



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년06월19일

(11) 등록번호 10-1530147

(24) 등록일자 2015년06월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04L 12/28 (2006.01) H04L 12/24 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0022427

(22) 출원일자 2014년02월26일

심사청구일자 2014년02월26일

(56) 선행기술조사문헌

KR101028891 B1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

경상대학교산학협력단

경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)

(72) 발명자

정방철

경상남도 통영시 서송정3길 21-18 101호 (봉평동, 로즈빌)

전상운

경상북도 안동시 옥서1길 90 주공 8단지 휴먼시아 802동 703호

(74) 대리인

특허법인 무한

전체 청구항 수 : 총 14 항

심사관 : 하정훈

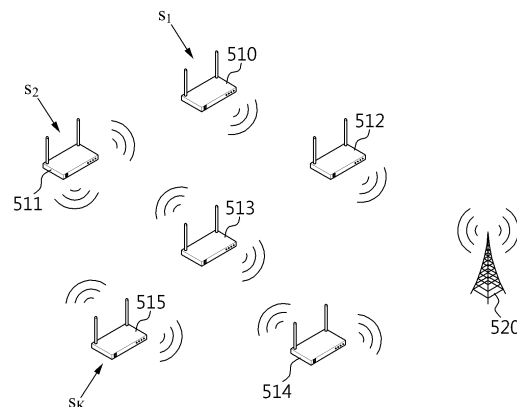
(54) 발명의 명칭 **센서 노드, 수신 노드, 상기 센서 노드와 수신 노드를 포함하는 무선 네트워크 시스템, 및 상기 센서 노드와 상기 수신 노드의 동작 방법**

(57) 요약

적어도 하나의 수신 노드와 복수 개의 센서 노드들을 포함하는 무선 네트워크 시스템에서 센서 노드가 개시된다. 일 실시예는 상기 무선 네트워크 시스템 내에서 발생한 이벤트를 감지하는 감지부, 상기 센서 노드와 상기 수신 노드 사이에 설정된 채널의 제1 채널 이득, 및 상기 복수 개의 센서 노드들 각각과 상기 수신 노드 사이에 설정된 채널의 제2 채널 이득을 기초로 형성된 제1 전송 그룹에 참여할 수 있는지 여부를 확인하고, 상기 확인에 따라 상기 센서 노드의 전송 파워가 미리 정해진 기준을 만족하도록 상기 전송 파워를 설정하는 프로세서, 및 상기 감지된 이벤트에 따라 생성된 데이터를 상기 수신 노드로 전송하는 전송부를 포함한다.

대표도 - 도5

500



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2013-0527

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국전파진흥원

연구사업명 모바일서비스-서비스-지능형 자율 서비스 플랫폼

연구과제명 단말 협업형 Giga급 스마트 클라우드릿 핵심기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국과학기술연구원

연구기간 2013.04.01 ~ 2014.03.31

명세서

청구범위

청구항 1

무선 네트워크 시스템에 있어서,

상기 무선 네트워크 시스템에서 발생한 이벤트를 감지하고, 상기 이벤트에 따라 생성된 데이터를 수신 노드로 전송하는 K개의 센서 노드들;

상기 K개의 센서 노드 중 시간 슬롯마다 선택된 M개의 센서 노드들로부터 상기 데이터를 수신하고, 상기 데이터에 따라 정의되고, 로컬 컴퓨팅이 가능한 목적 함수를 계산하며, 상기 목적 함수를 이용하여 최종 목적 함수를 도출하고, 상기 최종 목적 함수를 이용하여 상기 무선 네트워크 시스템에서 발생한 이벤트를 분석하는 적어도 하나의 수신 노드; 및

상기 K개의 센서 노드들 중에서 미리 정해진 기준에 따라 상기 시간 슬롯마다 상기 M개의 센서 노드들을 선택하고, 상기 M개의 센서 노드들의 전송 파워를 설정하는 컨트롤러

를 포함하고,

상기 컨트롤러는,

상기 M개의 센서 노드들로 구성된 집합이 나타나는 개수가 동일하고, 전송에 참여할 확률이 동일하도록 페어링 조합을 구성하고,

상기 페어링 조합은 상기 M개의 센서 노드들로 구성된 집합이 N개인, 무선 네트워크 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 컨트롤러는,

상기 K개의 센서 노드들 각각과 상기 수신 노드 사이에 설정된 채널의 채널 이득을 기초로 상기 M개의 센서 노드들을 선택하는,

무선 네트워크 시스템

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 컨트롤러는,

상기 M개의 센서 노드들 각각과 상기 수신 노드 사이에 설정된 채널의 채널 이득을 이용하여 상기 전송 파워를 설정하는,

무선 네트워크 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 컨트롤러는,

$$\prod_{k=1}^N \binom{K-M(k-1)}{M}$$

수학적 $\prod_{k=1}^N \binom{K-M(k-1)}{M}$ 에 따른 결과만큼 페어링 조합을 구성하고,

상기 페어링 조합은 M개로 구성된 센서 노드들의 집합을 기초로 형성되고,

K는 무선 네트워크 시스템에 위치한 센서 노드의 개수, M은 데이터 전송을 위해 미리 정해진 기준에 따라 선택된 센서 노드의 개수, 및 $N=K/N$ 인,

무선 네트워크 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 목적 함수에 대한 컴퓨팅 전송율은,

상기 M개의 센서 노드들 각각과 상기 수신 노드 사이에 설정된 채널의 채널 이득, 및 상기 M개의 센서 노드의 전송 파워에 따라 결정되는,

무선 네트워크 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 로컬 컴퓨팅이 가능한 목적 함수는,

상기 시간 슬롯마다 선택된 상기 M개의 센서 노드들이 전송한 데이터를 이용하여 계산된 목적 함수들을 통해 최초에 계산하고자 하는 목적 함수를 계산하는 것이 가능한 목적 함수를 나타내는,

무선 네트워크 시스템.

청구항 7

삭제

청구항 8

적어도 하나의 수신 노드와 K개의 센서 노드들을 포함하는 무선 네트워크 시스템에서 센서 노드에 있어서,

상기 무선 네트워크 시스템 내에서 발생한 이벤트를 감지하는 감지부;

상기 센서 노드와 상기 수신 노드 사이에 설정된 채널의 제1 채널 이득, 및 상기 K개의 센서 노드들 각각과 상기 수신 노드 사이에 설정된 채널의 제2 채널 이득을 기초로 형성된 제1 전송 그룹에 참여할 수 있는지 여부를 확인하고, 상기 확인에 따라 상기 센서 노드의 전송 파워가 미리 정해진 기준을 만족하도록 상기 전송 파워를 설정하는 프로세서; 및

상기 감지된 이벤트에 따라 생성된 데이터를 상기 수신 노드로 전송하는 전송부

를 포함하고,

상기 제1 전송 그룹은 M개의 센서 노드들이 포함되고,

상기 M개의 센서 노드들로 구성된 집합이 나타나는 개수가 동일하고, 전송에 참여할 확률이 동일하도록 페어링 조합이 구성되고,

상기 페어링 조합은 M 개의 센서 노드들로 구성된 집합이 N 개인, 센서 노드.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 제1 채널 이득, 및 상기 제1 전송 그룹에 참여한 센서 노드들 각각과 상기 수신 노드 사이에 설정된 채널의 제3 채널 이득을 이용하여 상기 전송 파워가 상기 미리 정해진 기준을 만족하도록 설정하는,

센서 노드.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 프로세서는,

제1 시간 슬롯에서 상기 제1 전송 그룹에 참여하지 못한 경우, 제2 시간 슬롯에서 상기 제1 채널 이득, 및 상기 제1 전송 그룹에 참여하지 못한 센서 노드들 각각과 상기 수신 노드 사이에 설정된 채널의 제4 채널 이득을 비교한 결과를 기초로 형성된 제2 전송 그룹에 참여할 수 있는지 여부를 확인하는,

센서 노드.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 센서 노드와 상기 수신 노드 사이에 설정된 채널, 및 상기 K 개의 센서 노드들 각각과 상기 수신 노드 사이에 설정된 채널은, 페이딩 채널인,

센서 노드.

청구항 12

적어도 하나의 수신 노드와 K 개의 센서 노드들을 포함하는 무선 네트워크 시스템에서 상기 수신 노드에 있어서,

상기 K 개의 센서 노드들 중에서 상기 K 개의 센서 노드들 각각과 상기 수신 노드 사이에 설정된 채널의 채널 이득을 기초로 선택된 M 개의 센서 노드들로부터 상기 무선 네트워크 시스템 내에서 발생한 이벤트에 따라 생성된 데이터를 제1 시간 슬롯에서 수신하는 수신부; 및

상기 수신한 데이터에 따라 정의된 제1 목적 함수를 계산하고, 상기 제1 목적 함수를 이용하여 상기 이벤트를 분석하는 프로세서

를 포함하고,

상기 M 개의 센서 노드들로 구성된 집합이 나타나는 개수가 동일하고, 전송에 참여할 확률이 동일하도록 페어링 조합이 구성되고,,

상기 페어링 조합은 M 개의 센서 노드들로 구성된 집합이 N 개인, 수신 노드.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 수신부는,

선택되지 않은 센서 노드들로부터 상기 데이터를 제2 시간 슬롯에서 수신하고,

상기 프로세서는,

상기 제2 시간 슬롯에서 수신한 데이터에 따라 정의된 제2 목적 함수를 계산하고, 상기 제1 목적 함수, 및 상기 제2 목적 함수를 이용하여 최종 목적 함수를 계산하고, 상기 최종 목적 함수를 이용하여 상기 이벤트를 분석하는,

수신 노드.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 최종 목적 함수에 대한 컴퓨팅 전송율은,

상기 M개의 센서 노드들 각각과 상기 수신 노드 사이에 설정된 채널의 채널 이득, 및 상기 M개의 센서 노드들의 전송 파워에 따라 결정되는,

수신 노드.

청구항 15

제12항에 있어서,

상기 K개의 센서 노드들 각각과 상기 수신 노드 사이에 설정된 채널은 페이딩 채널인,

수신 노드.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

아래 실시예들은 센서 노드, 수신 노드, 및 상기 센서 노드와 수신 노드를 포함하는 무선 네트워크 시스템에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 센싱된 데이터 처리 및 이를 통한 정보 획득, 무선 상용망 관리를 위한 컨트롤 신호 전송, 군용망에서의 전장환경 분석 등 다양한 분야에서 활용될 수 있는 무선 센서망에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

센서망을 포함한 다양한 유무선망은 센싱된 데이터 또는 메시지들의 집합을 수신 노드에서 수신하는 것이 목적이 아니고, 센싱된 데이터 또는 메시지의 함수로 표현되는 추상화된 정보를 얻는 것이 목적이다.

[0003]

수신 노드는 목적 함수에 관계없이 센싱된 모든 데이터 또는 메시지들을 디코딩한다. 디코딩을 통해 수신 노드는 목적 함수를 계산한다. 하지만, 일반적으로 센싱된 데이터가 가진 정보량은 목적 함수에 비해 현저히 낮기 때문에, 기존의 통신망을 통해 컴퓨팅을 수행하는 경우 컴퓨팅 용량이 저하하는 문제가 발생한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004]

(특허문헌 0001) 주식회사 케이티가 2012년 02월 29일에 출원하고, 2013년 09월 06일에 공개된 선행기술문헌 1 (발명의 명칭: 무선 통신 시스템에서 무선신호의 페이딩 정보 분석 방법 및 장치, 이를 이용한 통신품질 관리 시스템)이 있다.

(특허문헌 0002) 충북대학교 산학협력단이 2013년 02월 03일에 출원하고, 2013년 08월 13일에 공개된 선행기술문헌 2(발명의 명칭: 무선 멀티미디어 센서 네트워크 및 데이터 압축 전송 방법)가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 종래의 컴퓨팅 코드는 다양한 목적 함수를 계산할 수 있으나 페이딩 환경이 고려되지 않은 컴퓨팅 코드로, 본 발명은 페이딩 환경에서 성능 열화가 심한 종래의 컴퓨팅 코드의 문제점을 해결할 수 있다.
- [0006] 본 발명은 종래의 무선 센서망이 가지는 컴퓨팅 전송율의 문제점(무선 센서망의 센서 노드의 개수가 증가할수록 컴퓨팅 전송율은 낮아짐)을 해결할 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0007] 일 측에 따른 무선 네트워크 시스템은 상기 무선 네트워크 시스템에서 발생한 이벤트를 감지하고, 상기 이벤트에 따라 생성된 데이터를 수신 노드로 전송하는 K개의 센서 노드들; 상기 K개의 센서 노드들로부터 상기 데이터를 수신하고, 상기 데이터에 따라 정의된 목적 함수를 계산하고, 상기 목적 함수를 이용하여 상기 무선 네트워크 시스템에서 발생한 이벤트를 분석하는 적어도 하나의 수신 노드; 및 제1 시간 슬롯에서 상기 K개의 센서 노드들 중에서 미리 정해진 기준에 따라 M개의 센서 노드들을 선택하고, 상기 M개의 센서 노드들의 전송 파워를 설정하는 컨트롤러를 포함한다.
- [0008] 상기 컨트롤러는, 상기 K개의 센서 노드들 각각과 상기 수신 노드 사이에 설정된 채널의 채널 이득을 기초로 상기 M개의 센서 노드들을 선택할 수 있다.
- [0009] 또한, 상기 컨트롤러는, 상기 M개의 센서 노드들 각각과 상기 수신 노드 사이에 설정된 채널의 채널 이득을 이용하여 상기 전송 파워를 설정할 수 있다.
- [0010] 일 측에 따른 센서 노드는 상기 무선 네트워크 시스템 내에서 발생한 이벤트를 감지하는 감지부; 상기 센서 노드와 상기 수신 노드 사이에 설정된 채널의 제1 채널 이득, 및 상기 복수 개의 센서 노드들 각각과 상기 수신 노드 사이에 설정된 채널의 제2 채널 이득을 기초로 형성된 제1 전송 그룹에 참여할 수 있는지 여부를 확인하고, 상기 확인에 따라 상기 센서 노드의 전송 파워가 미리 정해진 기준을 만족하도록 상기 전송 파워를 설정하는 프로세서; 및 상기 감지된 이벤트에 따라 생성된 데이터를 상기 수신 노드로 전송하는 전송부를 포함한다.
- [0011] 일 측에 따른 수신 노드는 상기 K개의 센서 노드들 중에서 상기 K개의 센서 노드들 각각과 상기 수신 노드 사이에 설정된 채널의 채널 이득을 기초로 선택된 M개의 센서 노드들로부터 상기 무선 네트워크 시스템 내에서 발생한 이벤트에 따라 생성된 데이터를 제1 시간 슬롯에서 수신하는 수신부; 및 상기 수신한 데이터에 따라 정의된 제1 목적 함수를 계산하고, 상기 제1 목적 함수를 이용하여 상기 이벤트를 분석하는 프로세서를 포함한다.
- [0012] 일 측에 따른 센서 노드의 동작 방법은 상기 무선 네트워크 시스템 내에서 발생한 이벤트를 감지하는 단계; 상기 센서 노드와 상기 수신 노드 사이에 설정된 채널의 제1 채널 이득, 및 상기 복수 개의 센서 노드들 각각과 상기 수신 노드 사이에 설정된 채널의 제2 채널 이득을 기초로 형성된 제1 전송 그룹에 참여할 수 있는지 여부를 확인하는 단계; 상기 확인에 따라 상기 센서 노드의 전송 파워가 미리 정해진 기준을 만족하도록 상기 전송 파워를 설정하는 단계; 및 상기 이벤트에 따라 생성된 데이터를 상기 수신 노드로 전송하는 단계를 포함한다.
- [0013] 일 측에 따른 수신 노드의 동작 방법은 상기 K개의 센서 노드들 중에서 상기 K개의 센서 노드들 각각과 상기 수신 노드 사이에 설정된 채널의 채널 이득을 기초로 선택된 M개의 센서 노드들로부터 상기 무선 네트워크 시스템 내에서 발생한 이벤트에 따라 생성된 데이터를 수신하는 단계; 및 상기 수신한 데이터에 따라 정의된 제1 목적 함수를 계산하고, 상기 제1 목적 함수를 이용하여 상기 이벤트를 분석하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

- [0014] 본 발명에 따르면, 컴퓨팅 전송율이 증가되어 무선 네트워크 시스템의 효율이 증가할 수 있다.
- [0015] 본 발명에 따르면, 페이딩 환경이 고려되는 무선 네트워크 시스템이 제공되고, 무선 네트워크 시스템의 컴퓨팅 용량이 증가할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0016]

도 1은 일 실시예에 따른 무선 네트워크 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 일 실시예에 따른 수신 노드에서 계산될 수 있는 목적 함수 및 목적 함수를 통해 도출 가능한 통계값을 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 일 실시예에 따른 센서 노드를 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 일 실시예에 따른 수신 노드를 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 일 실시예에 따른 센서 노드와 수신 노드를 포함하는 무선 네트워크 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 일 실시예에 따른 복수 개의 센서 노드들을 포함하는 집합으로 구성된 페어링 조합을 설명하기 위한 도면이다.

도 7은 다른 일 실시예에 따른 무선 네트워크 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

도 8은 일 실시예에 따른 센서 노드의 동작 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

도 9는 일 실시예에 따른 수신 노드의 동작 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017]

이하, 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 그러나, 본 발명이 일 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 또한, 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0018]

도 1은 일 실시예에 따른 무선 네트워크 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

[0019]

도 1을 참조하면, 무선 네트워크 시스템(100)은 복수 개의 센서 노드들과 적어도 하나의 수신 노드(120)로 구성될 수 있다. i 번째 센서 노드는 소스 벡터($\mathbf{s}_i$)를 관찰할 수 있다. 센서 노드가 소스 벡터를 관찰하는 것은 센서 노드가 무선 네트워크 시스템(100)에서 발생한 이벤트를 감지하는 것을 의미할 수 있다. 예를 들어, 무선 네트워크 시스템(100)이 온도를 감지하는 시스템일 경우, 이벤트는 무선 네트워크 시스템(100) 내의 온도 변화가 될 수 있다. 또는, 무선 네트워크 시스템(100)이 전장에서 사용되는 시스템인 경우, 이벤트는 적군의 움직임일 수 있다.

[0020]

i 번째 센서 노드가 관찰한 소스 벡터는 $\mathbf{s}_i = [s_i[1], \dots, s_i[k]]^T \in [0:p-1]^K$ 으로 표현될 수 있다. 예를 들어, 1 번째 센서 노드(110)는 소스 벡터 $\mathbf{s}_1$ 을 관찰할 수 있다. 시간 j 에서, K 개의 소스 벡터들이 $\mathbf{s}[j] = [s_1[j], \dots, s_K[j]]^T$ 으로 표현된다고 할 때, 소스 벡터들을 표현하는 랜덤 벡터들은 $\mathcal{S} = [\mathbf{S}_1, \mathbf{S}_2, \dots, \mathbf{S}_K]^T$ 으로 정의될 수 있다. 소스 벡터가 시간 j 에서 독립적인 확률분포 $p_{\mathbf{S}}(\cdot)$ 를 따른다고 할 때, 랜덤벡터도 시간 j 에서 독립적인 확률분포 $p_{\mathbf{S}}(\cdot)$ 를 따른다.

[0021]

수신 노드(120)는 수학식 1로 표현되는 다중 액세스 채널을 통해 복수 개의 센서 노드들로부터 신호를 수신할 수 있다.

[0022]

[수학식 1]

$$\mathbf{y} = \sum_{i=1}^K h_i \mathbf{x}_i + \mathbf{z}$$

[0023]

[0024]

여기서, $\mathbf{x}_i$ 는 i 번째 센서 노드로부터 전송되는 입력 신호이고, $\mathbf{z}$ 는 잡음 신호이다. 수신 노드(120)가 수신하는 신호는 센서 노드로부터 전송되는 신호 외에도 잡음이 포함될 수 있다. h_i 는 i 번째 센서 노드와 수신 노드(120) 사이에 설정된 무선 채널이다. K 개의 센서 노드들 각각과 수신 노드(120) 사이에 설정된 채널은

$\mathbf{h}=[h_1,...,h_K]^T$ 로 표현될 수 있다. 패킷 전송 시간 내에서(또는, 데이터를 전송할 때) K개의 센서 노드들 각각과 수신 노드(120) 사이에 설정된 채널은 변하지 않는다. 하지만, 상이한 패킷 전송 시간 간에는 채널이 독립적으로 변하는 준 정적 페이딩 채널(Quasi-Static Fading Channel)이다. 임의의 센서 노드와 수신 노드 사이에 설정된 채널 h_i 는 패킷 전송 시간마다 확률밀도함수 $p_h(\cdot)$ 를 따를 수 있다.

[0025]

시간 j 에서, K개의 센서 노드들이 관찰한 소스 벡터를 $\mathbf{s}[j]=[s_1[j],...,s_K[j]]^T$ 라 할 때, K개의 센서 노드들은 소스 벡터를 이용하여 상기 입력 신호를 생성할 수 있다. 이 경우, 수신 노드(120)는 K개의 센서 노드로부터 상기 입력 신호를 수신할 수 있고, 입력 신호를 기초로 목적 함수를 계산할 수 있다. 상기 목적 함수는 심볼 바이 심볼(symbol by symbol) 형태의 함수인 $f(\mathbf{s}[j])$ 로 표현될 수 있다. 여기서, $j \in [1:K]$ 이다.

[0026]

일 실시예에 따른 무선 네트워크 시스템의 성능을 결정하기 위한 척도로서 컴퓨팅 전송율이 이용될 수 있다.

특정 패킷 전송 시간에서의 컴퓨팅 전송율은 $R(\mathbf{h})=\frac{k(\mathbf{h})}{n}H(f)$ 으로 정의될 수 있다. 여기서, $\frac{k(\mathbf{h})}{n}$ 는 다중

엑세스 채널을 n 번 사용하여 $k(\mathbf{h})$ 개의 목적 함수가 계산됨을 의미한다. 또한, 컴퓨팅 전송율은 목적 함수 자체의 엔트로피(즉, 목적 함수의 정보 비트수)가 반영된다. 준 정적 페이딩 채널이 고려될 때, 평균 컴퓨팅 전송

율은 $E_{\mathbf{h}}[R(\mathbf{h})]=\frac{E_{\mathbf{h}}[k(\mathbf{h})]}{n}H(f)$ 으로 표현될 수 있다.

[0027]

예를 들어, 특정 패킷 시간에서 수학적 1로 표현된 다중 액세스 채널을 통해 수신 노드(120)가 데이터를 수신한다고 하자. 특정 패킷 시간에서의 컴퓨팅 전송율은 수학적 2로 표현될 수 있다.

[0028]

[수학적 2]

$$R=C^*\left(\frac{1}{K}+\min_{i \in [1:K]}|h_i|^2 P\right)$$

[0029]

[0030]

여기서, $C^*(x)=\max\{\log(x),0\}$ 이고, P 는 K개의 센서 노드들의 평균 전송 파워를 나타낸다. 무선 네트워크 시스템에 페이딩 환경이 적용될 경우, 수학적 2의 컴퓨팅 전송율은 수학적 3으로 표현될 수 있다.

[0031]

[수학적 3]

[0032]

$$E_{\mathbf{h}}[R(\mathbf{h})]=E_{\mathbf{h}}\left[C^*\left(\frac{1}{K}+\min_{i \in [1:K]}|h_i|^2 P\right)\right]$$

[0033]

페이딩 환경이 적용된 경우, 수학적 3에서 알 수 있듯이, 컴퓨팅 전송율은 $\min_{i \in [1:K]}|h_i|^2$ 에 의해 제약되며, $\min_{i \in [1:K]}|h_i|^2$ 는 무선 네트워크 시스템내의 센서 노드의 개수(K)가 증가할수록 작아진다. 즉, 컴퓨팅 전송율은 K가 증가할수록 0으로 수렴한다. 일 실시예에 따른 센서 노드, 수신 노드, 및 무선 네트워크 시스템은 K가 증가하여도 컴퓨팅 전송율이 감소하는 문제를 해결할 수 있다.

[0034]

도 2는 일 실시예에 따른 수신 노드에서 계산될 수 있는 목적 함수 및 목적 함수를 통해 도출 가능한 통계값을 설명하기 위한 도면이다.

[0035]

도 2를 참조하면, 도 2에는 산술 합 함수(Arithmetic Sum Function)(210)와 타입 함수(Type Function)(220)가 도시된다.

[0036]

수신 노드는 산술 합 함수(210)와 타입 함수(220)를 이용하여 목적 함수를 계산할 수 있다. 소스 벡터에 대한 랜덤 벡터를 $\mathbf{S}=[S_1,S_2,...,S_K]^T \in [0:p-1]^K$ 라 할 때, 수신 노드에서 표현될 수 있는 산술 합 함수는

$f(\mathcal{S}) = \left\{ \sum_{i=1}^K a_{li} S_i \right\}_{l=1}^L$ 일 수 있다. 여기서, a_{li} 는 가중치(weighted arithmetic sum)를 위한 값을 나타낸다.

[0037]

소스 벡터에 대한 랜덤 벡터를 $\mathcal{S} = [S_1, S_2, \dots, S_K]^T \in [0:p-1]^K$ 라 하고, $b_l(\mathbf{s}) = \sum_{i=1}^K 1_{s_i=l}$ 이라고 할 때, 타입 함수(220)는 $f(\mathbf{s}) = \{b_0(\mathbf{s}), \dots, b_{p-1}(\mathbf{s})\}$ 으로 표현될 수 있다. 타입 함수(220)는 복수 개의 소스 벡터들이 $(0, 1, \dots, p-1)$ 값들 중 하나로 선택될 때, 0에서 $p-1$ 값들로 발생되는 소스 벡터들의 숫자 합을 구하는 함수이다. 타입 함수(220)를 통해 대칭 함수(Symmetric Function)가 도출될 수 있다. 즉, 타입 함수를 통해 도 2에 도시된 평균, 분산, 최대값, 또는 최소값 등의 통계값이 계산될 수 있다.

[0038]

도 3은 일 실시예에 따른 센서 노드를 설명하기 위한 도면이다.

[0039]

도 3을 참조하면, 일 실시예에 따른 센서 노드(300)는 감지부(310), 프로세서(320), 및 전송부(330)를 포함한다. 센서 노드(300)는 복수 개의 센서 노드들과 적어도 하나의 수신 노드를 포함하는 무선 네트워크 시스템 내에 위치한다.

[0040]

일 실시예에 따르면, 감지부(310)는 무선 네트워크 시스템 내에서 발생한 이벤트를 감지할 수 있다. 예를 들어, 센서 노드(300)는 무선 네트워크 시스템 내의 객체를 감지하기 위해 설치될 수 있다. 여기서, 객체의 움직임이나 활동이 이벤트에 포함될 수 있다.

[0041]

일 실시예에 따르면, 프로세서(320)는 감지된 이벤트를 기초로 데이터를 생성할 수 있다. 또한, 일 실시예에 따르면, 프로세서(320)는 센서 노드(300)와 수신 노드(340) 사이에 설정된 채널의 제1 채널 이득을 계산할 수 있다. 무선 네트워크 시스템 내에 위치한 복수 개의 센서 노드들(301, 302)은 복수 개의 센서 노드들(301, 302) 각각과 수신 노드(340) 사이에 설정된 채널의 채널 이득을 계산할 수 있다. 여기서, 각각의 채널의 채널 이득을 제2 채널 이득이라 한다. 즉, 무선 네트워크 시스템 내의 모든 센서 노드들은 수신 노드로 데이터를 전송하기 위해 설정된 채널의 채널 이득을 계산할 수 있다. 또한, 무선 네트워크 시스템 내의 모든 센서 노드들은 채널 이득을 공유할 수 있다.

[0042]

제1 채널 이득, 및 제2 채널 이득을 기초로 감지된 이벤트에 따라 생성된 데이터를 수신 노드(340)로 전송할 수 있는 제1 전송 그룹이 형성될 수 있다. 제1 전송 그룹이 형성됨에 따라 프로세서(320)는 센서 노드(300)가 제1 전송 그룹에 참여할 수 있는지 여부를 확인할 수 있다. 예를 들어, 제1 채널 이득이 제2 채널 이득보다 낮은 경우 센서 노드(300)는 제1 전송 그룹에 참여할 수 없다.

[0043]

일 실시예에 따르면, 무선 네트워크 시스템 내의 모든 센서 노드들은 채널 이득을 공유할 수 있다. 채널 이득이 공유된 경우, 센서 노드(300)는 제1 채널 이득이 다른 채널 이득보다 작은지 확인할 수 있다. 즉, 센서 노드(300)는 제1 채널 이득과 제2 채널 이득을 비교할 수 있고, 비교 결과를 기초로 자신이 수신 노드(340)로 데이터를 전송할 수 있는지 확인할 수 있다.

[0044]

일 실시예에 따르면, 프로세서(320)는 센서 노드(300)가 제1 전송 그룹에 참여할 수 있다는 확인을 하는 경우, 센서 노드(300)의 전송 파워가 미리 정해진 기준을 만족하도록 전송 파워를 설정할 수 있다. 예를 들어, 프로세서(320)는 제1 채널 이득, 및 제1 전송 그룹에 참여한 센서 노드들 각각과 수신 노드(340) 사이에 설정된 채널의 제3 채널 이득을 이용하여 전송 파워가 미리 정해진 기준을 만족하도록 설정할 수 있다.

[0045]

일 실시예에 따르면, 전송부(330)는 감지된 이벤트에 따라 생성된 데이터를 수신 노드(340)로 전송할 수 있다.

[0046]

일 실시예에 따르면, 센서 노드(300)가 제1 시간 슬롯에서 제1 전송 그룹에 참여하지 못한 경우, 프로세서(320)는 제2 시간 슬롯에서 제1 채널 이득, 및 제1 전송 그룹에 참여하지 못한 센서 노드들 각각과 수신 노드(340) 사이에 설정된 채널의 제4 채널 이득을 비교한 결과를 기초로 형성된 제2 전송 그룹에 참여할 수 있는지 여부를 확인할 수 있다. 센서 노드(300)가 제2 전송 그룹에 참여하는 경우, 프로세서(320)는 데이터를 수신 노드(340)로 전송할 수 있다. 센서 노드(300)가 제2 전송 그룹에 참여하지 못하는 경우, 프로세서(320)는 다음 시간 슬롯까지 수신 노드(340)로 데이터를 전송하지 못하고, 대기할 수 있다.

- [0047] 도 4는 일 실시예에 따른 수신 노드를 설명하기 위한 도면이다.
- [0048] 도 4를 참조하면, 일 실시예에 따른 수신 노드(400)는 수신부(410), 및 프로세서(400)를 포함한다.
- [0049] 일 실시예에 따르면, 수신부(410)는 무선 네트워크 시스템에 포함된 K개의 센서 노드들(430 내지 433) 중에서 상기 K개의 센서 노드들(430 내지 433) 각각과 수신 노드(400) 사이에 설정된 채널의 채널 이득을 기초로 선택된 M개의 센서 노드들로부터 무선 네트워크 시스템 내에서 발생한 이벤트에 따라 생성된 데이터를 수신할 수 있다. 또한, 수신부(410)는 상기 데이터를 제1 시간 슬롯에서 수신할 수 있다. 여기서, M은 K보다 작을 수 있다. M이 K보다 작은 경우, K는 M의 정수배(즉, $K=N*M$)일 수 있다.
- [0050] 일 실시예에 따르면, 프로세서(420)는 제1 시간 슬롯에서 수신한 데이터에 따라 정의된 제1 목적 함수를 계산할 수 있다. 또한, 프로세서(420)는 제1 목적 함수를 이용하여 상기 이벤트를 분석할 수 있다.
- [0051] 일 실시예에 따르면, 수신부(410)는 선택되지 않은 센서 노드들로부터 데이터를 제2 시간 슬롯에서 수신할 수 있다. 예를 들어, 수신부(410)는 K-M개의 센서 노드들로부터 데이터를 제2 시간 슬롯에서 수신할 수 있다.
- [0052] 일 실시예에 따르면, 수신부(410)는 선택되지 않은 센서 노드들중에서 미리 정해진 기준에 따라 선택된 M개의 센서 노드들로부터 제2 시간 슬롯에서 데이터를 수신할 수 있다. 수신부(410)는 제2 시간 슬롯까지 2M개의 센서 노드들로부터 데이터를 수신할 수 있다. 수신부(410)는 선택되지 못한 K-2M개의 센서 노드들로부터는 다음 시간 슬롯에서 데이터를 수신할 수 있다. 한편, 제2 시간 슬롯에서, 선택된 M개의 센서 노드들은 자신과 수신 노드(400)사이에 설정된 채널의 채널 이득을 기초로 선택된 센서 노드들일 수 있다.
- [0053] 일 실시예에 따르면, 프로세서(420)는 제2 시간 슬롯에서 수신한 데이터에 따라 정의된 제2 목적 함수를 계산할 수 있다. 또한, 프로세서(420)는 제1 목적 함수, 및 제2 목적 함수를 이용하여 최종 목적 함수를 계산할 수 있고, 최종 목적 함수를 이용하여 무선 네트워크 시스템 내에 발생한 이벤트를 분석할 수 있다. 여기서, 최종 목적 함수에 대한 컴퓨팅 전송율은 제1 전송 시간 슬롯에서 선택된 M개의 센서 노드들 각각과 수신 노드(400) 사이에 설정된 채널의 채널 이득, 및 제1 전송 시간 슬롯에서 선택된 M개의 센서 노드들의 전송 파워에 따라 결정될 수 있다.
- [0054] 도 5는 일 실시예에 따른 센서 노드와 수신 노드를 포함하는 무선 네트워크 시스템을 설명하기 위한 도면이다.
- [0055] 일 실시예에 따른 무선 네트워크 시스템(500)은 복수 개의 센서 노드들(510 내지 515), 수신 노드(520), 및 컨트롤러를 포함한다. 일 실시예에 따른 컨트롤러는 상기 센서 노드들(510 내지 515), 및 수신 노드(520)와는 별개의 장치로서 무선 네트워크 시스템 내에 설치될 수 있다. 또는, 일 실시예에 따른 컨트롤러는 수신 노드(520)에 포함될 수 있다. 또는, 일 실시예에 따른 컨트롤러는 복수 개의 센서 노드들(510 내지 515)에 포함될 수 있다.
- [0056] 일 실시예에 따르면, K개의 센서 노드들(510 내지 515)은 무선 네트워크 시스템에서 발생한 이벤트를 감지할 수 있다. 또한, K개의 센서 노드들(510 내지 515)은 이벤트에 따라 데이터를 생성할 수 있고, 생성된 데이터를 수신 노드(520)로 전송할 수 있다.
- [0057] 일 실시예에 따르면, 수신 노드(520)는 K개의 센서 노드들(510 내지 515)로부터 데이터를 수신할 수 있다. 또한, 수신 노드(520)는 데이터에 따라 정의된 목적 함수를 계산할 수 있고, 목적 함수를 이용하여 무선 네트워크 시스템에서 발생한 이벤트를 분석할 수 있다.
- [0058] 일 실시예에 따르면, 컨트롤러는 제1 시간 슬롯에서 K개의 센서 노드들(510 내지 515) 중에서 미리 정해진 기준에 따라 M개의 센서 노드들을 선택할 수 있다. 또한, 컨트롤러는 선택된 M개의 센서 노드들의 전송 파워를 설정할 수 있다.
- [0059] 일 실시예에 따르면, 컨트롤러는 K개의 센서 노드들(510 내지 515) 각각과 수신 노드(520) 사이에 설정된 채널의 채널 이득을 기초로 M개의 센서 노드들을 선택할 수 있다.
- [0060] K를 M의 배수라 할 때, $N=K/M$ 으로 정의할 수 있다. 채널 이득의 내림차순에 따른 센서 노드들(510 내지 515) 간의 순서를 $\pi(1), \dots, \pi(K)$ 라 하자. $\pi(1), \dots, \pi(K)$ 는 $|h_{\pi(1)}| \geq |h_{\pi(2)}| \geq \dots \geq |h_{\pi(K)}|$ 조건을 만족한다. 매

패킷 전송 시간마다 $\pi(1), \dots, \pi(K)$ 순서에 해당하는 센서 노드만이 데이터를 전송할 수 있다. 이 경우, 모든 패킷 전송 시간에서, 수신 노드(520)는 함수 $\{f(s_{\pi(1)}[j], s_{\pi(2)}[j], \dots, s_{\pi(M)}[j])\}_{j=1}^{k(h)}$ 를 계산할 수 있다. 이 경우, 무선 네트워크 시스템(500)의 컴퓨팅 전송율은 수학식 4로 표현될 수 있다.

[수학식 4]

$$R'(\mathbf{h}) = C^* \left(\frac{1}{M} + \min_{i \in [1:M]} \{ |h_{\pi(i)}|^2 P_{\pi(i)} \} \right)$$

여기서, $P_{\pi(i)}$ 는 $\pi(i)$ 번째 센서 노드의 전송파워를 나타낸다. 수학식 4에 따른 컴퓨팅 전송율은 최종 목적 함수에 대한 컴퓨팅 전송율이 아니라 $f(S_{\pi(1)}, S_{\pi(2)}, \dots, S_{\pi(M)})$ 에 대한 컴퓨팅 전송율을 나타낸다.

일 실시예에 따른 컨트롤러는 M개의 센서 노드들 각각과 수신 노드(520) 사이에 설정된 채널의 채널 이득을 이용하여 전송 파워를 결정할 수 있다.

수학식 4에서, $P_{\pi(i)}$ 는 평균 전송파워 P 가 만족되도록 설정되어야 한다. $P_{\pi(i)} = \frac{|h_{\pi(M)}|^2}{|h_{\pi(i)}|^2} c$ 이라 할 때, 수학식 5가 유도될 수 있다.

[수학식 5]

$$\begin{aligned} E[P_j] &= \sum_{i=1}^M \Pr(j = \pi(i)) E[P_j | j = \pi(i)] \\ &= c \sum_{i=1}^M \Pr(j = \pi(i)) E_h \left[\frac{|h_{\pi(M)}|^2}{|h_{\pi(i)}|^2} \right] \\ &= \frac{c}{K} \sum_{i=1}^M E_h \left[\frac{|h_{\pi(M)}|^2}{|h_{\pi(i)}|^2} \right] \end{aligned}$$

$E[P_j] = P$ 를 통해 상수값 c 가 결정될 수 있으며, 상수값 c 는 수학식 6으로 표현될 수 있다.

[수학식 6]

$$c = \frac{KP}{\sum_{i=1}^M E_h \left[\frac{|h_{\pi(M)}|^2}{|h_{\pi(i)}|^2} \right]}$$

상수값 c 가 결정되면, $P_{\pi(i)}$ 는 수학식 7로 표현될 수 있다.

[수학식 7]

$$P_{\pi(i)} = \frac{|h_{\pi(M)}|^2}{|h_{\pi(i)}|^2} \frac{KP}{\sum_{i=1}^M E_h \left[\frac{|h_{\pi(M)}|^2}{|h_{\pi(i)}|^2} \right]}$$

$\pi(i)$ 번째 센서 노드의 전송파워가 평균 전송파워를 만족하도록 설정되는 경우, 수학식 4의 컴퓨팅 전송율은 수학식 8로 표현될 수 있다.

[0075] [수학식 8]

$$R(\mathbf{h}) = C^* \left(\frac{1}{M} + \frac{|h_{\pi(M)}|^2 KP}{\sum_{i=1}^M E_{\mathbf{h}} \left[\frac{|h_{\pi(M)}|^2}{|h_{\pi(i)}|^2} \right]} \right)$$

[0076]

[0077] 수학식 8의 컴퓨팅 전송율은 최종 목적 함수에 대한 컴퓨팅 전송율이 아니고, 전송파워가 고려된 $f(S_{\pi(1)}, S_{\pi(2)}, \dots, S_{\pi(M)})$ 에 대한 컴퓨팅 전송율을 나타낸다.

[0078] 일 실시예에 따르면, 목적 함수의 로컬 컴퓨팅 특성을 이용하여 최종 목적 함수가 도출될 수 있다. 즉, 최종 목적 함수의 도출을 위해 로컬 컴퓨팅이 가능한 목적 함수가 이용될 수 있다. 예를 들어, $\Delta = [1:K]$ 를 센서 노

드의 전체 집합이라 할 때, 전체 집합을 Δ_1 내지 Δ_L 로 분류한다면, 센서 노드의 전체 집합은 $\Delta = \bigcup_{j=1}^L \Delta_j$ 으로 표

현될 수 있다. 로컬 컴퓨팅이 가능한 목적 함수는 $f(\{S_i\}_{i \in \Delta_1})$ 내지 $f(\{S_i\}_{i \in \Delta_L})$ 를 각각 계산한 후 최초에 계 산하고자 하는 목적 함수 $f(\{S_i\}_{i \in \Delta})$ 를 계산하는 것이 가능한 목적 함수를 의미할 수 있다. 본 발명에 따른 로컬 컴퓨팅이 가능한 목적 함수는 arithmetic sum function과 type function을 포함할 수 있다.

[0079] 매 패킷 전송 시간에 채널 이득이 상대적으로 큰 M개의 센서 노드들이 데이터를 전송할 수 있다. 최종 목적 함수 도출이 가능한 N개의 길이로 이루어진 조합의 개수는 수학식 9로 표현될 수 있다.

[0080] [수학식 9]

$$\prod_{k=1}^N \binom{K-M(k-1)}{M}$$

[0081]

[0082] 여기서, M개의 센서 노드의 집합은 N개의 길이로 이루어진 조합에서 중복을 허용하여 나타날 수 있다. 일 실시예에 따르면, 컨트롤러는 수학식 9에 따른 결과만큼 페어링 조합을 구성할 수 있다. 이하, 도 6을 참조하면서 설명한다.

[0083] 도 6은 일 실시예에 따른 복수 개의 센서 노드들을 포함하는 집합으로 구성된 페어링 조합을 설명하기 위한 도면이다.

[0084] 도 6의 (a)와 같이, K=4, M=N=2인 경우, (1,2)는 (3,4)와 결합이 가능하고, (1,3)은 (2,4)와 결합이 가능하다. K=4, M=N=2인 경우, 6개의 페어링 조합이 구성될 수 있다. K=4, M=N=2인 경우, 가능한 페어링 조합은 {(1,2), (3,4)}, {(1,3), (2,4)}, {(1,4), (2,3)}, {(2,3), (1,4)}, {(2,4), (1,3)}, 및 {(3,4), (1,2)}이다. 각각의 페어링 조합은 M개의 센서 노드들로 구성된 집합을 N개 포함할 수 있다. 또한, 각각의 페어링 조합은 무선 네트워크 시스템에 위치한 모든 센서 노드들을 포함한다.

[0085] 도 6의 (b)와 같이, K=6, M=2, N=3인 경우, (1,2)는 (3,4), (3,5), (3,6), (4,5), (4,6), 및 (5,6)과 결합이 가능하다. (1,3)은 (2,4), (2,5), (2,6), (4,5), (4,6), 및 (5,6)과 결합이 가능하다. {(1,2), (3,4)}는 (5,6)과 결합이 가능하고, {(1,2), (3,5)}는 (4,6)과 결합이 가능하다. K=6, M=2, N=3인 경우, 도 6의 (b)를 참조할 때, 90개의 페어링 조합이 구성될 수 있다. 각각의 페어링 조합은 M개의 센서 노드들로 구성된 집합을 N개 포함할 수 있다. 또한, 각각의 페어링 조합은 무선 네트워크 시스템에 위치한 모든 센서 노드들을 포함한다.

[0086] 도 6에 도시된 (a)와 (b)에서 확인할 수 있듯이, 페어링 조합이 구성될 경우, M개의 센서 노드들로 구성된 집합이 나타나는 개수는 동일하다. 또한, 독립적이고 동일한 분포를 따르는 채널의 특성(Independently and Identically Distributed, i.i.d)으로 인하여, M개의 센서 노드들로 구성된 집합이 전송에 참여할 확률은 동일하다. 따라서, 확률 1로 모든 패킷 전송 시간이 페어링 조합을 구성하는데 사용될 수 있다.

[0087]

다시 도 5로 돌아와서, 일 실시예에 따른 데이터를 전송하는 M개의 센서 노드들은 채널 이득에 의해 결정된다. 여기서, 무선 네트워크 시스템 내에 위치한 모든 센서 노드들(510 내지 515) 각각과 수신 노드(520) 사이에 설정된 채널은 동일한 확률밀도함수 $p_h(\cdot)$ 를 따르므로 M개의 센서 노드들로 구성된 집합이 데이터를 전송할 확률은 동일할 수 있다. 모든 센서 노드들(510 내지 515) 각각은 한 개의 시간 슬롯(또는 단위 시간 슬롯)에서 한 개의 데이터를 전송한다고 가정하자. 모든 센서 노드들이(510 내지 515) 데이터를 전송하기 위해 필요한 시간 슬롯의 개수를 T라 할 때, M개의 센서 노드들로 구성된 집합은 $T/\binom{K}{M}$ 번 데이터를 전송할 수 있다. $\binom{K}{M}$ 는 K개 중에서 M개를 선택할 수 있는 경우의 수이다.

[0088]

예를 들어, K=6, M=2, N=3 일 때, 모든 센서 노드들(510 내지 515) 각각은 수신 노드(520)로 전송할 데이터가 9000개 있다고 하자. 단위 시간 슬롯에서 M개의 센서 노드들(즉, 2개의 센서 노드)이 데이터를 전송하므로, 모든 데이터가 전송되려면, 27000개(9000*3=27000)의 시간 슬롯이 필요하다. 즉, T=27000이다. M개의 센서 노드들로 구성된 집합은 $T/\binom{K}{M}$ 번 데이터를 전송할 수 있다. 6개의 센서 노드들 중 2개의 센서 노드들로 구성된 집합은 (1,2), (1,3), (1,4), ..., (4,6), 및 (5,6)으로 구성되며, 총 15개이다. 2개의 센서 노드들로 구성된 집합은 27000개의 시간 슬롯에서 1800번(27000/15=1800) 데이터를 전송할 수 있다.

[0089]

일 실시예에 따르면, M개의 센서 노드들로 구성된 집합이 i번째에 포함된 페어링 조합의 개수는 $\prod_{k=2}^N \binom{K-M(k-1)}{M}$ 에 따라 결정될 수 있다(여기서, $i \in [1:N]$). 예를 들어, 도 6의 (b)를 참조하면, K=6, M=2, N=3 일 때, (1,2)가 첫 번째에 포함된 페어링 조합의 개수는 6개이고, (1,2)가 두 번째에 포함된 페어링 조합의 개수는 6개이다. 마찬가지로, (1,2)가 세 번째에 포함된 페어링 조합의 개수는 6개이다.

[0090]

일 실시예에 따르면, M개의 센서 노드들로 구성된 집합이 데이터를 전송하는 횟수인 $T/\binom{K}{M}$ 를 $N \prod_{k=2}^N \binom{K-M(k-1)}{M}$ 으로 나누면 수학식 10과 같다.

[0091]

[수학식 10]

$$T/\left(N\binom{K}{M}\prod_{k=2}^N\binom{K-M(k-1)}{M}\right)=T/\left(N\prod_{k=1}^N\binom{K-M(k-1)}{M}\right)$$

[0092]

즉, 수학식 10에 따른 $T/\left(N\prod_{k=1}^N\binom{K-M(k-1)}{M}\right)$ 만큼 M개의 센서 노드들로 구성된 집합을 포함하는 페어링 조합에 시간 슬롯이 할당될 수 있다.

[0094]

수학식 10을 통해 최종 목적 함수에 대한 컴퓨팅 전송율이 결정될 수 있다. 최종 목적 함수에 대한 컴퓨팅 전송율은 수학식 11로 표현될 수 있다.

[0095]

[수학식 11]

$$\begin{aligned} R &= \frac{1}{T} \prod_{k=1}^N \binom{K-M(k-1)}{M} T/\left(N\prod_{k=1}^N\binom{K-M(k-1)}{M}\right) E_h[R(h)] \\ &= \frac{1}{N} E_h \left[C^+ \left(\frac{1}{M} + \frac{|h_{\pi(M)}|^2 KP}{\sum_{i=1}^M E_h \left[\frac{|h_{\pi(i)}|^2}{|h_{\pi(i)}|^2} \right]} \right) \right] \end{aligned}$$

[0096]

[0097]

수학식 3의 컴퓨팅 전송율과 비교할 때, 수학식 11에 따른 컴퓨팅 전송율은 K가 증가하더라도 컴퓨팅 전송율이

0으로 수렴하지 않는다. 컴퓨팅 전송율이 0으로 수렴하지 않아 컴퓨팅 전송율 이득이 발생할 수 있다. 또한, 무선 네트워크 시스템의 컴퓨팅 용량이 증가할 수 있다.

- [0098] 일 실시예에 따르면, 수신 노드(520)는 목적 함수를 이용하여 이벤트를 분석할 수 있다. 이벤트를 분석할 경우, 수신 노드(520)는 동일 시간에 발생한 이벤트를 분석해야 한다. 수신 노드(520)가 동일 시간에 발생한 이벤트를 분석하기 위해서는 센서 노드들이 동일 시간에 발생한 이벤트를 기초로 생성된 데이터를 전송해야 한다. 동일 시간에 발생한 이벤트를 기초로 생성된 데이터가 전송되기 위해, 센서 노드들은 컨트롤러에 의해 구성된 페어링 조합에 따라 데이터를 전송한다.
- [0099] 예를 들어, 도 6의 (b)에 도시된 $K=6$, $M=2$, $N=3$ 을 살펴볼 때, 첫 번째 시간 슬롯에서 3번째, 및 5번째 센서 노드가 데이터를 전송할 경우, 3번째, 및 5번째 센서 노드는 301번째 시간에서 감지한 이벤트를 기초로 생성된 데이터를 수신 노드로 전송한다. 3번째, 및 5번째 센서 노드는 2번째 페어링 조합에 포함되기 때문에, 301번째 시간에서 감지한 이벤트를 기초로 생성된 데이터를 수신 노드로 전송한다. 두 번째 시간 슬롯에서 3번째, 및 4번째 센서 노드가 데이터를 전송할 경우, 3번째, 및 4번째 센서 노드는 첫 번째 시간에서 감지한 이벤트를 기초로 생성된 데이터를 수신 노드로 전송한다. 3번째, 및 4번째 센서 노드는 1번째 페어링 조합에 포함되기 때문에, 첫 번째 시간에서 감지한 이벤트를 기초로 생성된 데이터를 수신 노드로 전송한다.
- [0100] 도 7은 다른 일 실시예에 따른 무선 네트워크 시스템을 설명하기 위한 도면이다. $N=K/M$ 이라고 하자.
- [0101] 도 7을 참조하면, 제1 시간 슬롯(710)에서 K 개의 센서 노드들 중에서 채널 이득이 큰 M 개의 센서 노드들만 데이터를 수신 노드로 전송할 수 있다. 예를 들어, 6개의 센서 노드들 중에서, 2번째와 5번째의 센서 노드만이 데이터를 전송할 수 있다. 수신 노드는 2번째와 5번째의 센서 노드가 전송한 데이터를 이용하여 목적 함수를 계산할 수 있다.
- [0102] 제2 시간 슬롯(720)에서 $K-M$ 개의 센서 노드들 중에서 채널 이득이 큰 M 개의 센서 노드들만 데이터를 수신 노드로 전송할 수 있다. 예를 들어, 제2 시간 슬롯(720)에서, 4개의 센서 노드들 중에서, 1번째와 3번째 센서 노드만이 데이터를 전송할 수 있다. 수신 노드는 1번째와 3번째의 센서 노드가 전송한 데이터를 이용하여 목적 함수를 계산할 수 있다.
- [0103] 제3 시간 슬롯(730)에서 $K-2M$ 개의 센서 노드들 중에서 채널 이득이 큰 M 개의 센서 노드들만 데이터를 수신 노드로 전송할 수 있다. 수신 노드는 제3 시간 슬롯에서 전송된 데이터를 이용하여 목적 함수를 계산할 수 있다.
- [0104] 제 N 시간 슬롯까지 진행되며, 제 N 시간 슬롯에서 데이터를 전송하는 센서 노드들은 채널 이득이 작은 M 개의 센서 노드들일 수 있다.
- [0105] 매 시간 슬롯에서 데이터를 전송하는 센서 노드들은 다르다. 즉, 전 시간 슬롯에서 데이터를 전송한 센서 노드들은 현재 시간 슬롯에서 데이터를 전송하지 않는다. N 개의 시간 슬롯 동안 무선 네트워크 시스템에 있는 K 개의 센서 노드들이 데이터 전송에 참가할 수 있다. 이 경우, 시간 지연은 N 으로 감소할 수 있다. 또한, 수신 노드는 최종 목적 함수를 용이하게 계산할 수 있다. 예를 들어, 수신 노드는 매 시간 슬롯마다 계산한 목적 함수를 더해서 최종 목적 함수를 구할 수 있다.
- [0106] 도 8은 일 실시예에 따른 센서 노드의 동작 방법을 설명하기 위한 순서도이다. 센서 노드는 복수 개의 센서 노드들, 및 수신 노드와 함께 무선 네트워크 시스템에 포함된다.
- [0107] 도 8을 참조하면, 센서 노드는 무선 네트워크 시스템 내에서 발생한 이벤트를 감지할 수 있다(810).
- [0108] 센서 노드는 상기 센서 노드와 수신 사이에 설정된 채널의 제1 채널 이득, 및 복수 개의 센서 노드들 각각과 수신 노드 사이에 설정된 채널의 제2 채널 이득을 기초로 형성된 제1 전송 그룹에 상기 센서 노드가 참여할 수 있는지 여부를 확인할 수 있다(820). 센서 노드는 상기 확인하는 과정에 앞서서 수신 노드와 설정된 채널의 채널 이득을 계산할 수 있다. 또한, 무선 네트워크 시스템에 포함된 모든 센서 노드들은 자신과 수신 노드 사이에 설정된 채널의 채널 이득을 공유할 수 있다.
- [0109] 센서 노드가 제1 전송 그룹에 참여하지 못하는 경우, 다음 시간 슬롯까지 대기할 수 있다(830). 제1 시간 슬롯에서 센서 노드가 제1 전송 그룹에 참여하지 못한 경우, 센서 노드는 제2 시간 슬롯에서 제1 채널 이득, 및 제1 전송 그룹에 참여하지 못한 센서 노드들 각각과 수신 노드 사이에 설정된 채널의 제4 채널 이득을 비교한 결과

를 기초로 형성된 제2 전송 그룹에 자신이 참여할 수 있는지 여부를 확인할 수 있다.

- [0110] 센서 노드가 제1 전송 그룹에 참여하는 경우, 센서 노드는 자신의 전송 파워가 미리 정해진 기준을 만족하는지 확인할 수 있다(840). 전송 파워가 미리 정해진 기준에 만족하지 않는 경우, 센서 노드는 전송 파워가 미리 정해진 기준을 만족하도록 자신의 전송 파워를 설정할 수 있다. 예를 들어, 센서 노드는 제1 채널 이득, 및 제1 전송 그룹에 참여한 센서 노드와 수신 노드 사이에 설정된 채널의 제3 채널 이득을 이용하여 자신의 전송 파워가 미리 정해진 기준을 만족하도록 설정할 수 있다.
- [0111] 전송 파워가 미리 정해진 기준을 만족하면, 수신 노드는 이벤트에 따라 생성된 데이터를 수신 노드로 전송할 수 있다(860).
- [0112] 도 9는 일 실시예에 따른 수신 노드의 동작 방법을 설명하기 위한 순서도이다. K개의 센서 노드들과 적어도 하나의 수신 노드는 무선 네트워크 시스템에 포함된다.
- [0113] 도 9를 참조하면, 수신 노드는 K개의 센서 노드들 중에서 M개의 센서 노드들로부터 데이터를 수신할 수 있다(910). M개의 센서 노드들은 자신과 수신 노드 사이에 설정된 채널의 채널 이득을 기초로 선택될 수 있다. 예를 들어, K개의 센서 노드들은 자신과 수신 노드 사이에 설정된 채널의 채널 이득을 계산할 수 있다. K개의 센서 노드들은 채널 이득을 공유하여, 자신의 채널 이득이 상위 M개에 있는지 확인할 수 있다.
- [0114] 수신 노드는 수신한 데이터에 따라 정의된 제1 목적 함수를 계산할 수 있다(920).
- [0115] 수신 노드는 제1 목적 함수를 이용하여 무선 네트워크 시스템에서 발생한 이벤트를 분석할 수 있다(930).
- [0116] 일 실시예에 따르면, 수신 노드는 선택되지 않은 센서 노드들로부터 데이터를 제2 시간 슬롯에서 수신할 수 있다. 또한, 수신 노드는 제2 시간 슬롯에서 수신한 데이터에 따라 정의된 제2 목적 함수를 계산할 수 있다. 또한, 수신 노드는 제1 목적 함수, 및 제2 목적 함수를 이용하여 최종 목적 함수를 계산할 수 있고, 최종 목적 함수를 이용하여 무선 네트워크 시스템에서 발생한 이벤트를 분석할 수 있다. 상기 최종 목적 함수에 대한 컴퓨팅 전송율은 M개의 센서 노드들 각각과 수신 노드 사이에 설정된 채널의 채널 이득, 및 M개의 센서 노드들의 전송 파워에 따라 결정될 수 있다.
- [0117] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.
- [0118] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embodiment)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.
- [0119] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등

을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0120]

이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

[0121]

그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

[0122]

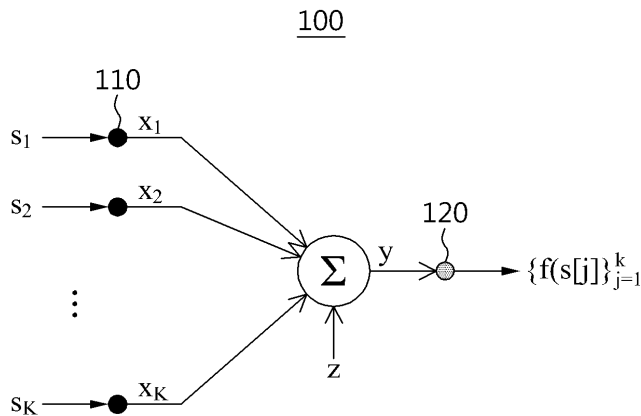
100: 무선 네트워크 시스템

110: 센서 노드

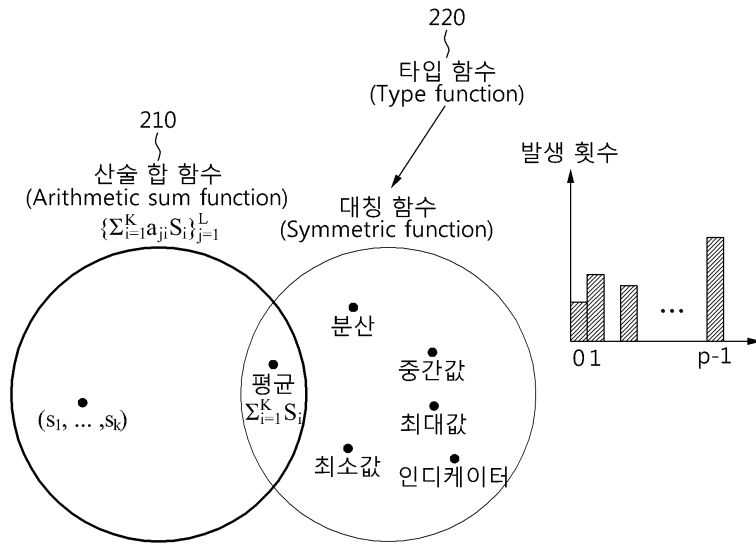
120: 수신 노드

도면

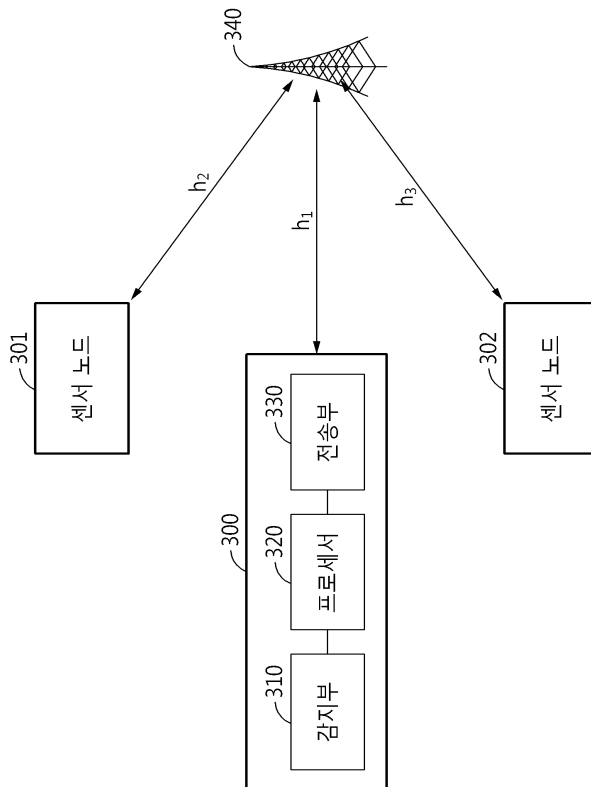
도면1



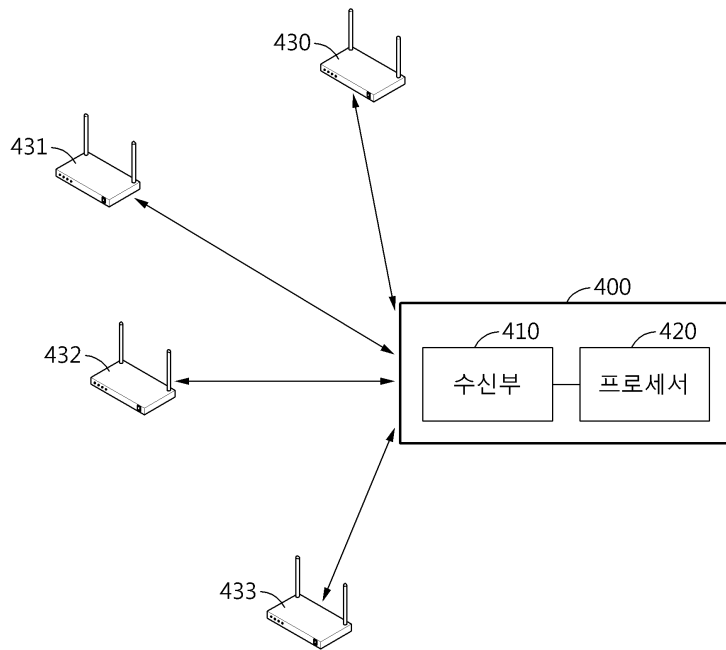
도면2



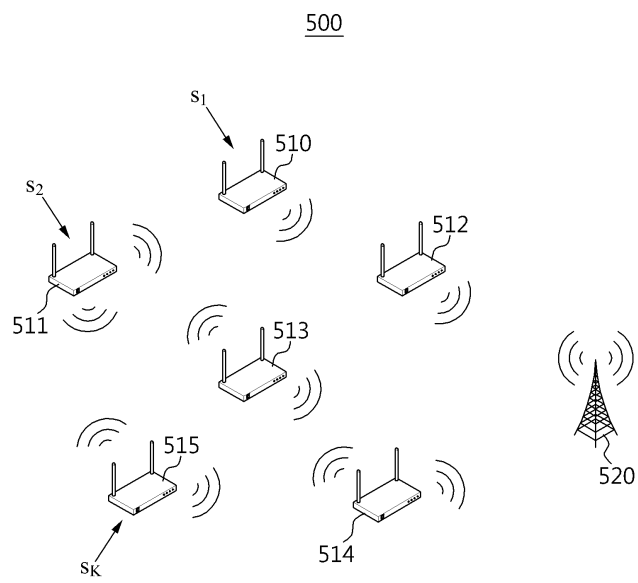
도면3



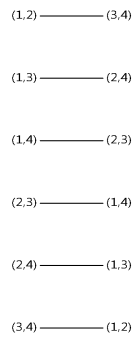
도면4



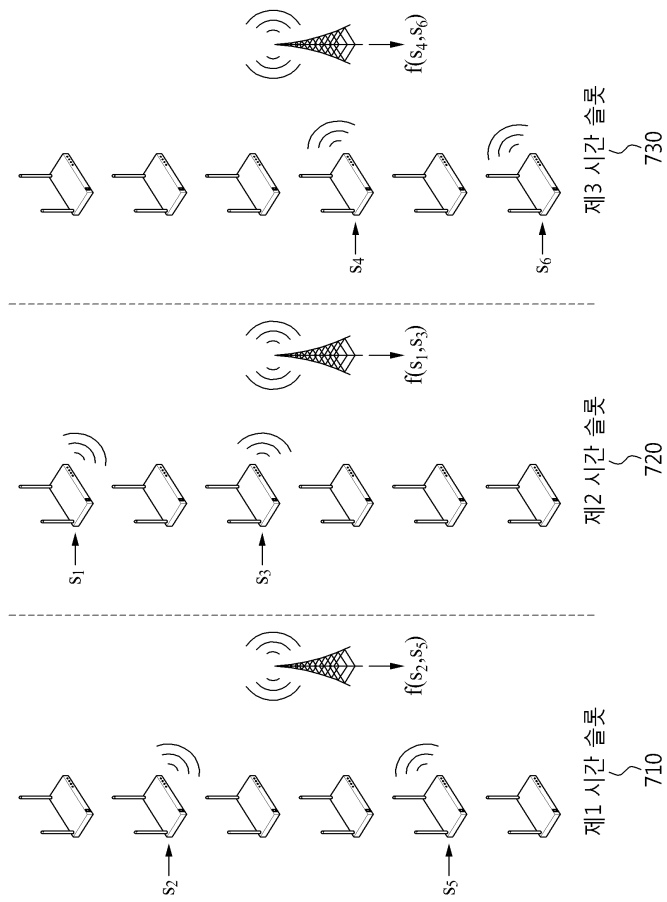
도면5



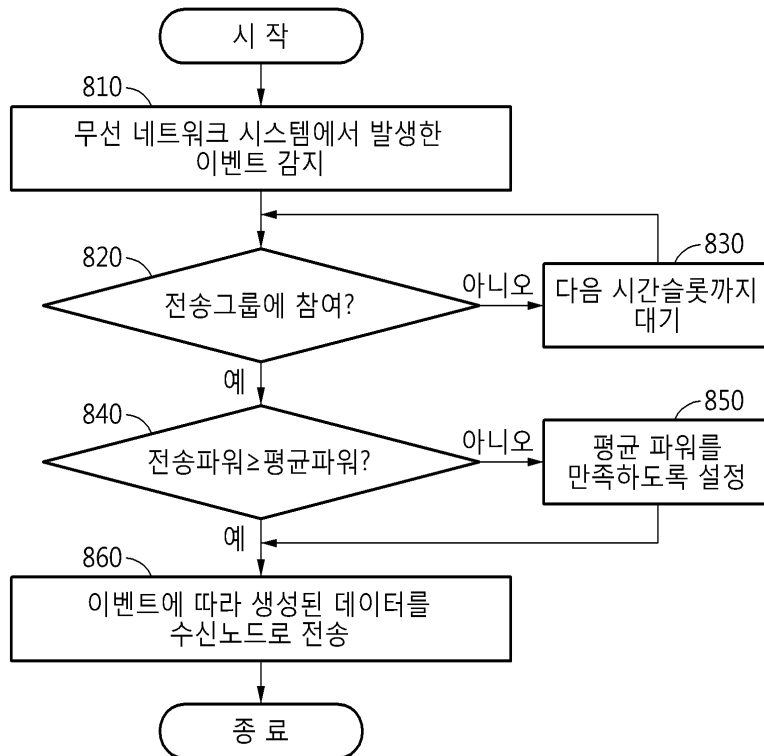
도면6



도면7



도면8



도면9

