



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2017년12월01일  
(11) 등록번호 10-1794848  
(24) 등록일자 2017년11월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H04L 12/24 (2006.01) H04W 52/02 (2009.01)  
H04W 84/18 (2009.01)  
(52) CPC특허분류  
H04L 41/0833 (2013.01)  
H04L 41/0816 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2016-0120606  
(22) 출원일자 2016년09월21일  
심사청구일자 2016년09월21일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020130090282 A\*  
KR101467537 B1\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
송실대학교산학협력단  
서울특별시 동작구 상도로 369 (상도동)  
(72) 발명자  
노동건  
서울특별시 양천구 목동동로12길 23, 1012동 170  
2호 (목동, 대림아파트)  
윤익준  
서울특별시 관악구 낙성대역길 50, 305호  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
윤귀상

전체 청구항 수 : 총 9 항

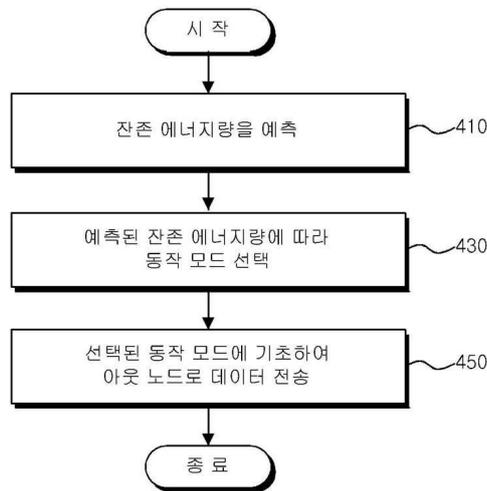
심사관 : 박보미

(54) 발명의 명칭 **에너지 수집형 무선 센서 네트워크에서의 센서 노드 및 에너지 적응형 데이터 수집률 향상 방법, 이를 수행하기 위한 기록 매체**

**(57) 요약**

본 발명은 에너지 수집형 무선 센서 네트워크에서의 센서 노드 및 에너지 적응형 데이터 수집률 향상 방법, 이를 수행하기 위한 기록 매체를 개시한다. 본 발명의 일 측면에 따른 에너지 수집형 무선 센서 네트워크에서의 에너지 적응형 데이터 수집률 향상 방법은, 센서 노드가, 잔존 에너지를 예측하는 단계; 센서 노드가, 데이터 전송 주기마다 상기 예측된 잔존 에너지량에 따라 동작 모드를 선택하는 단계; 및 센서 노드가, 상기 선택된 동작 모드에 기초하여 이웃 노드로 수집한 데이터를 전송하는 단계;를 포함한다.

**대표도** - 도4



- (52) CPC특허분류  
H04W 52/0261 (2013.01)  
H04W 84/18 (2013.01)

**오염지**

경기도 평택시 세교공원로 66, 503동 507호

- (72) 발명자

**이준민**

경기도 용인시 기흥구 마북로 124-9, 115동 502호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 H8501-16-1008/1711035246

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 대학 ICT 연구센터 육성 지원사업

연구과제명 클라우드 환경의 스마트 기기와 서비스 보안 기술 개발 및 연구인력양성

기 여 율 1/1

주관기관 숭실대학교 산학협력단

연구기간 2016.01.01 ~ 2016.12.31

공지예외적용 : 있음

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

에너지 수집형 무선 센서 네트워크에서의 에너지 적응형 데이터 수집률 향상 방법에 있어서,  
 센서 노드가, 잔존 에너지량을 예측하는 단계;  
 센서 노드가, 데이터 전송 주기마다 상기 예측된 잔존 에너지량에 따라 동작 모드를 선택하는 단계; 및  
 센서 노드가, 상기 선택된 동작 모드에 기초하여 이웃 노드로 수집한 데이터를 전송하는 단계;를 포함하되,  
 상기 동작 모드는 일반 모드 또는 고성능 모드를 포함하고,  
 상기 센서 노드는 상기 동작 모드로 상기 고성능 모드가 선택되면, 상기 센서 노드로부터 전송된 데이터가 싱크 노드에 도착하기까지 요구되는 중계 노드들의 에너지 소모량을 산출하고, 산출된 에너지 소모량을 기초로 데이터 압축 기법 또는 전송 거리 조절 기법 중 어느 하나를 선택하며, 선택된 어느 하나의 기법을 적용하여 이웃 노드로 데이터를 전송하는 에너지 적응형 데이터 수집률 향상 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,  
 상기 잔존 에너지량을 예측하는 단계에서는,  
 상기 센서 노드가, 소모되는 에너지량과 수집되는 에너지량을 기초로 예측하는 에너지 적응형 데이터 수집률 향상 방법.

#### 청구항 3

제 2 항에 있어서,  
 상기 잔존 에너지량은,  
 현재 시간이  $t$ 일 경우,  $t$ 시간에 센서 노드에 남은 에너지량에서 데이터 전송 주기 동안에 센서 노드에서 소모된 에너지량을 뺀 후, 센서 노드에 수집되는 에너지량을 더한 값으로 예측되는 에너지 적응형 데이터 수집률 향상 방법.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,  
 상기 동작 모드를 선택하는 단계에서는,  
 상기 예측된 잔존 에너지량이 센서 노드의 배터리 용량 이상일 경우,  
 상기 센서 노드는 여분의 에너지가 발생한 것으로 판단하여 동작 모드로 고성능 모드를 선택하는 에너지 적응형 데이터 수집률 향상 방법.

#### 청구항 5

삭제

#### 청구항 6

삭제

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 센서 노드는, 고성능 모드가 선택되어 동작 시에 예측된 잔존 에너지량이 센서 노드의 최소 동작 에너지량보다 작게되면, 동작 모드를 일반 모드로 변경하는 에너지 적응형 데이터 수집률 향상 방법.

**청구항 8**

제 1 항 내지 제4항, 제 7 항 중 어느 한 항에 따른 에너지 적응형 데이터 수집률 향상 방법을 수행하기 위한, 컴퓨터 프로그램이 기록된 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체.

**청구항 9**

잔존 에너지량을 예측하는 잔존 에너지량 예측부;

데이터 전송 주기마다 상기 예측된 잔존 에너지량에 따라 동작 모드를 선택하는 동작 모드 선택부; 및

상기 선택된 동작 모드에 기초하여 이웃 노드로 수집한 데이터를 전송하는 데이터 전송부;를 포함하되,

상기 동작 모드는 일반 모드 또는 고성능 모드를 포함하고,

상기 데이터 전송부는, 상기 동작 모드로 상기 고성능 모드가 선택되면, 센서 노드로부터 전송된 데이터가 싱크 노드에 도착하기까지 요구되는 중계 노드들의 에너지 소모량을 산출하고, 산출된 에너지 소모량을 기초로 데이터 압축 기법 또는 전송 거리 조절 기법 중 어느 하나를 선택하며, 선택된 어느 하나의 기법을 적용하여 이웃 노드로 데이터를 전송하는 센서 노드.

**청구항 10**

제 9 항에 있어서,

상기 잔존 에너지량 예측부는,

소모되는 에너지량과 수집되는 에너지량을 기초로 잔존 에너지량을 예측하되,

상기 잔존 에너지량은,

현재 시간이  $t$ 일 경우,  $t$ 시간에 센서 노드에 남은 에너지량에서 데이터 전송 주기 동안에 센서 노드에서 소모된 에너지량을 뺀 후, 센서 노드에 수집되는 에너지량을 더한 값으로 예측되는 센서 노드.

**청구항 11**

제 9 항에 있어서,

상기 동작 모드 선택부는,

상기 예측된 잔존 에너지량이 센서 노드의 배터리 용량 이상일 경우,

여분의 에너지가 발생한 것으로 판단하여 동작 모드로 고성능 모드를 선택하는 센서 노드.

**청구항 12**

[청구항 12은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.]

제 11 항에 있어서,

상기 동작 모드 선택부는,

고성능 모드가 선택되어 동작 시에 예측된 잔존 에너지량이 센서 노드의 최소 동작 에너지량보다 작게되면, 동작 모드를 일반 모드로 변경하는 센서 노드.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 에너지 수집형 무선 센서 네트워크에서의 센서 노드 및 에너지 적응형 데이터 수집률 향상 방법, 이를 수행하기 위한 기록 매체에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 노드의 여분 에너지를 활용하여 데이터를 압축하

거나 전송 범위를 조절하여 노드 간의 에너지 불균형을 해소하는 에너지 수집형 무선 센서 네트워크에서의 센서 노드 및 에너지 적응형 데이터 수집률 향상 방법, 이를 수행하기 위한 기록 매체에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 무선 센서 네트워크는 재난지역, 군사지역, 수중 등과 같이 사람이 접근하기 힘든 지역, 산림, 농경지, 해양 등과 같은 광범위한 지역, 건물 교량 등과 같은 구조물, 의료, 자동차, 생태환경 연구 등 다양한 환경에서 데이터 수집을 위해 사용되고 있다. 기존의 무선 센서 네트워크는 제한된 용량의 배터리를 사용하기 때문에 유한한 수명을 갖는다. 이로 인해 네트워크를 구성하는 수십에서 수천 개 노드의 배터리를 수동으로 교환하거나 재충전해야 하는 문제가 발생한다. 이처럼 무선 센서 네트워크를 유지 보수하는데 어려움이 발생하여, 이를 극복하기 위해 센서 노드의 소모 에너지를 최소화하기 위한 연구가 많이 진행되어 왔다.

[0003] 하지만, 최근에는 제한된 수명을 극복하기 위해 에너지 수집 센서 노드가 개발되었다. 이 에너지 수집 센서 노드는 주변 환경으로부터 에너지를 수집하여 이론적으로 영원히 동작할 수 있다. 따라서, 기존의 무선 센서 네트워크는 에너지 소모를 줄여 네트워크를 오래 유지하기 위해 에너지 최소화를 목표로 했던 반면, 에너지 수집 기반 무선 센서 네트워크는 수집되는 에너지를 효율적으로 사용하는 것이 중요하다.

[0004] 무선 센서 네트워크는 다수의 센서 노드로 구성되고, 각각의 노드는 수집한 데이터를 주기적으로 싱크 노드로 전송한다. 모든 노드는 애드혹(ad-hoc) 방식으로 데이터를 전달하기 때문에 자신의 데이터뿐만 아니라 다른 노드로부터 받은 데이터도 싱크 노드로 전달해야 한다. 이때, 싱크 노드에서 가까운 노드는 멀리 떨어져 있는 노드들에 비해 다른 노드들로부터 전달받은 데이터의 양이 많으므로, 전송에 소모되는 에너지가 많아 다른 노드들에 비해 빨리 죽게 된다. 죽은 노드가 발생하게 되면, 그 노드로 데이터를 전달하는 다른 노드의 데이터도 싱크 노드로 전달할 수 없으므로 데이터 손실이 커진다. 또한, 죽은 노드를 대신하는 다른 노드가 기존 노드의 데이터를 대신 전달해야 하므로, 소모 에너지가 급격히 증가하여 노드가 연쇄적으로 정전 상태가 되는 문제가 발생하므로 네트워크의 수명을 단축시킬 수 있다.

[0005] 반면, 에너지 수집 기반 무선 센서 네트워크에서는 노드의 에너지가 부족하게 되면 죽는 것이 아니라 동작 가능한 에너지가 수집될 때까지의 정전시간이 발생한다. 하지만, 노드의 정전시간으로 인해 다른 노드들에게 작업 부하가 발생하여 다른 노드들에서도 정전시간이 발생하게 된다. 또한, 중계 노드에서 정전시간이 발생할 경우 그 노드에 데이터를 전달하는 다른 노드들의 데이터도 싱크 노드에 전달되지 않기 때문에 데이터 수집률이 급격히 낮아질 수 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0006] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제2013-0090282호(2013.08.13 공개)

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0007] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 제안된 것으로서, 노드의 여분 에너지를 활용하여 데이터를 압축하거나 전송 범위를 조절하여 데이터를 전송함으로써, 전체 무선 센서 네트워크의 에너지 불균형을 해소하는 에너지 수집형 무선 센서 네트워크에서의 센서 노드 및 에너지 적응형 데이터 수집률 향상 방법, 이를 수행하기 위한 기록 매체를 제공하는데 그 목적이 있다.

[0008] 본 발명의 다른 목적 및 장점들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있으며, 본 발명의 일 실시 예에 의해 보다 분명하게 알게 될 것이다. 또한, 본 발명의 목적 및 장점들은 특허청구범위에 나타난 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 쉽게 알 수 있을 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0009] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 측면에 따른 에너지 수집형 무선 센서 네트워크에서의 에너지 적응형 데이터 수집률 향상 방법은, 센서 노드가, 잔존 에너지량을 예측하는 단계; 센서 노드가, 데이터 전송

주기마다 상기 예측된 잔존 에너지량에 따라 동작 모드를 선택하는 단계; 및 센서 노드가, 상기 선택된 동작 모드에 기초하여 이웃 노드로 수집한 데이터를 전송하는 단계;를 포함한다.

- [0010] 상기 잔존 에너지량을 예측하는 단계에서는, 상기 센서 노드가, 소모되는 에너지량과 수집되는 에너지량을 기초로 예측할 수 있다.
- [0011] 상기 잔존 에너지량은, 현재 시간이  $t$ 일 경우,  $t$ 시간에 센서 노드에 남은 에너지량에서 데이터 전송 주기 동안에 센서 노드에서 소모된 에너지량을 뺀 후, 센서 노드에 수집되는 에너지량을 더한 값으로 예측될 수 있다.
- [0012] 상기 동작 모드를 선택하는 단계에서는, 상기 예측된 잔존 에너지량이 센서 노드의 배터리 용량 이상일 경우, 상기 센서 노드는 여분의 에너지가 발생한 것으로 판단하여 동작 모드로 고성능 모드를 선택할 수 있다.
- [0013] 상기 동작 모드로 고성능 모드가 선택된 경우, 상기 센서 노드는, 수신한 데이터를 압축하거나 또는 전송 거리 범위를 확장하여 데이터를 이웃 노드로 전송할 수 있다.
- [0014] 상기 센서 노드는, 자신이 전송하는 데이터에 대한 중계 노드의 에너지 소모량을 측정하고, 상기 측정된 중계 노드의 에너지 소모량을 기초로 수신한 데이터를 압축하거나 또는 전송 거리 범위를 확장하여 데이터를 이웃 노드로 전송할 수 있다.
- [0015] 상기 센서 노드는, 고성능 모드가 선택되어 동작 시에 예측된 잔존 에너지량이 센서 노드의 최소 동작 에너지량보다 작게 되면, 동작 모드를 일반 모드로 변경할 수 있다.
- [0016] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 측면에 따른 기록 매체는, 에너지 적응형 데이터 수집률 향상 방법을 수행하기 위한, 컴퓨터 프로그램이 기록된 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체일 수 있다.
- [0017] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 측면에 따른 센서 노드는, 잔존 에너지량을 예측하는 잔존 에너지량 예측부; 데이터 전송 주기마다 상기 예측된 잔존 에너지량에 따라 동작 모드를 선택하는 동작 모드 선택부; 및 상기 선택된 동작 모드에 기초하여 이웃 노드로 수집한 데이터를 전송하는 데이터 전송부;를 포함한다.
- [0018] 상기 잔존 에너지량 예측부는, 소모되는 에너지량과 수집되는 에너지량을 기초로 잔존 에너지량을 예측하되, 상기 잔존 에너지량은, 현재 시간이  $t$ 일 경우,  $t$ 시간에 센서 노드에 남은 에너지량에서 데이터 전송 주기 동안에 센서 노드에서 소모된 에너지량을 뺀 후, 센서 노드에 수집되는 에너지량을 더한 값으로 예측될 수 있다.
- [0019] 상기 동작 모드 선택부는, 상기 예측된 잔존 에너지량이 센서 노드의 배터리 용량 이상일 경우, 여분의 에너지가 발생한 것으로 판단하여 동작 모드로 고성능 모드를 선택하고, 상기 데이터 전송부는, 상기 동작 모드로 고성능 모드가 선택된 경우, 자신이 전송하는 데이터에 대한 중계 노드의 에너지 소모량을 측정하고, 상기 측정된 중계 노드의 에너지 소모량을 기초로 수신한 데이터를 압축하거나 또는 전송 거리 범위를 확장하여 데이터를 이웃 노드로 전송할 수 있다.
- [0020] 상기 동작 모드 선택부는, 고성능 모드가 선택되어 동작 시에 예측된 잔존 에너지량이 센서 노드의 최소 동작 에너지량보다 작게되면, 동작 모드를 일반 모드로 변경할 수 있다.

**발명의 효과**

- [0021] 본 발명의 일 측면에 따르면, 전체 무선 센서 네트워크의 에너지 불균형을 해소하고, 노드의 정전시간을 감소시켜 싱크 노드의 데이터 수집률을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.
- [0022] 본 발명에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

**도면의 간단한 설명**

- [0023] 본 명세서에 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시 예를 예시하는 것이며, 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용들과 함께 본 발명의 기술사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석되어서는 아니 된다.

도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 에너지 수집형 무선 센서 네트워크에서 센서 노드의 구성을 개략적으로 도시한 도면,

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 알고리즘의 의사 코드를 도시한 도면,

도 3은 도 1의 센서 노드에서의 동작 모드에 따른 데이터 전송 흐름을 개략적으로 도시한 도면,

도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 데이터 수집률 향상 방법의 흐름을 도시한 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0024] 상술한 목적, 특징 및 장점은 첨부된 도면과 관련한 다음의 상세한 설명을 통하여 보다 분명해질 것이며, 그에 따라 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 것이다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어서 본 발명과 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 일 실시 예를 상세히 설명하기로 한다.

[0025] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 “포함” 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 “...부” 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0026] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 에너지 수집형 무선 센서 네트워크에서 센서 노드의 구성을 개략적으로 도시한 도면, 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 알고리즘의 의사 코드를 도시한 도면이다.

[0027] 센서 노드(100)는 무선 센서 네트워크를 구성한다. 센서 노드(100)는 에너지를 수집하는 에너지 수집 센서 노드 일 수 있다. 센서 노드(100)는 주변 환경으로부터 에너지를 수집할 수 있다. 예컨대, 센서 노드(100)는 태양 기관(solar panel)을 포함할 수 있으며, 태양광을 이용하여 에너지를 수집할 수 있다. 또한, 센서 노드(100)는 광범위한 지역에 무작위로 수십 내지 수천 개가 무작위로 배치될 수 있다.

[0028] 센서 노드(100)는 하나 이상의 센서를 통해 데이터를 센싱하고, 다른 노드로 센싱한 데이터를 전송하거나, 다른 노드로부터 수신한 데이터를 또다른 노드로 전송할 수 있다. 이때, 자신이 센싱한 데이터를 이웃 노드로 전송하는 센서 노드(100)를 센싱 노드, 이웃 노드로부터 수신한 데이터를 다른 이웃 노드로 전송하는 센서 노드(100)를 중계 노드(릴레이 노드), 중계 노드를 거쳐 데이터가 최종 도착하는 노드를 싱크 노드라 칭할 수 있다. 싱크 노드는, 이웃 노드(중계 노드)들이 보내주는 데이터를 취합하고, 이 데이터를 가공해서 서버단으로 보내주는 역할을 할 수 있다.

[0029] 한편, 본 실시 예에 있어서 에너지 수집 노드는, 일정한 주기로 데이터를 수집하고 데이터를 모아서 일정한 전송 주기로 전송하는 지연 내성 네트워크(delay tolerant network : DTN)를 대상으로 할 수 있다.

[0030] 도 1일 참조하면, 본 실시 예에 따른 센서 노드(100)는, 잔존 에너지량 예측부(110), 동작 모드 선택부(130) 및 데이터 전송부(150)를 포함한다.

[0031] 잔존 에너지량 예측부(110)는 센서 노드의 잔존 에너지량을 예측할 수 있다. 예컨대, 잔존 에너지량 예측부(110)는, 센서 노드(100)에서 소모되는 에너지량과 수집되는 에너지량의 예측을 통해, 센서 노드(100)의 에너지가 부족할지, 남을지를 알아보고, 에너지가 남을 것으로 예상되는 경우, 중계 노드에서 사용되는 전송 에너지 효율을 비교하여 동작 모드 선택부(130)가 효율적인 기법을 선택하도록 할 수 있다.

[0032] 잔존 에너지량 예측부(110)는, 소모되는 에너지량과 수집되는 에너지량을 기초로 잔존 에너지량을 예측할 수 있다. 잔존 에너지량은 아래의 수학적 식 1을 기초로 산출될 수 있다.

[0033] [수학적 식 1]

$$E_{\text{residual}_i}(t, p_{\text{tx}}) = E_{\text{residual}_i}(t) - E_{\text{consume}_i}(t, p_{\text{tx}}) + E_{\text{harvest}_i}(t, p_{\text{tx}})$$

[0034] 여기서,  $E_{\text{residual}_i}(t, p_{\text{tx}})$  는 현재 시각이 t일 때,  $p_{\text{tx}}$  후에 노드 i의 잔존 에너지량일 수 있으며,  $E_{\text{residual}_i}(t)$  는 t 시간의 노드에 남은 에너지량,  $E_{\text{consume}_i}(t, p_{\text{tx}})$  는  $p_{\text{tx}}$  시간동안의 소모 에너지량,  $E_{\text{harvest}_i}(t, p_{\text{tx}})$  는 수집되는

에너지량을 의미할 수 있다. 또한,  $p_{tx}$ 는 노드에서의 데이터 전송 주기를 의미할 수 있다.

[0036] 한편, 소모 에너지량을 의미하는  $E_{consume_i}$ 는 아래의 수학적 식 2로 산출할 수 있다.

[0037] [수학적 식 2]

$$E_{consume_i} = E_{transmission_i} + E_{system_i}$$

[0039] 여기서,  $E_{transmission_i}$ 는 전송에 소모되는 에너지량,  $E_{system_i}$ 는 전송을 제외한 소모 에너지량을 의미할 수 있다. 이때,  $E_{system_i}$ 는 수신, 대기 상태의 에너지가 포함되고, 모든 노드가 비슷하게 유지된다. 한편,  $E_{transmission_i}$ 는 전송하는 데이터양에 따라 크게 달라질 수 있다. 한편,  $E_{transmission_i}$ 는 아래의 수학적 식 3으로 산출될 수 있다.

[0040] [수학적 식 3]

$$E_{transmission_i} = S_i \beta d_i^\alpha$$

[0042] 여기서,  $S_i$ 는 노드  $i$ 가 전송할 데이터양,  $\beta$ 는 1비트를 1 미터 전송하는데 소모되는 에너지량,  $\alpha$ 는 경로 손실,  $d_i$ 는 노드  $i$ 의 전송 거리를 의미할 수 있다. 이때,  $S_i$ 는 노드  $i$  자체에서 수집한 데이터와 다른 노드로부터 전달 받은 데이터를 포함할 수 있다. 따라서, 노드  $i$ 의 소모 에너지량은 아래의 수학적 식 4로 산출될 수 있다.

[0043] [수학적 식 4]

$$E_{consume_i} = (S_{data_i} + S_{relay_i}) \beta d_i^\alpha + E_{system_i}$$

[0045] 여기서,  $S_{data_i}$ 는 수집한 데이터양,  $S_{relay_i}$ 는 주변의 이웃 노드로부터 전달받은 데이터양을 의미할 수 있다. 이에 따라, 수학적 식 4를 수학적 식 1에 대입하여 수집하는 데이터양에 따른 노드의 잔존 에너지량을 산출할 수 있다.

[0046] 동작 모드 선택부(130)는 데이터 전송 주기( $p_{tx}$ )마다 예측된 잔존 에너지량에 따라 동작 모드를 선택할 수 있다. 다시 말해, 동작 모드 선택부(130)는 데이터 전송 주기( $p_{tx}$ )마다 센서 노드(100)의 잔존 에너지의 상태에 따라 동작 모드를 변경할 수 있다. 예컨대, 동작 모드 선택부(130)는 데이터 전송 주기( $p_{tx}$ )마다 잔존 에너지량을 예측하여 센서 노드(100)의 모드를 결정할 수 있다. 즉, 시간  $t$ 일 때,  $p_{tx}$  시간 후의 예상 잔존 에너지량은 상술한 수학적 식 1과 4를 이용하여 산출할 수 있다. 수학적 식 1의  $E_{harvest_i}(t, p_{tx})$ 는 기존의 수집 에너지 예측 기법들을 이

용하여 예측할 수 있고, 수학적 식 4의  $S_{relay_i}$ 는 이때까지의 중계 데이터양의 이동평균을 이용하여 예측할 수 있다. 한편, 수집에너지 예측 기법은 공지된 다양한 방식의 기법이 사용될 수 있으며, 그 중의 하나로 Pro-Energy기법이 사용될 수 있다. 수집에너지 예측 기법은 논문 "Power Management in Energy Harvesting Sensor Networks, AMAN KANSAL, JASON HSU, SADAF ZAHEDI, and MANI B. SRIVASTAVA University of California, Los Angeles, ACMTransactions on Embedded Computing Systems, Vol.6, No. 4, Article 32, Publication date: September 2007." 및 "Prediction and Management in Energy Harvested Wireless Sensor Nodes, Joaquin Recas Piorno, Carlo Bergonzini†, David Atienza‡, Tajana Simunic Rosing§DACYA, Complutense University of Madrid, Spain, †DEIS, Universit degli Studi di Bologna, Italy, ‡Embedded Systems Laboratory (ESL), Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Switzerland, §Computer Science and Engineering, University of California San Diego, USA, Wireless VITAE'09"에 상세히 기재되어 있으므로 상세한 설명은 생략하기로 한다. 또한, Pro-Energy기법은 논문(A. Cammarano, C. Petrioli, D. Spenza, "Pro-Energy: A novel energy prediction model for solar and wind energy-harvesting wireless sensor networks," IEEE 9th International Conference on In Mobile Adhoc and Sensor Systems(MASS), pp. 75-83, Oct. 2012.)에 상세히 기재되어 있으므로 상세한 설명은 생략하기로 한다. 한편, 수집에너지 예측 기법은 Pro-Energy기법 이외에 타임슬롯 기반의 에너지 할당 기법을 이용한 수집 에너지 예측 기법, 지수적으로 증가되는 이동 평균 필터를 사용한 수집 에너지 예측 기법 및 수집되는 에너지를 측정하고 측정값을 기초로 하여

수집에너지를 예측하는 기법 등이 있을 수 있다. 본 실시 예에 있어서, 동작 모드는 일반 모드와 고성능 모드를 포함할 수 있다. 일반 모드는 센서 노드(100)의 에너지가 일반적인 상태일 때 동작하는 모드일 수 있다.

[0047] 본 실시 예에 따르면, 센서 노드(100)는 일반 노드일 경우, 에너지 소모를 줄이기 위해, 압축하지 않은 데이터를 더 적은 전력으로 전송할 수 있다. 고성능 모드는 여분의 에너지가 발생할 것으로 예상될 경우(예컨대, 센서 노드(100)의 예측된 잔존 에너지량이 센서 노드(100)의 배터리 용량보다 클 경우)에 동작하는 모드일 수 있다. 본 실시 예에 따르면, 센서 노드(100)는 고성능 모드일 경우, 여분의 에너지를 활용하여 중계 노드의 에너지 소모를 줄일 수 있다. 센서 노드(100)는, 고성능 모드일 경우 데이터 압축 전송 기법을 이용하여 전송되는 데이터의 크기를 줄이거나, 전송 범위를 확장하여 데이터(패킷) 전송 홉 수를 줄여 중계 노드의 부하를 줄일 수 있다. 한편, 본 실시 예에 있어서, 센서 노드(100)는 기본적으로 일반 모드로 동작하고 있을 수 있다.

[0048] 동작 모드 선택부(130)는 예측된 잔존 에너지량이 센서 노드(100)의 배터리 용량 이상일 경우, 여분의 에너지가 발생한 것으로 판단하여 동작 모드로 고성능 모드를 선택할 수 있다. 예컨대, 동작 모드 선택부(130)는 센서 노드(100)가 일반 모드로 동작하고 있는 상황에서 상술한 수학식 1을 통해 산출한  $p_{tx}$  후의 예상되는 잔존 에너지

량이 배터리의 용량( $E_{full_i}$ )을 초과할 것으로 예상될 경우, 남은 에너지를 활용하여 중계 노드의 에너지 소모를 줄일 수 있다. 즉, 동작 모드 선택부(130)는 아래의 수학식 5와 같은 조건을 만족할 경우, 고성능 모드를 선택할 수 있다.

[0049] [수학식 5]

$$E_{residual_i}(t, p_{tx}) > E_{full_i}$$

[0050]

[0052] 동작 모드 선택부(130)는 고성능 모드가 선택되어 동작 시에 예측된 잔존 에너지량이 센서 노드(100)의 최소 동작 에너지량보다 작게 되면, 동작 모드를 일반 모드로 변경할 수 있다. 다시 말해, 동작 모드 선택부(130)는 센서 노드(100)가 고성능 모드로 동작하는 상황에서 에너지가 고갈될 것으로 예상되는 경우(예를 들어, 예측된 잔존 에너지량이 센서 노드(100)의 최소 동작 에너지량보다 작은 경우), 센서 노드(100)의 동작 모드를 일반 모드로 변경하여 중계 노드의 에너지 소모를 줄일 수 있다. 예컨대, 센서 노드(100)는 고성능 모드로 동작할 때, 아래의 수학식 6과 같은 조건을 만족할 경우, 센서 노드(100)가 데이터 전송 주기( $p_{tx}$ ) 기간 동안에 정지될 수 있기 때문에, 센서 노드(100)는 일반 모드로 동작 모드를 변경하여 중계 노드의 에너지를 절약할 수 있다.

[0053] [수학식 6]

$$E_{residual_i}(t, p_{tx}) < E_{bottom_i}$$

[0054]

[0055] 데이터 전송부(150)는 선택된 동작 모드에 기초하여 이웃 노드로 수집한 데이터를 전송할 수 있다.

[0056] 데이터 전송부(150)는, 동작 모드로 고성능 모드가 선택된 경우, 자신이 전송하는 데이터에 대한 중계 노드의 에너지 소모량을 측정하고, 측정된 중계 노드의 에너지 소모량을 기초로 수신한 데이터를 압축하거나 또는 전송 거리 범위를 확장하여 데이터를 이웃 노드로 전송할 수 있다. 예컨대, 센서 노드(100)는 고성능 모드로 동작하는 상황일 경우, 남은 에너지를 활용하여 중계 노드의 에너지 소모를 줄일 수 있다. 이때, 센서 노드(100)는 데이터를 압축하거나, 전송 거리를 늘려서 전송 홉 수를 줄임으로써 중계 노드의 에너지 소모를 줄일 수 있다. 센서 노드(100)는 남은 에너지를 효율적으로 사용하기 위해, 압축 기법과 전송 거리 조절 기법 중에서 중계 노드의 에너지 소모를 더욱 효과적으로 줄일 수 있는 기법을 선택할 수 있다. 이를 위해, 센서 노드(100)는 각 기법을 사용했을 때, 센서 노드(100)에서 이웃 노드로 전송하는 데이터에 대한 이웃 노드(중계 노드)의 에너지 소모를 측정해야 한다. 예컨대, 노드  $i$ 가 데이터 전송 시, 데이터가  $H$ 홉을 거쳐 싱크 노드에 도착한다고 할 때, 중계 노드들의 소모 에너지량인  $E_{hop_i}$ 는 아래의 수학식 7에 의해 산출될 수 있다.

[0057] [수학식 7]

$$E_{hop_i} = (S_{relay_i} + S_{data_i})\beta d_i^\alpha H$$

[0058]

[0059] 이때, 데이터 압축 기법을 이용할 경우,  $S_{data_i}$ 가 압축률이  $R_{compression}$ 인 압축 기법으로 압축되어  $S_{data_i}(1 - R_{compression})$ 로 줄어들기 때문에 데이터 압축 기법을 사용할 경우, 중계 노드의 에너지 소모량

$E_{hop}^{compression}$   $i$  는 아래의 수학적식 8에 의해 산출될 수 있다.

[0060] [수학적식 8]

[0061] 
$$E_{hop}^{compression} = (S_{relay_i} + S_{data_i}(1 - R_{compression}))\beta d_i^{\alpha} H$$

[0062] 한편, 전송 거리 조절 기법을 이용할 경우, 중계 노드의 홉 수 H가 전송 거리 확장으로 줄어드는 홉 수인  $H_{reduced}$  만큼 감소한다. 따라서, 전송 거리 조절 기법을 사용할 때, 중계 노드의 에너지 소모량  $E_{hop}^{range}$  은 아래의 수학적식 9에 의해 산출될 수 있다.

[0063] [수학적식 9]

[0064] 
$$E_{hop}^{range} = (S_{relay_i} + S_{data_i})\beta d_i^{\alpha} (H - H_{reduced})$$

[0065] 상술한 수학적식 8과 9를 활용하여 각 기법에서 중계 노드의 에너지 소모량을 계산하여 비교하면, 어떤 기법이 중계 노드의 에너지 소모를 줄이는 것에 더 효과적인지 확인할 수 있다. 따라서, 아래의 수학적식 10의 조건을 만족할 경우, 전송 거리 조절 기법이 효율이 좋기 때문에, 센서 노드(100)는 전송 거리 조절 기법을 선택할 수 있다. 반면, 수학적식 10과 반대의 조건일 경우, 센서 노드(100)는 데이터 압축 기법을 선택할 수 있다.

[0066] [수학적식 10]

[0067] 
$$E_{hop}^{compression} > E_{hop}^{range}$$

[0068] 한편, 상술한 바와 같은 본 실시 예에 따르면, 센서 노드(100)가 동작 모드를 선택함에 따라 데이터 전송시 동작 모드를 선택하고, 압축 또는 전송 거리 조절 기법을 선택하여 데이터를 이웃 노드로 전송하는 알고리즘에 대한 의사 코드는 도 2에 도시된 바와 같을 수 있다.

[0069] 도 3은 도 1의 센서 노드에서의 동작 모드에 따른 데이터 전송 흐름을 개략적으로 도시한 도면이다.

[0070] 도 3을 참조하면, 각각의 센서 노드(100)들은 데이터를 센싱하여 수집하고, 수집된 데이터를 이웃 노드로 전송할 수 있다. 이때, 이웃 노드는 자신이 센싱하여 수집한 데이터 이외에 이웃 노드로부터 전달받은 데이터를 포함하여 또 다른 이웃 노드로 전송한다. 한편, 본 실시 예에 따른 센서 노드(100)는 잔존 에너지량을 예측하고, 예측된 잔존 에너지량에 따라 고성능 모드 또는 일반 모드 중 어느 하나의 동작 모드를 선택하고 데이터를 이웃 노드로 전송할 수 있다. 이때, 본 실시 예에 따른 센서 노드(100)는 동작 모드로 고성능 모드가 선택된 경우, 데이터를 압축하거나 또는 전송 거리 범위를 조절하여 데이터를 이웃 노드로 전송할 수 있다.

[0071] 이하, 상술한 본 실시 예에 따른 센서 노드(100)에서의 데이터 수집률 향상 방법에 대해 설명하기로 한다.

[0072] 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 데이터 수집률 향상 방법의 흐름을 도시한 도면이다.

[0073] 한편, 본 실시 예를 설명함에 있어서, 센서 노드(100)는 기본적으로 일반 모드로 동작하고 있는 것으로 가정한다.

[0074] 도 4를 참조하면 먼저, 센서 노드(100)는 잔존 에너지량을 예측할 수 있다(410). 센서 노드(100)는 소모되는 에너지량과 수집되는 에너지량을 기초로 잔존 에너지량을 예측할 수 있다. 보다 자세하게, 센서 노드(100)는 상술한 수학적식 1을 통해 잔존 에너지량을 예측할 수 있으며, 현재 시간이 t일 경우, t시간에 센서 노드(100)에 남은 에너지량에서 데이터 전송 주기 동안에 센서 노드(100)에서 소모된 에너지량을 뺀 후, 센서 노드(100)에 수집되는 에너지량을 더한 값으로 잔존 에너지량을 예측할 수 있다.

[0075] 센서 노드(100)는 데이터 전송 주기( $p_{tx}$ )마다 예측된 잔존 에너지량에 따라 동작 모드를 선택할 수 있다(430). 센서 노드(100)는 데이터 전송 주기( $p_{tx}$ )마다 잔존 에너지의 상태에 따라 자신의 동작 모드를 변경할 수 있다. 예컨대, 센서 노드(100)는 데이터 전송 주기( $p_{tx}$ )마다 잔존 에너지량을 예측하여 자신의 모드를 결정할 수 있다. 본 실시 예에 있어서, 동작 모드는 일반 모드와 고성능 모드를 포함할 수 있다. 이때, 일반 모드는 센서 노드(100)의 에너지가 일반적인 상태일 때 동작하는 모드일 수 있으며, 고성능 모드는 여분의 에너지가 발생할 것으로 예상될 경우(예컨대, 센서 노드(100)의 잔존 에너지량이 센서 노드(100)의 배터리 용량보다 클 경우)에 동작하는 모드일 수 있다. 센서 노드(100)는 예측된 잔존 에너지량이 센서 노드(100)의 배터리 용량 이상일 경우,

여분의 에너지가 발생한 것으로 판단하여 동작 모드로 고성능 모드를 선택할 수 있다.

[0076] 이후, 센서 노드(100)는 고성능 모드가 선택되어 동작 시에 예측된 잔존 에너지량이 센서 노드(100)의 최소 동작 에너지량보다 작게 되면, 동작 모드를 일반 모드로 변경할 수 있다. 다시 말해, 센서 노드(100)는 고성능 모드로 동작하는 상황에서 에너지가 고갈될 것으로 예상되는 경우(예를 들어, 잔존 에너지량이 센서 노드(100)의 최소 동작 에너지량보다 작은 경우), 자신의 동작 모드를 일반 모드로 변경하여 중계 노드의 에너지 소모를 줄일 수 있다.

[0077] 센서 노드(100)는 선택된 동작 모드에 기초하여 이웃 노드로 수집한 데이터를 전송할 수 있다(450). 센서 노드(100)는, 동작 모드로 고성능 모드가 선택된 경우, 자신이 전송하는 데이터에 대한 중계 노드의 에너지 소모량을 측정하고, 측정된 중계 노드의 에너지 소모량을 기초로 수신한 데이터를 압축하거나 또는 전송 거리 범위를 확장하여 데이터를 이웃 노드로 전송할 수 있다. 예컨대, 센서 노드(100)는 고성능 모드로 동작하는 상황일 경우, 남은 에너지를 활용하여 중계 노드의 에너지 소모를 줄일 수 있다. 이때, 센서 노드(100)는 데이터를 압축하거나, 전송 거리를 늘려서 전송 홉 수를 줄임으로써 중계 노드의 에너지 소모를 줄일 수 있다. 센서 노드(100)는 남은 에너지를 효율적으로 사용하기 위해, 압축 기법과 전송 거리 조절 기법 중에서 중계 노드의 에너지 소모를 더욱 효과적으로 줄일 수 있는 기법을 선택할 수 있다.

[0078] 상술한 바에 따르면, 전체 무선 센서 네트워크의 에너지 불균형을 해소하고, 노드의 정전시간을 감소시켜 싱크 노드의 데이터 수집률을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

[0079] 본 발명의 실시 예에 따른 방법들은 애플리케이션으로 구현되거나 다양한 컴퓨터 구성요소를 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령어의 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체는 프로그램 명령어, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 기록되는 프로그램 명령어는, 본 발명을 위한 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 분야의 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체의 예에는, 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체, CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체, 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media) 및 ROM, RAM, 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령어를 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령어의 예에는, 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드도 포함된다. 상기 하드웨어 장치는 본 발명에 따른 처리를 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0080] 본 명세서는 많은 특징을 포함하는 반면, 그러한 특징은 본 발명의 범위 또는 특허청구범위를 제한하는 것으로 해석되어서는 아니 된다. 또한, 본 명세서의 개별적인 실시 예에서 설명된 특징들은 단일 실시 예에서 결합되어 구현될 수 있다. 반대로, 본 명세서의 단일 실시 예에서 설명된 다양한 특징들은 개별적으로 다양한 실시 예에서 구현되거나, 적절히 결합되어 구현될 수 있다.

[0081] 도면에서 동작들이 특정한 순서로 설명되었으나, 그러한 동작들이 도시된 바와 같은 특정한 순서로 수행되는 것으로 또는 일련의 연속된 순서, 또는 원하는 결과를 얻기 위해 모든 설명된 동작이 수행되는 것으로 이해되어서는 안 된다. 특정 환경에서 멀티태스킹 및 병렬 프로세싱이 유리할 수 있다. 아울러, 상술한 실시 예에서 다양한 시스템 구성요소의 구분은 모든 실시 예에서 그러한 구분을 요구하지 않는 것으로 이해되어야 한다. 상술한 애플 구성요소 및 시스템은 일반적으로 단일 소프트웨어 제품 또는 멀티플 소프트웨어 제품에 패키지로 구현될 수 있다.

[0082] 이상에서 설명한 본 발명은, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하므로 전술한 실시 예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것은 아니다.

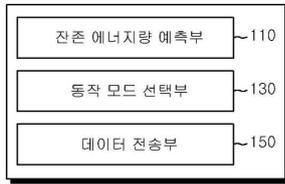
**부호의 설명**

- [0083] 100 : 센서 노드
- 110 : 잔존 에너지량 예측부
- 130 : 동작 모드 선택부
- 150 : 데이터 전송부

도면

도면1

100

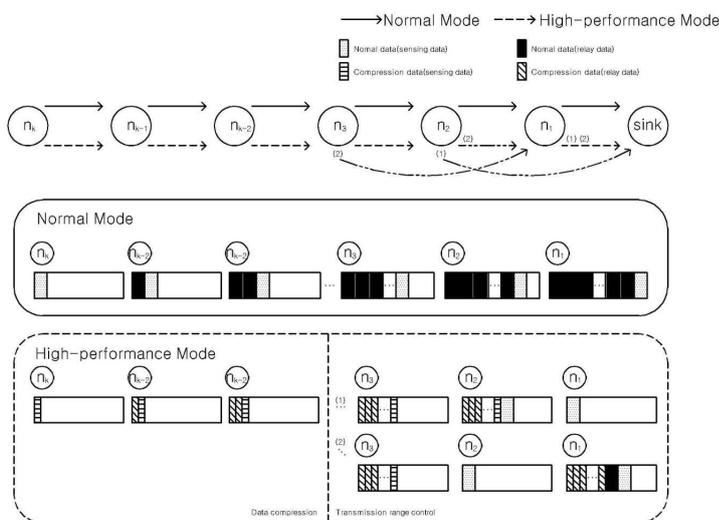


도면2

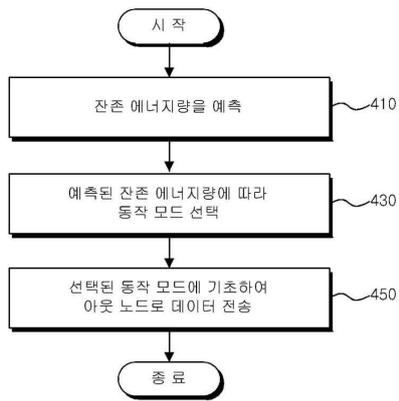
```

Algorithm
01:FUNCTION Change_Mode()
02:if( $E_{residual}(t, P_{th}) \geq E_{full}$ ) then
03:Upper_mode():
04:else if ( $E_{residual}(t, P_{th}) \leq E_{bottom}$ ) then
05:Lower_Mode():
06:else
07: Do not change current mode:
08:end if
09:FUNCTION Upper_Mode()
10:switch(current_mode) then
11: case:'Normal_Mode'
12:  if( $E_{compression} < E_{top}$ ) then
13:    current_mod  $\leftarrow$  High_Performance_Mode:
14:    transmission_scheme  $\leftarrow$  compression:
15:  else if( $E_{top} > E_{top}$ ) then
16:    current_mode  $\leftarrow$  High_Performance_Mode:
17:    transmission_scheme  $\leftarrow$  distance:
18:  end if
19: case:'High_Performance_Mode'
20:  current_mode  $\leftarrow$  current_mode:
21:end switch
22:FUNCTION Lower_Mode()
23:switch (current_mode) then
24: case:'Normal_Mode'
25:  current_mode  $\leftarrow$  current_mode:
26:  transmission_scheme  $\leftarrow$  normal:
27: case:'High_Performance_Mode'
28:  current_mode  $\leftarrow$  Normal_Mode:
29:end switch
    
```

도면3



도면4



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 9

【변경전】

상기 센서 노드로부터

【변경후】

센서 노드로부터