 제어 방법.

청구항 10

제 8항에 있어서,

상기 협력 통신 링크 생성단계는,

상기 각각의 협력 통신 링크에 대하여 상기 수신 노드와 일반 통신을 수행하기 위한 상기 송신 노드의 전송 전력과 상기 송신 노드와 일반 통신을 수행할 수 있는 무선 노드 중 하나를 협력 노드로 하여 상기 수신 노드와 협력 통신을 수행하기 위한 상기 송신 노드의 전송 전력의 차이인 전력 이득을 상기 송신 노드와 일반 통신을 수행할 수 있는 복수의 무선 노드 각각에 대하여 산출하는 전력 이득 산출단계;

상기 송신 노드와 일반 통신을 수행할 수 있는 각각의 무선 노드에 대하여 상기 송신 노드가 상기 무선 노드와 일반 통신을 수행하기 위한 상기 송신 노드의 전송 전력인 전력 비용을 산출하는 전력 비용 산출단계; 및

상기 송신 노드와 일반 통신을 수행할 수 있는 무선 노드 중에서 상기 전력 비용에 대한 상기 전력 이득의 비가 최대인 무선 노드로부터 순차적으로 상기 송신 노드와 상기 수신 노드 간의 협력 통신을 위한 협력 노드로 추가하여 협력 통신을 위한 상기 송신 노드의 전송 전력 값을 최소로 하는 무선 노드들의 집합을 상기 송신 노드와 상기 수신 노드 간의 협력 통신에 사용되는 협력 노드 집합으로 결정하는 협력 노드 집합 결정단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 애드혹 네트워크의 토폴로지 제어 방법.

청구항 11

무선 애드혹 네트워크 상에 위치하여 데이터를 송수신하는 무선 노드로 동작하는 무선 애드혹 네트워크의 노드 장치에 있어서,

상기 무선 애드혹 네트워크 상의 다른 무선 노드들과 통신을 수행하는 통신부;

상기 무선 노드들 중에서 일반 통신 링크를 통해 통신할 수 있는 일반 노드로부터 각각의 일반 노드의 위치정보 및 노드ID가 수신되면, 상기 노드ID 중에서 어느 하나를 상기 일반 노드와 함께 속하는 클러스터의 클러스터ID로 결정하는 클러스터 형성부;

상기 일반 노드를 협력 노드로 사용하는 협력 통신에 의해 상기 무선 노드들 중에서 상기 일반 노드를 제외한 각각의 수신 노드로 자신의 위치정보 및 노드ID와 상기 클러스터ID를 포함하는 협력 통신 요청 메시지를 상기 통신부를 통해 전송하는 협력 통신 요청부;

상기 협력 통신 요청 메시지를 수신한 상기 수신 노드로부터 상기 수신 노드의 위치정보 및 노드ID와 상기 수신 노드가 속하는 클러스터의 클러스터ID를 포함하는 협력 통신 응답 메시지가 수신되면 상기 수신 노드와의 협력 통신 링크를 생성하는 협력 통신 링크 생성부;

자신의 노드ID, 상기 수신 노드와 협력 통신을 수행하기 위한 전송 전력, 상기 수신 노드의 노드ID 및 상기 수신 노드가 속하는 클러스터의 클러스터ID를 포함하는 협력 통신 링크 정보를 상기 클러스터ID를 노드ID로 하는 클러스터 노드로 상기 통신부를 통해 전송하는 정보 전송부;

상기 협력 통신 링크 중에서 상기 클러스터 노드로부터 수신된 최종 협력 통신 링크 정보와 일치하는 최종 협력 통신 링크를 선택하고, 상기 일반 통신 링크 중에서 일반 통신 링크를 통해 일반 통신을 수행하기 위한 평균 전송 전력을 기초로 최종 일반 통신 링크를 선택하는 링크 선택부; 및

상기 최종 협력 통신 링크와 상기 최종 일반 통신 링크로 이루어진 네트워크의 부분 토폴로지를 결정하여 상기 무선 노드들로 전송하는 토폴로지 결정부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 애드혹 네트워크의 노드장치.

청구항 12

제 11항에 있어서,

상기 최종 협력 통신 링크 정보는 상기 클러스터 노드가 상기 복수의 일반 노드로부터 전송받은 협력 통신 링크 정보 중에서 협력 통신을 수행하기 위한 평균 전송 전력을 기초로 선택한 것을 특징으로 하는 무선 애드혹 네트워크의 노드장치.

청구항 13

제 11항 또는 제 12항에 있어서,

상기 협력 통신 링크 생성부는,

상기 일반 노드들을 조합하여 복수의 무선 노드 집합을 생성하는 무선 노드 집합 생성부;

상기 각각의 무선 노드 집합에 대하여 상기 무선 노드 집합에 속하는 일반 노드들 중에서 자신과의 거리가 가장 먼 일반 노드와 일반 통신을 수행하기 위한 전송 전력인 일반 전송 전력 및 상기 무선 노드 집합에 속하는 일반 노드들을 협력 노드로 하여 상기 수신 노드와 협력 통신을 수행하기 위한 전송 전력인 협력 전송 전력을 산출하는 전송 전력 산출부; 및

상기 복수의 무선 노드 집합 중에서 상기 일반 전송 전력과 상기 협력 전송 전력 중 큰 값을 가지는 전송 전력

을 최소로 하는 무선 노드 집합을 상기 수신 노드와의 협력 통신에 사용되는 협력 노드 집합으로 결정하는 협력 노드 집합 결정부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 애드혹 네트워크의 노드장치.

청구항 14

제 13항에 있어서,

상기 일반 전송 전력은 하기 수학적식 A에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는 무선 애드혹 네트워크의 노드장치:

[수학적식 A]

$$\omega_d(u, H(u)) = \frac{\tau}{(\sum_{j \in H(u)} d_{uj})^{-\alpha}}$$

여기서, $\omega_d(u, H(u))$ 는 상기 무선 노드 집합에 대한 일반 전송 전력, τ 는 상기 수신 노드에서 수신한 데이터를 디코딩하기 위한 최소 평균 잡음비, α 는 경로 손실 지수, 그리고 d_{uj} 는 상기 무선 노드 집합에 속하는 일반 노드와의 거리이다.

청구항 15

제 14항에 있어서,

상기 협력 전송 전력은 하기 수학적식 B에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는 무선 애드혹 네트워크의 노드장치:

[수학적식 B]

$$\omega_c(u, v, H(u)) = \frac{\tau}{\sum_{i \in \Omega} (d_{iv})^{-\alpha}}$$

여기서, $\omega_c(u, v, H(u))$ 는 상기 무선 노드 집합에 속하는 일반 노드들을 협력 노드로 하여 상기 수신 노드와 협력 통신을 수행하기 위한 협력 전송 전력, τ 는 상기 수신 노드에서 수신한 데이터를 디코딩하기 위한 최소 평균 잡음비, α 는 경로 손실 지수, Ω 는 무선 노드 자신과 상기 무선 노드 집합을 모두 포함하는 집합, 그리고 d_{iv} 는 상기 집합 Ω 에 속하는 노드 i 와 상기 수신 노드 사이의 거리이다.

청구항 16

제 11항 또는 제 12항에 있어서,

상기 협력 통신 링크 생성부는,

상기 수신 노드와 일반 통신을 수행하기 위한 전송 전력과 상기 일반 노드들 중 하나를 협력 노드로 하여 상기 수신 노드와 협력 통신을 수행하기 위한 전송 전력의 차이인 전력 이득을 상기 복수의 일반 노드 각각에 대하여 산출하는 전력 이득 산출부;

상기 각각의 일반 노드에 대하여 상기 일반 노드와 일반 통신을 수행하기 위한 전송 전력인 전력 비용을 산출하는 전력 비용 산출부; 및

상기 일반 노드들 중에서 상기 전력 비용에 대한 상기 전력 이득의 비가 최대인 일반 노드로부터 순차적으로 상기 수신 노드와의 협력 통신을 위한 협력 노드로 추가하여 협력 통신을 위한 전송 전력 값을 최소로 하는 일반 노드들의 집합을 상기 수신 노드와의 협력 통신에 사용되는 협력 노드 집합으로 결정하는 협력 노드 집합 결정부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 애드혹 네트워크의 노드장치.

청구항 17

제 16항에 있어서,

상기 전력 이득은 하기 수학적식 C에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는 무선 애드혹 네트워크의 노드장치:

[수학식 C]

$$b_i = P_d(u, v) - P_c(u+i, v) = (d_{uv})^{-\alpha} - \frac{1}{\sum_{\Omega \in u, i} (d_{\Omega v})^{-\alpha}}$$

여기서, b_i 는 상기 무선 노드에 대한 전력 이득, $P_d(u, v)$ 는 상기 수신 노드와의 일반 통신을 위한 전송 전력, $P_c(u+i, v)$ 는 상기 무선 노드를 협력 노드로 하여 상기 수신 노드와 협력 통신을 수행하기 위한 전송 전력, α 는 경로 손실 지수, d_{uv} 는 상기 수신 노드와의 거리, Ω 는 무선 노드 자신 또는 상기 무선 노드 중에서 어느 하나의 노드, 그리고 $d_{\Omega v}$ 는 상기 노드 Ω 와 상기 수신 노드 사이의 거리이다.

청구항 18

제 17항에 있어서,

상기 전력 비용은 하기 수학식 D에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는 무선 애드혹 네트워크의 노드장치:

[수학식 D]

$$c_i = P_d(u, i)^{-\alpha} = (d_{ui})^{-\alpha}$$

여기서, c_i 는 상기 무선 노드에 대한 전력 비용, $P_d(u, i)$ 는 상기 무선 노드와의 일반 통신을 위한 전송 전력, α 는 경로 손실 지수, 그리고 d_{ui} 는 상기 무선 노드와의 거리이다.

청구항 19

무선 애드혹 네트워크 상에 위치하여 데이터를 송수신하는 무선 노드로 동작하는 무선 애드혹 네트워크의 노드 장치의 통신 링크 형성 방법에 있어서,

상기 무선 애드혹 네트워크 상의 다른 무선 노드들 중에서 일반 통신 링크를 통해 통신할 수 있는 일반 노드로부터 각각의 일반 노드의 위치정보 및 노드ID가 수신되면, 상기 노드ID 중에서 어느 하나를 상기 일반 노드와 함께 속하는 클러스터의 클러스터ID로 결정하는 클러스터 형성단계;

상기 일반 노드를 협력 노드로 사용하는 협력 통신에 의해 상기 무선 노드들 중에서 상기 일반 노드를 제외한 각각의 수신 노드로 자신의 위치정보 및 노드ID와 상기 클러스터ID를 포함하는 협력 통신 요청 메시지를 전송하는 협력 통신 요청단계;

상기 협력 통신 요청 메시지를 수신한 상기 수신 노드로부터 상기 수신 노드의 위치정보 및 노드ID와 상기 수신 노드가 속하는 클러스터의 클러스터ID를 포함하는 협력 통신 응답 메시지가 수신되면 상기 수신 노드와의 협력 통신 링크를 생성하는 협력 통신 링크 생성단계;

자신의 노드ID, 상기 수신 노드와 협력 통신을 수행하기 위한 전송 전력, 상기 수신 노드의 노드ID 및 상기 수신 노드가 속하는 클러스터의 클러스터ID를 포함하는 협력 통신 링크 정보를 상기 일반 노드 중에서 상기 클러스터ID를 노드ID로 하는 클러스터 노드로 전송하는 정보 전송단계;

상기 협력 통신 링크 중에서 상기 클러스터 노드로부터 수신된 최종 협력 통신 링크 정보와 일치하는 최종 협력 통신 링크를 선택하고, 상기 일반 통신 링크 중에서 일반 통신을 수행하기 위한 평균 전송 전력을 기초로 일반 통신 링크를 선택하는 링크 선택단계; 및

상기 최종 협력 통신 링크와 상기 최종 일반 통신 링크로 이루어진 네트워크의 부분 토폴로지를 결정하여 상기 무선 노드들로 전송하는 토폴로지 결정단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 애드혹 네트워크의 노드 장치의 통신 링크 형성 방법.

청구항 20

제 19항에 있어서,

상기 최종 협력 통신 링크 정보는 상기 클러스터 노드가 상기 복수의 일반 노드로부터 전송받은 협력 통신 링크 정보 중에서 협력 통신을 수행하기 위한 평균 전송 전력을 기초로 선택한 것을 특징으로 하는 무선 애드혹 네트

위크의 노드장치의 통신 링크 형성 방법.

청구항 21

제 19항 또는 제 20항에 있어서,

상기 협력 통신 링크 생성단계는,

상기 일반 노드들을 조합하여 복수의 무선 노드 집합을 생성하는 무선 노드 집합 생성단계;

상기 각각의 무선 노드 집합에 대하여 상기 무선 노드 집합에 속하는 일반 노드들 중에서 자신과의 거리가 가장 먼 일반 노드와 일반 통신을 수행하기 위한 전송 전력인 일반 전송 전력 및 상기 무선 노드 집합에 속하는 일반 노드들을 협력 노드로 하여 상기 수신 노드와 협력 통신을 수행하기 위한 전송 전력인 협력 전송 전력을 산출하는 전송 전력 산출단계; 및

상기 복수의 무선 노드 집합 중에서 상기 일반 전송 전력과 상기 협력 전송 전력 중 큰 값을 가지는 전송 전력을 최소로 하는 무선 노드 집합을 상기 수신 노드와의 협력 통신에 사용되는 협력 노드 집합으로 결정하는 협력 노드 집합 결정단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 애드혹 네트워크의 노드장치의 통신 링크 형성 방법.

청구항 22

제 19항 또는 제 20항에 있어서,

상기 협력 통신 링크 생성단계는,

상기 수신 노드와 일반 통신을 수행하기 위한 전송 전력과 상기 일반 노드들 중 하나를 협력 노드로 하여 상기 수신 노드와 협력 통신을 수행하기 위한 전송 전력의 차이인 전력 이득을 상기 복수의 일반 노드 각각에 대하여 산출하는 전력 이득 산출단계;

상기 각각의 일반 노드에 대하여 상기 일반 노드와 일반 통신을 수행하기 위한 전송 전력인 전력 비용을 산출하는 전력 비용 산출단계; 및

상기 일반 노드들 중에서 상기 전력 비용에 대한 상기 전력 이득의 비가 최대인 일반 노드로부터 순차적으로 상기 수신 노드와의 협력 통신을 위한 협력 노드로 추가하여 협력 통신을 위한 전송 전력 값을 최소로 하는 일반 노드들의 집합을 상기 수신 노드와의 협력 통신에 사용되는 협력 노드 집합으로 결정하는 협력 노드 집합 결정단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 애드혹 네트워크의 노드장치의 통신 링크 형성 방법.

청구항 23

제 8항 내지 제 10항 중 어느 한 항에 기재된 무선 애드혹 네트워크의 토폴로지 제어 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

청구항 24

제 19항 또는 제 20항에 기재된 무선 애드혹 네트워크의 노드장치의 통신 링크 형성 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 무선 애드혹 네트워크의 토폴로지 제어 장치 및 방법, 무선 애드혹 네트워크의 노드장치, 그리고 무선 애드혹 네트워크의 노드장치의 통신 링크 형성방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 무선 노드들 사이의 일반 통신 링크 및 협력 통신 링크를 사용하여 최적의 네트워크 토폴로지를 결정하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 무선 애드혹 네트워크(Wireless ad hoc network)는 인프라 구조 없이 무선 노드들이 서로 단일 또는 멀티 홉으

로 무선 통신하는 구조를 가진다. 따라서 사전에 설정된 네트워크 구조(토폴로지)를 가지고 있지 않다. 무선 노드들은 배터리(battery)로부터 전력을 공급받기 때문에 다른 무선노드와의 연결을 유지함과 동시에 전력 소모를 줄여야 할 필요성이 있다.

[0003] 토폴로지 제어 기법은 전체 네트워크를 구성하는 무선 노드들을 무선 링크를 통해 서로 연결하면서 무선 노드들의 전송 전력을 줄일 수 있도록 각 무선 노드의 전력 값을 결정하는 기법이다. 토폴로지 제어 기법을 적용하면 생성되는 무선 링크의 개수를 줄여서 전송 전력을 감소시키고 무선 링크간의 간섭 현상을 줄일 수 있다. 토폴로지 제어 기법에 관한 연구의 대표적인 예로서 지역 최소 신장 트리(Local Minimum Spanning Tree, LMST)를 사용하면 네트워크의 토폴로지를 트리 형태로 만들어 무선 노드 간의 연결성을 보장하면서도 무선 링크의 개수를 최소화할 수 있다.

[0004] 한편, 최근 연구되고 있는 기술인 협력 통신(cooperative communication)은 송신 노드가 수신 노드에게 데이터를 전송할 때 송신 노드 주변에 있는 협력 노드들의 도움을 받아 전송하는 기법을 말한다. 협력 통신에 의해 송신 노드와 협력 노드들은 동일한 데이터의 독립적인 사본을 수신 노드로 동시에 전송하여 수신 노드가 각각의 노드들로부터 수신한 신호들을 조합하여 디코딩할 수 있도록 한다. 이때 송신 노드의 전송 범위 내에서 1홉 거리에 있는 이웃 노드들이 협력 노드가 될 수 있다. 즉, 협력 통신을 통해 복수의 노드 각각에 구비된 안테나는 하나의 안테나 어레이를 형성하도록 함께 사용되는 것이다. 협력 통신의 사용으로 인해 강한 결합, 커버리지(coverage) 확장 및 전력 절감 등의 효과를 얻을 수 있으므로, 협력 통신은 토폴로지 제어, 브로드캐스팅 및 라우팅 등의 다양한 분야에 적용된다.

[0005] 기존의 토폴로지 제어 기법은 협력 통신 기술에 의해 전력 소비를 감소시키기 위해 제안되었다. 그러나 이러한 토폴로지 제어 기법은 초기 단계에서 강하게 결합된 네트워크 토폴로지가 주어졌을 때 적용 가능하다. 강하게 결합된 네트워크라 함은 모든 노드가 다른 노드에 도달할 수 있는 경로를 가지는 네트워크를 말한다. 그런데 무선 애드혹 네트워크는 무선 노드의 이동성, 낮은 노드 밀도 및 전력 소비의 제약 때문에 연결이 끊어질 가능성이 있다. 이와 관련하여 기존의 연구들은 협력 통신 기술이 단절된 네트워크 사이의 연결을 강화할 수 있다는 점을 제시하였으나, 협력 통신에 의한 커버리지 확장을 고려하여 연결성을 높이면서도 전송 전력을 감소시키는 토폴로지 제어 문제에 관하여는 명확한 결론이 내려지지 않았다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0006] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 무선 애드혹 네트워크 상에 위치하는 복수의 무선 노드들이 데이터 전송을 위해 소비하는 전송 전력을 감소시키고, 서로 일반 통신에 의해 데이터를 송수신할 수 없는 무선 노드들 사이에서 협력 통신이 가능하도록 하여 분리된 네트워크의 연결도를 높일 수 있는 무선 애드혹 네트워크의 토폴로지 제어장치 및 방법, 무선 애드혹 네트워크의 노드장치, 그리고 무선 애드혹 네트워크의 노드장치의 통신 링크 형성방법을 제공하는 데 있다.

[0007] 본 발명이 이루고자 하는 다른 기술적 과제는, 무선 애드혹 네트워크 상에 위치하는 복수의 무선 노드들이 데이터 전송을 위해 소비하는 전송 전력을 감소시키고, 서로 일반 통신에 의해 데이터를 송수신할 수 없는 무선 노드들 사이에서 협력 통신이 가능하도록 하여 분리된 네트워크의 연결도를 높일 수 있는 무선 애드혹 네트워크의 토폴로지 제어방법 및 무선 애드혹 네트워크의 노드장치의 통신 링크 형성방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 제공하는 데 있다.

과제 해결수단

[0008] 상기의 기술적 과제를 달성하기 위한, 본 발명에 따른 무선 애드혹 네트워크의 토폴로지 제어장치는, 무선 애드혹 네트워크 상에 위치하는 복수의 무선 노드들로부터 각각의 무선 노드의 위치정보 및 노드ID를 수신하는 노드 정보 수신부; 상기 무선 노드들 중에서 일반 통신 링크에 의해 연결되어 서로 데이터를 송수신할 수 있는 무선 노드들로 이루어진 복수의 클러스터를 생성하고, 각각의 클러스터에 속하는 무선 노드들의 노드ID 중에서 어느 하나를 해당 클러스터의 클러스터ID로 결정하여 동일한 클러스터에 속하는 무선 노드들로 전송하는 클러스터 생성부; 상기 무선 노드들 중에서 서로 다른 클러스터ID를 가지며 협력 통신에 의해 서로 데이터를 송수신할 수 있는 송신 노드 및 수신 노드의 사이에 복수의 협력 통신 링크를 생성하는 협력 통신 링크 생성부; 상기 복수의 협력 통신 링크 중에서 협력 통신을 수행하기 위한 평균 전송 전력을 기초로 최종 협력 통신 링크를 선택하고, 동일한 클러스터ID를 가지는 무선 노드들 간의 일반 통신 링크 중에서 일반 통신을 수행하기 위한 평균 전송 전

력을 기초로 최종 일반 통신 링크를 선택하는 링크 선택부; 및 상기 최종 협력 통신 링크와 상기 최종 일반 통신 링크로 이루어진 네트워크의 토폴로지를 결정하여 상기 무선 노드들로 전송하는 토폴로지 결정부;를 구비한다.

[0009] 상기의 다른 기술적 과제를 달성하기 위한, 본 발명에 따른 무선 애드혹 네트워크의 토폴로지 제어방법은, 무선 애드혹 네트워크 상에 위치하는 복수의 무선 노드로부터 각각의 무선 노드의 위치정보 및 노드ID를 수신하는 노드 정보 수신단계; 상기 무선 노드들 중에서 일반 통신 링크에 의해 연결되어 서로 데이터를 송수신할 수 있는 무선 노드들로 이루어진 복수의 클러스터를 생성하고, 각각의 클러스터에 속하는 무선 노드들의 노드ID 중에서 어느 하나를 해당 클러스터의 클러스터ID로 결정하여 동일한 클러스터에 속하는 무선 노드들로 전송하는 클러스터 생성단계; 상기 무선 노드들 중에서 서로 다른 클러스터ID를 가지며 협력 통신에 의해 서로 데이터를 송수신할 수 있는 송신 노드 및 수신 노드의 사이에 복수의 협력 통신 링크를 생성하는 협력 통신 링크 생성단계; 상기 복수의 협력 통신 링크 중에서 협력 통신을 수행하기 위한 평균 전송 전력을 기초로 최종 협력 통신 링크를 선택하고, 동일한 클러스터ID를 가지는 무선 노드들 간의 일반 통신 링크 중에서 일반 통신을 수행하기 위한 평균 전송 전력을 기초로 최종 일반 통신 링크를 선택하는 링크 선택단계; 및 상기 최종 협력 통신 링크와 상기 최종 일반 통신 링크로 이루어진 네트워크의 토폴로지를 결정하여 상기 무선 노드들로 전송하는 토폴로지 결정단계;를 갖는다.

[0010] 상기의 또 다른 기술적 과제를 달성하기 위한, 본 발명에 따른 무선 애드혹 네트워크의 노드장치는, 무선 애드혹 네트워크 상에 위치하여 데이터를 송수신하는 무선 노드로 동작하며, 상기 무선 애드혹 네트워크 상의 다른 무선 노드들과 통신을 수행하는 통신부; 상기 무선 노드들 중에서 일반 통신 링크를 통해 통신할 수 있는 일반 노드로부터 각각의 일반 노드의 위치정보 및 노드ID가 수신되면, 상기 노드ID 중에서 어느 하나를 상기 일반 노드와 함께 속하는 클러스터의 클러스터ID로 결정하는 클러스터 형성부; 상기 일반 노드를 협력 노드로 사용하는 협력 통신에 의해 상기 무선 노드들 중에서 상기 일반 노드를 제외한 각각의 수신 노드로 자신의 위치정보 및 노드ID와 상기 클러스터ID를 포함하는 협력 통신 요청 메시지를 상기 통신부를 통해 전송하는 협력 통신 요청부; 상기 협력 통신 요청 메시지를 수신한 상기 수신 노드로부터 상기 수신 노드의 위치정보 및 노드ID와 상기 수신 노드가 속하는 클러스터의 클러스터ID를 포함하는 협력 통신 응답 메시지가 수신되면 상기 수신 노드와의 협력 통신 링크를 생성하는 협력 통신 링크 생성부; 자신의 노드ID, 상기 수신 노드와 협력 통신을 수행하기 위한 전송 전력, 상기 수신 노드의 노드ID 및 상기 수신 노드가 속하는 클러스터의 클러스터ID를 포함하는 협력 통신 링크 정보를 상기 클러스터ID를 노드ID로 하는 클러스터 노드로 상기 통신부를 통해 전송하는 정보 전송부; 상기 협력 통신 링크 중에서 상기 클러스터 노드로부터 수신된 최종 협력 통신 링크 정보와 일치하는 최종 협력 통신 링크를 선택하고, 상기 일반 통신 링크 중에서 일반 통신 링크를 통해 일반 통신을 수행하기 위한 평균 전송 전력을 기초로 최종 일반 통신 링크를 선택하는 링크 선택부; 및 상기 최종 협력 통신 링크와 상기 최종 일반 통신 링크로 이루어진 네트워크의 부분 토폴로지를 결정하여 상기 무선 노드들로 전송하는 토폴로지 결정부;를 구비한다.

[0011] 상기의 또 다른 기술적 과제를 달성하기 위한, 본 발명에 따른 무선 애드혹 네트워크의 노드장치의 통신 링크 형성 방법은, 무선 애드혹 네트워크 상의 다른 무선 노드들 중에서 일반 통신 링크를 통해 통신할 수 있는 일반 노드로부터 각각의 일반 노드의 위치정보 및 노드ID가 수신되면, 상기 노드ID 중에서 어느 하나를 상기 일반 노드와 함께 속하는 클러스터의 클러스터ID로 결정하는 클러스터 형성단계; 상기 일반 노드를 협력 노드로 사용하는 협력 통신에 의해 상기 무선 노드들 중에서 상기 일반 노드를 제외한 각각의 수신 노드로 자신의 위치정보 및 노드ID와 상기 클러스터ID를 포함하는 협력 통신 요청 메시지를 전송하는 협력 통신 요청단계; 상기 협력 통신 요청 메시지를 수신한 상기 수신 노드로부터 상기 수신 노드의 위치정보 및 노드ID와 상기 수신 노드가 속하는 클러스터의 클러스터ID를 포함하는 협력 통신 응답 메시지가 수신되면 상기 수신 노드와의 협력 통신 링크를 생성하는 협력 통신 링크 생성단계; 자신의 노드ID, 상기 수신 노드와 협력 통신을 수행하기 위한 전송 전력, 상기 수신 노드의 노드ID 및 상기 수신 노드가 속하는 클러스터의 클러스터ID를 포함하는 협력 통신 링크 정보를 상기 일반 노드 중에서 상기 클러스터ID를 노드ID로 하는 클러스터 노드로 전송하는 정보 전송단계; 상기 협력 통신 링크 중에서 상기 클러스터 노드로부터 수신된 최종 협력 통신 링크 정보와 일치하는 최종 협력 통신 링크를 선택하고, 상기 일반 통신 링크 중에서 일반 통신을 수행하기 위한 평균 전송 전력을 기초로 일반 통신 링크를 선택하는 링크 선택단계; 및 상기 최종 협력 통신 링크와 상기 최종 일반 통신 링크로 이루어진 네트워크의 부분 토폴로지를 결정하여 상기 무선 노드들로 전송하는 토폴로지 결정단계;를 갖는다.

효 과

[0012] 본 발명에 따른 무선 애드혹 네트워크의 토폴로지 제어장치 및 방법, 무선 애드혹 네트워크의 노드장치, 그리고 무선 애드혹 네트워크의 노드장치의 통신 링크 형성방법에 의하면, 일반 통신에 의해 서로 데이터를 송수신할 수 없어 분리된 네트워크를 형성하는 복수의 무선 노드 사이에 협력 통신 링크를 생성함으로써, 네트워크의 연결도를 높일 수 있다. 또한 송신 노드와 일반 통신을 수행할 수 있는 무선 노드들 중에서 협력 통신에 사용되는 최적의 개수의 협력 노드를 선택함으로써, 협력 통신에 사용되는 전송 전력을 감소시켜 통신의 효율성을 높일 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0013] 이하에서 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 무선 애드혹 네트워크의 토폴로지 제어장치 및 방법, 무선 애드혹 네트워크의 노드장치, 그리고 무선 애드혹 네트워크의 노드장치의 통신 링크 형성방법의 바람직한 실시예에 대해 상세하게 설명한다.

[0014] 도 1은 본 발명에 따른 무선 애드혹 네트워크의 토폴로지 제어장치에 대한 바람직한 제1실시예의 구성을 도시한 블록도이다.

[0015] 도 1을 참조하면, 무선 애드혹 네트워크의 토폴로지 제어장치의 제1실시예는, 노드 정보 수신부(110), 클러스터 생성부(120), 협력 통신 링크 생성부(130), 링크 선택부(140) 및 토폴로지 결정부(150)를 구비한다. 또한 본 발명에 따른 무선 애드혹 네트워크의 토폴로지 제어장치는 무선 애드혹 네트워크 상의 무선 노드들과 통신하는 별도의 장치로 구현될 수도 있고, 어느 하나의 무선 노드 내에 구비될 수도 있다.

[0016] 노드 정보 수신부(110)는 무선 애드혹 네트워크 상에 위치하는 복수의 무선 노드로부터 각각의 무선 노드의 위치정보 및 노드ID를 수신한다.

[0017] 무선 애드혹 네트워크 상에는 인프라 구조 없이 서로 단일 또는 멀티 홉으로 무선 통신을 수행하는 복수의 무선 노드들이 위치하고 있다. 이러한 무선 노드들이 서로 통신할 수 있도록 네트워크 토폴로지를 결정하기 위해서는 각각의 무선 노드들에 관한 정보를 알아야 한다. 따라서 노드 정보 수신부(110)는 무선 애드혹 네트워크 상의 모든 무선 노드들로부터 각각의 무선 노드의 위치정보 및 무선 노드의 고유한 식별코드인 노드ID를 수신한다. 이러한 정보들은 네트워크 토폴로지 결정에 사용된다.

[0018] 클러스터 생성부(120)는 무선 노드들 중에서 일반 통신 링크에 의해 연결되어 서로 데이터를 송수신할 수 있는 무선 노드들로 이루어진 복수의 클러스터를 생성하고, 각각의 클러스터에 속하는 무선 노드들의 노드ID 중에서 어느 하나를 해당 클러스터의 클러스터ID로 결정하여 동일한 클러스터에 속하는 무선 노드들로 전송한다.

[0019] 클러스터는 서로 일반 통신을 수행하여 데이터를 송수신할 수 있는 무선 노드들의 집합을 말한다. 따라서 동일한 무선 애드혹 네트워크 상에 위치하는 무선 노드들이어도 서로 일반 통신을 수행할 수 없는 경우에는 동일한 클러스터를 형성하지 못하며, 하나의 무선 애드혹 네트워크 상에 복수의 클러스터가 생성될 수 있다. 또한 서로 다른 클러스터에 포함된 무선 노드들은 서로 일반 통신에 의해 데이터를 주고받을 수 없으므로 네트워크가 분리되는 현상이 발생하게 된다. 이때 서로 다른 클러스터에 포함된 무선 노드들 간에 데이터를 송수신할 수 있도록 하는 수단이 협력 통신이다.

[0020] 송신 노드가 수신 노드에게 데이터를 전송할 때 송신 노드의 주변에 있는 무선 노드들을 협력 노드는 분리된 네트워크, 즉 무선 노드들이 일반 통신 링크로 연결될 수 없는 경우에 사용될 수 있다. 도 2a 내지 도 2c는 무선 애드혹 네트워크 상에 위치하는 복수의 무선 노드를 도시한 도면이다.

[0021] 도 2a를 참조하면, 노드 A 내지 노드 C는 모두 서로의 전송 범위 안에 위치하므로 일반 통신 링크에 의해 연결되어 데이터를 전송할 수 있다. 그러나 노드 D 및 노드 E는 노드 A 내지 노드 C의 전송 범위 밖에 위치하므로 노드 A 내지 노드 C는 노드 D 및 노드 E와는 일반 통신에 의해 데이터를 전송할 수 없다. 따라서 네트워크가 분리되는 현상이 발생하며, 노드 A 내지 노드 C가 하나의 클러스터를 형성하고, 노드 D 및 노드 E가 또 다른 하나의 클러스터를 형성하게 된다. 이와 같이 클러스터는 서로 일반 통신 링크에 의해 연결되어 데이터를 주고 받을 수 있는 무선 노드들의 집합을 말한다.

[0022] 협력 통신은 이와 같이 서로 다른 클러스터에 속하는 무선 노드들 사이에서 데이터가 송수신될 수 있도록 하기 위해 사용된다. 협력 통신을 위해서는 데이터를 송신하는 송신 노드와 데이터를 수신하는 수신 노드 외에 송신 노드의 데이터 송신을 돕기 위한 협력 노드들이 필요하다. 도 2b를 참조하면, 송신 노드인 노드 A가 수신 노드인 노드 D로 데이터를 전송하고자 하는 경우, 노드 A와 노드 D는 서로 다른 클러스터에 속하기 때문에 일반 통신에 의해서는 데이터를 전송할 수 없다. 따라서 노드 A는 노드 D와 통신하기 위해 첫 번째 타임 슬롯(time

slot) t1에서 노드 B 및 노드 C에 대해 협력 통신에 참여할 것을 요청한다. 노드 B와 노드 C가 협력통신에 참여하는 경우, 두 번째 타임 슬롯 t2에서 노드 A 내지 노드 C가 동시에 같은 데이터를 노드 D로 전송하면 전송 전력이 커져서 전송 범위가 넓어지므로 데이터가 노드 D로 전달될 수 있다. 도 2c를 참조하면, 노드 B 및 노드 C가 협력 노드로 동작함에 따라 노드 A의 데이터 전송 범위가 노드 D를 포함하도록 넓어지게 된다. 즉, 협력 통신을 사용하면 일반 통신으로는 데이터를 전송할 수 없어 서로 분리된 네트워크를 연결할 수 있다.

[0023] 클러스터 생성부(120)가 무선 애드혹 네트워크 상의 무선 노드들을 복수의 클러스터로 분류하기 위해서는 무선 노드 사이에서 일반 통신이 이루어질 수 있는지 여부를 판단하여야 한다. 두 무선 노드 사이에서 일반 통신이 가능한지 여부는 다음과 같이 판단할 수 있다. 먼저 각각의 무선 노드는 동일한 최대 전송 전력 제한인 P_{MAX} 를 가지고 있다고 가정한다. 이때 송신 노드 i가 수신 노드 j와 일반 통신을 하기 위해서는 다음의 수학적 식 1을 만족하여야 한다.

수학적 식 1

$$P_i(d_{ij})^{-\alpha} \geq \tau \quad (P_i \leq P_{MAX})$$

[0024] 여기서, P_i 는 송신 노드 i의 전송 전력, d_{ij} 는 송신 노드 i와 수신 노드 j 사이의 거리, α 는 경로 손실 지수(path loss exponent), 그리고 τ 는 수신 노드에서 수신한 데이터를 디코딩하기 위한 최소 평균 잡음비(Signal-to-Noise Ratio, SNR)이다.

[0025] 여기서, P_i 는 송신 노드 i의 전송 전력, d_{ij} 는 송신 노드 i와 수신 노드 j 사이의 거리, α 는 경로 손실 지수(path loss exponent), 그리고 τ 는 수신 노드에서 수신한 데이터를 디코딩하기 위한 최소 평균 잡음비(Signal-to-Noise Ratio, SNR)이다.

[0026] 클러스터 생성부(120)는 위 수학적 식 1에 의해 일반 통신 링크에 의해 서로 연결되어 데이터를 송수신할 수 있는 무선 노드들이 동일한 클러스터에 속하도록 하여 무선 애드혹 네트워크 상에 복수의 클러스터를 생성한다.

[0027] 도 3은 무선 애드혹 네트워크 상에 생성된 복수의 클러스터를 도시한 도면이다. 도 3을 참조하면, 각 클러스터에는 일반 통신 링크에 의해 서로 연결된 무선 노드들이 포함되어 있으며, 어떤 노드와도 일반 통신을 수행할 수 없는 무선 노드는 단독으로 클러스터를 형성하게 된다. 다만, 한 개의 무선 노드를 포함하는 클러스터의 경우는 협력 통신을 수행할 수 있는 협력 노드를 가지고 있지 않으므로 뒤에서 설명할 협력 통신 링크의 생성 과정에서 제외된다.

[0028] 다음으로 클러스터 생성부(120)는 동일한 클러스터에 속하는 무선 노드들에 대하여 클러스터ID를 부여한다. 클러스터ID는 동일한 클러스터에 속하는 무선 노드들의 노드ID 중에서 하나로 결정될 수 있으며, 가장 큰 값을 가지는 노드ID가 해당 클러스터의 클러스터ID로 결정되도록 하는 것이 바람직하다. 클러스터ID는 무선 노드가 데이터를 전송할 때 노드ID와 함께 전송된다. 따라서 각각의 무선 노드는 자신이 수신한 데이터가 동일 클러스터에 속하는 무선 노드로부터 일반 통신에 의해 전송된 것인지 다른 클러스터에 속하는 무선 노드로부터 협력 통신에 의해 전송된 것인지 여부를 알 수 있다.

[0029] 협력 통신 링크 생성부(130)는 서로 다른 클러스터ID를 가지며 협력 통신에 의해 서로 데이터를 송수신할 수 있는 송신 노드 및 수신 노드의 사이에 복수의 협력 통신 링크를 생성한다.

[0030] 앞에서 무선 노드들 사이에 일반 통신의 가능 여부를 판단할 때와 마찬가지로, 서로 다른 클러스터ID를 가지는 무선 노드들이 협력 통신에 의하여 데이터를 송수신할 수 있는지를 판단하기 위해서 무선 노드 간의 거리정보가 사용된다. 각각의 무선 노드의 위치정보로부터 거리정보를 산출할 수 있다.

[0031] 송신 노드와 송신 노드의 전송 반경 내에 있는 하나 이상의 협력 노드가 협력 통신을 사용하여 동시에 송신 노드의 데이터를 수신 노드로 전송하면 수신 노드는 각 노드가 전송한 신호를 하나의 신호로 합쳐서 디코딩할 수 있다. 송신 노드와 협력 노드들이 전송한 데이터를 수신 노드에서 성공적으로 디코딩하기 위해서는 다음의 수학적 식 2를 만족하여야 한다.

수학적 식 2

$$\sum_{i \in \Omega} P_i(d_{ij})^{-\alpha} \geq \tau \quad (P_i \leq P_{MAX})$$

[0032] 여기서, Ω 는 송신 노드와 협력 노드를 포함하는 노드 집합, P_i 는 노드 집합에 속하는 노드들 중에서 노드 i의 전송 전력, d_{ij} 는 노드 i와 수신 노드 j 사이의 거리, α 는 경로 손실 지수, 그리고 τ 는 수신 노드에서 수신한 데이터를 디코딩하기 위한 최소 평균 잡음비이다.

[0033] 여기서, Ω 는 송신 노드와 협력 노드를 포함하는 노드 집합, P_i 는 노드 집합에 속하는 노드들 중에서 노드 i의 전송 전력, d_{ij} 는 노드 i와 수신 노드 j 사이의 거리, α 는 경로 손실 지수, 그리고 τ 는 수신 노드에서 수신한 데이터를 디코딩하기 위한 최소 평균 잡음비이다.

- [0034] 협력 통신 링크 생성부(130)는 클러스터ID가 서로 다른 두 개의 무선 노드 사이에서 위 수학식 2에 의해 협력 통신이 수행될 수 있다고 판단되는 경우에는 해당 무선 노드들을 각각 송신 노드와 수신 노드로 하는 협력 통신 링크를 생성한다. 도 4에는 서로 다른 클러스터에 속하는 무선 노드들 사이에서 생성된 복수의 협력 통신 링크가 도시되어 있다.
- [0035] 서로 다른 클러스터ID를 가지는 송신 노드와 수신 노드 사이에 협력 통신 링크를 생성할 때, 송신 노드와 일반 통신을 수행할 수 있는 모든 무선 노드들을 협력 통신을 위한 협력 노드들로 결정하여 송신 노드 및 모든 협력 노드가 수신 노드로 데이터를 전송하게 되면 노드들의 전력 소비가 커지게 된다. 즉, 협력 노드의 개수가 증가하면 협력 통신 링크의 생성을 위해 요구되는 각 노드의 전송 전력은 감소하지만, 협력 노드가 송신 노드로부터 멀리 떨어져 있는 경우에는 송신 노드와 협력 노드 사이의 일반 통신을 위한 전송 전력이 증가하여 오히려 협력 통신을 위한 전송 전력보다 커지게 될 수 있다.
- [0036] 도 5a 및 도 5b는 송신 노드, 협력 노드 및 수신 노드 사이의 거리에 따른 전송 전력의 차이를 비교하기 위한 도면이다. 도 5a를 참조하면, 수신 노드가 송신 노드로부터 멀리 떨어져 있기 때문에 송신 노드는 주변에 위치하는 모든 무선 노드들을 협력 노드로 사용하여 최대의 전력으로 데이터를 전송하여야 한다. 그러나 협력 노드와 송신 노드와의 거리가 가까기 때문에 송신 노드가 협력 노드로 데이터를 전송할 때에는 최대 전력을 사용할 필요가 없다. 즉, 협력 통신 링크의 유지를 위한 송신 노드의 전송 전력이 협력 노드와의 일반 통신 링크의 유지를 위한 전송 전력보다 더 크게 된다. 이와 같이 협력 노드가 송신 노드로부터 가까이 위치하는 경우에는 협력 노드의 개수가 늘어날수록 전송 전력을 감소시킬 수 있다.
- [0037] 반면 도 5b를 참조하면, 도 5a와 비교하여 수신 노드와 송신 노드 사이의 거리가 짧아지고 송신 노드 주변의 협력 노드들 중에서 협력 노드 B와 송신 노드 사이의 거리가 길어진 것을 확인할 수 있다. 이러한 경우 송신 노드는 협력 노드 B와 일반 통신 링크를 유지하기 위해 최대 전송 전력을 사용하여야 하므로 수신 노드와의 협력 통신 링크의 유지를 위한 전송 전력보다 더 많은 전력을 소비하게 된다. 따라서 송신 노드의 데이터 전송 범위 내에 위치하는 모든 무선 노드를 협력 노드로 선택하기보다 송신 노드와 협력 노드 사이의 일반 통신을 위한 전송 전력 및 수신 노드와의 협력 통신을 위한 전송 전력을 모두 고려하여 최적의 협력 노드 조합을 선택할 필요성이 있다.
- [0038] 최적의 협력 노드 조합을 선택하기 위해서 두 가지 방법이 사용될 수 있다. 먼저 도 1에 도시된 본 발명에 따른 토폴로지 제어 장치의 제1실시예를 참조하면, 협력 통신 링크 생성부(130)는 무선 노드 집합 생성부(132), 전송 전력 산출부(134) 및 협력 노드 집합 결정부(136)를 구비한다.
- [0039] 무선 노드 집합 생성부(132)는 각각의 협력 통신 링크에 대하여 협력 통신 링크를 통해 수신 노드와 연결된 송신 노드와 일반 통신을 수행할 수 있는 무선 노드들을 조합하여 복수의 무선 노드 집합을 생성한다. 이때 송신 노드와 일반 통신을 수행할 수 있는 무선 노드라 함은, 송신 노드와 1홉 거리에 위치하여 일반통신에 의해 송신 노드와 직접 데이터를 송수신할 수 있는 무선 노드를 말한다.
- [0040] 앞에서 설명한 바와 같이 협력 통신 링크는 서로 다른 클러스터에 속하는 두 개의 무선 노드를 서로 연결하는 통신 링크를 말한다. 협력 통신 링크에 의해 연결된 두 개의 무선 노드 중에서 데이터를 전송하는 무선 노드가 송신 노드, 데이터를 수신하는 무선 노드가 수신 노드이다. 송신 노드와 수신 노드는 데이터의 전송 방향에 따라 서로 뒤바뀔 수 있다. 협력 노드는 송신 노드와 일반 통신을 수행할 수 있는 무선 노드들 중에서 선택되는 것이다. 이하에서는 협력 통신 링크를 따라 데이터가 일방향으로만 전송되는 경우를 가정하여 설명한다.
- [0041] 무선 노드 집합은 무선 노드를 한 개도 포함하지 않은 공집합이거나 송신 노드와 일반 통신을 수행할 수 있는 무선 노드들 중 어느 하나를 포함할 수도 있고, 송신 노드와 일반 통신을 수행할 수 있는 모든 무선 노드를 포함할 수도 있다. 즉, 복수의 무선 노드들 중에서 0개 내지 전체를 선택하여 가능한 모든 개수의 무선 노드 집합을 생성하는 것이다. 이와 같이 생성된 복수의 무선 노드 집합 중에서 송신 노드와 수신 노드 사이의 협력 통신을 위한 협력 노드로 동작할 수 있는 무선 노드 집합이 선택된다.
- [0042] 전송 전력 산출부(134)는 각각의 무선 노드 집합에 대하여 송신 노드로부터의 거리가 가장 먼 무선 노드와 일반 통신을 수행하기 위한 송신 노드의 전송 전력인 일반 전송 전력 및 무선 노드 집합에 속하는 무선 노드들을 협력 노드로 하여 수신 노드와 협력 통신을 수행하기 위한 송신 노드의 전송 전력인 협력 전송 전력을 산출한다.
- [0043] 무선 노드 집합 생성부(132)에 의해 생성된 무선 노드 집합들 중에서 수신 노드와의 협력 통신에 사용할 수 있는 집합을 선택하는 기준으로 전송 전력 산출부(134)는 송신 노드의 전송 전력을 산출한다. 이와 같이 무선 노드 집합에 포함된 무선 노드의 전송 전력을 산출하지 않고 송신 노드의 전송 전력만을 기초로 협력 노드를 선택

하는 이유는 송신 노드의 전송 전력이 감소하면 동일한 무선 노드 집합에 속하는 무선 노드의 전송 전력도 감소하는 효과를 얻을 수 있으며, 계산 과정을 간소화할 수 있기 때문이다.

[0044] 먼저 무선 노드 집합에 대한 일반 전송 전력은 무선 노드 집합에 속하는 무선 노드들 중에서 송신 노드로부터의 거리가 가장 먼 무선 노드와 송신 노드 사이의 일반 통신 링크를 유지하기 위한 송신 노드의 전송 전력을 말하는 것으로, 다음의 수학적 식 3에 의해 산출된다.

수학적 식 3

$$\omega_d(u, H(u)) = \frac{\tau}{(\max_{j \in H(u)} d_{uj})^{-\alpha}}$$

[0045]

[0046] 여기서, $\omega_d(u, H(u))$ 는 무선 노드 집합 $H(u)$ 에 대한 송신 노드 u 의 일반 전송 전력, τ 는 수신 노드에서 수신한 데이터를 디코딩하기 위한 최소 평균 잡음비, α 는 경로 손실 지수, 그리고 d_{uj} 는 송신 노드 u 와 무선 노드 집합 $H(u)$ 에 속하는 무선 노드 j 사이의 거리이다.

[0047] 다음으로 무선 노드 집합에 대한 협력 전송 전력은 송신 노드가 하나의 무선 노드 집합에 속하는 무선 노드들을 모두 협력 노드로 하여 수신 노드와 협력 통신을 수행하기 위한 전송 전력을 말하며, 다음의 수학적 식 4에 의해 산출된다.

수학적 식 4

$$\omega_c(u, v, H(u)) = \frac{\tau}{\sum_{i \in \Omega} (d_{iv})^{-\alpha}}$$

[0048]

[0049] 여기서, $\omega_c(u, v, H(u))$ 는 송신 노드 u 가 무선 노드 집합 $H(u)$ 에 속하는 무선 노드들을 협력 노드로 하여 수신 노드 v 와 협력 통신을 수행하기 위한 송신 노드 u 의 협력 전송 전력, τ 는 수신 노드 v 에서 수신한 데이터를 디코딩하기 위한 최소 평균 잡음비, α 는 경로 손실 지수, Ω 는 송신 노드와 무선 노드 집합 $H(u)$ 를 모두 포함하는 집합, 그리고 d_{iv} 는 집합 Ω 에 속하는 노드 i 와 수신 노드 v 사이의 거리이다.

[0050] 위 수학적 식 3 및 수학적 식 4에 의해 복수의 무선 노드 집합 각각에 대한 일반 전송 전력 및 협력 전송 전력이 모두 산출되며, 이 두 개의 전송 전력 값을 기초로 송신 노드와 수신 노드 사이의 협력 통신에 사용될 무선 노드 집합이 결정된다.

[0051] 협력 노드 집합 결정부(136)는 복수의 무선 노드 집합 중에서 일반 전송 전력과 협력 전송 전력 중 큰 값을 가지는 전송 전력을 최소로 하는 무선 노드 집합을 송신 노드와 수신 노드 간의 협력 통신에 사용되는 협력 노드 집합으로 결정한다.

[0052] 앞서서도 설명한 바와 같이 클러스터 내의 하나의 송신 노드에 대하여 생성된 복수의 무선 노드 집합은 각각 일반 전송 전력 및 협력 전송 전력의 두 개의 값을 가지고 있다. 이 중에서 더 큰 값이 해당 무선 노드 집합을 대표하는 전송 전력이 된다. 송신 노드가 해당 무선 노드 집합에 포함된 무선 노드들을 모두 협력 노드로 하여 수신 노드와 협력 통신을 수행하는 경우에 소비하게 되는 최대의 전송 전력이기 때문이다. 협력 노드 집합 결정부(136)는 이렇게 무선 노드 집합을 대표하는 전송 전력의 값을 최소화할 수 있도록 협력 노드 집합을 결정하게 된다.

[0053] 다만, 위 수학적 식 3 및 수학적 식 4는 하나의 협력 통신 링크로 연결되어 있는 송신 노드와 수신 노드 중에서 송신 노드가 협력 통신을 사용하여 수신 노드로 데이터를 전송할 때 사용되는 전송 전력만을 감안한 것이다. 보다 정확한 전송 전력의 산출을 위해서는 양방향 협력 통신, 즉 송신 노드가 협력 통신에 의해 수신 노드로부터 데이터를 전송받을 때 수신 노드가 사용하게 되는 전송 전력을 산출하여 송신 노드의 전송 전력과의 평균값을 사용할 수 있다.

[0054] 이상에서 도 1에 도시된 본 발명에 따른 토폴로지 제어 장치의 제1실시예에 따라 최적의 협력 노드 집합을 선택하는 과정에 관하여 설명하였다. 그러나 이러한 방법에서는 복수의 무선 노드 집합 중에서 최적의 협력 노드 집합을 결정하기 위해 모든 무선 노드 집합에 대한 일반 전송 전력 및 협력 전송 전력을 산출하여 그 값들을 비교

하여야 하므로 송신 노드와 일반 통신을 수행할 수 있는 무선 노드의 개수가 증가할수록 계산의 복잡도가 기하급수적으로 증가할 수 있다는 문제가 있다. 따라서 계산 과정의 간소화를 통하여 협력 노드 집합을 신속하게 결정할 수 있는 방법에 관하여 설명한다.

[0055] 도 6은 본 발명에 따른 무선 애드혹 네트워크의 토폴로지 제어 장치에 관한 바람직한 제2실시예의 구성을 도시한 블록도이다.

[0056] 도 6을 참조하면, 본 발명에 따른 토폴로지 제어 장치의 제2실시예에는 도 1에 도시된 토폴로지 제어 장치의 제1실시예와 다른 구성요소는 동일하게 구비되어 있으나, 협력 통신 링크 생성부(130)의 구성이 상이한 것을 확인할 수 있다. 본 발명에 따른 토폴로지 제어 장치의 제2실시예에서 협력 통신 링크 생성부(130)는 최적의 협력 노드 집합을 결정하기 위해 전력 이득 산출부(232), 전력 비용 산출부(234) 및 협력 노드 집합 결정부(236)를 구비한다.

[0057] 전력 이득 산출부(232)는 각각의 협력 통신 링크에 대하여 수신 노드와 일반 통신을 수행하기 위한 송신 노드의 전송 전력과 송신 노드와 일반 통신을 수행할 수 있는 무선 노드 중 하나를 협력 노드로 하여 수신 노드와 협력 통신을 수행하기 위한 송신 노드의 전송 전력의 차이인 전력 이득을 송신 노드와 일반 통신을 수행할 수 있는 복수의 무선 노드 각각에 대하여 산출한다.

[0058] 전력 이득은, 간략하게 설명하면, 송신 노드가 하나의 이웃 노드를 협력 노드로 하여 수신 노드와 협력 통신을 수행할 때 수신 노드와 일반 통신을 수행하는 경우에 비하여 얻을 수 있는 이득을 말한다. 전력 이득은 다음의 수학식 5에 의해 산출될 수 있다.

수학식 5

$$b_i = P_d(u, v) - P_c(u+i, v) = (d_{uv})^{-\alpha} - \frac{1}{\sum_{\Omega \in u, i} (d_{\Omega v})^{-\alpha}}$$

[0059]

[0060] 여기서, b_i 는 무선 노드 i 에 대한 송신 노드의 전력 이득, $P_d(u, v)$ 는 수신 노드 v 와의 일반 통신을 위한 송신 노드 u 의 전송 전력, $P_c(u+i, v)$ 는 송신 노드 u 가 무선 노드 i 를 협력 노드로 하여 수신 노드 v 와 협력 통신을 수행하기 위한 송신 노드 u 의 전송 전력, α 는 경로 손실 지수, d_{uv} 는 송신 노드 u 와 수신 노드 v 사이의 거리, Ω 는 송신 노드 u 또는 무선 노드 i 중에서 어느 하나의 노드, 그리고 $d_{\Omega v}$ 는 노드 Ω 와 수신 노드 v 사이의 거리이다.

[0061] 다음으로 전력 비용 산출부(234)는 송신 노드와 일반 통신을 수행할 수 있는 각각의 무선 노드에 대하여 무선 노드와 일반 통신을 수행하기 위한 송신 노드의 전송 전력인 전력 비용을 산출한다.

[0062] 전력 비용은 송신 노드와 무선 노드 사이의 일반 통신을 위한 송신 노드의 전송 전력이므로, 수학식 1에 나타난 바와 같이 다음의 수학식 6에 의해 산출된다.

수학식 6

$$c_i = P_d(u, i) = (d_{ui})^{-\alpha}$$

[0063]

[0064] 여기서, c_i 는 무선 노드 i 에 대한 송신 노드의 전력 비용, $P_d(u, i)$ 는 무선 노드 i 와의 일반 통신을 위한 송신 노드 u 의 전송 전력, α 는 경로 손실 지수, 그리고 d_{ui} 는 송신 노드 u 와 무선 노드 i 사이의 거리이다.

[0065] 협력 노드 집합 결정부(236)는 송신 노드와 일반 통신을 수행할 수 있는 무선 노드 중에서 전력 비용에 대한 전력 이득의 비가 최대인 무선 노드로부터 순차적으로 송신 노드와 수신 노드 간의 협력 통신을 위한 협력 노드로 추가하여 협력 통신을 위한 송신 노드의 전송 전력 값을 최소로 하는 무선 노드들의 집합을 송신 노드와 수신 노드 간의 협력 통신에 사용되는 협력 노드 집합으로 결정한다.

[0066] 송신 노드와 일반 통신을 수행할 수 있는 무선 노드가 송신 노드의 협력 통신에 사용되는 협력 노드로 동작하기 위해서는 송신 노드가 무선 노드를 협력 노드로 하여 협력 통신을 수행할 때의 전력 이득과 송신 노드가 무선 노드와 일반 통신을 수행할 때의 전력 비용을 다른 무선 노드들과 서로 비교할 필요성이 있다. 즉, 송신 노드가 무선 노드를 협력 노드로 사용하기 위해 무선 노드와 일반 통신 링크를 유지하면서 협력 통신을 수행할 전송 전

력상의 이득을 가져야 하는 것이다.

- [0067] 협력 노드 집합 결정부(236)는 송신 노드와 일반 통신을 수행할 수 있는 무선 노드들 중에서 송신 노드의 협력 통신에 사용될 협력 노드를 선택하기 위해 먼저 공집합인 협력 노드 집합을 생성한다. 다음으로 복수의 무선 노드 중에서 전력 비용에 대한 전력 이득의 비, 즉 수학적 5 및 수학적 6으로부터 산출되는 b_i/c_i 값이 가장 큰 무선 노드부터 순차적으로 협력 노드 집합에 포함시킨다.
- [0068] 무선 노드를 하나씩 협력 노드 집합에 포함시킬 때마다 협력 노드 집합 결정부(236)는 현재 협력 노드 집합에 포함된 무선 노드를 협력 노드로 하여 송신 노드가 협력 통신에 의해 수신 노드로 데이터를 전송할 수 있는지, 즉 수학적 2의 협력 통신 수행 조건을 만족하는지 여부를 검토한다. 현재 협력 노드 집합에 포함된 모든 무선 노드를 협력 노드로 하여도 수학적 2를 만족시키지 못하는 경우에는 남아 있는 무선 노드들 중에서 b_i/c_i 값이 최대인 무선 노드를 다시 협력 노드 집합에 추가한다.
- [0069] 현재 협력 노드 집합에 포함된 무선 노드를 모두 협력 노드로 사용하여 송신 노드가 수신 노드로 데이터를 전송할 수 있게 되면, 협력 노드 집합 결정부(236)는 현재 협력 노드 집합이 다음의 조건을 만족하는지 검토한다. 만약 현재 협력 노드 집합에 무선 노드를 하나 더 추가시킬 경우 수신 노드와의 협력 통신을 위한 송신 노드의 전송 전력이 증가하게 되면 무선 노드를 추가시키지 않고 현재 협력 노드 집합을 최종적인 협력 노드 집합으로 결정하여 출력한다. 그러나 현재 협력 노드 집합에 무선 노드가 하나 더 추가됨으로써 협력 통신을 위한 송신 노드의 전송 전력이 감소하게 되면 해당 무선 노드를 협력 노드 집합에 추가한다. 협력 노드 집합 결정부(236)에 의해 최종적으로 결정되는 협력 노드 집합은 협력 통신에 사용되는 송신 노드의 전송 전력을 최소화할 수 있는 최적의 집합이어야 하기 때문이다.
- [0070] 이와 같이 협력 통신 링크 생성부(130)는 도 1에 도시된 본 발명의 제1실시예에 따라 복수의 무선 노드 집합 중에서 최적의 협력 노드 집합을 결정할 수도 있고, 계산량을 감소시키기 위해 도 6에 도시된 본 발명의 제2실시예에 따라 전력 비용에 대한 전력 이득의 비가 최대인 무선 노드부터 순차적으로 협력 노드로 추가하여 최적의 협력 노드 집합을 결정할 수도 있다. 최종적으로 도 4에 도시된 각각의 협력 통신 링크를 통해 연결된 두 개의 노드가 각각 송신 노드로 동작할 때 해당 송신 노드에 대한 최적의 협력 노드 집합이 얻어지게 된다.
- [0071] 그런데 도 4에 도시된 복수의 협력 통신 링크를 살펴보면, 두 개의 클러스터를 연결하는 복수의 협력 통신 링크가 존재하는 것을 알 수 있다. 협력 통신 링크는 일반 통신에 의해 데이터를 전송할 수 없어 분리된 네트워크를 형성하는 클러스터를 서로 연결하는 기능을 수행하므로, 두 개의 클러스터 사이에 복수의 협력 통신 링크가 존재할 필요가 없다. 또한 협력 통신 링크의 개수를 최소화함으로써 데이터의 전송을 위한 송신 노드 및 협력 노드의 전송 전력을 최소화시킬 필요가 있다. 예를 들면, 클러스터 A에 속하는 노드 a가 클러스터 B에 속하는 노드 b로 데이터를 전송하고자 할 경우에, 노드 a와 노드 b가 직접 협력 통신 링크에 의해 연결되어 있지 않더라도 노드 a는 자신과 일반 통신을 수행할 수 있으며 노드 b와 협력 통신 링크에 의해 연결된 노드 c에게 일반 통신을 통해 데이터를 전송하여 노드 c가 협력 통신에 의해 노드 b로 데이터를 전송하도록 할 수 있다.
- [0072] 동일 클러스터 내의 무선 노드들을 서로 연결하는 일반 통신 링크의 경우에도 마찬가지로, 모든 노드가 직접 일반 통신 링크에 의해 연결될 필요는 없을 것이다. 위의 예에서, 노드 a와 노드 c가 직접 일반 통신 링크에 의해 연결되어 있지 않더라도, 노드 a 및 노드 c와 동일한 클러스터ID를 가지며 노드 a 및 노드 c와 각각 일반 통신 링크를 통해 연결된 노드 d를 통해 노드 a는 노드 c로 데이터를 전송할 수 있다. 따라서 불필요한 협력 통신 링크 또는 일반 통신 링크를 제거함으로써 각 무선 노드가 최소의 전송 전력을 사용하여 데이터를 전송할 수 있게 할 필요가 있다.
- [0073] 링크 선택부(140)는 복수의 협력 통신 링크 중에서 협력 통신을 수행하기 위한 평균 전송 전력을 기초로 최종 협력 통신 링크를 선택하고, 동일한 클러스터ID를 가지는 무선 노드들 간의 일반 통신 링크 중에서 일반 통신을 수행하기 위한 평균 전송 전력을 기초로 최종 일반 통신 링크를 선택한다.
- [0074] 평균 전송 전력이 작은 통신 링크일수록 송신 노드가 협력 통신 및 일반 통신을 수행할 때 전력 소비를 감소시킬 수 있다. 따라서 링크 선택부(140)는 평균 전송 전력을 기초로 하여 모든 클러스터를 서로 연결할 수 있는 최종 협력 통신 링크와 클러스터 내에서 모든 무선 노드를 서로 연결할 수 있는 최종 일반 통신 링크를 선택한다. 이와 같이 최종 협력 통신 링크 및 최종 일반 통신 링크를 선택할 때 사용될 수 있는 가장 바람직한 방법이 최소 신장 트리(Minimum Spanning Tree : MST) 알고리즘이다.
- [0075] 링크 선택부(140)는 먼저 복수의 협력 통신 링크들에 대해 협력 통신 링크를 유지하기 위한 평균 전력을 가중치

로 하는 최소 신장 트리 알고리즘을 적용하여 최종 협력 통신 링크를 선택한다.

- [0076] 최소 신장 트리는 복수의 노드를 연결하는 간선이 각각 가중치를 가지며, 간선의 방향성이 없는 신장 트리(Spanning Tree)에서 간선의 가중치의 합이 가장 작은 트리를 말한다. 이를 도 4에 도시된 것과 같은 복수의 협력 통신 링크에 적용하면, 각각의 클러스터가 신장 트리의 노드가 되고, 협력 통신 링크가 신장 트리의 간선이 된다. 협력 통신 링크에 의해 연결된 두 개의 노드는 송신 노드 또는 수신 노드로 동작할 수 있으므로 방향성을 가지지 않는다. 또한 최소 신장 트리 알고리즘을 적용하기 위한 협력 통신 링크의 가중치는 협력 통신 링크에 의해 연결된 두 개의 노드가 각각 송신 노드로 동작할 때 해당 협력 통신 링크를 통해 협력 통신을 수행하기 위한 평균 전송 전력이다. 예를 들면, 클러스터 A에 속하는 무선 노드 a와 클러스터 B에 속하는 무선 노드 b가 협력 통신 링크 ab에 의해 연결되어 있을 때, 협력 통신 링크 ab의 가중치는 무선 노드 a가 송신 노드로 동작하여 협력 통신을 수행하기 위한 무선 노드 a의 전송 전력과 무선 노드 b가 송신 노드로 동작하여 협력 통신을 수행하기 위한 무선 노드 b의 전송 전력의 평균이다.
- [0077] 최소 신장 트리를 구하기 위한 방법으로는 프림 알고리즘(Prim algorithm)과 크루스칼 알고리즘(Kruskal algorithm)이 있다. 프림 알고리즘은 공집합으로부터 출발하여 간선을 하나씩 확장시키면서 모든 노드가 집합에 포함되도록 하는 알고리즘이고, 크루스칼 알고리즘은 루프(loop)를 형성하지 않는 범위 내에서 모든 간선 중 최소 가중치를 가지는 간선부터 순차적으로 추가시켜 모든 노드가 간선에 의해 연결될 때까지 반복하는 알고리즘이다. 본 발명에서는 크루스칼 알고리즘을 사용하여 최종 협력 통신 링크를 선택한다.
- [0078] 링크 선택부(140)는 협력 통신 링크 생성부(130)에 의해 생성된 복수의 협력 통신 링크에 대해 최소 신장 트리 알고리즘을 적용하여 각각의 클러스터를 모두 연결하되 모든 협력 통신 링크의 가중치의 합이 최소화될 수 있도록 최종 협력 통신 링크를 선택한다. 도 7에는 링크 선택부(140)에 의해 선택된 최종 협력 통신 링크들이 도시되어 있다. 도 7을 참조하면, 도 4에 도시된 복수의 협력 통신 링크 중에서 최종적으로 다섯 개의 협력 통신 링크가 최종 협력 통신 링크로 선택되었다. 최소 신장 트리 알고리즘을 적용함으로써 최소 개수와 최소 가중치의 협력 통신 링크에 의해 무선 애드혹 네트워크 상의 모든 클러스터를 연결할 수 있다. 예를 들면, 클러스터 A와 클러스터 B는 협력 통신 링크에 의해 직접 연결되어 있지 않지만 두 클러스터와 협력 통신 링크에 의해 각각 연결된 클러스터 C가 있는 경우, 클러스터 A에 속하는 무선 노드 a는 클러스터 C에 속하는 무선 노드 c로 협력 통신을 통해 데이터를 전송하고, 최종적으로 클러스터 B에 속하는 무선 노드 b로 데이터가 전송되도록 할 수 있다.
- [0079] 또한 도 7에서 검은색으로 표시된 무선 노드는 협력 통신 링크에 연결된 무선 노드 및 해당 무선 노드의 협력 통신에 사용되는 협력 노드들을 나타낸 것이다. 흰색으로 표시된 무선 노드들은 협력 통신에 사용되지 않는다. 도 7에 나타난 협력 노드들은 앞에서 설명한 최적의 협력 노드 집합 선택 방법에 의해 선택된 노드에 해당한다.
- [0080] 다음으로 링크 선택부(140)는 동일한 클러스터ID를 가지는 무선 노드들 간의 일반 통신 링크들에 대해 일반 통신 링크를 통해 일반 통신을 수행하기 위한 평균 전송 전력을 가중치로 하는 최소 신장 트리 알고리즘을 적용하여 최종 일반 통신 링크를 선택한다.
- [0081] 도 3에 도시된 복수의 클러스터에서 각각의 클러스터 내에 속하는 무선 노드들은 서로 일반 통신 링크에 의해 연결되어 있으며, 도 3에는 무선 노드 사이에서 가능한 모든 일반 통신 링크가 나타나 있다. 그러나 앞에서 설명한 바와 같이 동일 클러스터 내에 속하는 무선 노드들 사이에서 데이터를 전송할 때 도 3에 도시된 것과 같은 일반 통신 링크를 모두 사용하는 것은 아니다. 따라서 협력 통신 링크의 경우와 마찬가지로 클러스터 내의 일반 통신 링크도 최적화시킬 필요성이 있다.
- [0082] 앞에서 협력 통신 링크들 중 최종 협력 통신 링크를 선택하는 과정은 무선 애드혹 네트워크 전체에 대해 각각의 클러스터를 트리의 노드와 같이 취급하여 수행되었다. 그러나 일반 통신 링크들 중에서 최종 일반 통신 링크를 선택하는 경우에는 최소 신장 트리 알고리즘이 각각의 클러스터에 대해 독립적으로 적용된다. 즉, 동일한 클러스터에 속하는 무선 노드들이 트리의 노드가 되며, 두 개의 무선 노드를 연결하는 일반 통신 링크가 트리의 간선과 같이 취급된다. 또한 일반 통신 링크에 의해 연결된 두 개의 무선 노드 사이에서 일반 통신이 수행되기 위한 각 무선 노드의 평균 전송 전력이 해당 일반 통신 링크의 가중치가 된다.
- [0083] 각각의 클러스터에 대해 최소 신장 트리 알고리즘을 적용할 때에도 최종 협력 통신 링크를 선택하는 경우와 마찬가지로 크루스칼 알고리즘을 사용한다. 따라서 동일 클러스터에 속하는 무선 노드들을 연결하는 일반 통신 링크들 중에서 가중치의 합이 최소가 되는 최소 개수의 일반 통신 링크가 최종 일반 통신 링크로 선택된다. 도 8에는 링크 선택부(140)에 의해 각 클러스터에서 선택된 최종 일반 통신 링크가 도시되어 있다. 도 8을

참조하면, 동일한 클러스터ID를 가지는 무선 노드가 최소 개수의 최종 일반 통신 링크에 의해 서로 연결된 것을 확인할 수 있다. 클러스터 내의 무선 노드들 간에 데이터를 전송하는 일 예로서, 노드 a가 자신과 동일한 클러스터ID를 가지며 일반 통신 링크에 의해 직접적으로 연결되어 있지 않은 노드 b로 데이터를 전송하고자 하는 경우, 노드 a는 먼저 일반 통신 링크에 의해 자신과 연결되어 있는 노드 c로 데이터를 전송하고, 노드 c가 일반 통신 링크를 통하여 노드 b로 데이터를 전송하도록 할 수 있다. 그 결과 클러스터 내의 모든 노드는 최소 개수의 일반 통신 링크를 통해 데이터를 송수신할 수 있다.

[0084] 토폴로지 결정부(150)는 최종 협력 통신 링크와 최종 일반 통신 링크로 이루어진 네트워크의 토폴로지를 결정하여 무선 노드들로 전송한다.

[0085] 앞에서 설명한 바와 같이 협력 통신 링크 생성부(130)에 의해 생성된 복수의 협력 통신 링크로부터 링크 선택부(140)에 의해 선택된 최종 협력 통신 링크가 얻어지며, 각각의 클러스터 내의 무선 노드들을 서로 연결하는 복수의 일반 통신 링크로부터 링크 선택부(140)에 의해 선택된 최종 일반 통신 링크가 얻어지게 된다. 토폴로지 결정부(150)는 최종적으로 이들을 모두 포함하는 네트워크의 토폴로지를 결정한다.

[0086] 도 9는 토폴로지 결정부(150)에 의해 최종적으로 결정된 네트워크의 토폴로지를 도시한 도면이다. 도 9를 참조하면, 결정된 토폴로지는 도 7에 나타난 최종 협력 통신 링크와 도 8에 나타난 최종 일반 통신 링크를 모두 포함하며, 협력 통신 링크 생성부(130)에 의해 결정된 최적의 협력 노드 집합도 표시되어 있는 것을 확인할 수 있다. 무선 애드혹 네트워크 상의 모든 무선 노드들은 이와 같이 결정된 토폴로지를 따라 다른 무선 노드와 데이터를 송수신하게 된다. 따라서 토폴로지 결정부(150)는 각각의 무선 노드가 어떤 무선 노드로 데이터를 전송해야 하는지에 관한 정보를 알 수 있도록 위와 같은 과정에 의해 결정된 토폴로지를 무선 애드혹 네트워크 상의 무선 노드들로 전송한다. 다만, 도 9에 도시된 네트워크 토폴로지는 도 8에 도시된 최종 일반 통신 링크에 하나의 일반 통신 링크를 더 포함하고 있는데, 추가된 하나의 일반 통신 링크는 송신 노드의 협력 통신을 위해 송신 노드와 협력 노드 사이의 일반 통신을 나타내는 통신 링크이다.

[0087] 도 10은 본 발명에 따른 무선 애드혹 네트워크의 토폴로지 제어 방법에 대한 바람직한 실시예의 수행과정을 도시한 흐름도이다.

[0088] 도 10을 참조하면, 노드 정보 수신부(110)는 무선 애드혹 네트워크 상에 위치하는 복수의 무선 노드로부터 각각의 무선 노드의 위치정보 및 노드ID를 수신한다(S1010). 수신된 위치정보 및 노드ID는 무선 노드 간의 통신 경로인 네트워크의 토폴로지를 결정하는 데 사용된다.

[0089] 다음으로 클러스터 생성부(120)는 무선 노드들 중에서 일반 통신 링크에 의해 연결되어 서로 데이터를 송수신할 수 있는 무선 노드들로 이루어진 복수의 클러스터를 생성하고, 각각의 클러스터에 속하는 무선 노드들의 노드ID 중에서 어느 하나, 바람직하게는, 가장 큰 값을 가지는 노드ID를 해당 클러스터의 클러스터ID로 결정하여 동일한 클러스터에 속하는 무선 노드들로 전송한다(S1020). 무선 노드 간에 서로 일반 통신이 가능한지 여부는 앞에서 설명한 바와 같이 수학적 1을 기초로 하여 판단할 수 있다. 무선 애드혹 네트워크 상에 복수의 클러스터가 생성된 경우, 각각의 클러스터에 속하는 무선 노드들은 서로 동일한 클러스터ID를 가지게 된다.

[0090] 협력 통신 링크 생성부(130)는 서로 다른 클러스터ID를 가지며 협력 통신에 의해 서로 데이터를 송수신할 수 있는 송신 노드 및 수신 노드의 사이에 복수의 협력 통신 링크를 생성한다(S1030). 협력 통신의 가능 여부는 수학적 2를 기초로 판단할 수 있으며, 협력 통신 링크를 통해 연결된 두 개의 무선 노드 중에서 데이터를 전송하는 송신 노드로 동작하는 무선 노드에 대한 협력 노드를 결정하기 위해 두 가지 방법을 사용할 수 있다.

[0091] 도 11a 및 도 11b는 각각 본 발명에 따른 무선 애드혹 네트워크의 토폴로지 제어 방법에서 협력 노드를 결정하는 제1실시예 및 제2실시예의 수행과정을 도시한 흐름도이다.

[0092] 먼저 제1실시예로서 도 11a를 참조하면, 무선 노드 집합 생성부(132)는 각각의 협력 통신 링크에 대하여 송신 노드와 일반 통신을 수행할 수 있는 무선 노드들을 조합하여 복수의 무선 노드 집합을 생성한다(S1031). 다음으로 전송 전력 산출부(134)는 각각의 무선 노드 집합에 대하여 송신 노드로부터의 거리가 가장 먼 무선 노드와 일반 통신을 수행하기 위한 송신 노드의 전송 전력인 일반 전송 전력 및 무선 노드 집합에 속하는 무선 노드들을 협력 노드로 하여 수신 노드와 협력 통신을 수행하기 위한 송신 노드의 전송 전력인 협력 전송 전력을 산출한다(S1032). 이때 일반 전송 전력은 수학적 3에 의해 산출할 수 있고, 협력 전송 전력은 수학적 4에 의해 산출할 수 있다. 마지막으로 협력 노드 집합 결정부(136)는 복수의 무선 노드 집합 중에서 일반 전송 전력과 협력 전송 전력 중 큰 값을 가지는 전송 전력을 최소로 하는 무선 노드 집합을 송신 노드와 수신 노드 간의 협력 통신에 사용되는 협력 노드 집합으로 결정한다(S1033).

- [0093] 제2실시예인 도 11b를 참조하면, 전력 이득 산출부(232)는 각각의 협력 통신 링크에 대하여 수신 노드와 일반 통신을 수행하기 위한 송신 노드의 전송 전력과 송신 노드와 일반 통신을 수행할 수 있는 무선 노드 중 하나를 협력 노드로 하여 수신 노드와 협력 통신을 수행하기 위한 송신 노드의 전송 전력의 차이인 전력 이득을 송신 노드와 일반 통신을 수행할 수 있는 복수의 무선 노드 각각에 대하여 산출한다(S1131).
- [0094] 다음으로 전력 비용 산출부(234)는 송신 노드와 일반 통신을 수행할 수 있는 각각의 무선 노드에 대하여 송신 노드가 무선 노드와 일반 통신을 수행하기 위한 송신 노드의 전송 전력인 전력 비용을 산출한다(S1132).
- [0095] 협력 노드 집합 결정부(236)는 송신 노드와 일반 통신을 수행할 수 있는 무선 노드 중에서 전력 비용에 대한 전력 이득의 비가 최대인 무선 노드를 우선 협력 노드로 추가한다(S1133). 이때 송신 노드가 추가된 협력 노드를 사용하여 수신 노드와 협력 통신을 수행할 수 있는지, 즉 수학적 2의 조건을 만족하는지 여부를 판단하여 (S1134) 이러한 조건이 만족될 때까지 전력 비용에 대한 전력 이득의 비가 최대인 무선 노드를 순차적으로 협력 노드로 추가한다(S1133).
- [0096] 전력 비용에 대한 전력 이득의 비가 큰 무선 노드로부터 순차적으로 협력 노드로 추가하여 수학적 2의 조건을 만족하게 되면 다음으로 남아 있는 무선 노드 중에서 전력 비용에 대한 전력 이득의 비가 최대인 무선 노드를 협력 노드로 추가한다(S1135). 협력 노드가 추가됨으로써 협력 통신을 위한 송신 노드의 전송 전력이 감소하면 (S1136) 모든 무선 노드가 협력 노드로 추가되었는지 여부를 판단한 후(S1137), 남아 있는 무선 노드들 중에서 전력 비용에 대한 전력 이득의 비가 최대인 무선 노드를 협력 노드로 추가한다(S1135). 이와 같은 과정을 협력 노드의 추가에 의해 송신 노드의 전송 전력이 감소하지 않을 때까지 반복한다. 송신 노드의 전송 전력이 감소하지 않으면(S1136) 무선 노드가 추가되기 이전의 협력 노드 집합을 출력한다(S1138).
- [0097] 다시 도 10의 흐름도에서, 링크 선택부(140)는 복수의 협력 통신 링크 중에서 협력 통신을 수행하기 위한 평균 전송 전력을 기초로 최종 협력 통신 링크를 선택하고, 동일한 클러스터ID를 가지는 무선 노드들 간의 일반 통신 링크 중에서 일반 통신을 수행하기 위한 평균 전송 전력을 기초로 최종 일반 통신 링크를 선택한다(S1040). 이는 앞서서도 설명한 바와 같이 불필요한 링크를 제거하여 전송 전력의 면에서 가장 효율적으로 통신이 이루어질 수 있도록 하기 위함이다. 또한 최종 협력 통신 링크 및 최종 일반 통신 링크는 최소 신장 트리 알고리즘을 적용함으로써 선택할 수 있다.
- [0098] 마지막으로 토폴로지 결정부(150)는 최종 협력 통신 링크와 최종 일반 통신 링크로 이루어진 네트워크의 토폴로지를 결정하여 무선 노드들로 전송한다(S1050).
- [0099] 이제까지 무선 애드혹 네트워크 상의 모든 무선 노드들의 위치정보 및 노드ID를 기초로 네트워크 토폴로지를 결정하는 과정에 관하여 설명하였다. 네트워크 토폴로지는 이와 같이 모든 무선 노드들의 정보를 알고 있는 하나의 장치에 의해 결정될 수도 있지만, 각각의 무선 노드가 자신과 관련된 통신 링크만을 생성하여 네트워크의 부분 토폴로지를 결정하고, 이들이 모두 결합되어 네트워크 토폴로지로 결정될 수도 있다. 이하에서는 무선 애드혹 네트워크 상의 각각의 무선 노드에서 자신과 다른 무선 노드를 연결하는 협력 통신 링크 또는 일반 통신 링크를 생성하여 네트워크의 부분 토폴로지로 결정하는 경우에 관하여 설명한다.
- [0100] 도 12는 본 발명에 따른 무선 애드혹 네트워크의 노드장치에 대한 바람직한 제1실시예의 구성을 도시한 블록도이다.
- [0101] 도 12를 참조하면, 본 발명에 따른 노드장치의 제1실시예는 통신부(1210), 클러스터 생성부(1220), 협력 통신 요청부(1230), 협력 통신 링크 생성부(1240), 정보 전송부(1250), 링크 선택부(1260) 및 토폴로지 결정부(1270)를 구비한다.
- [0102] 통신부(1210)는 무선 애드혹 네트워크 상에 위치하여 데이터를 송수신하는 무선 노드로 동작하는 본 발명에 따른 노드장치에 구비되어 무선 애드혹 네트워크 상의 다른 무선 노드들과 통신을 수행한다. 본 발명에 따른 노드장치는 앞에서 설명한 무선 애드혹 네트워크 상에 위치하는 복수의 무선 노드들 중 하나이므로 통신부(1210)를 통해 다른 무선 노드들과 데이터를 송수신하게 된다. 통신부(1210)는 일반 통신 및 협력 통신을 모두 수행한다.
- [0103] 클러스터 생성부(1220)는 무선 노드들 중에서 일반 통신 링크를 통해 통신할 수 있는 일반 노드로부터 각각의 일반 노드의 위치정보 및 노드ID가 수신되면, 노드ID 중에서 어느 하나를 일반 노드와 함께 속하는 클러스터의 클러스터ID로 결정한다. 앞에서 설명한 바와 같이 복수의 노드ID 중에서 가장 큰 값이 클러스터ID로 결정될 수 있다.
- [0104] 앞에서 설명한 본 발명에 따른 토폴로지 제어장치는 무선 애드혹 네트워크 상의 모든 무선 노드의 위치정보 및

노드ID를 전송받아 이들의 위치관계를 기초로 일반 통신의 가능 여부를 판단하여 복수의 클러스터를 생성하였다. 그러나 본 발명에 따른 노드장치의 클러스터 생성부(1220)가 클러스터를 생성하는 경우에는 주변의 무선 노드들 중에서 자신과 일반 통신을 수행할 수 있는 무선 노드인 일반 노드들과 함께 하나의 클러스터를 생성하게 된다. 그러나 일반 통신의 수행 여부 판단은 토폴로지 제어장치에서와 동일하게 수학적 식 1을 기초로 이루어진다. 자신과 동일한 클러스터에 속하는 일반 노드들의 노드ID 중에서 자신의 노드ID보다 큰 값이 있는 경우에는 해당 노드ID를 클러스터의 식별코드인 클러스터ID로 결정한다. 이러한 클러스터ID는 데이터가 전송될 때 함께 전송된다. 한편, 일반 노드들로부터 수신된 노드ID 중에서 자신의 노드ID보다 큰 값이 존재하지 않는 경우에는 자신의 노드ID를 클러스터ID로 결정한다. 이때 본 발명에 따른 노드장치는 자신의 위치정보와 노드ID 역시 다른 무선 노드들로 전송하며, 다른 무선 노드들에서도 전송받은 노드ID를 기초로 클러스터ID를 결정하게 된다.

[0105] 협력 통신 요청부(1230)는 일반 노드를 협력 노드로 사용하는 협력 통신에 의해 무선 노드들 중에서 일반 노드를 제외한 각각의 수신 노드로 자신의 위치정보 및 노드ID와 클러스터ID를 포함하는 협력 통신 요청 메시지를 통신부(1210)를 통해 전송한다.

[0106] 앞에서 설명한 본 발명에 따른 토폴로지 제어장치는 무선 애드혹 네트워크 상의 모든 무선 노드들의 위치정보 및 노드ID를 기초로 수학적 식 2에 의해 협력 통신이 가능하다고 판단되는 무선 노드들 간에 협력 통신 링크를 생성한다. 그러나 본 발명에 따른 노드장치에서는 다른 무선 노드들 간의 협력 통신 링크 생성에는 관여하지 않고 자신과 서로 협력 통신이 가능한 무선 노드와 협력 통신 링크를 생성하게 된다. 이때 협력 통신 링크는 쌍방이 데이터를 전송하고 받을 수 있을 때 생성될 수 있는 것이므로 협력 통신 요청부(1230)는 우선 자신과 일반 통신 링크를 통해 연결된 모든 일반 노드들을 협력 노드로 사용하여 무선 애드혹 네트워크 상의 무선 노드들 중에서 일반 노드를 제외한 수신 노드들로 협력 통신 요청 메시지를 전송한다. 메시지를 수신한 수신 노드로부터 그에 대한 응답 메시지가 수신되면 협력 통신 링크의 생성이 가능하게 된다.

[0107] 협력 통신 링크 생성부(1240)는 협력 통신 요청 메시지를 수신한 수신 노드로부터 수신 노드의 위치정보 및 노드ID와 수신 노드가 속하는 클러스터의 클러스터ID를 포함하는 협력 통신 응답 메시지가 수신되면 수신 노드와의 협력 통신 링크를 생성한다.

[0108] 이때 본 발명에 따른 노드장치와 동일한 클러스터에 속하는 모든 일반 노드를 수신 노드와의 협력 통신에 사용하게 되면 앞의 토폴로지 제어장치에서 언급한 것과 동일한 문제점이 발생할 수 있다. 따라서 앞에서 설명한 것과 같이 최적의 협력 노드들을 선택할 필요성이 있다.

[0109] 도 12에 도시된 노드장치의 제1실시예를 참조하면, 협력 통신 링크 생성부(1240)는 무선 노드 집합 생성부(1242), 전송 전력 산출부(1244) 및 협력 노드 집합 결정부(1246)를 구비한다. 이들 구성요소의 기능은 토폴로지 제어장치에 구비된 구성요소와 대체적으로 동일하지만, 본 발명에 따른 노드장치에서는 자신과 연결된 일반 노드들 중에서 협력 노드를 선택한다는 점에서 무선 애드혹 네트워크 상의 모든 협력 통신 링크에 대해 협력 노드를 선택하는 토폴로지 제어장치와 다르다.

[0110] 무선 노드 집합 생성부(1242)는 일반 노드들을 조합하여 복수의 무선 노드 집합을 생성한다. 무선 노드 집합은 앞에서 설명한 것과 같이 공집합을 포함하며, 복수의 일반 노드로부터 생성 가능한 모든 경우의 수만큼의 무선 노드 집합이 생성된다.

[0111] 다음으로 전송 전력 산출부(1244)는 각각의 무선 노드 집합에 대하여 자신과의 거리가 가장 먼 일반 노드와 일반 통신을 수행하기 위한 전송 전력인 일반 전송 전력 및 무선 노드 집합에 속하는 일반 노드들을 협력 노드로 하여 수신 노드와 협력 통신을 수행하기 위한 전송 전력인 협력 전송 전력을 산출한다. 일반 전송 전력은 수학적 식 3에 의해, 협력 전송 전력은 수학적 식 4에 의해 산출할 수 있으며, 수학적 식 3과 수학적 식 4를 적용하는 데 있어 본 발명에 따른 노드장치가 송신 노드로 동작하게 된다.

[0112] 협력 노드 집합 결정부(1246)는 복수의 무선 노드 집합 중에서 일반 전송 전력과 협력 전송 전력 중 큰 값을 가지는 전송 전력을 최소로 하는 무선 노드 집합을 수신 노드와의 협력 통신에 사용되는 협력 노드 집합으로 결정한다. 이 과정 역시 토폴로지 제어장치의 제1실시예에서 협력 노드 집합 결정부(236)에 의한 협력 노드 결정 과정과 동일하다. 다만, 토폴로지 제어 장치는 협력 통신 링크로 연결된 모든 무선 노드를 대상으로 하며, 본 발명에 따른 노드장치는 자신과 연결된 일반 노드들 중에서 자신의 협력 통신에 사용될 협력 노드를 선택한다는 점이 다르다.

[0113] 다음으로 도 13은 본 발명에 따른 무선 애드혹 네트워크의 노드장치에 대한 바람직한 제2실시예의 구성을 도시한 블록도이다. 도 13에 도시된 노드장치의 제2실시예는 도 12에 도시된 노드장치의 제1실시예와 다른 구성요소

는 동일하며 협력 통신 링크 생성부(1240)의 구성만 상이하다.

- [0114] 도 13을 참조하면, 협력 통신 링크 생성부(1240)는 전력 이득 산출부(1342), 전송 비용 산출부(1344) 및 협력 노드 집합 결정부(1346)를 구비한다.
- [0115] 전력 이득 산출부(1342)는 수신 노드와 일반 통신을 수행하기 위한 전송 전력과 일반 노드들 중 하나를 협력 노드로 하여 수신 노드와 협력 통신을 수행하기 위한 전송 전력의 차이인 전력 이득을 복수의 일반 노드 각각에 대하여 산출한다. 이러한 전력 이득의 산출은 수학적 식 5에 의해 수행될 수 있으며, 전력 이득 산출 과정은 앞에서 설명한 바와 동일하다.
- [0116] 전력 비용 산출부(1344)는 각각의 일반 노드에 대하여 일반 노드와 일반 통신을 수행하기 위한 전송 전력인 전력 비용을 산출한다. 전력 비용의 산출 역시 앞에서 설명한 것과 동일한 과정으로 수학적 식 6에 의해 수행될 수 있다.
- [0117] 마지막으로 협력 노드 집합 결정부(1346)는 일반 노드들 중에서 전력 비용에 대한 전력 이득의 비가 최대인 일반 노드로부터 순차적으로 수신 노드와의 협력 통신을 위한 협력 노드로 추가하여 협력 통신을 위한 전송 전력 값을 최소로 하는 일반 노드들의 집합을 수신 노드와의 협력 통신에 사용되는 협력 노드 집합으로 결정한다. 이와 같이 본 발명에 따른 노드장치의 제2실시예에서 협력 노드가 선택되는 과정은 앞에서 설명한 토폴로지 제어 장치의 제2실시예에서 협력 노드가 선택되는 과정과 동일하다.
- [0118] 정보 전송부(1250)는 자신의 노드ID, 수신 노드와 협력 통신을 수행하기 위한 전송 전력, 수신 노드의 노드ID 및 수신 노드가 속하는 클러스터의 클러스터ID를 포함하는 협력 통신 링크 정보를 일반 노드 중에서 클러스터ID를 노드ID로 하는 클러스터 노드로 통신부(1210)를 통해 전송한다.
- [0119] 본 발명에 따른 노드장치에서는 통신 링크의 생성이 자신을 중심으로 이루어지기 때문에 다른 무선 노드들에 대해 생성된 통신 링크에 관한 정보는 가지고 있지 않다. 따라서 앞에서 설명한 토폴로지 제어장치에서 이루어진 협력 통신 링크의 최적화, 즉 최소 신장 트리의 적용이 이루어지기 어렵다. 결국 각 클러스터에서 선택된 하나의 무선 노드가 다른 무선 노드들에 대해 생성된 협력 통신 링크에 관한 정보를 모두 전송받아 최소 신장 트리를 적용하는 과정을 수행하는 것이 바람직하다. 이러한 과정을 수행하는 것이 클러스터ID를 노드ID로 가지는 무선 노드, 즉 해당 클러스터에서 가장 큰 값의 노드ID를 가지는 무선 노드이며 이를 클러스터 노드라 한다. 정보 전송부(1250)는 수신 노드와의 사이에서 생성된 협력 통신 링크에 관한 정보를 클러스터 노드로 전송하여 클러스터 노드가 해당 클러스터에 속하는 무선 노드들에 대해 생성된 협력 통신 링크에 대해 모두 알 수 있도록 한다. 다만, 본 발명에 따른 노드장치 자신이 클러스터 노드인 경우에는 다른 일반 노드들로부터 협력 통신 링크 정보를 전송받게 된다.
- [0120] 클러스터 노드에서는 복수의 일반 노드로부터 전송받은 협력 통신 링크 정보 중에서 협력 통신을 수행하기 위한 평균 전송 전력을 기초로 최종 협력 통신 링크 정보를 선택한다. 즉, 복수의 협력 통신 링크에 대해 협력 통신 링크를 통해 협력 통신을 수행하기 위한 평균 전송 전력을 가중치로 하는 최소 신장 트리 알고리즘을 적용하는 것이다. 최소 신장 트리 알고리즘의 적용 과정에 대하여는 앞에서 설명한 바 있으므로 상세한 설명을 생략한다. 클러스터 노드는 최종 협력 통신 링크에 관한 정보, 즉 최종 협력 통신 링크에 의해 연결된 두 무선 노드의 노드ID 및 클러스터ID 등의 정보를 자신이 속한 클러스터의 일반 노드들로 전송한다.
- [0121] 링크 선택부(1260)는 협력 통신 링크들 중에서 클러스터 노드로부터 수신된 최종 협력 통신 링크 정보와 일치하는 최종 협력 통신 링크를 선택하고, 일반 통신 링크 중에서 일반 통신 링크를 통해 일반 통신을 수행하기 위한 평균 전송 전력을 기초로 최종 일반 통신 링크를 선택한다.
- [0122] 본 발명에 따른 노드장치가 클러스터 노드가 아닌 경우, 링크 선택부(1260)는 클러스터 노드로부터 전송된 최종 협력 통신 링크 정보를 기초로 협력 통신 링크 생성부(1240)에 의해 생성된 복수의 협력 통신 링크 중에서 최종 협력 통신 링크를 선택한다. 다음으로 동일 클러스터 내의 일반 노드와의 사이에서 생성된 복수의 일반 통신 링크에 대하여는 앞에서 설명한 것과 동일한 방법으로 최소 신장 트리 알고리즘을 적용하여 최종 일반 통신 링크를 선택한다.
- [0123] 토폴로지 결정부(1270)는 최종 협력 통신 링크와 최종 일반 통신 링크로 이루어진 네트워크의 부분 토폴로지를 무선 노드들로 전송한다.
- [0124] 앞에서 설명한 링크 선택부(1260)에서 선택된 최종 협력 통신 링크와 최종 일반 통신 링크는 본 발명에 따른 노드 장치에 연결된 통신 링크들이다. 즉, 최종 협력 통신 링크와 최종 일반 통신 링크는 함께 네트워크의 부분

토폴로지를 형성하는 것이다. 각각의 무선 노드들에 대해 결정된 부분 토폴로지를 모두 결합하여 최종적으로 네트워크의 전체 토폴로지를 완성하기 위해서는 무선 애드혹 네트워크 상의 각 무선 노드들이 자신의 부분 토폴로지를 다른 무선 노드들로 전송할 필요성이 있다. 따라서 토폴로지 결정부(1270)는 자신과 동일한 클러스터에 속하는 무선 노드인 일반 노드로는 일반 통신을 통해 부분 토폴로지를 전송하고, 다른 클러스터에 속하며 협력 통신 링크에 의해 연결되어 있는 수신 노드로는 협력 통신을 통해 부분 토폴로지를 전송한다. 결과적으로 무선 애드혹 네트워크 상의 모든 무선 노드들은 완성된 네트워크 토폴로지에 관한 정보를 가질 수 있게 되며, 네트워크 토폴로지에 따라 서로 데이터를 송수신할 수 있게 된다.

[0125] 도 14는 본 발명에 따른 무선 애드혹 네트워크의 노드장치의 통신 링크 형성 방법에 대한 바람직한 실시예의 수행과정을 도시한 흐름도이다.

[0126] 도 14를 참조하면, 클러스터 생성부(1220)는 무선 애드혹 네트워크 상의 다른 무선 노드들 중에서 일반 통신 링크를 통해 통신할 수 있는 일반 노드로부터 위치정보 및 노드ID가 수신되면 가장 큰 값을 가지는 노드ID를 일반 노드와 함께 속하는 클러스터의 클러스터ID로 결정한다(S1410). 다음으로 협력 통신 요청부(1230)는 일반 노드를 협력 노드로 사용하는 협력 통신에 의해 무선 노드들 중에서 일반 노드를 제외한 각각의 수신 노드로 자신의 위치정보 및 노드ID와 클러스터ID를 포함하는 협력 통신 요청 메시지를 전송한다(S1420).

[0127] 협력 통신 링크 생성부(1240)는 협력 통신 요청 메시지를 수신한 수신 노드로부터 수신 노드의 위치정보 및 노드ID와 수신 노드가 속하는 클러스터의 클러스터ID를 포함하는 협력 통신 응답 메시지가 수신되면 수신 노드와의 협력 통신 링크를 생성한다(S1430). 이때 일반 노드들 중에서 협력 통신에 사용되는 협력 노드를 선택하는 두 가지 방법은 앞에서 본 발명에 따른 노드장치의 제1실시예 및 제2실시예로부터 설명한 바와 동일하다.

[0128] 다음으로 정보 전송부(1250)는 자신의 노드ID, 수신 노드와 협력 통신을 수행하기 위한 전송 전력, 수신 노드의 노드ID 및 수신 노드가 속하는 클러스터의 클러스터ID를 포함하는 협력 통신 링크 정보를 일반 노드 중에서 클러스터ID를 노드ID로 하는 클러스터 노드로 전송한다(S1440). 다음으로 링크 선택부(1260)는 협력 통신 링크들 중에서 클러스터 노드로부터 수신된 최종 협력 통신 링크 정보와 일치하는 최종 협력 통신 링크를 선택하고, 일반 통신 링크 중에서 일반 통신을 수행하기 위한 평균 전송 전력을 기초로 최종 일반 통신 링크를 선택한다(S1450). 마지막으로 토폴로지 결정부(1270)는 최종 협력 통신 링크와 최종 일반 통신 링크로 이루어진 네트워크의 부분 토폴로지를 무선 노드들로 일반 통신 또는 협력 통신에 의해 전송한다(S1460).

[0129] 본 발명의 성능을 평가하기 위한 실험을 수행하였다. 본 발명의 목적은 네트워크 토폴로지 제어를 통해 전송 전력의 소비를 줄이고 분리된 네트워크를 서로 연결하고자 하는 것이므로, 본 발명의 성능을 평가하는 기준으로 전송 전력의 값과 네트워크 연결도를 사용하였다.

[0130] 본 실험에서, 10 내지 110개의 무선 노드가 $500 \times 500m^2$ 의 공간에 무작위로 배치되었고, 경로 손실 지수 α 는 2 또는 4로 설정되었다. 각각의 경로 손실 지수에 대해 최대 전송 전력 P_{MAX} 는 4900 및 24010000으로 각각 설정되어 일반 통신의 최대 전송 범위가 70m가 되도록 하였다. 편의를 위해 최소 평균 잡음비 τ 는 1로 설정되었다. 보다 확실한 결과에 접근하기 위해 복수의 네트워크 토폴로지로부터 얻어진 데이터의 평균값을 산출하여 본 발명의 성능을 평가하는 기준으로 사용하였다.

[0131] 도 15는 경로 손실 지수가 2일 때 무선 노드의 개수에 따른 평균 전송 전력을 도시한 그래프이고, 도 16은 경로 손실 지수가 4일 때 무선 노드의 개수에 따른 평균 전송 전력을 도시한 그래프이다.

[0132] 도 15 및 도 16을 참조하면, 평균 전송 전력은 협력 통신 링크 생성부(130, 1240)에 의해 생성된 모든 협력 통신 링크가 유지될 때 가장 높고, 평균 전송 전력이 낮아지는 순으로 협력 통신 링크가 없고 모든 일반 통신 링크가 유지되는 경우, 본 발명의 제2실시예에 따른 경우, 본 발명의 제1실시예에 따른 경우, 협력 통신 링크를 사용하지 않으며 최소 신장 트리를 적용한 경우(종래기술1), 그리고 협력 통신을 사용하지만 분리된 네트워크에는 적용되지 못하는 종래의 토폴로지 제어 방법(종래기술2)의 순서이다. 본발명의 제1실시예 및 제2실시예의 경우에는 미세한 차이가 있을 뿐 평균 전송 전력의 면에서 거의 동일한 값을 가진다. 도 15 및 도 16으로부터 협력 통신을 사용한 경우에 전송 전력을 감소시킬 수 있다는 것을 확인할 수 있다. 또한 노드의 개수가 증가하면서 각 방법들 간의 전송 전력의 차가 커지는 이유는 노드의 개수가 적을 때에는 충분한 협력 노드가 존재하지 않아 협력 통신이 사용될 수 없기 때문이다. 노드의 개수가 충분히 많아지면 대부분의 노드가 일반 통신 링크에 의해 연결될 수 있으므로 최소 신장 트리 알고리즘의 적용 유무에 따라 평균 전송 전력의 값이 크게 달라지는 것을 확인할 수 있다.

- [0133] 도 17은 경로 손실 지수가 2일 때 무선 노드의 개수에 따른 네트워크 연결도를 도시한 그래프이고, 도 18은 경로 손실 지수가 4일 때 무선 노드의 개수에 따른 네트워크 연결도를 도시한 그래프이다.
- [0134] 도 17 및 도 18을 참조하면, 모든 협력 통신 링크가 유지된 경우와 본 발명의 제1실시에 및 제2실시에에 따른 경우가 그 외의 경우에 비해 네트워크 연결도가 높은 것을 확인할 수 있다. 이러한 연결도의 차이는 경로 손실 지수가 4인 경우에 더 작는데, 이는 협력 통신 링크에 의해 클러스터가 서로 연결되는 횟수가 경로 손실 지수가 증가할수록 낮아진다는 것을 의미한다. 협력 통신 링크가 없고 모든 일반 통신 링크가 유지되는 경우와 종래기술1 및 종래기술2의 경우에는 경로 손실 지수에 관계없이 동일한 네트워크 연결도 값을 가진다. 이는 최대 전송 범위가 고정되어 있기 때문이다.
- [0135] 도 15 내지 도 18에 도시된 실험 결과로부터 본 발명이 종래의 기술에 비해 약간의 전송 전력을 더 사용하지만 최대 3배까지 네트워크 연결도를 높일 수 있음을 알 수 있다.
- [0136] 본 발명은 또한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피디스크, 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.
- [0137] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대해 도시하고 설명하였으나, 본 발명은 상술한 특징의 바람직한 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이고, 그와 같은 변경은 청구범위 기재의 범위 내에 있게 된다.

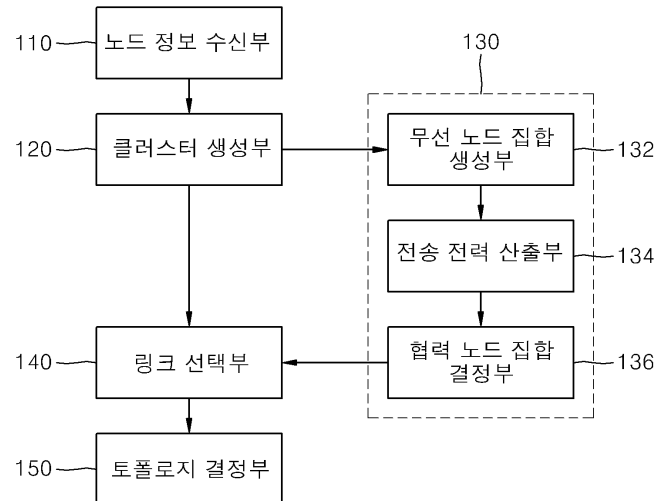
도면의 간단한 설명

- [0138] 도 1은 본 발명에 따른 무선 애드혹 네트워크의 토폴로지 제어장치에 대한 바람직한 제1실시예의 구성을 도시한 블록도,
- [0139] 도 2a 내지 도 2c는 무선 애드혹 네트워크 상에 위치하는 복수의 무선 노드를 도시한 도면,
- [0140] 도 3은 무선 애드혹 네트워크 상에 생성된 복수의 클러스터를 도시한 도면,
- [0141] 도 4는 서로 다른 클러스터에 속하는 무선 노드들 사이에서 생성된 복수의 협력 통신 링크를 도시한 도면,
- [0142] 도 5a 및 도 5b는 송신 노드, 협력 노드 및 수신 노드 사이의 거리에 따른 전송 전력의 차이를 비교하기 위한 도면,
- [0143] 도 6은 본 발명에 따른 무선 애드혹 네트워크의 토폴로지 제어 장치에 관한 바람직한 제2실시예의 구성을 도시한 블록도,
- [0144] 도 7은 링크 선택부에 의해 선택된 최종 협력 통신 링크들을 도시한 도면,
- [0145] 도 8은 링크 선택부에 의해 각 클러스터에서 선택된 최종 일반 통신 링크를 도시한 도면,
- [0146] 도 9는 토폴로지 결정부에 의해 최종적으로 결정된 네트워크의 토폴로지를 도시한 도면,
- [0147] 도 10은 본 발명에 따른 무선 애드혹 네트워크의 토폴로지 제어 방법에 대한 바람직한 실시예의 수행과정을 도시한 흐름도,
- [0148] 도 11a 및 도 11b는 각각 본 발명에 따른 무선 애드혹 네트워크의 토폴로지 제어 방법에서 협력 노드를 결정하는 제1실시예 및 제2실시예의 수행과정을 도시한 흐름도,
- [0149] 도 12는 본 발명에 따른 무선 애드혹 네트워크의 노드장치에 대한 바람직한 제1실시예의 구성을 도시한 블록도,
- [0150] 도 13은 본 발명에 따른 무선 애드혹 네트워크의 노드장치에 대한 바람직한 제2실시예의 구성을 도시한 블록도,
- [0151] 도 14는 본 발명에 따른 무선 애드혹 네트워크의 노드장치의 통신 링크 형성 방법에 대한 바람직한 실시예의 수행과정을 도시한 흐름도,
- [0152] 도 15는 경로 손실 지수가 2일 때 무선 노드의 개수에 따른 평균 전송 전력을 도시한 그래프,

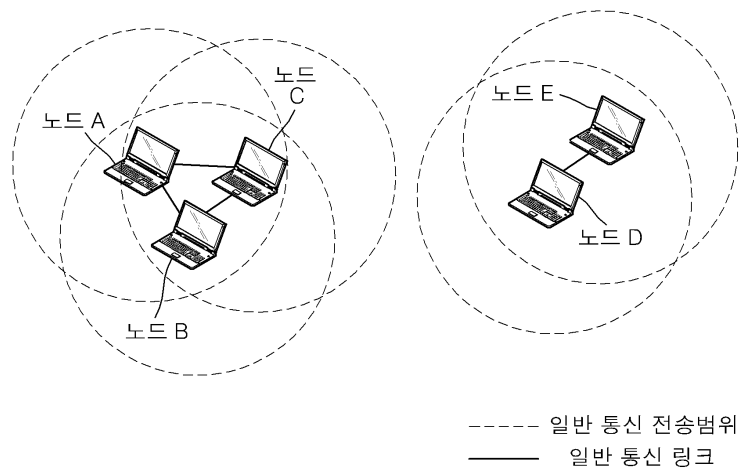
- [0153] 도 16은 경로 손실 지수가 4일 때 무선 노드의 개수에 따른 평균 전송 전력을 도시한 그래프,
 [0154] 도 17은 경로 손실 지수가 2일 때 무선 노드의 개수에 따른 네트워크 연결도를 도시한 그래프, 그리고,
 [0155] 도 18은 경로 손실 지수가 4일 때 무선 노드의 개수에 따른 네트워크 연결도를 도시한 그래프이다.

도면

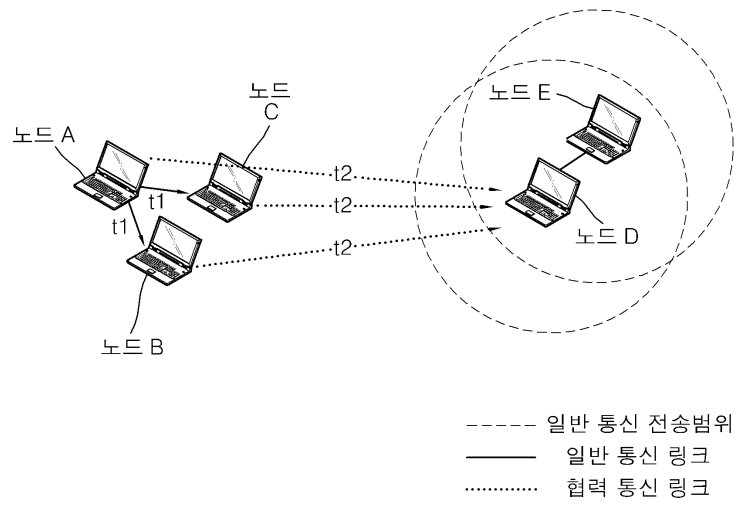
도면1



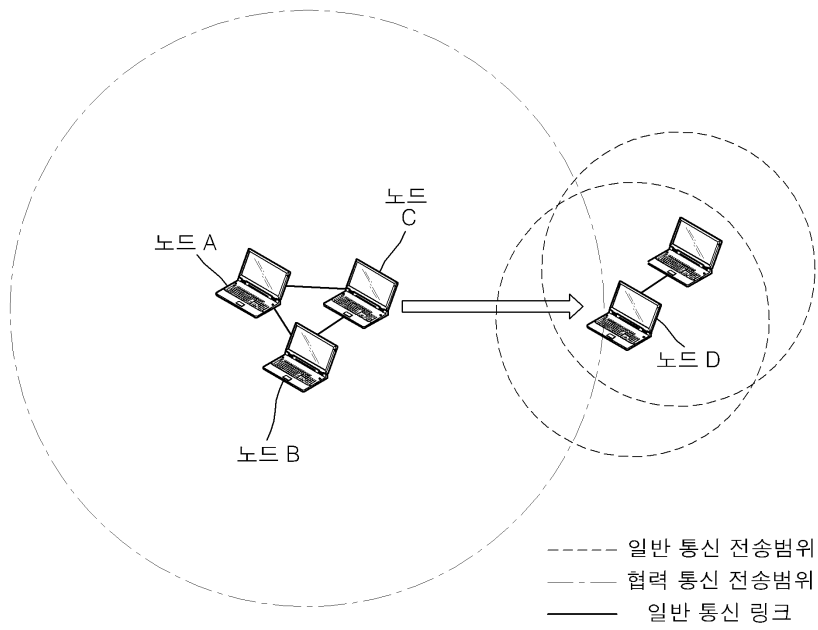
도면2a



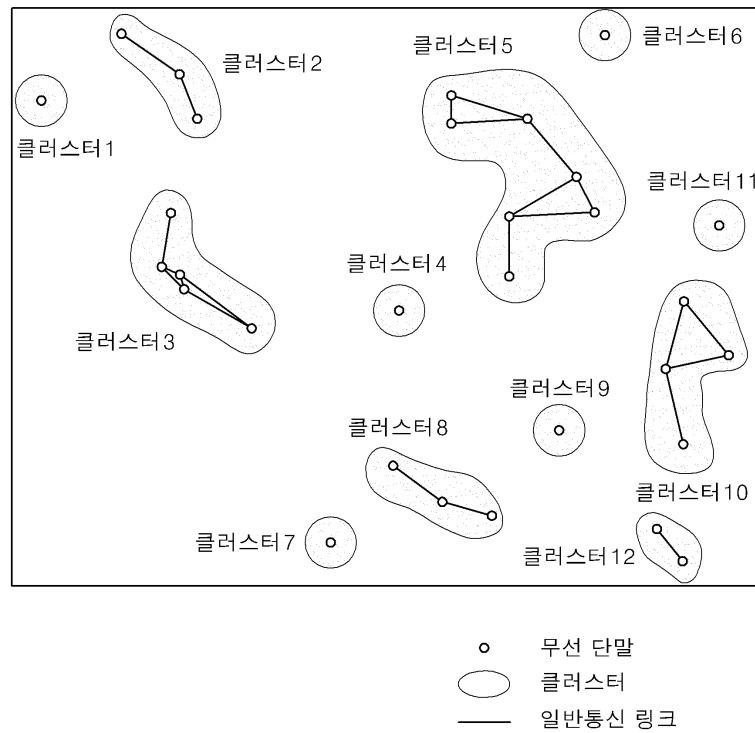
도면2b



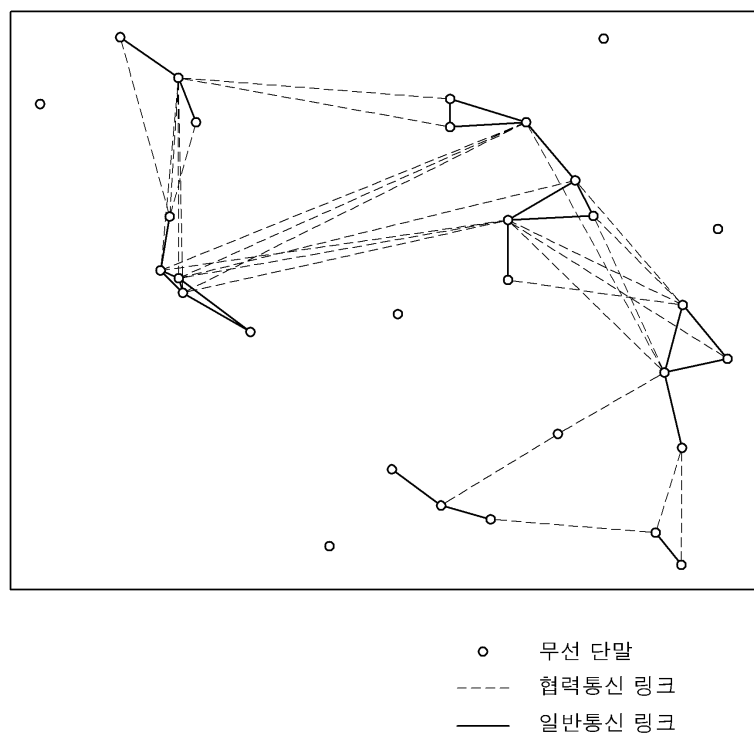
도면2c



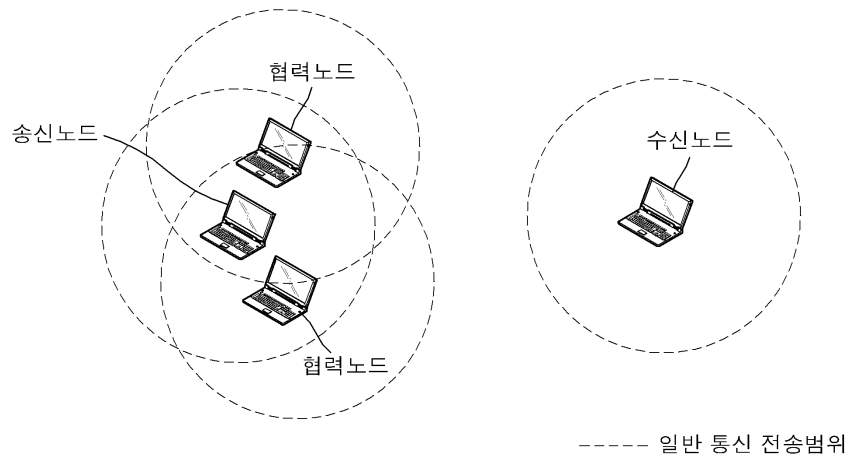
도면3



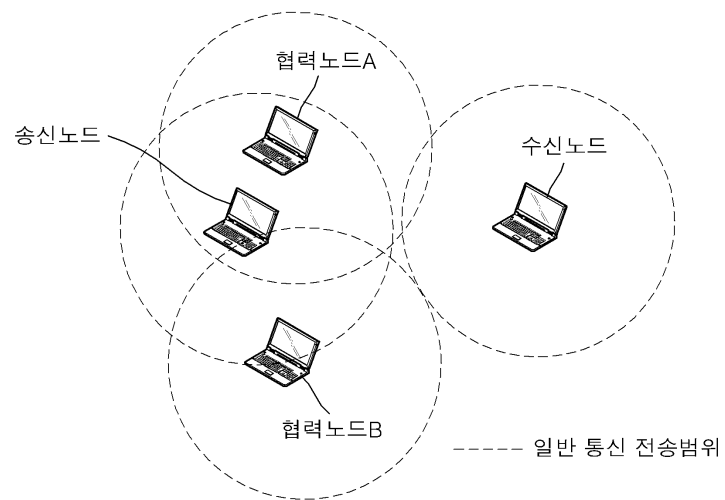
도면4



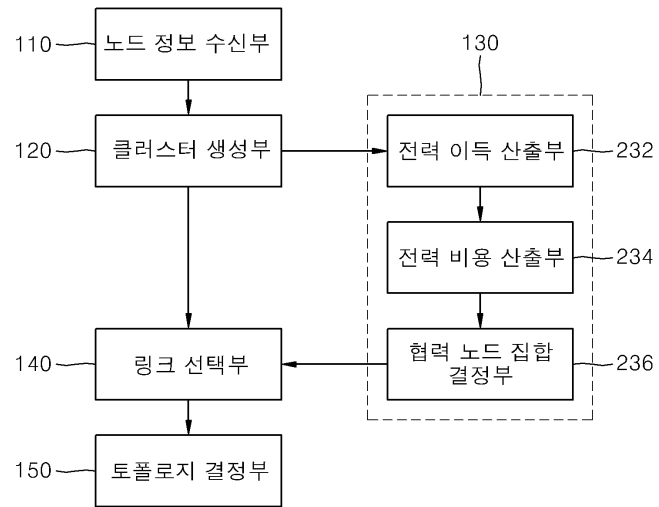
도면5a



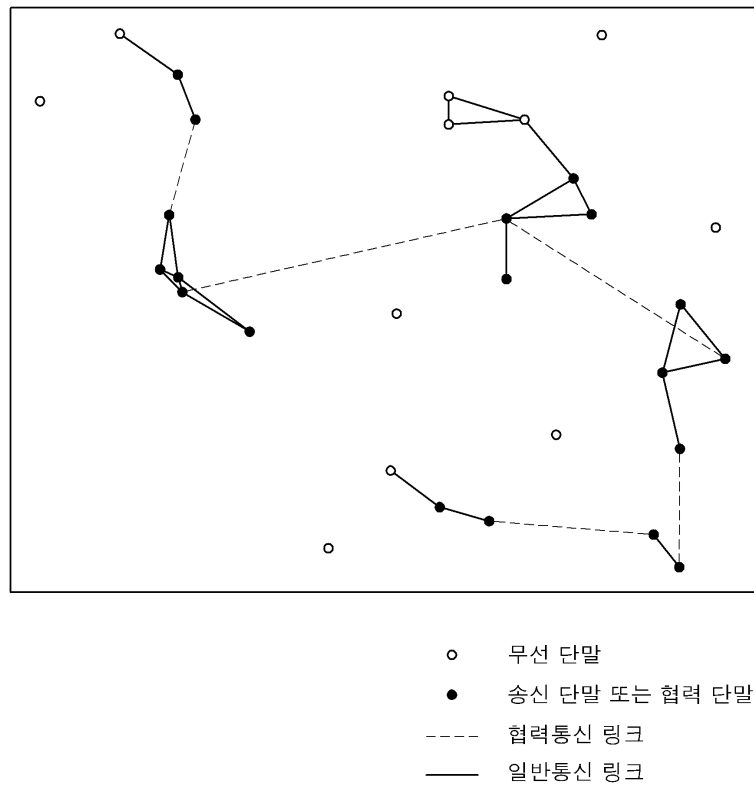
도면5b



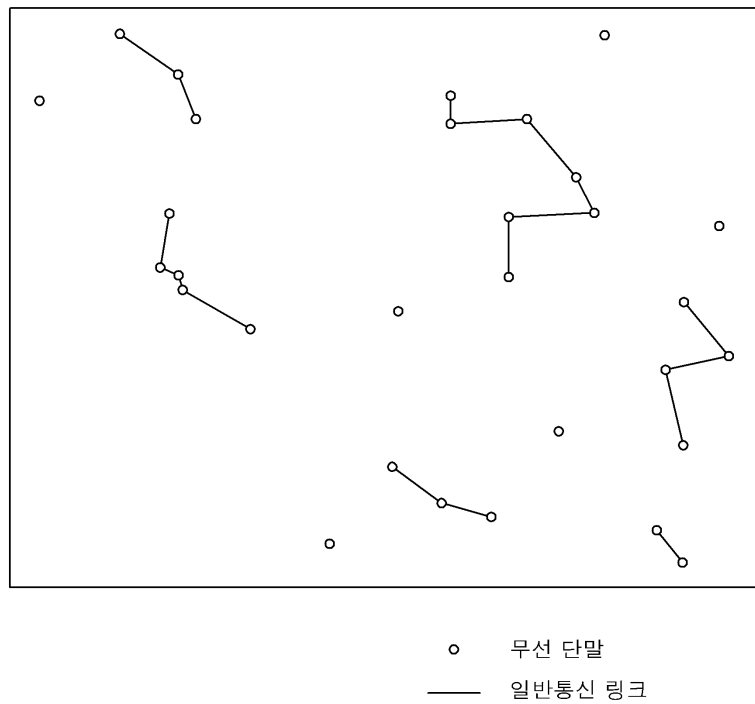
도면6



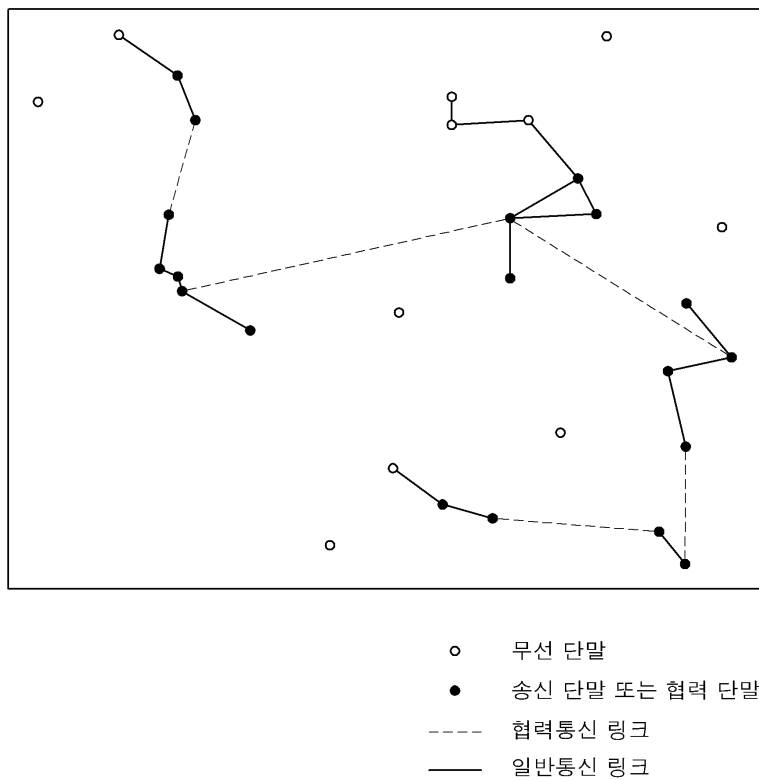
도면7



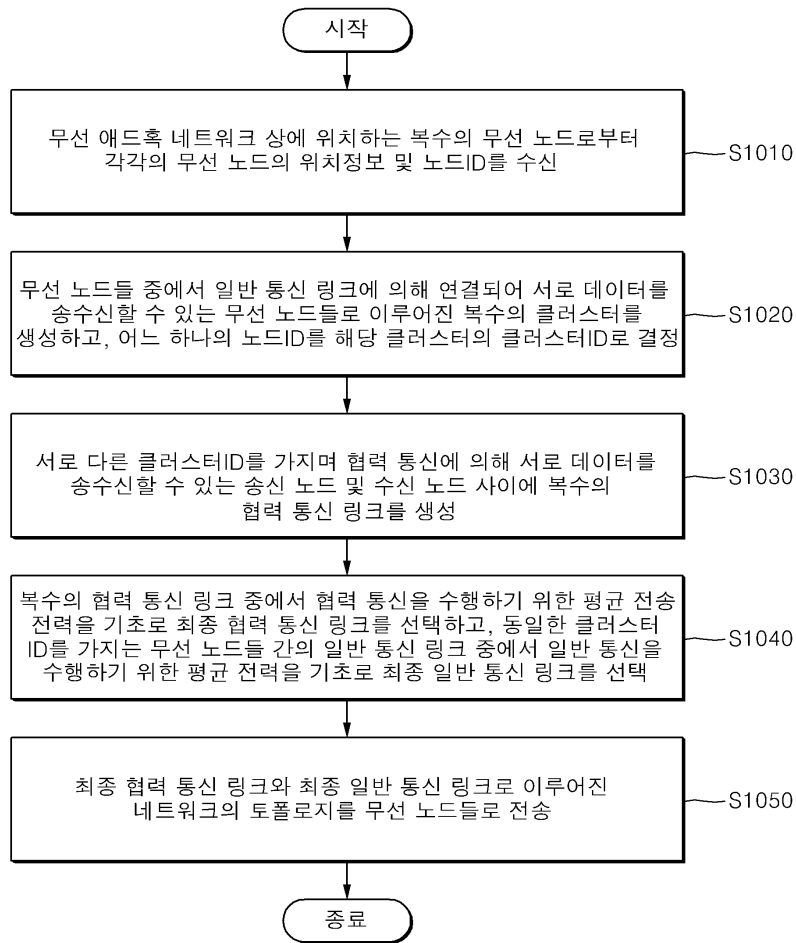
도면8



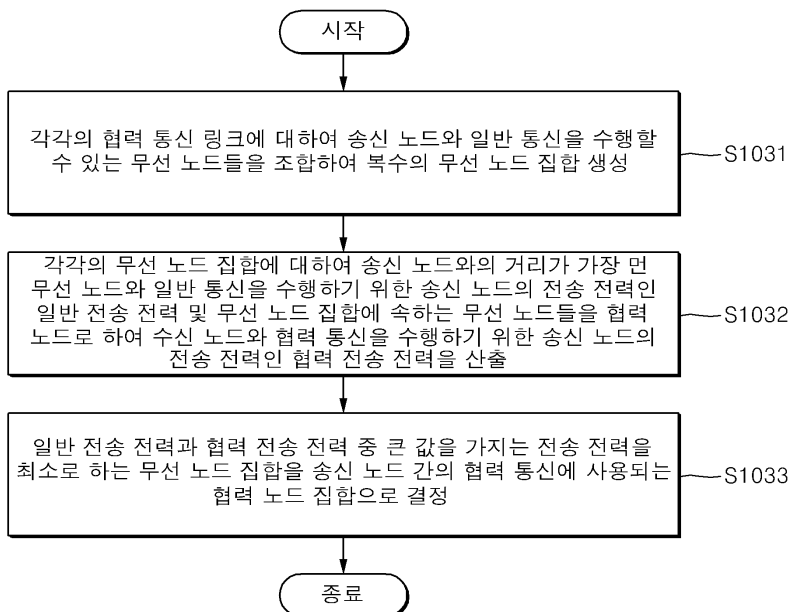
도면9



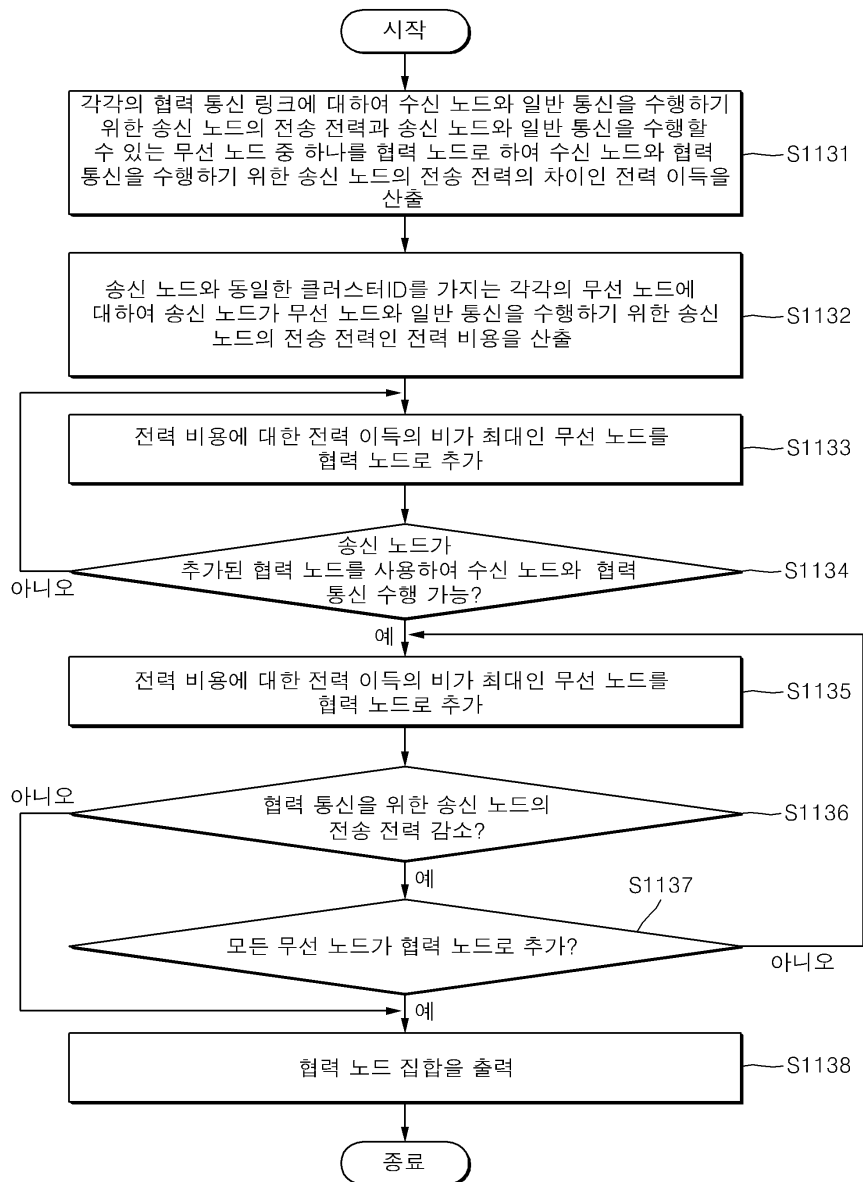
도면10



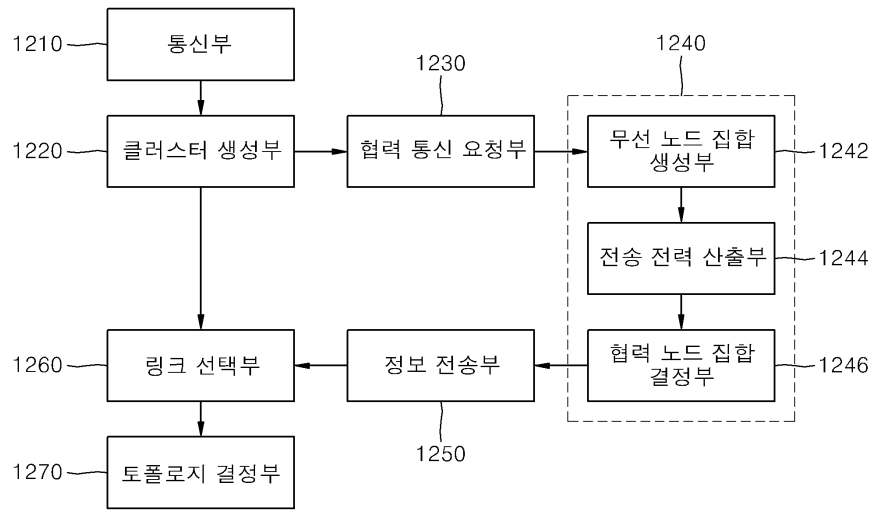
도면11a



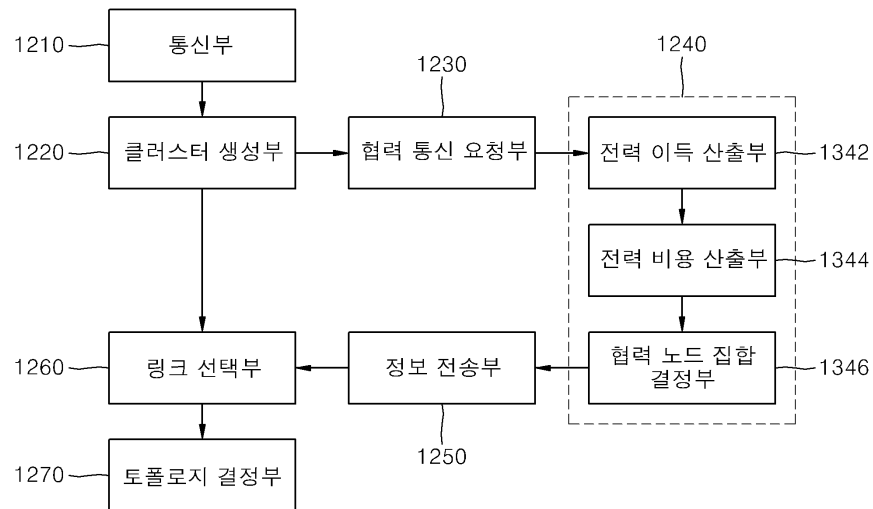
도면11b



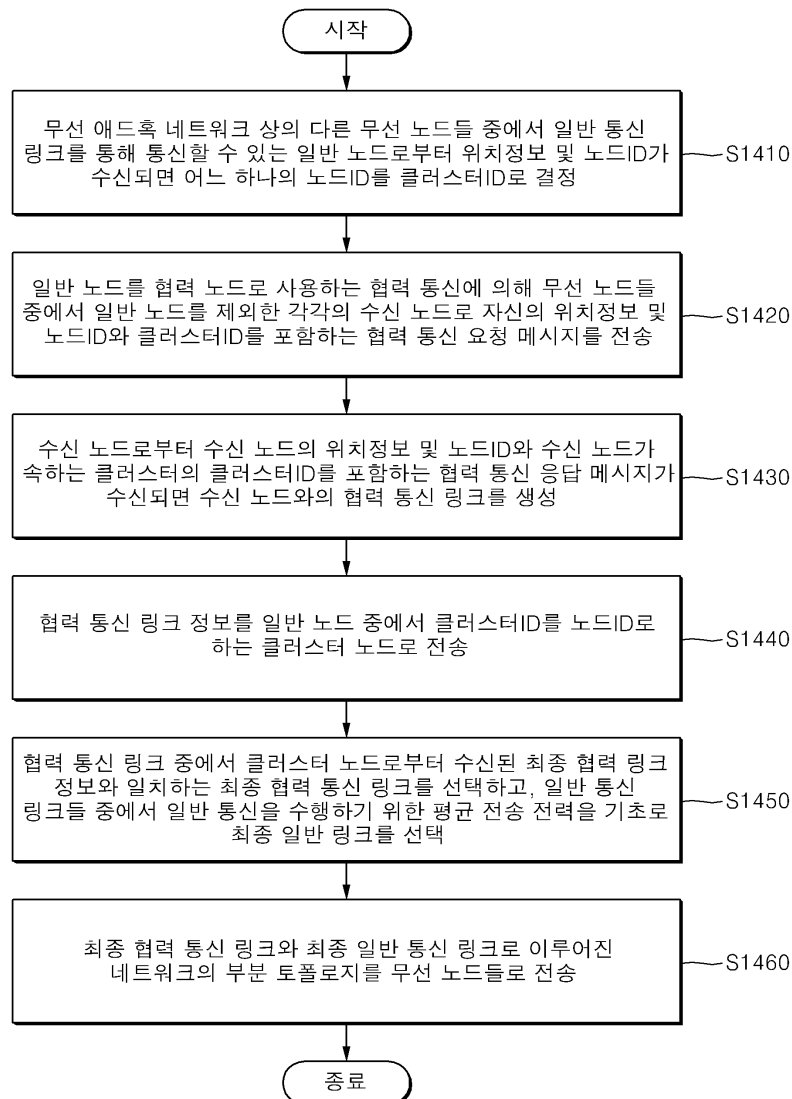
도면12



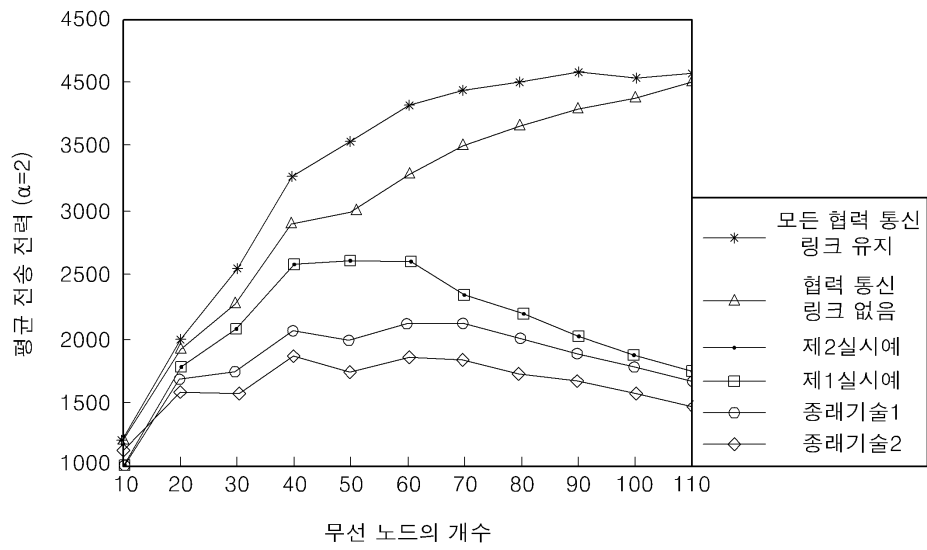
도면13



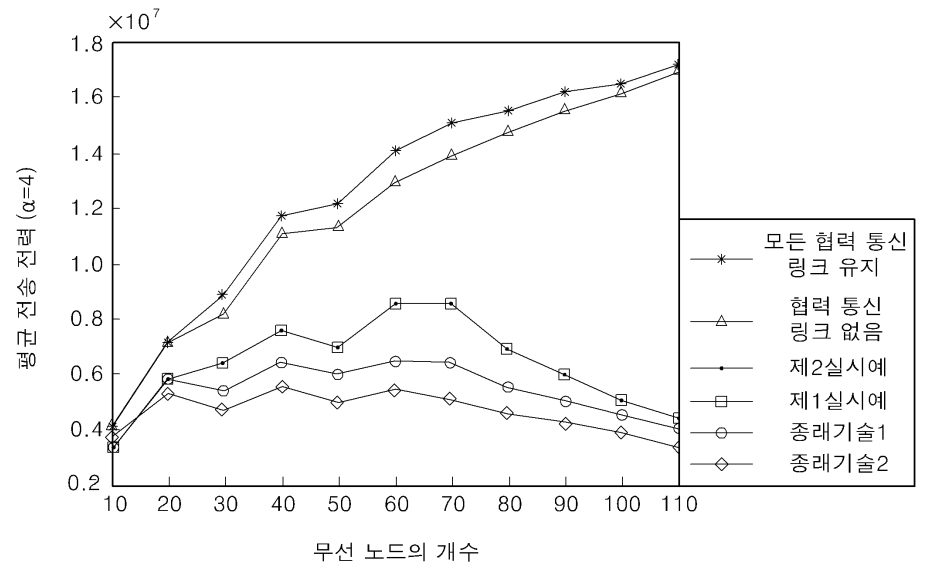
도면14



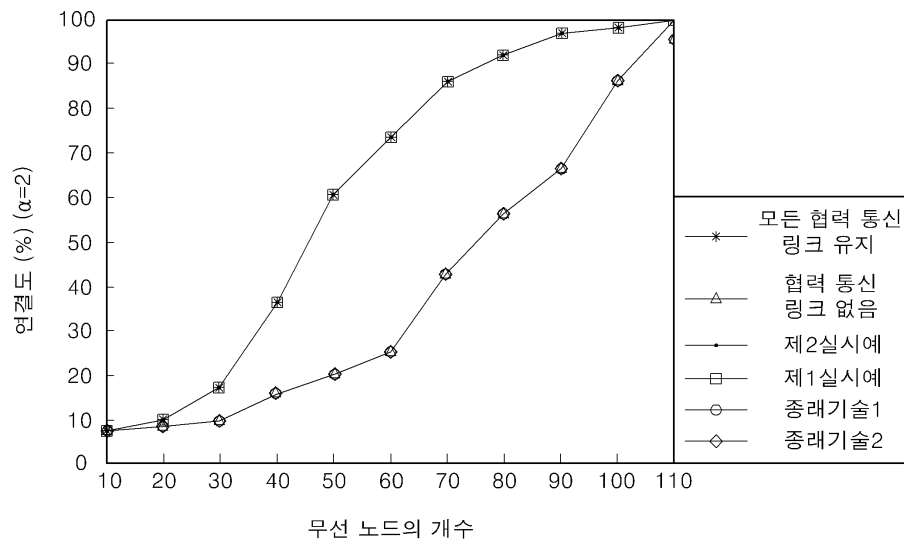
도면15



도면16



도면17



도면18

