



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년10월08일

(11) 등록번호 10-2311726

(24) 등록일자 2021년10월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04W 40/24 (2009.01) H04W 40/10 (2009.01)

H04W 40/32 (2009.01) H04W 84/18 (2009.01)

(52) CPC특허분류

H04W 40/242 (2013.01)

H04W 40/10 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-0019486

(22) 출원일자 2020년02월18일

심사청구일자 2020년02월18일

(65) 공개번호 10-2021-0105032

(43) 공개일자 2021년08월26일

(56) 선행기술조사문헌

KR101580766 B1\*

KR1020150088141 A\*

JP2014036273 A\*

KR1020110053934 A

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

이재용

서울특별시 서대문구 연세로 50, 제3공학관 709호(신촌동, 연세대학교)

류석

서울특별시 서대문구 연세로 50, 제3공학관 709호(신촌동, 연세대학교)

(74) 대리인

민영준

전체 청구항 수 : 총 7 항

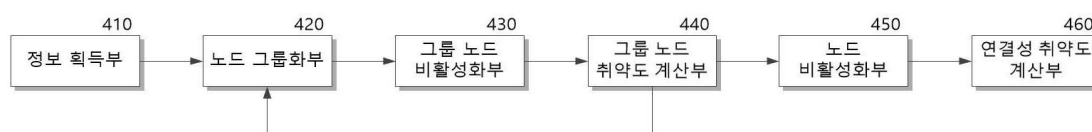
심사관 : 황운철

(54) 발명의 명칭 무선 센서 네트워크의 수명 연장을 위한 클러스터링 기반 연결성 취약 노드 추정 장치 및 방법

## (57) 요약

본 발명은 싱크 노드 및 다수의 센서 노드를 포함하는 무선 센서 네트워크의 클러스터에 대한 노드 정보와 채널 정보 및 클러스터 정보를 획득하는 정보 획득부, 다수의 센서 노드를 다수의 그룹 노드로 그룹화하고, 다수의 그룹 노드 각각에 대한 연결성을 분석하여 취약 그룹 노드를 판별하고, 판별된 취약 그룹 노드 각각에 대한 연결성 취약도를 계산하여 연결성 취약 그룹 노드를 판별하는 연결성 취약 그룹 노드 판별부 및 연결성 취약 그룹 노드 내의 다수의 센서 노드 각각에 대한 연결성을 분석하여 취약 노드를 판별하고, 판별된 취약 노드 각각에 대한 연결성 취약도를 계산하여 연결성 취약 노드를 판별하는 연결성 취약 노드 판별부를 포함하여, 연산 시간을 크게 저감함으로써 무선 센서 네트워크의 상태 변화에 빠르게 대응할 수 있는 무선 센서 네트워크의 연결성 취약 노드 추정 장치 및 방법을 제공할 수 있다.

## 대표도



(52) CPC특허분류

*H04W 40/32* (2013.01)

*H04W 84/18* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711093135
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기술진흥센터
연구사업명	대학ICT연구센터육성지원사업
연구과제명	인터넷 인프라 시스템 기술 개발 및 전문 인력 양성
기 여 율	1/1
과제수행기관명	승실대학교 산학협력단
연구기간	2019.01.01 ~ 2019.12.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

싱크 노드 및 다수의 센서 노드를 포함하는 무선 센서 네트워크의 클러스터에 대한 노드 정보와 채널 정보 및 클러스터 정보를 획득하는 정보 획득부;

상기 다수의 센서 노드를 다수의 그룹 노드로 그룹화하고, 다수의 그룹 노드 각각에 대한 연결성을 분석하여 취약 그룹 노드를 판별하고, 판별된 취약 그룹 노드 각각에 대한 연결성 취약도를 계산하여 연결성 취약 그룹 노드를 판별하는 연결성 취약 그룹 노드 판별부; 및

상기 연결성 취약 그룹 노드 내의 다수의 센서 노드 각각에 대한 연결성을 분석하여 취약 노드를 판별하고, 판별된 취약 노드 각각에 대한 연결성 취약도를 계산하여 연결성 취약 노드를 판별하는 연결성 취약 노드 판별부를 포함하되,

상기 연결성 취약 그룹 노드 판별부는

상기 다수의 센서 노드를 그룹화하여 다수의 그룹 노드를 획득하고, 획득된 다수의 그룹 노드 각각에 포함되는 센서 노드에 대한 노드 정보와 채널 정보 및 클러스터 정보로부터 그룹 노드 정보와 그룹 채널 정보 및 그룹 클러스터 정보를 획득하는 노드 그룹화부;

상기 다수의 그룹 노드에서 기지정된 방식으로 선택 그룹 노드를 선택하고, 선택 그룹 노드와 기지정된 홉수 이내의 이웃 그룹 노드를 비활성화하며, 상기 그룹 채널 정보를 기반으로 상기 비활성화된 그룹 노드와 및 대응하는 그룹 채널을 비활성화하는 그룹 노드 비활성화부; 및

비활성화된 그룹 채널에 의해 상기 싱크 노드로의 연결이 차단되는 그룹 노드가 발생하는지 여부에 따라 선택 그룹 노드의 연결성을 판단하여 취약 그룹 노드로 판별하고, 판별된 취약 그룹 노드 각각의 연결성 취약도를 계산하여 연결성 취약 그룹 노드를 획득하는 그룹 노드 취약도 계산부를 포함하며,

상기 그룹 노드 취약도 계산부는

취약 그룹 노드 각각의 연결성 취약도를 수학적

$$w \left( \frac{\sum_{i=1}^n G E_{residual}}{E_{initial}} \right) + (1 - w) \left( \frac{\sum_{i=1}^n G Coverage_{group}}{Coverage_{total}} \right)$$

(여기서  $w$ 는 취약도 가중치를 나타내고,  $E_{initial}$ 은 현재 클러스터의 모든 센서 노드들의 잔여 에너지의 합을 나

타내고,  $\sum_{i=1}^n G E_{residual}$ 은 싱크 노드(110)로의 센싱 데이터 전송 경로가 유지되는 그룹 노드들의 잔여 에너지의 합으로,  $i$ 는 그룹 노드의 개수를 나타낸다. 그리고  $Coverage_{total}$ 은 클러스터의 전체 커버리지 영역을 나

타내고,  $\sum_{i=1}^n G Coverage_{group}$ 은 클러스터의 전체 커버리지 영역( $Coverage_{total}$ )에서 싱크 노드(110)로의 센싱 데이터 전송 경로가 유지되는 그룹 노드들의 커버리지 영역을 나타낸다.)

에 따라 계산하는 무선 센서 네트워크의 연결성 취약 노드 추정 장치.

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

제1 항에 있어서, 상기 노드 그룹화부는

상기 다수의 센서 노드의 배치 위치를 기반으로 서로 인접한 센서 노드들을 랜덤한 크기로 그룹화하거나, 상기

다수의 그룹 노드 각각의 커버리지 영역 크기, 상기 다수의 그룹 노드에 포함되는 센서 노드의 개수 및 상기 다수의 그룹 노드 사이의 그룹 채널의 개수 중 적어도 하나를 기반으로 그룹화하는 무선 센서 네트워크의 연결성 취약 노드 추정 장치.

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

제1 항에 있어서, 상기 그룹 노드 취약도 계산부는

판별된 연결성 취약 그룹 노드의 크기가 기지정된 기준 크기 이상인지 판별하고, 기준 크기 이상이면, 상기 연결성 취약 그룹 노드가 재그룹화되도록 노드 그룹화부로 전달하는 무선 센서 네트워크의 연결성 취약 노드 추정 장치.

#### 청구항 6

제1 항에 있어서, 상기 연결성 취약 노드 판별부는

상기 연결성 취약 그룹 노드에 포함된 다수의 센서 노드에서 기지정된 방식으로 선택 노드를 선택하고, 선택 노드와 기지정된 홉수 이내의 이웃 노드를 비활성화하며, 상기 채널 정보를 기반으로 상기 비활성화된 센서 노드와 및 대응하는 채널을 비활성화하는 노드 비활성화부; 및

비활성화된 채널에 의해 상기 싱크 노드로의 연결이 차단되는 센서 노드가 발생하는지 여부에 따라 선택 노드의 연결성을 판단하여 취약 노드로 판별하고, 판별된 취약 노드 각각의 연결성 취약도를 계산하여 연결성 취약 노드를 획득하는 노드 취약도 계산부를 포함하는 무선 센서 네트워크의 연결성 취약 노드 추정 장치.

#### 청구항 7

제6 항에 있어서, 상기 노드 취약도 계산부는

취약 노드 각각의 연결성 취약도를 수학적식

$$w \left( \frac{E_{residual}}{E_{initial}} \right) + (1-w) \left( \frac{Coverage_{group}}{Coverage_{total}} \right)$$

(여기서  $E_{residual}$  은 싱크 노드(110)로의 센싱 데이터 전송 경로가 유지되는 모든 센서 노드들의 잔여 에너지의 합을 나타내고,  $Coverage_{group}$  은 클러스터의 전체 커버리지 영역( $Coverage_{total}$ )에서 싱크 노드(110)로의 센싱 데이터 전송 경로가 유지되는 센서 노드들의 커버리지 영역을 나타내며,  $w$ 는 취약도 가중치를 나타내고,  $E_{initial}$  은 현재 클러스터의 모든 센서 노드들의 잔여 에너지의 합을 나타낸다.)

에 따라 계산하는 무선 센서 네트워크의 연결성 취약 노드 추정 장치.

#### 청구항 8

싱크 노드 및 다수의 센서 노드를 포함하는 무선 센서 네트워크의 클러스터에 대한 노드 정보와 채널 정보 및 클러스터 정보를 획득하는 단계;

상기 다수의 센서 노드를 다수의 그룹 노드로 그룹화하고, 다수의 그룹 노드 각각에 대한 연결성을 분석하여 취약 그룹 노드를 판별하고, 판별된 취약 그룹 노드 각각에 대한 연결성 취약도를 계산하여 연결성 취약 그룹 노드를 판별하는 단계; 및

상기 연결성 취약 그룹 노드 내의 다수의 센서 노드 각각에 대한 연결성을 분석하여 취약 노드를 판별하고, 판별된 취약 노드 각각에 대한 연결성 취약도를 계산하여 연결성 취약 노드를 판별하는 단계를 포함하되,

상기 연결성 취약 그룹 노드를 판별하는 단계는

상기 다수의 센서 노드를 그룹화하여 다수의 그룹 노드를 획득하고, 획득된 다수의 그룹 노드 각각에 포함되는 센서 노드에 대한 노드 정보와 채널 정보 및 클러스터 정보로부터 그룹 노드 정보와 그룹 채널 정보 및 그룹 클러스터 정보를 획득하는 단계;

상기 다수의 그룹 노드에서 기지정된 방식으로 선택 그룹 노드를 선택하고, 선택 그룹 노드와 기지정된 홉수 이내의 이웃 그룹 노드를 비활성화하며, 상기 그룹 채널 정보를 기반으로 상기 비활성화된 그룹 노드와 및 대응하는 그룹 채널을 비활성화하는 단계; 및

비활성화된 그룹 채널에 의해 상기 싱크 노드로의 연결이 차단되는 그룹 노드가 발생하는지 여부에 따라 선택 그룹 노드의 연결성을 판단하여 취약 그룹 노드로 판별하고, 판별된 취약 그룹 노드 각각의 연결성 취약도를 계산하여 연결성 취약 그룹 노드를 획득하는 단계를 포함하고,

상기 연결성 취약 그룹 노드를 획득하는 단계는,

취약 그룹 노드 각각의 연결성 취약도를 수학적

$$w \left( \frac{\sum_{i=1}^n G E_{residual}}{E_{initial}} \right) + (1 - w) \left( \frac{\sum_{i=1}^n G Coverage_{group}}{Coverage_{total}} \right)$$

(여기서  $w$ 는 취약도 가중치를 나타내고,  $E_{initial}$ 은 현재 클러스터의 모든 센서 노드들의 잔여 에너지의 합을 나타내고,  $\sum_{i=1}^n G E_{residual}$ 은 싱크 노드(110)로의 센싱 데이터 전송 경로가 유지되는 그룹 노드들의 잔여 에너지의 합으로,  $i$ 는 그룹 노드의 개수를 나타낸다. 그리고  $Coverage_{total}$ 은 클러스터의 전체 커버리지 영역을 나타내고,  $\sum_{i=1}^n G Coverage_{group}$ 은 클러스터의 전체 커버리지 영역( $Coverage_{total}$ )에서 싱크 노드(110)로의 센싱 데이터 전송 경로가 유지되는 그룹 노드들의 커버리지 영역을 나타낸다.)

에 따라 계산하는 무선 센서 네트워크의 연결성 취약 노드 추정 방법.

## 청구항 9

삭제

## 청구항 10

제8 항에 있어서, 상기 연결성 취약 노드를 판별하는 단계는

상기 연결성 취약 그룹 노드에 포함된 다수의 센서 노드에서 기지정된 방식으로 선택 노드를 선택하고, 선택 노드와 기지정된 홉수 이내의 이웃 노드를 비활성화하며, 상기 채널 정보를 기반으로 상기 비활성화된 센서 노드와 및 대응하는 채널을 비활성화하는 단계; 및

비활성화된 채널에 의해 상기 싱크 노드로의 연결이 차단되는 센서 노드가 발생하는지 여부에 따라 선택 노드의 연결성을 판단하여 취약 노드로 판별하고, 판별된 취약 노드 각각의 연결성 취약도를 계산하여 연결성 취약 노드를 획득하는 단계를 포함하는 무선 센서 네트워크의 연결성 취약 노드 추정 방법.

## 발명의 설명

## 기술 분야

[0001]

본 발명은 무선 센서 네트워크의 수명 연장을 위한 연결성 취약 노드 추정 장치 및 방법에 관한 것으로, 다수의 노드를 클러스터링하여 노드의 연결 취약도에 대한 계산량을 크게 줄일 수 있는 무선 센서 네트워크의 수명 연장을 위한 연결성 취약 노드 추정 장치 및 방법에 관한 것이다.

## 배경 기술

[0002]

무선 유비쿼터스 환경에서 센서 노드들 사이의 연결체인 센서 네트워크를 형성하는 다양한 방법들이 제시되고 있다. 이러한 다양한 센서 네트워크의 체계는 센서 네트워크를 지역적인 형태나 소규모로 구성하는 방법과 광

역적인 형태로 전체 네트워크를 구성하는 방법이 주요 관점으로 연구되고 있다.

- [0003] 한편, 센서 노드의 한정된 에너지를 고려하여 네트워크 라이프타임(lifetime)을 최대화하기 위한 연구가 더욱 더 중요해지고 있다. 네트워크 라이프타임은 일정 수의 소스 노드가 데이터 전달 경로를 더 이상 찾지 못하는 시점까지로 정의되며, 최악의 경우 전체 센서 네트워크의 서비스가 불가능한 시점까지로 정의될 수 있다. 일 예로, 타겟 서비스 구역의 모든 정보가 전달되는 경우를 100%라고 할 때, 70%까지의 정보 전달이 유지되는 시점 까지가 네트워크 라이프타임이 될 수 있다. 따라서 저전력 소모와 네트워크 라이프타임에 관한 연구는 무선 센서 네트워크에서 중요한 과제이다.
- [0004] 무선 센서 네트워크의 라이프타임이 증가시키기 위해서는, 임의의 센서 노드에서 감지된 정보가 정보를 취합하는 싱크 노드(sink node)까지 전달될 수 있어야 한다. 이것은 임의의 센서에 대한 네트워크 연결성이 보장된다는 것으로써 어떠한 센서도 고립되지 않고, 자신이 센싱한 데이터를 올바르게 싱크 노드까지 전송할 수 있음을 의미한다. 따라서 무선 센서 네트워크에서 연결성이 취약한 노드를 미리 추정하고 이에 대비한다면 무선 센서 네트워크의 라이프타임을 증가시킬 수 있다.
- [0005] 다만 무선 센서 네트워크에서 연결성이 취약한 센서 노드는 다수로 존재할 수도 있으며, 취약 노드의 취약도는 서로 상이할 수 있다. 이에 기존에는 무선 센서 네트워크의 다수의 센서 노드 각각에 대한 취약성을 계산하여, 무선 센서 네트워크의 라이프타임을 관리하도록 하였다.
- [0006] 그러나 무선 센서 네트워크의 규모가 점차로 증감함에 따라 센서 노드 개수 또한 증가하고 있으며, 노드 취약도의 계산 복잡도는 센서 노드 수의 세제곱에 비례하여 증가하게 된다. 즉 노드 취약도를 연산하기 위한 시간이 크게 증가하게 된다. 따라서 무선 센서 네트워크의 규모가 큰 경우 연산 시간의 증가로 인해 실시간으로 변화하는 무선 센서 네트워크의 상태에 대응하지 못하게 되는 문제가 있다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 한국 공개 특허 제10-2016-0088102호 (2016.07.25 공개)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0008] 본 발명의 목적은 노드 취약도 연산 시간을 크게 저감하여, 무선 센서 네트워크의 상태 변화에 빠르게 대응할 수 있는 무선 센서 네트워크의 연결성 취약 노드 추정 장치 및 방법을 제공하는데 있다.
- [0009] 본 발명의 다른 목적은 무선 센서 네트워크의 다수의 센서 노드를 그룹화하고, 그룹화된 다수의 노드 그룹 각각을 개별 센서 노드로 취급하여 노드 취약도를 계산함으로써, 노드 취약도의 계산 복잡도를 크게 줄일 수 있는 무선 센서 네트워크의 연결성 취약 노드 추정 장치 및 방법을 제공하는데 있다.

### 과제의 해결 수단

- [0010] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 센서 네트워크의 연결성 취약 노드 추정 장치는 싱크 노드 및 다수의 센서 노드를 포함하는 무선 센서 네트워크의 클러스터에 대한 노드 정보와 채널 정보 및 클러스터 정보를 획득하는 정보 획득부; 상기 다수의 센서 노드를 다수의 그룹 노드로 그룹화하고, 다수의 그룹 노드 각각에 대한 연결성을 분석하여 취약 그룹 노드를 판별하고, 판별된 취약 그룹 노드 각각에 대한 연결성 취약도를 계산하여 연결성 취약 그룹 노드를 판별하는 연결성 취약 그룹 노드 판별부; 및 상기 연결성 취약 그룹 노드 내의 다수의 센서 노드 각각에 대한 연결성을 분석하여 취약 노드를 판별하고, 판별된 취약 노드 각각에 대한 연결성 취약도를 계산하여 연결성 취약 노드를 판별하는 연결성 취약 노드 판별부를 포함한다.
- [0011] 상기 연결성 취약 그룹 노드 판별부는 상기 다수의 센서 노드를 그룹화하여 다수의 그룹 노드를 획득하고, 획득된 다수의 그룹 노드 각각에 포함되는 센서 노드에 대한 노드 정보와 채널 정보 및 클러스터 정보로부터 그룹 노드 정보와 그룹 채널 정보 및 그룹 클러스터 정보를 획득하는 노드 그룹화부; 상기 다수의 그룹 노드에서 기 지정된 방식으로 선택 그룹 노드를 선택하고, 선택 그룹 노드와 기지정된 홉수 이내의 이웃 그룹 노드를 비활성화하며, 상기 그룹 채널 정보를 기반으로 상기 비활성화된 그룹 노드와 및 대응하는 그룹 채널을 비활성화하는

그룹 노드 비활성화부; 및 비활성화된 그룹 채널에 의해 상기 싱크 노드로의 연결이 차단되는 그룹 노드가 발생하는지 여부에 따라 선택 그룹 노드의 연결성을 판단하여 취약 그룹 노드로 판별하고, 판별된 취약 그룹 노드 각각의 연결성 취약도를 계산하여 연결성 취약 그룹 노드를 획득하는 그룹 노드 취약도 계산부를 포함할 수 있다.

[0012] 상기 노드 그룹화부는 상기 다수의 센서 노드의 배치 위치를 기반으로 서로 인접한 센서 노드들을 랜덤한 크기로 그룹화하거나, 상기 다수의 그룹 노드 각각의 커버리지 영역 크기, 상기 다수의 그룹 노드에 포함되는 센서 노드의 개수 및 상기 다수의 그룹 노드 사이의 그룹 채널의 개수 중 적어도 하나를 기반으로 그룹화할 수 있다.

[0013] 상기 그룹 노드 취약도 계산부는 취약 그룹 노드 각각의 연결성 취약도를 수학적

$$w \left( \frac{\sum_{i=1}^n G E_{residual}}{E_{initial}} \right) + (1 - w) \left( \frac{\sum_{i=1}^n G Coverage_{group}}{Coverage_{total}} \right)$$

[0015] (여기서 여기서  $w$ 는 취약도 가중치를 나타내고,  $E_{initial}$ 은 현재 클러스터의 모든 센서 노드들의 잔여 에너지의 합을 나타내고,  $\sum_{i=1}^n G E_{residual}$ 은 싱크 노드(110)로의 센싱 데이터 전송 경로가 유지되는 그룹 노드들의 잔여 에너지의 합으로,  $i$ 는 그룹 노드의 개수를 나타낸다. 그리고  $Coverage_{total}$ 은 클러스터의 전체 커버리지 영역을 나타내고,  $\sum_{i=1}^n G Coverage_{group}$ 은 클러스터의 전체 커버리지 영역( $Coverage_{total}$ )에서 싱크 노드(110)로의 센싱 데이터 전송 경로가 유지되는 그룹 노드들의 커버리지 영역을 나타낸다.)에 따라 계산할 수 있다.

[0016] 상기 그룹 노드 취약도 계산부는 판별된 연결성 취약 그룹 노드의 크기가 기 지정된 기준 크기 이상인지 판별하고, 기준 크기 이상이면, 상기 연결성 취약 그룹 노드가 재그룹화되도록 노드 그룹화부로 전달할 수 있다.

[0017] 상기 연결성 취약 노드 판별부는 상기 연결성 취약 그룹 노드에 포함된 다수의 센서 노드에서 기 지정된 방식으로 선택 노드를 선택하고, 선택 노드와 기 지정된 홉수 이내의 이웃 노드를 비활성화하며, 상기 채널 정보를 기반으로 상기 비활성화된 센서 노드와 및 대응하는 채널을 비활성화하는 노드 비활성화부; 및 비활성화된 채널에 의해 상기 싱크 노드로의 연결이 차단되는 센서 노드가 발생하는지 여부에 따라 선택 노드의 연결성을 판단하여 취약 노드로 판별하고, 판별된 취약 노드 각각의 연결성 취약도를 계산하여 연결성 취약 노드를 획득하는 노드 취약도 계산부를 포함할 수 있다.

[0018] 상기 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따른 무선 센서 네트워크의 연결성 취약 노드 추정 방법은 싱크 노드 및 다수의 센서 노드를 포함하는 무선 센서 네트워크의 클러스터에 대한 노드 정보와 채널 정보 및 클러스터 정보를 획득하는 단계; 상기 다수의 센서 노드를 다수의 그룹 노드로 그룹화하고, 다수의 그룹 노드 각각에 대한 연결성을 분석하여 취약 그룹 노드를 판별하고, 판별된 취약 그룹 노드 각각에 대한 연결성 취약도를 계산하여 연결성 취약 그룹 노드를 판별하는 단계; 및 상기 연결성 취약 그룹 노드 내의 다수의 센서 노드 각각에 대한 연결성을 분석하여 취약 노드를 판별하고, 판별된 취약 노드 각각에 대한 연결성 취약도를 계산하여 연결성 취약 노드를 판별하는 단계를 포함한다.

### 발명의 효과

[0019] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 무선 센서 네트워크의 연결성 취약 노드 추정 장치 및 방법은 무선 센서 네트워크의 다수의 센서 노드를 그룹화하여 다수의 노드 그룹 각각을 개별 센서 노드로 취급하여 노드 취약도를 계산하고, 취약한 노드 그룹 내의 센서 노드에 대한 노드 취약도를 계산함으로써 노드 취약도 계산 복잡도를 크게 줄일 수 있다. 그러므로, 노드 취약도 연산 시간을 크게 저감하여, 무선 센서 네트워크의 상태 변화에 빠르게 대응할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 무선 센서 네트워크의 일예를 나타낸다.

도 2 및 도 3은 무선 센서 네트워크에서 노드의 취약도를 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 센서 네트워크의 연결성 취약 노드 추정 장치의 개략적 구조를 나타낸다.



도 5는 노드 식별 정보와 채널 식별 정보를 설명하기 위한 도면이다.

도 6 내지 도 8은 도 4의 연결성 취약 노드 추정 장치가 무선 센서 네트워크의 연결성 취약 노드를 추정하는 개념을 나타낸다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 센서 네트워크의 연결성 취약 노드 추정 방법을 나타낸다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 첨부 도면 및 첨부 도면에 기재된 내용을 참조하여야만 한다.
- [0022] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다. 그러나, 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 설명하는 실시예에 한정되는 것이 아니다. 그리고, 본 발명을 명확하게 설명하기 위하여 설명과 관계없는 부분은 생략되며, 도면의 동일한 참조부호는 동일한 부재임을 나타낸다.
- [0023] 명세서 전체에서, 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. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...기", "모듈", "블록" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0024] 도 1은 무선 센서 네트워크의 일예를 나타내고, 도 2 및 도 3은 무선 센서 네트워크에서 노드의 취약도를 설명하기 위한 도면이다.
- [0025] 도 1에서는 다수의 센서 노드(130)와 하나의 싱크 노드(Sink node)(110)가 배치된 무선 센서 네트워크를 도시하였다.
- [0026] 도 1을 참조하면, 다수의 센서 노드(130) 각각은 임의의 위치에 배치되어 기지정된 범위의 센싱 영역을 감지하여 센싱 데이터를 획득하고, 획득된 센싱 데이터를 싱크 노드(110)로 전달한다. 다수의 센서 노드(130) 각각은 싱크 노드(110) 또는 인접한 적어도 하나의 센서 노드(130)와 무선 통신을 수행하여 싱크 노드(110)로 센싱 데이터를 전송할 수 있다. 센서 노드(130)는 직접 센싱 데이터를 싱크 노드(110)로 전송할 수 있으나, 직접 전송할 수 없는 경우에는 다른 센서 노드(130)를 통해 싱크 노드(110)로 전송할 수 있다. 그리고 다수의 센서 노드(130) 각각은 자신의 에너지 잔량을 측정하고, 측정된 에너지 잔량을 싱크 노드(110)로 함께 전달할 수 있다.
- [0027] 다수의 센서 노드(130) 각각이 싱크 노드(110)와 무선 통신을 수행하기 위한 경로는 다수의 센서 노드(130) 각각의 배치 위치와 무선 통신 가능 거리 및 각 센서 노드(130)의 에너지 잔량 등을 고려하여 싱크 노드(110)에 의해 미리 설정될 수 있다.
- [0028] 본 실시예에서는 다수의 센서 노드(130) 중 무선 통신을 수행할 수 있는 센서 노드(130) 사이의 경로를 채널(140)이라 하며, 도 1에서는 두 개의 센서 노드(130)를 잇는 실선으로 표시하였다.
- [0029] 싱크 노드(110)(또는 센싱 서버 라고도 함)는 채널(140)에 의한 연결성에 기반하여 다수의 센서 노드(130)로 구성되는 무선 센서 네트워크의 클러스터를 설정하고, 설정된 클러스터 내의 다수의 센서 노드(130)로부터 센싱 데이터를 전달받아 센싱 정보를 획득할 수 있다. 이는 무선 센서 네트워크의 크기가 매우 큰 경우, 무선 센서 네트워크에는 다수의 싱크 노드(110)가 포함되고, 다수의 싱크 노드(110) 각각은 클러스터(120)를 설정하여, 설정된 클러스터(120) 내의 대응하는 센서 노드(130)들을 관리함으로써, 대규모 무선 센서 네트워크의 다수의 센서 노드(130)를 효율적으로 관리할 수 있다.
- [0030] 도 1에서는 싱크 노드(110)가 무선 센서 네트워크의 클러스터(120)에 포함되지 않는 것으로 도시하였으나, 싱크 노드(110)는 클러스터(120)에 포함될 수도 있다.
- [0031] 싱크 노드(110)(또는 센싱 서버 라고도 함)는 채널(140)에 의한 연결성에 기반하여 다수의 센서 노드(130)로부터 센싱 데이터를 전달받아 센싱 정보를 획득한다.
- [0032] 싱크 노드(110)는 무선 센서 네트워크에서 다수의 센서 노드(130) 중 하나의 센서 노드를 선택 노드로 선택하고, 선택 노드로부터 기 설정된 홉수 이내의 이웃 노드를 비활성화하여 무선 센서 네트워크의 연결성 취약 노드를 추정할 수 있다.
- [0033] 도 2 및 도 3을 참조하면, 다수의 센서 노드(130) 중 특정 센서 노드(131, 132)는 다수의 센서 노드(130)를 서



로 다른 노드 그룹((210, 220), (310, 320))으로 구분하고, 서로 다른 노드 그룹((210, 220), (310, 320))을 연결하는 연결 노드로 기능할 수 있다. 일례로 도 2에서 센서 노드(131)는 제1 노드 그룹(210)과 제2 노드 그룹(220)을 연결하는 연결 노드로 기능할 수 있으며, 도 3에서 센서 노드(132)는 제1 노드 그룹(310)과 제2 노드 그룹(320)을 연결하는 연결 노드로 기능할 수 있다. 따라서 센서 노드(131, 132)가 에너지 잔량 부족이나 다양한 이유로 비활성화되면, 해당 센서 노드(131, 132)뿐만 아니라 제2 노드 그룹(220, 320)에 포함된 모든 센서 노드(121)에서 획득된 센싱 데이터 또한 싱크 노드(110)로 전달될 수 없다. 즉 특정 센서 노드(131, 132)는 무선 센서 네트워크의 연결성 취약 노드라고 할 수 있다. 도 2 및 도 3에 도시된 바와 같이, 연결성 취약 지점은 하나 이상일 수 있다.

[0034] 다만, 센서 노드(131, 132)는 모두 연결성 취약 노드이지만, 각 센서 노드가 연결성에 미치는 영향은 동일하지 않다. 도 2에서 센서 노드(131)가 비활성화됨으로써 센싱 데이터를 싱크 노드(110)로 전달할 수 없게 되는 제2 노드 그룹(220)에 포함된 센서 노드(121)의 개수는 8개인 반면, 도 3에서 센서 노드(132)가 비활성화됨으로써 센싱 데이터를 싱크 노드(110)로 전달할 수 없게 되는 제2 노드 그룹(320)에 포함된 센서 노드(121)의 개수는 19개이다. 즉 센서 노드(131)에 비해 센서 노드(132)에 의한 무선 센서 네트워크의 연결성 취약도가 훨씬 크다는 것을 알 수 있다.

[0035] 따라서 단순히 채널에 기반한 연결성만을 고려하면, 실질적인 무선 센서 네트워크의 연결성 취약도를 정확하게 판별할 수 없다. 따라서 기존에는 싱크 노드(110)가 무선 센서 네트워크의 다수의 노드 각각에 대한 연결성 취약도를 수치하여 계산함으로써, 연결성 취약 노드를 정확하게 추정하였다.

[0036] 다만, 싱크 노드(110)가 무선 센서 네트워크에서 가장 연결성이 취약한 노드를 판별하기 위해서는 무선 센서 네트워크 내 또는 지정된 범위 싱크 노드(110)에 의해 관리되는 기지정된 범위 이내의 모든 센서 노드(130) 각각의 연결성 취약도를 개별적으로 계산해야 한다. 이로 인해 센서 노드(130)의 개수가 많은 경우 싱크 노드(110)의 연산 처리량에 과부하가 발생되어 각각의 연결성 취약도 계산이 느려지게 되고, 싱크 노드(110)는 무선 센서 네트워크의 상태에 실시간으로 대응할 수 없게 되는 문제가 있다.

[0037] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 센서 네트워크의 연결성 취약 노드 추정 장치의 개략적 구조를 나타내고, 도 5는 노드 식별 정보와 채널 식별 정보를 설명하기 위한 도면이며, 도 6 내지 도 8은 도 4의 연결성 취약 노드 추정 장치가 무선 센서 네트워크의 연결성 취약 노드를 추정하는 개념을 나타낸다.

[0038] 본 실시예에서 무선 센서 네트워크의 연결성 취약 노드 추정 장치는 무선 센서 네트워크에 대한 정보를 저장하고 있는 싱크 노드(110) 서버, 또는 프로세서를 포함하는 단말 장치에 포함될 수 있으며, 여기서는 일례로 싱크 노드(110)에 포함되는 것으로 가정하여 설명한다.

[0039] 도 4를 참조하면, 본 실시예에 따른 무선 센서 네트워크의 연결성 취약 노드 추정 장치로서 싱크 노드(110)는 정보 획득부(410), 노드 그룹화부(420), 노드 그룹 비활성화부(430), 그룹 취약도 계산부(440), 노드 비활성화부(450) 및 연결성 취약도 계산부(460)를 포함할 수 있다.

[0040] 정보 획득부(410)는 무선 센서 네트워크의 클러스터에 포함되는 다수의 센서 노드(130)와 채널(140) 및 클러스터(120)에 대한 정보를 획득한다.

[0041] 표 1은 노드 정보와 연결성 정보 및 클러스터 정보에 대한 일례이다. 표 1은 도 5를 기초하여 생성된 노드 정보와 연결성 정보 및 클러스터 정보의 일부를 나타내고, 도 5에서는 설명의 편의를 위하여 다수의 센서 노드(130) 중 일부만을 별도로 도시하였다.

표 1

노드 정보(Node)	{A,(0,0)}, {B,(1,0)}, ..., {E,(2,-1)}
채널 정보(CnT)	{e1,(A,B),e1}, {e2,(B,C),e1}, ..., {e5,(D,E),e1}
클러스터 정보(Cluster)	{e1,<e1,e2,e3,e4,e5>}

[0042]

[0043] 도 5와 표 1을 참조하면, 노드 정보(Node) 각각은 {센서 노드 식별자, 노드 좌표 정보}를 포함하여 구성될 수 있다. 여기서 노드 좌표 정보는 센서 노드 식별자에 대응하는 센서 노드(130)가 배치된 위치를 나타낸다. 채

널 정보(CnT)는 {채널 식별자, 연결 센서 노드, 대표 채널 식별자}를 포함하여 구성될 수 있다. 연결 센서 노드는 대응하는 채널(140)에 의해 연결되는 두 개의 센서 노드(130)의 센서 노드 식별자를 나타내고, 대표 채널 식별자는 해당 채널(140)의 연결성을 나타내는 대표 채널에 대한 식별자로서 싱크 노드(110)에 가장 가까운 노드에 연결된 채널에 대한 채널 식별자 또는 가장 작은 식별값을 갖는 채널 식별자로 설정될 수 있다.

[0044] 클러스터 정보(Cluster)는 {클러스터 식별자, <채널 식별자>}를 포함하여 구성될 수 있다. 여기서 채널 식별자는 해당 클러스터에 포함된 적어도 하나의 채널의 채널 식별자를 나타낸다. 그리고 클러스터 식별자는 표 1에 서와 같이 별도로 지정될 수 있으나, 경우에 따라서는 해당 클러스터에 포함된 적어도 하나의 채널에 대한 채널 식별자 중 하나로 설정될 수 있으며, 이 경우, 클러스터 식별자는 채널 정보의 대표 채널 식별자와 마찬가지로 싱크 노드(110)에 가장 가까운 노드에 연결된 채널에 대한 채널 식별자 또는 가장 작은 식별값을 갖는 채널 식별자가 설정될 수 있다.

[0045] 일반적으로 싱크 노드(110)는 커버리지 영역을 정확하게 확인하기 위해 다수의 센서 노드(130) 각각의 노드 식별자와 배치 위치에 대한 좌표 정보를 포함하는 노드 정보를 획득하고, 획득된 노드 정보에 기초하여 무선 센서 네트워크의 클러스터(120)를 설정한다. 그러나 본 실시에서는 다수의 센서 노드(130)가 획득한 센싱 데이터를 싱크 노드(110)로 전달할 수 있도록 하는 경로의 존재를 나타내는 연결성을 더욱 중요하게 고려하며, 이에 싱크 노드(110)는 다수의 센서 노드(130) 사이의 무선 통신 경로를 나타내는 연결성 정보를 생성하고, 연결성 정보 기반하여 무선 센서 네트워크의 클러스터(120)를 설정하여 클러스터 정보를 획득한다.

[0046] 노드 그룹화부(420), 노드 그룹 비활성화부(430), 그룹 취약도 계산부(440)는 다수의 센서 노드(130)를 다수의 그룹 노드로 그룹화하고, 다수의 그룹 노드 각각에 대한 연결성을 분석하여 취약 그룹 노드를 판별하고, 판별된 취약 그룹 노드 각각에 대한 연결성 취약도를 계산하여 연결성 취약 그룹 노드를 판별하는 연결성 취약 그룹 노드 판별부로 볼 수 있다.

[0047] 연결성 취약 그룹 노드 판별부에서 노드 그룹화부(420)는 정보 획득부(410)에서 획득된 다수의 센서 노드(130)에 대한 정보를 기반으로 다수의 센서 노드(130)를 다수의 센서 노드 그룹으로 그룹화한다. 여기서 노드 그룹화부(420)는 다수의 센서 노드(130)의 배치 위치를 기반으로 인접한 센서 노드(130)들을 그룹화할 수 있다. 노드 그룹화부(420)는 도 6에 도시된 바와 같이, 다수의 센서 노드(130)를 다수의 그룹(510 ~ 530)으로 그룹화할 수 있다.

[0048] 이때 노드 그룹화부(420)는 센서 노드 그룹에 포함되는 센서 노드(130)의 개수가 동일하도록 그룹화할 수도 있으나, 서로 상이하게 포함하도록 구성될 수도 있다. 또한 노드 그룹화부(420)는 클러스터(120) 내의 다수의 센서 노드(130)를 기지정된 개수의 그룹(510 ~ 530)으로 그룹화할 수도 있다.

[0049] 또한 노드 그룹화부(420)는 노드 정보와 함께 연결성 정보인 채널 정보(CnT)를 고려하여 기지정된 방식으로 다수의 센서 노드(130)를 다수의 그룹(510 ~ 530)으로 그룹화할 수도 있다. 예를 들면, 노드 그룹화부(420)는 그룹화되어 구분된 노들 사이의 채널 수가 적어지도록 다수의 센서 노드(130)를 그룹화할 수 있다.

[0050] 그러나 본 실시예에 따른 노드 그룹화부(420)는 이에 한정되지 않고 다양한 방식으로 다수의 센서 노드(130)를 그룹화할 수 있다.

[0051] 노드 그룹화부(420)는 다수의 센서 노드(130)를 그룹화하여 다수의 그룹(510 ~ 530)이 획득되면, 도 7에 도시된 바와 같이, 획득된 다수의 그룹(510 ~ 530) 각각을 개별적인 노드인 그룹 노드로 인식하고, 인식된 그룹 노드(510 ~ 530) 각각에 대한 그룹 노드 정보와 그룹 연결성 정보 및 그룹 클러스터 정보를 획득한다.

[0052] 표 2은 그룹 노드 정보와 그룹 연결성 정보 및 그룹 클러스터 정보에 대한 일예이다.

표 2

노드 정보(Node)	{A,(0,0)}, {B,(1,0)}, ..., {E,(2,-1)}
그룹 채널 정보(GCnT)	{ge1,(GA,GB),ge1}, {ge2,(GB,GC),e1}, ..., {ge5,(GD,GE),ge1}
그룹 클러스터 정보(Cluster)	{ge1,<ge1,ge2,ge3,ge4,ge5>}

[0053]

[0054] 즉 노드 그룹화부(420)는 표 1의 개별 노드에 대한 노드 정보와 연결성 정보 및 클러스터 정보와 동일한 방식으

로, 그룹 노드에 대한 그룹 노드 정보와 그룹 연결성 정보 및 그룹 클러스터 정보를 획득한다.

- [0055] 한편 노드 그룹화부(420)는 그룹 취약도 계산부(440)에서 다수의 그룹 노드(510 ~ 530) 중 하나의 그룹 노드가 선택되면, 선택된 그룹 노드 내의 다수의 센서 노드에 대해 다시 그룹화를 수행하여, 다수의 세부 그룹 노드를 획득할 수도 있다.
- [0056] 그룹 노드(510 ~ 530)가 획득되면, 그룹 노드 비활성화부(430)는 다수의 그룹 노드(510 ~ 530) 중 하나의 그룹 노드(여기서는 일례로 제2 그룹 노드(520))를 선택 그룹 노드로 선택하고, 선택 그룹 노드로부터 기지정된 홉수 이내의 이웃 노드를 비활성화한다. 그룹 노드 비활성화부(430)는 다수의 그룹 노드(510 ~ 530)에서 선택 그룹 노드를 랜덤하게 선택하거나 기지정된 순서로 순차적으로 선택할 수 있으며, 반복적으로 선택 그룹 노드를 선택하여 기지정된 홉수 이내의 이웃 노드를 비활성화할 수 있다.
- [0057] 여기서 홉수는 0 또는 자연수로 설정될 수 있으며, 홉수가 0으로 선택되는 경우, 선택 그룹 노드만이 비활성화되고, 홉수가 0이 아닌 경우, 홉수만큼 채널로 연결된 이웃 그룹 노드들이 함께 비활성화된다.
- [0058] 일례로 도 5에서 C 그룹 노드(GC)가 선택 그룹 노드로 선택되고 홉수가 1로 설정되어 있다면, 선택 그룹 노드인 C 그룹 노드(GC)와 함께 B, E 및 D 그룹 노드(GB, GE, GD)가 비활성화된다. 이때, 비활성화된 그룹 노드에 연결되는 채널(ge1, ge2, ge3, ge4, ge5) 또한 함께 비활성화된다.
- [0059] 다른 예로 C 그룹 노드(GC)가 선택 그룹 노드로 선택되고 홉수가 0로 설정되어 C 그룹 노드(GC)만이 비활성화되더라도, C 그룹 노드(GC)에 연결되는 그룹 채널(ge2, ge3, ge4)이 비활성화된다.
- [0060] 그룹 노드 취약도 계산부(440)는 그룹 노드 비활성화부(430)에 의해 비활성화된 선택 그룹 노드(520)에 연결되는 비활성화된 그룹 채널에 연결된 그룹 노드(510, 530)와의 그룹 연결성을 분석한다. 그룹 노드 취약도 계산부(440)는 그룹 채널의 비활성화에 따라 싱크 노드(110)로의 연결이 차단되는 그룹 노드(530)와 연결이 유지되는 그룹 노드(510)를 구분한다. 만일 싱크 노드(110)로의 연결이 차단되는 그룹 노드(530)가 존재하는 것으로 판별되면, 선택 그룹 노드(520)가 취약 그룹 노드인 것으로 판별한다.
- [0061] 그리고 취약 그룹 노드에 대한 연결성 취약도를 수학적 식 1에 따라 계산한다.

### 수학적 식 1

$$w \left( \frac{\sum_{i=1}^n G E_{residual}}{E_{initial}} \right) + (1 - w) \left( \frac{\sum_{i=1}^n G Coverage_{group}}{Coverage_{total}} \right)$$

- [0063] 여기서  $w$ 는 취약도 가중치를 나타내고,  $E_{initial}$ 은 현재 클러스터의 모든 센서 노드들의 잔여 에너지의 합을 나타내고,  $\sum_{i=1}^n G E_{residual}$ 은 싱크 노드(110)로의 센싱 데이터 전송 경로가 유지되는 그룹 노드들의 잔여 에너지의 합으로,  $i$ 는 그룹 노드의 개수를 나타낸다. 그리고  $Coverage_{total}$ 은 클러스터의 전체 커버리지 영역을 나타내고,  $\sum_{i=1}^n G Coverage_{group}$ 은 클러스터의 전체 커버리지 영역( $Coverage_{total}$ )에서 싱크 노드(110)로의 센싱 데이터 전송 경로가 유지되는 그룹 노드들의 커버리지 영역을 나타낸다.

- [0064] 즉 그룹 노드 취약도 계산부(440)는 취약 그룹 노드가 제외된 나머지 그룹 노드의 잔여 에너지와 커버리지 영역에 따라 선택 그룹 노드의 연결성 취약도를 계산한다.

- [0065] 수학적 식 1에서 그룹 노드 에너지 잔량( $\sum_{i=1}^n G E_{residual}$ )과 그룹 노드 잔여 커버리지 영역( $\sum_{i=1}^n G Coverage_{group}$ )은 선택 그룹 노드의 비활성화가 클러스터 전체에 미치는 영향을 고려하기 위한 항목이다.

- [0066] 그룹 노드 취약도 계산부(440)는 수학적 식 1에 따라 계산되는 그룹 노드 취약도에 따라 연결성 취약도가 가장 큰 취약 그룹 노드를 연결성 취약 그룹 노드로 선택한다.

- [0067] 한편, 그룹 노드 취약도 계산부(440)는 연결성 취약 그룹 노드가 선택되면, 선택된 연결성 취약 그룹 노드에 포함된 센서 노드(130)의 개수 또는 연결성 취약 그룹 노드의 커버리지 영역 등을 분석하여, 연결성 취약 그룹 노

드에 대해 세부적인 재그룹화의 수행 여부를 판별한다.

- [0068] 상기에서 노드 그룹화부(420)가 다수의 센서 노드(130)를 그룹화하여 그룹 노드(510 ~ 530)로 그룹화하는 것은 무선 센서 네트워크의 센서 노드의 연결성 취약도의 계산량을 줄이기 위해서이다. 그러나 무선 센서 네트워크의 크기 또 또는 싱크 노드(110)에 대응하는 클러스터의 크기가 매우 큰 경우, 비록 그룹화를 수행하여 연결성 취약 그룹 노드가 판별되더라도, 연결성 취약 그룹 노드 내에 포함된 센서 노드의 개수가 많거나, 연결성 취약 그룹 노드의 커버리지 영역이 매우 클 수 있다. 이 경우, 계산량을 더욱 줄이기 위해 연결성 취약 그룹 노드에 포함된 다수의 센서 노드에 대해 점차 세분화하여 반복적으로 재그룹화하게 되면, 계산량을 더더욱 줄일 수 있게 된다.
- [0069] 이에 그룹 노드 취약도 계산부(440)는 연결성 취약 그룹 노드에 대해 재그룹화가 필요하다고 판단되면, 연결성 취약 그룹 노드를 노드 그룹화부(420)로 다시 전달하여 노드 그룹화부(420)가 연결성 취약 그룹 노드에 대해 그룹화를 수행하도록 한다.
- [0070] 반면, 그룹 노드 취약도 계산부(440)는 연결성 취약 그룹 노드에 대해 재그룹화가 필요하지 않다고 판단되면, 즉 연결성 취약 그룹 노드에 포함된 센서 노드의 개수가 기지정된 개수 미만이거나, 커버리지 영역이 기지정된 면적 미만이면, 연결성 취약 그룹 노드를 노드 비활성화부(450)로 전달한다.
- [0071] 도 4에서 노드 비활성화부(450) 및 연결성 취약도 계산부(460)는 판별된 연결성 취약 그룹 노드 내의 다수의 센서 노드 각각에 대한 연결성을 분석하여 취약 노드를 판별하고, 판별된 취약 노드 각각에 대한 연결성 취약도를 계산하여 연결성 취약 노드를 판별하는 연결성 취약 노드 판별부로 볼 수 있다.
- [0072] 연결성 취약 노드 판별부에서 노드 비활성화부(450)는 그룹 노드 비활성화부(430)와 유사하게 연결성 취약 그룹 노드내의 다수의 센서 노드(130) 중 하나의 센서 노드를 선택 노드로 선택하고, 선택 노드로부터 기지정된 홉수 이내의 이웃 노드를 비활성화한다. 즉 도 8에 도시된 바와 같이, 연결성 취약 그룹 노드(520) 내에서 다시 각 센서 노드 중 하나를 선택하여 비활성화한다.
- [0073] 연결성 취약도 계산부(460)는 노드 비활성화부(450)에 의해 비활성화된 선택 노드에 연결되는 비활성화된 채널에 연결된 노드와의 연결성을 분석한다. 그리고 연결성 취약도 계산부(460)는 채널의 비활성화에 따라 싱크 노드(110)로의 연결이 차단되는 센서 노드와 연결이 유지되는 센서 노드를 구분하고, 만일 싱크 노드(110)로의 연결이 차단되는 센서 노드가 존재하는 것으로 판별되면, 선택 그룹 노드(520)가 연결성 취약 노드인 것으로 판별한다.
- [0074] 그리고 취약 노드에 대한 연결성 취약도를 수학적 식 2에 따라 계산한다.

## 수학적 식 2

$$w \left( \frac{E_{residual}}{E_{initial}} \right) + (1-w) \left( \frac{Coverage_{group}}{Coverage_{total}} \right)$$

- [0075]
- [0076] 여기서  $E_{residual}$  은 싱크 노드(110)로의 센싱 데이터 전송 경로가 유지되는 모든 센서 노드들의 잔여 에너지의 합을 나타내고,  $Coverage_{group}$  은 클러스터의 전체 커버리지 영역( $Coverage_{total}$ )에서 싱크 노드(110)로의 센싱 데이터 전송 경로가 유지되는 센서 노드들의 커버리지 영역을 나타낸다.
- [0077] 이때,  $E_{residual}$  와  $Coverage_{group}$  을 연결성 취약 그룹 노드 외의 개별 센서 노드에 대해서도 함께 계산하는 것은 계산량의 증가를 초래하게 된다. 그러나 본 실시예에서는 수학적 식 1에서 그룹 노드 에너지 잔량( $\sum_{i=1}^n G E_{residual}$ )과 그룹 노드 잔여 커버리지 영역( $\sum_{i=1}^n G Coverage_{group}$ )가 이미 계산되어 획득되었으므로, 획득된 그룹 노드 에너지 잔량( $\sum_{i=1}^n G E_{residual}$ )과 그룹 노드 잔여 커버리지 영역( $\sum_{i=1}^n G Coverage_{group}$ )에 연결성 취약 그룹 노드의 범위 내에서의 잔여 에너지의 합과 커버리지 영역을 계산하여 각각 차감함으로써,  $E_{residual}$  와  $Coverage_{group}$  을 간단하게 획득할 수 있다.



- [0078] 취약 노드에 대한 연결성 취약도가 계산되면, 계산된 연결성 취약도에 따라 기지정된 기준 값 이상의 연결성 취약도를 갖는 취약 노드를 연결성 취약 노드로 판별할 수 있다.
- [0079] 무선 센서 네트워크의 라이프타임은 다수의 센서 노드(130) 각각이 임의의 위치에 배치되어 센싱을 시작한 시점으로부터, 센싱 데이터를 싱크 노드(110)까지 전달할 수 있는 센서 노드(130)들이 감지하는 센싱 영역에 의한 가용 커버리지 영역이 클러스터의 전체 커버리지 영역( $Coverage_{total}$ )에 대비하여 기지정된 비율(예를 들면 70%) 이하로 낮아질 때까지의 시간을 나타낸다.
- [0080] 결과적으로 본 실시예에 따른 무선 센서 네트워크의 연결성 취약 노드 추정 장치는 다수의 센서 노드를 그룹화하여 그룹 노드를 획득하고, 그룹 노드에 대해 연결성 취약도를 계산하여, 연결성 취약 그룹 노드를 판별하고, 판별된 연결성 취약 그룹 노드 내에서 다시 연결성 취약 센서 노드를 낮은 계산 복잡도로 빠르게 판별할 수 있다.
- [0081] 따라서 노드 취약도 연산 시간을 크게 저감하여, 무선 센서 네트워크의 상태 변화에 빠르게 대응할 수 있도록 한다.
- [0082] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 센서 네트워크의 연결성 취약 노드 추정 방법을 나타낸다.
- [0083] 도 4 내지 도 8을 참조하여, 도 9의 무선 센서 네트워크의 연결성 취약 노드 추정 방법을 설명하면, 우선 무선 센서 네트워크의 센서 노드와 채널 및 클러스터에 대한 정보를 획득한다(S11).
- [0084] 그리고 다수의 센서 노드(130)를 다수의 센서 노드 그룹으로 그룹화하고, 그룹화된 다수의 센서 노드 그룹 각각을 그룹 노드로 설정한다(S12). 이때, 다수의 센서 노드 그룹은 다수의 센서 노드(130)의 배치 위치를 기반으로 인접한 센서 노드(130)들을 그룹화할 수 있으며, 그룹 노드의 개수, 그룹 노드에 포함되는 센서 노드(130)의 개수, 다른 그룹 노드와 연결되는 채널 수 및 그룹 노드의 크기 등과 같은 다양한 그룹화 기준 중 적어도 하나를 고려하여 다수의 센서 노드 그룹으로 그룹화할 수 있다. 그리고 그룹 노드 각각에 대한 그룹 노드 정보와 그룹 연결성 정보 및 그룹 클러스터 정보를 표 2와 같이 획득할 수 있다.
- [0085] 한편, 다수의 그룹 노드가 획득되면, 획득된 다수의 그룹 노드 중 기지정된 방식에 따라 하나의 그룹 노드를 선택 그룹 노드로 선택하고, 선택 그룹 노드와 기지정된 홉수 이내의 이웃 그룹 노드를 비활성화한다(S13). 이때, 비활성화된 그룹 노드에 연결된 그룹 채널 또한 함께 비활성화한다. 그리고 비활성화된 그룹 채널을 기반으로, 선택 그룹 노드의 연결성을 분석하여 선택 그룹 노드가 연결성이 취약한 취약 그룹 노드인지를 판별한다(S14). 만일 그룹 채널의 비활성화에 따라 싱크 노드와의 연결이 차단되는 그룹 노드가 존재하는 것으로 분석되면, 선택 그룹 노드가 취약 그룹 노드인 것으로 판별한다.
- [0086] 여기서 선택 그룹 노드는 기지정된 순서 또는 랜덤하게 반복적으로 선택되어, 선택 그룹 노드에 대한 연결성이 분석될 수 있다.
- [0087] 이후 취약 그룹 노드에 대한 연결성 취약도를 수학적 1에 따라 계산한다(S15). 그리고 각 선택 그룹 노드에 대해 계산된 연결성 취약도를 기반으로 연결성 취약도가 가장 큰 취약 그룹 노드를 연결성 취약 그룹 노드로 선택한다(S16).
- [0088] 연결성 취약 그룹 노드가 선택되면, 선택된 연결성 취약 그룹 노드의 크기가 기지정된 기준 크기 미만인지 판별한다(S17). 여기서 연결성 취약 그룹 노드의 크기는 연결성 취약 그룹 노드 내에 포함된 센서 노드(130)의 개수나 커버리지 범위 등으로 지정될 수 있다.
- [0089] 만일 연결성 취약 그룹 노드의 크기가 기준 크기 이상이면, 연결성 취약 그룹 노드에 포함된 다수의 센서 노드(130)에 대해 다시 그룹화를 수행한다(S12). 그러나 연결성 취약 그룹 노드의 크기가 기준 크기 미만이면, 연결성 취약 그룹 노드 내의 다수의 센서 노드(130) 중 하나를 선택 노드로 선택하고, 선택 노드와 기지정된 홉수 이내의 이웃 노드를 비활성화하고, 비활성화된 센서 노드에 연결된 채널을 비활성화한다(S18).
- [0090] 그리고 비활성화된 선택 노드에 연결되는 비활성화된 채널에 의해 싱크 노드(110)와의 연결이 차단되는 센서 노드가 존재하는지 여부를 분석하여, 선택 노드를 취약 노드로 판별한다(S19).
- [0091] 취약 노드가 판별되면, 판별된 취약 노드에 대한 연결성 취약도를 수학적 2에 따라 계산한다(S20). 그리고 연결성 취약도가 기지정된 기준 값 이상의 연결성 취약도를 갖는 취약 노드를 연결성 취약 노드로 판별한다(S21).
- [0092] 본 발명에 따른 방법은 컴퓨터에서 실행시키기 위한 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로 구현될 수 있다. 여기

서 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스 될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 또한 컴퓨터 저장 매체를 모두 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함하며, ROM(판독 전용 메모리), RAM(랜덤 액세스 메모리), CD(컴팩트 디스크)-ROM, DVD(디지털 비디오 디스크)-ROM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 광데이터 저장장치 등을 포함할 수 있다.

[0093] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다.

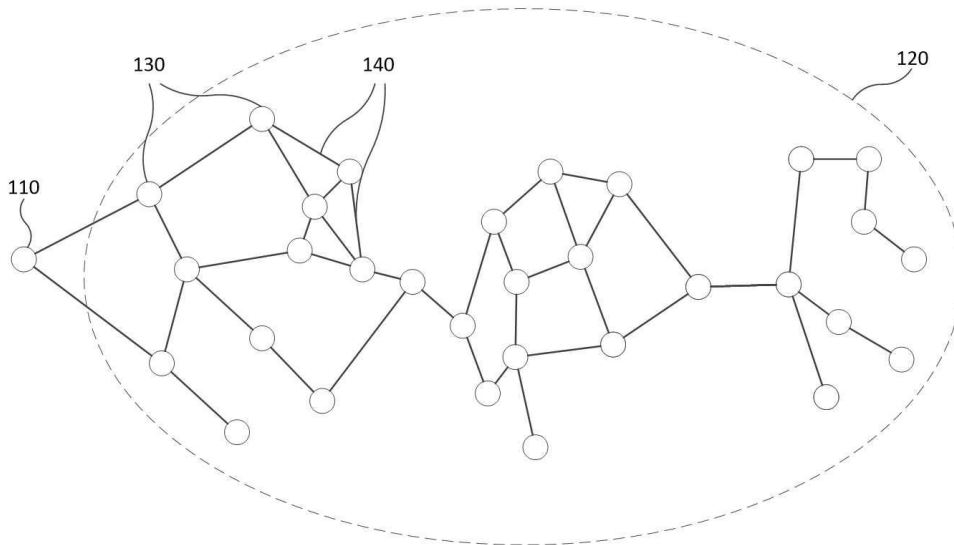
[0094] 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

### 부호의 설명

[0095]	110: 싱크 노드	120: 클러스터
	130: 센서 노드	140: 채널
	410: 정보 획득부	420: 노드 그룹화부
	430: 그룹 노드 비활성화부	440: 그룹 노드 취약도 계산부
	450: 노드 비활성화부	460: 연결성 취약도 계산부
	510 ~ 530: 그룹 노드	540: 그룹 채널

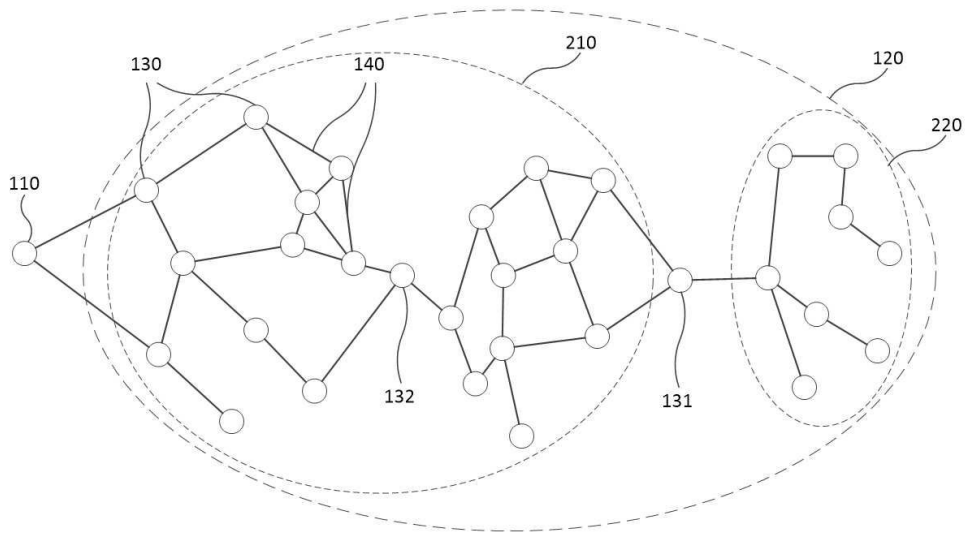
### 도면

#### 도면1

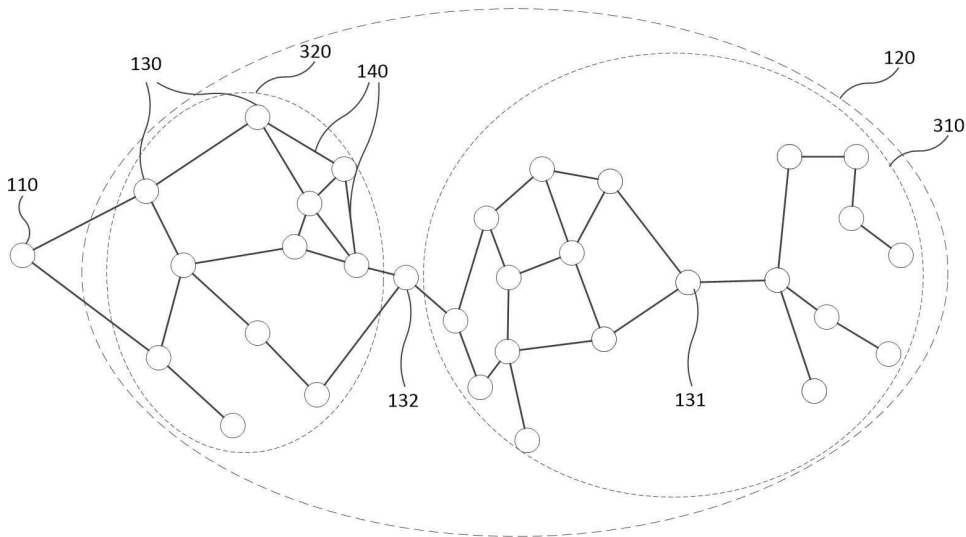




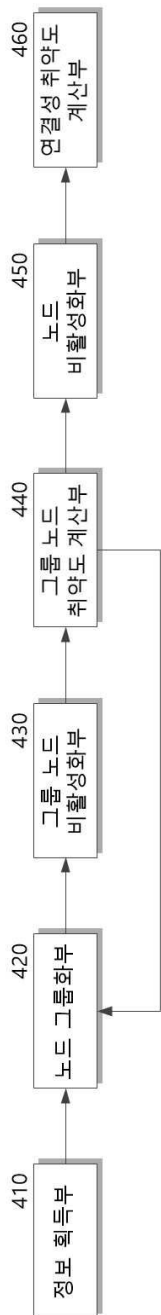
도면2



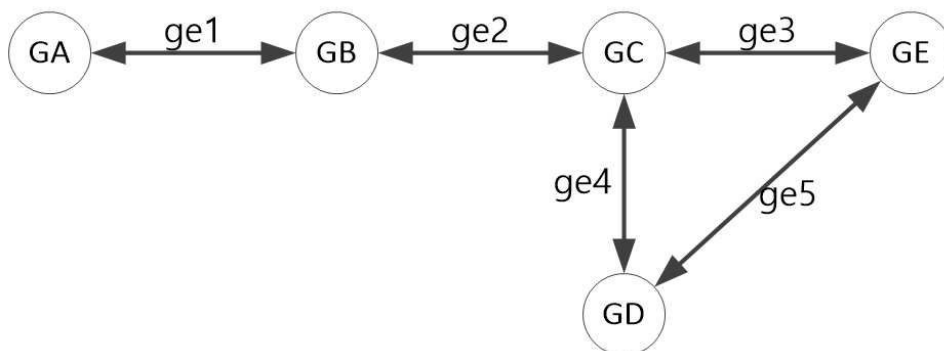
도면3



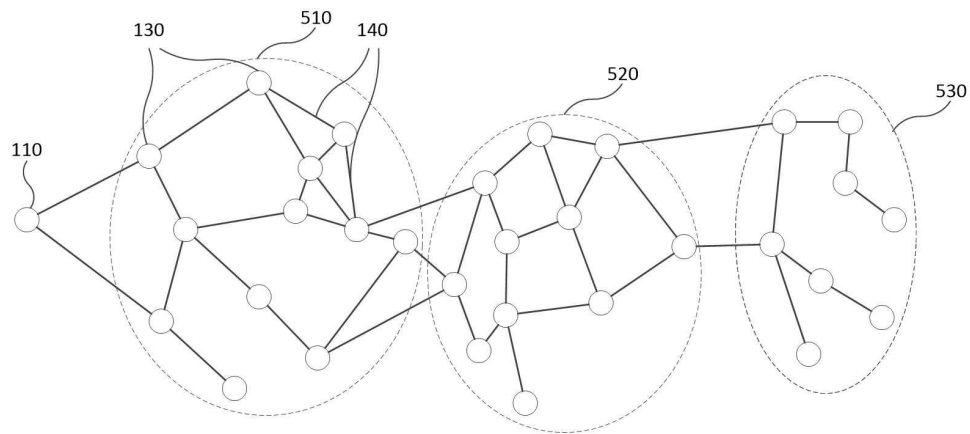
도면4



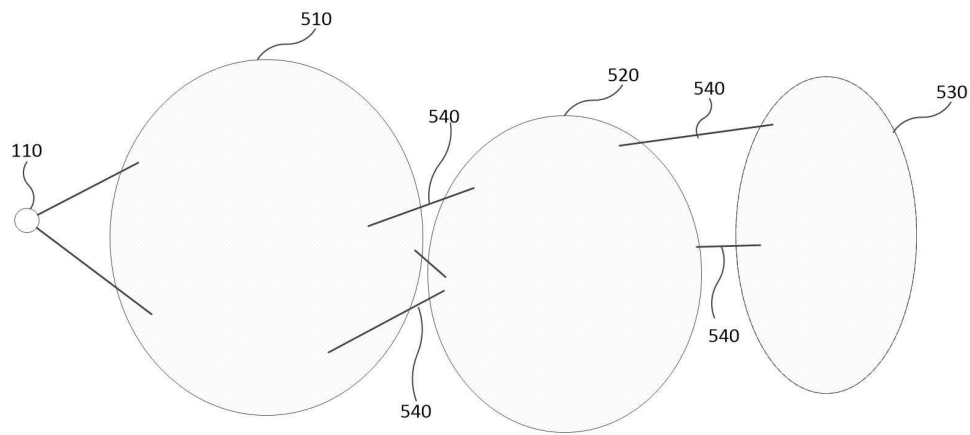
도면5



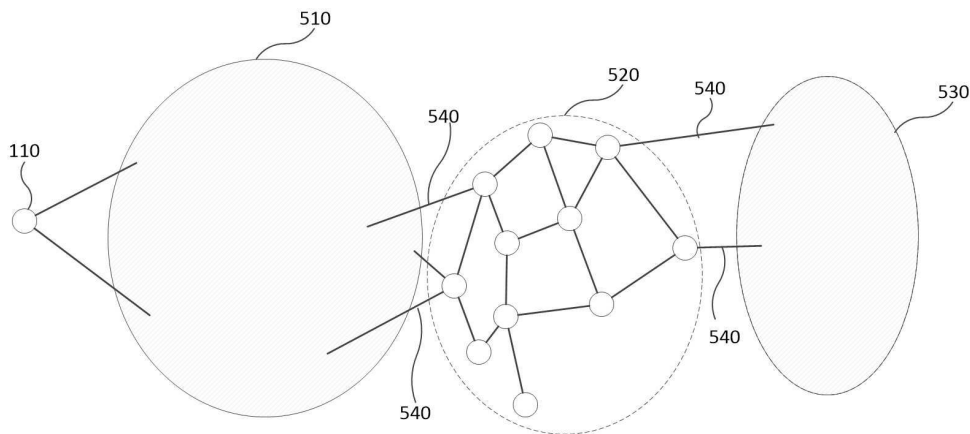
도면6



도면7



도면8



도면9

