



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0020916

(43) 공개일자 2016년02월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04W 72/10 (2009.01) H04W 24/00 (2009.01)

H04W 84/18 (2009.01)

(21) 출원번호 10-2014-0106267

(22) 출원일자 2014년08월14일

심사청구일자 2014년08월14일

(71) 출원인

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)

(72) 발명자

조진성

경기도 수원시 영통구 봉영로 1620, 101동 1801호 (영통동, 대우월드마크)

김범석

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동)

(74) 대리인

특허법인 신지

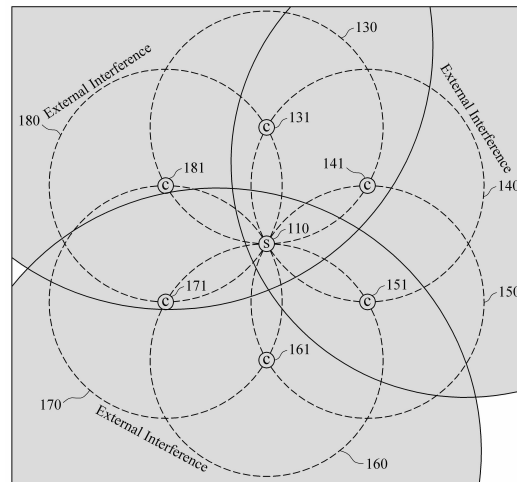
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 무선 센서 네트워크의 채널 할당 시스템 및 채널 할당 방법

(57) 요약

본 발명에 따른 무선 센서 네트워크의 채널 할당 시스템은 클러스터 내의 가용 채널 정보 및 트래픽 정보를 포함하는 채널 상태 정보를 수집하는 하나 이상의 클러스터 헤드 및 하나 이상의 클러스터 헤드로부터 수신된 채널 상태 정보를 저장하고, 누적된 채널 상태 정보에 기초하여 정제 확률을 산출하며, 산출된 정제 확률에 기초하여 하나 이상의 클러스터 헤드에 채널을 할당하는 싱크 노드를 포함한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415123336

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신산업진흥원

연구사업명 대학 IT연구

연구과제명 동서신의학 u-라이프케어 기술 연구

기 여 율 1/2

주관기관 경희대학교 산학협력단

연구기간 2014.01.01 ~ 2014.12.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NRF-2013R1A1A2059741

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 기초연구사업-일반연구자지원사업-기본연구

연구과제명 무선 자원 혼잡 문제 해결을 위한 인지 무선 센서 네트워크 기계학습 핵심 알고리즘 연구

기 여 율 1/2

주관기관 경희대학교 산학협력단

연구기간 2013.11.01 ~ 2016.10.31

명세서

청구범위

청구항 1

클러스터 내의 가용 채널 정보 및 트래픽 정보를 포함하는 채널 상태 정보를 수집하는 하나 이상의 클러스터 헤드; 및

상기 하나 이상의 클러스터 헤드로부터 수신된 채널 상태 정보를 저장하고, 누적된 채널 상태 정보에 기초하여 정제 확률을 산출하며, 상기 산출된 정제 확률에 기초하여 상기 하나 이상의 클러스터 헤드에 채널을 할당하는 싱크 노드;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크의 채널 할당 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 싱크 노드는 상기 산출된 정제 확률 및 상기 트래픽 정보에 기초하여 상기 하나 이상의 클러스터 헤드에 채널을 할당하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크의 채널 할당 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 싱크 노드는 상기 산출된 정제 확률에 기초하여 채널 우선순위를 결정하고, 상기 트래픽 정보에 기초하여 클러스터 우선순위를 결정한 후, 상기 채널 우선순위 및 상기 클러스터 우선순위를 대응시켜 상기 하나 이상의 클러스터 헤드에 채널을 할당하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크의 채널 할당 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 싱크 노드는 2-상태 마르코프 모델(2-state Markov Model)을 활용하여 혼잡 상태 및 대기 상태 사이의 전이 확률을 산출하고, 상기 산출된 전이 확률로부터 대기 상태의 정제 확률을 산출하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크의 채널 할당 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 혼잡 상태 및 대기 상태 사이의 전이 확률은

$$p = Pr[X_{n+1} = B | X_n = I] = \frac{c}{c+a}$$

$$q = Pr[X_{n+1} = I | X_n = B] = \frac{b}{b+d}$$

에 의해 산출되며,

상기 p는 혼잡 상태에서 대기 상태로 전이되는 확률을 나타내고, q는 혼잡 상태에서 대기 상태로 전이되는 확률을 나타내며, 상기 a는 대기 상태에서 대기 상태로 전환되는 횟수, b는 혼잡 상태에서 대기 상태로 전환되는 횟수, c는 대기 상태에서 혼잡 상태로 전환되는 횟수, d는 혼잡 상태에서 혼잡 상태로 전환되는 횟수를 나타내는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크의 채널 할당 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 대기 상태의 정채 확률은

$$Pr[X_n = I] = \frac{q}{p + q}$$

에 의해 산출되며,

상기 I는 대기 상태를 나타내는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크의 채널 할당 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 클러스터 헤드는 상기 싱크 노드에 의해 할당된 채널을 이용하여 상기 클러스터 내의 통신을 연결하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크의 채널 할당 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 싱크 노드는 상기 정채 확률을 산출하여 현재의 채널 상태뿐만 아니라, 미래의 채널 상태를 예측하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크의 채널 할당 시스템.

청구항 9

하나 이상의 클러스터 헤드에서 가용 채널 정보 및 트래픽 정보를 수집하는 단계;

싱크 노드에서 누적된 가용 채널 정보에 기초하여 정채 확률을 산출하여 채널 우선순위를 결정하는 단계;

싱크 노드에서 누적된 트래픽 정보에 기초하여 클러스터 우선순위를 결정하는 단계; 및

상기 채널 우선순위 및 상기 클러스터 우선순위를 대응시켜 상기 하나 이상의 클러스터 헤드에 채널을 할당하는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크의 채널 할당 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 정채 확률을 산출하여 채널 우선순위를 결정하는 단계는,

2-상태 마르코프 모델(2-state Markov Model)을 활용하여 혼잡 상태 및 대기 상태 사이의 전이 확률을 산출하고, 상기 산출된 전이 확률로부터 대기 상태의 정채 확률을 산출하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크의 채널 할당 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 혼잡 상태 및 대기 상태 사이의 전이 확률은

$$p = Pr[X_{n+1} = B | X_n = I] = \frac{c}{c + a}$$

$$q = Pr[X_{n+1} = I | X_n = B] = \frac{b}{b + d}$$

에 의해 산출되며,

상기 p는 혼잡 상태에서 대기 상태로 전이되는 확률을 나타내고, q는 혼잡 상태에서 대기 상태로 전이되는 확률

을 나타내며, 상기 a는 대기 상태에서 대기 상태로 전환되는 횟수, b는 혼잡 상태에서 대기 상태로 전환되는 횟수, c는 대기 상태에서 혼잡 상태로 전환되는 횟수, d는 혼잡 상태에서 혼잡 상태로 전환되는 횟수를 나타내는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크의 채널 할당 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 대기 상태의 정체 확률은

$$Pr[X_n = I] = \frac{q}{p + q}$$

에 의해 산출되며,

상기 I는 대기 상태를 나타내는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크의 채널 할당 방법.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 하나 이상의 클러스터 헤드에서 상기 할당된 채널을 이용하여 상기 클러스터 내의 통신을 연결하는 단계;

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크의 채널 할당 방법.

청구항 14

제9항에 있어서,

상기 산출된 정체 확률은 현재의 채널 상태뿐만 아니라, 미래의 채널 상태를 예측하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크의 채널 할당 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 무선 센서 네트워크에 관한 기술로서, 보다 상세하게는 센서 네트워크의 채널 할당 방법에 관한 기술이다.

배경 기술

[0002]

무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network, WSN)는 군사, 환경 모니터링, 헬스케어, 산업, 스마트 빌딩과 같은 다양한 응용에 적용되고 있다. 무선 센서 네트워크는 센싱 정보를 각 센서 노드로부터 미리 정해진 싱크 노드(Sink Node)로 전달한다. IEEE 802.15.4 표준에 따른 노드로 구성된 무선 센서 네트워크 환경은 넓은 범위에 높은 노드 밀집도로 배치되는 특징을 가지고 있으며, 단일 채널에서의 제한된 대역 사용으로 인해 빈번한 충돌을 유발하여 성능 저하가 발생한다. 특히, 동일한 주파수 대역을 사용하는 IEEE 802.11에 따른 무선 근거리 통신망(Local Area Network)과의 공존 상황에서는 이와 같은 성능 저하가 더욱 큰 문제가 된다.

[0003]

이와 같이, 성능 저하에 따른 문제점을 극복하기 위해 무선 센서 네트워크에서 다중 채널 프로토콜을 사용하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 무선 센서 네트워크의 다중 채널 프로토콜에서 채널을 할당하는 방법은 크게 세 가지로 분류할 수 있다. 첫 번째 방법은 채널-노드 할당 기법으로, n개의 가용 채널이 있음을 가정하고, 각각의 송-수신 노드는 안정적인 공용 채널을 통해 어떤 채널을 사용할 지 협상하는 기법이다. 하지만, 채널-노드 할당 기법은 높은 노드 밀집도에 기반한 무선 센서 네트워크 환경에는 적합하지 않으며, 경쟁 기반의 공용 채널 점유에서 발생하는 컨트롤 오버헤드가 존재한다. 두 번째 방법은 채널-경로 할당 기법으로, 가용 채널과 같은 수의 안테나를 가진 싱크 노드가 안정적인 채널을 탐색하여, 각 루트에 채널을 할당해주는 기법이다. 하지만, 채널-경로 할당 기법은 네트워크 전반에 간섭이 존재하지 않는 상황을 가정하고 있으며, 싱크 노드가 사용하는 채널의 수만큼 안테나를 보유한다는 점에서 현실성이 없는 문제점을 가진다. 마지막으로 채널-클러스터 할당 기법으로, 공간적 채널 재사용을 고려한 채널 할당 기법이다. 하지만, 채널-클러스터 할당 기법은 모든 채널을 탐색하는 것을 가정하고 있으며, 기존의 연구들과 마찬가지로 이기종 네트워크로부터의 간섭이 없음을 가정한다.

[0004] 대한민국 공개특허 제10-2012-0027663호는 지그비 노드 간 통신에서 독립된 복수의 데이터 스트림을 전송하는 지그비 통신 시스템의 채널 관리 방법에 대해 개시되어 있다. 하지만, 대한민국 공개특허 제10-2012-0027663호는 연속으로 변경되는 횟수에 따라 가용 채널 리스트에 채널을 추가 할당하는 내용만을 포함하고 있을 뿐, 채널 상태와 트래픽 부하를 함께 고려하고 있지 않다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제10-2012-0027663호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 넓은 범위에 밀집되어 분포되어 있는 센서 노드간의 통신을 기반으로 한 다양한 어플리케이션을 위한 무선 센서 네트워크의 다중 채널 맥 프로토콜에서 채널 상태와 트래픽 부하를 기반으로 채널을 할당하는 무선 센서 네트워크의 채널 할당 시스템 및 채널 할당 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명에 따른 무선 센서 네트워크의 채널 할당 시스템은 클러스터 내의 가용 채널 정보 및 트래픽 정보를 포함하는 채널 상태 정보를 수집하는 하나 이상의 클러스터 헤드 및 하나 이상의 클러스터 헤드로부터 수신된 채널 상태 정보를 저장하고, 누적된 채널 상태 정보에 기초하여 정제 확률을 산출하며, 산출된 정제 확률에 기초하여 하나 이상의 클러스터 헤드에 채널을 할당하는 싱크 노드를 포함한다.

[0008] 싱크 노드는 2-상태 마르코프 모델(2-state Markov Model)을 활용하여 혼잡 상태 및 대기 상태 사이의 전이 확률을 산출하고, 상기 산출된 전이 확률로부터 대기 상태의 정제 확률을 산출한다. 싱크 노드는 산출된 정제 확률에 기초하여 채널 우선순위를 결정하고, 트래픽 정보에 기초하여 클러스터 우선순위를 결정한 후, 채널 우선순위 및 클러스터 우선순위를 대응시켜 하나 이상의 클러스터 헤드에 채널을 할당한다. 그리고, 하나 이상의 클러스터 헤드는 싱크 노드에 의해 할당된 채널을 이용하여 클러스터 내의 통신을 연결한다. 이 과정에서, 싱크 노드는 정제 확률을 산출하여 현재의 채널 상태뿐만 아니라, 미래의 채널 상태를 예측할 수 있다.

[0009] 본 발명에 따른 무선 센서 네트워크의 채널 할당 방법은 먼저, 하나 이상의 클러스터 헤드에서 가용 채널 정보 및 트래픽 정보를 수집한다. 그리고, 싱크 노드에서 누적된 가용 채널 정보에 기초하여 정제 확률을 산출하여 채널 우선순위를 결정하고, 싱크 노드에서 누적된 트래픽 정보에 기초하여 클러스터 우선순위를 결정한다. 다음으로, 채널 우선순위 및 클러스터 우선순위를 대응시켜 하나 이상의 클러스터 헤드에 채널을 할당한다. 정제 확률을 산출하여 채널 우선순위를 결정하는 단계는 2-상태 마르코프 모델(2-state Markov Model)을 활용하여 혼잡 상태 및 대기 상태 사이의 전이 확률을 산출하고, 산출된 전이 확률로부터 대기 상태의 정제 확률을 산출한다.

발명의 효과

[0010] 본 발명에 따른 무선 센서 네트워크의 채널 할당 시스템 및 채널 할당 방법은 현재의 채널 상태뿐만 아니라, 미래의 채널 상태를 예측하여 채널을 할당하며, 트래픽 부하를 함께 고려하기 때문에, 가용 채널들의 로드밸런스를 효과적으로 수행할 수 있으며, 높은 채널 활용도를 가질 수 있다. 또한, 예측된 채널 상태를 통해 높은 전송률과 낮은 전송 지연을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 본 발명에 따른 무선 센서 네트워크의 채널 할당 시스템의 일 실시예를 나타내는 구성도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 센서 네트워크의 채널 할당 시스템의 클러스터를 나타내는 구성도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 센서 네트워크의 채널 할당 시스템의 정제 확률 산출을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 센서 네트워크의 채널 할당 시스템의 데이터 처리 과정을 나타내는 흐름도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 센서 네트워크의 채널 할당 방법을 나타내는 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0012] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면들을 참조하여 상세하게 설명한다. 본 명세서에서 사용되는 용어 및 단어들은 실시예에서의 기능을 고려하여 선택된 용어들로서, 그 용어의 의미는 발명의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 따라서 후술하는 실시예에서 사용된 용어는, 본 명세서에 구체적으로 정의된 경우에는 그 정의에 따르며, 구체적인 정의가 없는 경우는 당업자들이 일반적으로 인식하는 의미로 해석되어야 할 것이다.
- [0013] 도 1은 본 발명에 따른 무선 센서 네트워크의 채널 할당 시스템의 일 실시예를 나타내는 구성도이다.
- [0014] 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 무선 센서 네트워크의 채널 할당 시스템은 하나의 싱크 노드(110) 및 하나 이상의 클러스터 헤드(130, 140, 150, 160, 170, 180)를 포함할 수 있다. 그리고, 하나 이상의 클러스터 헤드(130, 140, 150, 160, 170, 180)는 싱크 노드(110)와 직접 연결되어 있다. 그리고, 각각의 노드들은 랜덤하게 분산되어 있으며, 클러스터 헤드를 통해 하나의 클러스터를 형성한다. 도 1의 실시예에서는 설명의 편의를 위해 클러스터 헤드를 제1 클러스터 헤드(130) 내지 제6 클러스터(180)를 포함하는 여섯 개의 클러스터 헤드로 가정하고, 제1 클러스터 헤드(130) 내지 제6 클러스터(180) 각각에 대응하여 제1 클러스터(131) 내지 제6 클러스터(181)가 형성된 것으로 가정한다.
- [0015] 제1 클러스터 헤드(130)는 가용 채널 정보 및 트래픽 정보를 수집한다. IEEE 802.15.4 표준 기반의 무선 센서 네트워크는 외부 간섭(External Interference)에 취약할 수 있다. 특히, IEEE 802.11 표준 기반의 근거리 무선 통신망의 경우 무선 센서 네트워크와 동일한 주파수 대역을 사용하기 때문에, 이와 같은 근거리 무선 통신망에 의한 외부 간섭은 무선 센서 네트워크의 성능을 크게 저하시킬 수 있다. 따라서, 제1 클러스터 헤드(130)는 채널 상태를 점검하여 외부 간섭 여부에 따른 가용 채널 정보를 수집한다. 그리고, 제1 클러스터 헤드(130)는 패킷 전달에 따른 트래픽 부하 상태를 점검하여 트래픽 정보를 수집한다. 제1 클러스터 헤드(130)는 수집된 가용 채널 정보 및 트래픽 정보를 포함하는 채널 상태 정보를 싱크 노드(110)로 전달한다. 이와 같은 과정을 통해 제1 클러스터 헤드(130)는 자신이 속해있는 제1 클러스터(131)의 가용 채널 정보 및 트래픽 정보를 포함하는 채널 상태 정보를 싱크 노드(110)로 전달할 수 있다. 제1 클러스터 헤드(130)가 채널 상태 정보를 수집하여 싱크 노드(110)로 전달하는 과정은 지속적으로 수행되거나 소정의 시간 간격으로 수행될 수 있다. 제2 클러스터 헤드(140) 내지 제6 클러스터 헤드(180)는 제1 클러스터 헤드(130)와 동일한 과정을 통해 자신이 속한 클러스터의 채널 상태 정보를 수집하여 싱크 노드(110)로 전달한다.
- [0016] 제1 클러스터 헤드(130) 내지 제6 클러스터 헤드(180)로부터 가용 채널 정보 및 트래픽 정보를 포함하는 채널 상태 정보를 수신한 싱크 노드(110)는 수신된 채널 상태 정보를 저장한다. 그리고, 싱크 노드(110)는 누적된 가용 채널 정보 및 2-상태 마르코프 모델을 이용하여 채널 별 및 클러스터 별 정제 확률을 산출한다. 누적된 가용 채널 정보 및 2-상태 마르코프 모델을 이용하여 채널 별 및 클러스터 별 정제 확률을 산출하는 구체적인 과정은 후술하는 도 3에서 추가적으로 설명하도록 한다.
- [0017] 누적된 가용 채널 정보 및 2-상태 마르코프 모델을 이용하여 각 채널의 상태가 대기(Idle) 상태에서 혼잡(Busy) 상태로 또는 혼잡 상태에서 대기 상태로 전이하는 확률을 산출할 수 있다. 산출된 전이 확률에서 채널 별 및 클러스터 별로 산출된 전이 확률에서 채널의 상태가 대기(Idle) 상태에 머무르는 확률을 정제 확률로 정의한다. 산출된 정제 확률을 통해 싱크 노드(110)는 현재의 채널 별 클러스터 별 채널 상태뿐만 아니라, 미래의 채널 상태를 예측할 수 있다. 싱크 노드(110)는 정제 확률이 높을 경우 채널의 상태가 대기 상태에 머무는 확률이 크며, 반대로 정제 확률이 낮을 경우 채널의 상태가 대기 상태에 머무는 확률이 작은 것으로 예측할 수 있다. 이와 같이, 싱크 노드(110)는 정제 확률에 기초하여 가용 채널의 우선 순위를 설정할 수 있다.
- [0018] 그리고, 싱크 노드(110)는 수신된 트래픽 정보의 누적된 트래픽 부하(Traffic Load)를 기반으로 클러스터 우선 순위를 정의할 수 있다. 싱크 노드(110)는 제1 클러스터(131) 내지 제6 클러스터(181) 중에서 상대적으로 트래픽 부하가 높은 채널을 높은 우선 순위를 가지도록 하여 클러스터 우선 순위를 설정한다.
- [0019] 가용 채널의 우선 순위 및 클러스터 우선 순위가 설정되면, 싱크 노드(110)는 산출된 정제 확률 및 트래픽 정보에 따른 가용 채널의 우선 순위 및 클러스터 우선 순위를 대응시켜 제1 클러스터 헤드(130) 내지 제6 클러스터

헤드(180)에 채널을 할당한다. 싱크 노드(110)는 트래픽 부하가 높은 채널에 정채 확률이 높은 채널을 할당하고, 반대로 트래픽 부하가 낮은 채널에 정채 확률이 낮은 채널을 할당할 수 있다. 또한, 가용 채널이 부족하여 채널을 할당받지 못한 클러스터가 존재하면, 싱크 노드(110)는 누적된 트래픽 부하가 가장 낮은 채널을 현재 가장 높은 우선 순위를 가지는 클러스터에 할당할 수 있다.

[0020] 또는, 싱크 노드(110)는 산출된 정채 확률만을 이용하여 클러스터 헤드에 채널을 할당할 수 있다. 싱크 노드(110)는 산출된 정채 확률을 이용하여 가용 채널의 우선 순위를 확인하고, 산출된 정채 확률이 가장 높은 채널을 클러스터 헤드에 할당한다.

[0021] 싱크 노드(110)에 의해 제1 클러스터 헤드(130) 내지 제6 클러스터 헤드(180)에 채널이 할당되면, 해당 클러스터 헤드가 속한 클러스터는 할당된 채널을 이용하여 클러스터 내 통신을 수행한다.

[0022] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 센서 네트워크의 채널 할당 시스템의 클러스터를 나타내는 구성도이다.

[0023] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 센서 네트워크의 채널 할당 시스템은 하나 이상의 클러스터 및 하나의 싱크 노드로 구성될 수 있다. 도 2는 무선 센서 네트워크의 채널 할당 시스템의 클러스터 구조를 설명하기 위해 하나의 클러스터(210)와 싱크 노드(220)를 가정한 구성도이다.

[0024] 클러스터(210)는 하나의 클러스터 헤드(211) 및 다수의 노드(212)로 구성될 수 있다. 각각의 노드(212)는 무작위로 분산되어 있으며, 클러스터 헤드(211)와 직접 연결되어 수집된 정보를 클러스터 헤드(211)로 전달할 수 있다. 클러스터 헤드(211)와 노드(212) 사이의 통신은 IEEE 802.15.4 기반의 11번 내지 26번 채널을 이용한다. 그리고, 클러스터 헤드(211)는 IEEE 802.15.4의 27번 채널을 통해 싱크 노드(220)와 통신한다. 일반적으로 외부 간섭은 동일한 주파수 대역을 사용하는 IEEE 802.11 기반의 근거리 무선 통신망에 의해 발생할 수 있으며, IEEE 802.15.4의 27번 채널은 IEEE 802.11 기반의 근거리 무선 통신망에 영향을 받지 않는 공용 채널일 수 있다.

[0025] 클러스터 헤드(211)는 채널 상태를 점검하여 가용 채널 정보를 수집한다. 클러스터 헤드(211)는 하나 이상의 채널의 상태를 점검하여 현재 해당 채널의 상태가 대기(Idle) 상태인지 혼잡(Busy) 상태인지를 파악할 수 있다. 클러스터 헤드(211)가 채널의 상태를 파악하는 방법은 각 채널의 에너지 값을 측정하고, 측정된 에너지 값을 임계값과 비교하는 방법을 사용할 수 있다. 클러스터 헤드(211)가 각 채널의 상태를 파악하는 방법은 하나의 방법으로 한정되는 것은 아니며, 에너지 측정이나 패킷 전달을 이용하는 방법 등 가용한 다양한 방법이 적용될 수 있다. 그리고, 클러스터 헤드(211)는 클러스터 내의 트래픽 부하에 대한 정보를 포함하는 트래픽 정보를 수집한다.

[0026] 클러스터 헤드(211)는 수집된 가용 채널 정보 및 트래픽 정보를 포함하는 채널 상태 정보를 싱크 노드(220)로 전달한다. 클러스터 헤드(211)로부터 채널 상태 정보를 수신한 싱크 노드(220)는 수신된 가용 채널 정보 및 트래픽 정보를 저장한다.

[0027] 그리고, 클러스터 헤드(211)는 누적된 가용 채널 정보에 2-상태 마르코프 모델을 적용하여 개별 채널의 전이 확률을 산출한다. 각 채널의 상태는 대기 상태에서 혼잡 상태로 또는 혼잡 상태에서 대기 상태로 전이한다. 이와 같이, 클러스터 헤드(211)는 채널의 상태가 변화하는 전이 확률을 산출하고, 전이 확률 중에서 채널의 상태가 대기 상태에 머무르는 확률을 정채 확률로 정의한다. 산출된 정채 확률을 통해 싱크 노드(220)는 현재의 채널별 클러스터 별 채널 상태뿐만 아니라, 미래의 채널 상태를 예측할 수 있다. 싱크 노드(220)는 정채 확률이 높을 경우 채널의 상태가 대기 상태에 머무는 확률이 크며, 반대로 정채 확률이 낮을 경우 채널의 상태가 대기 상태에 머무는 확률이 작은 것으로 예측할 수 있다. 이와 같이, 싱크 노드(220)는 정채 확률에 기초하여 가용 채널의 우선 순위를 설정할 수 있다.

[0028] 그리고, 싱크 노드(220)는 수신된 트래픽 정보의 누적된 트래픽 부하를 기반으로 클러스터 우선 순위를 정의한다. 싱크 노드(220)는 수신된 트래픽 부하를 누적하여 트래픽 부하가 높은 클러스터에 높은 우선 순위를 설정하여 다수의 클러스터에 대해 클러스터 우선 순위를 정의한다.

[0029] 가용 채널의 우선 순위 및 클러스터 우선 순위가 설정되면, 싱크 노드(220)는 산출된 정채 확률에 따른 가용 채널의 우선 순위 및 트래픽 정보에 따른 클러스터 우선 순위를 대응시켜 클러스터에 채널을 할당한다. 싱크 노드(220)는 트래픽 부하가 높은 채널에 정채 확률이 높은 채널을 할당하고, 반대로 트래픽 부하가 낮은 채널에 정채 확률이 낮은 채널을 할당할 수 있다. 싱크 노드(220)에 의해 클러스터 헤드(211)에 채널이 할당되면, 클러스터(210)는 할당된 채널을 통해 내부 통신을 수행한다.

[0030] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 센서 네트워크의 채널 할당 시스템의 정제 확률 산출을 설명하기 위한 도면이다.

[0031] 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 센서 네트워크의 채널 할당 시스템의 싱크 노드는 하나 이상의 클러스터 헤드로부터 수신된 채널 상태 정보에 기초하여 정제 확률을 산출한다. 하나 이상의 클러스터 헤드로부터 수신된 채널 상태 정보는 현재의 각각의 채널 상태에 대한 정보를 포함하고 있으며, 현재의 채널 상태에 대한 정보뿐만 아니라 이전의 누적된 채널 상태에 대한 정보를 포함할 수 있다. 또는, 싱크 노드에서 수신된 채널 상태 정보의 현재 채널 상태에 대한 정보를 누적하여 저장할 수 있다. 싱크 노드는 누적된 채널 상태 정보에 2-상태 마르코프 모델(300)을 적용하여 정제 확률을 산출한다.

수학식 1

$$p = Pr[X_{n+1} = B | X_n = I] = \frac{c}{c+a}$$

$$q = Pr[X_{n+1} = I | X_n = B] = \frac{b}{b+d}$$

[0032]

[0033] 싱크 노드는 수학식 1을 통해 전이 확률을 산출할 수 있다. 수학식 1에서, p는 혼잡 상태(B, 302)에서 대기 상태(I, 301)로 전이되는 확률을 나타내고, q는 혼잡 상태에서 대기 상태로 전이되는 확률을 나타낸다. a는 대기 상태에서 대기 상태로 전환되는 횟수, b는 혼잡 상태에서 대기 상태로 전환되는 횟수, c는 대기 상태에서 혼잡 상태로 전환되는 횟수, d는 혼잡 상태에서 혼잡 상태로 전환되는 횟수를 나타낸다.

수학식 2

$$Pr[X_n = B] = \frac{p}{p+q}$$

$$Pr[X_n = I] = \frac{q}{p+q}$$

[0034]

[0035] 싱크 노드는 수학식 1 및 수학식 2를 통해 정제 확률을 산출할 수 있다. 수학식 2에서, $Pr[X_n = B]$ 는 혼잡 상태의 정제 확률을 나타내고, $Pr[X_n = I]$ 는 대기 상태의 정제 확률을 나타낸다. 싱크 노드는 수학식 2를 통해 대기 상태의 정제 확률을 산출하고, 산출된 대기 상태의 정제 확률에 기초하여 클러스터 헤드에 채널을 할당할 수 있다.

[0036] 예를 들어, 제1 클러스터 헤드의 11번 채널의 누적 트래픽의 큐 크기가 10이라 하고, 누적 채널 상태 정보가 0011110101(혼잡 상태 0, 대기 상태를 1)이라 가정할 때 이라고 가정한다. 이 경우, a=3, b=3, c=2 및 d=1로 산출되고, p=2/5, q=3/4로 산출된다. 그리고, 대기 상태의 정제 확률은 15/23으로 약 65%로 산출될 수 있다. 이와 같이 산출된 정제 확률은 싱크 노드가 클러스터 헤드에 채널을 할당할 때 채널 우선 순위가 되는 기준이 된다.

[0037] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 센서 네트워크의 채널 할당 시스템의 데이터 처리 과정을 나타내는 흐름도이다.

[0038] 도 4를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 센서 네트워크의 채널 할당 시스템의 데이터 처리 과정은

먼저, 하나 이상의 클러스터 헤드(20)에서 가용 채널 정보를 수집한다(401). 각각의 클러스터를 구성하는 클러스터 헤드(20)는 채널 전체에 대한 상태를 점검하여 현재 해당 채널의 상태가 대기(Idle) 상태인지 혼잡(Busy) 상태인지를 파악한다. 클러스터 헤드(20)가 채널의 상태를 파악하는 구체적인 방법은 특별히 한정하지 않으며, 에너지 측정이나 패킷 수신량을 이용하는 방법 등 가용한 다양한 방법이 적용될 수 있다. 그리고, 하나 이상의 클러스터 헤드(20)는 클러스터 내의 노드 사이의 트래픽 부하를 확인하여 트래픽 정보를 수집한다(402). 가용 채널 정보 및 트래픽 정보가 수집되면, 하나 이상의 클러스터 헤드(20)는 수집된 가용 채널 정보 및 트래픽 정보가 포함된 채널 상태 정보를 싱크 노드(10)로 전달한다(403). 클러스터 내부에서 클러스터 헤드(20) 및 노드 사이의 통신은 일반적으로 IEEE 802.15.4 기반의 11번 내지 26번 채널을 이용할 수 있으며, 클러스터 헤드(20)와 싱크 노드(10) 사이의 통신은 IEEE 802.15.4의 27번 채널을 이용할 수 있다. 일반적으로 외부 간섭은 동일한 주파수 대역을 사용하는 IEEE 802.11 기반의 근거리 무선 통신망에 의해 발생할 수 있으며, IEEE 802.15.4의 27번 채널은 IEEE 802.11 기반의 근거리 무선 통신망에 영향을 받지 않는 공용 채널일 수 있다.

[0039]

하나 이상의 클러스터 헤드(20)로부터 채널 상태 정보가 수신되면, 싱크 노드(10)는 수신된 채널 상태 정보를 저장한다(404). 그리고, 싱크 노드(10)는 저장된 가용 채널 정보의 누적 데이터에 2-상태 마르코프 모델을 적용하여 개별 채널의 정제 확률을 산출한다(405). 싱크 노드(10)에서 개별 채널의 정제 확률을 산출하기 위해 대기 상태 및 혼잡 상태로 지속적으로 채널의 상태가 변화할 때의 전이 확률을 산출하고, 전이 확률 중에서 채널의 상태가 대기 상태에 머무르는 확률을 정제 확률로 정의한다. 정제 확률이 산출되면, 싱크 노드(10)는 산출된 정제 확률에 따라 채널 우선순위를 결정한다(406). 싱크 노드(10)는 산출된 정제 확률을 통해 현재의 채널 상태뿐만 아니라, 미래의 채널 상태를 예측할 수 있다. 따라서, 싱크 노드(10)는 정제 확률이 높을 경우 채널의 상태가 대기 상태에 머무는 확률이 크며, 반대로 정제 확률이 낮을 경우 채널의 상태가 대기 상태에 머무는 확률이 작은 것으로 예측할 수 있다. 이와 같이, 싱크 노드(10)는 정제 확률에 기초하여 가용 채널의 우선 순위를 결정한다.

[0040]

다음으로, 싱크 노드(10)는 트래픽 정보에 기초하여 클러스터 우선 순위를 결정한다(407). 클러스터 헤드(20)로부터 수신된 트래픽 정보는 각 클러스터의 트래픽 부하에 대한 정보를 포함한다. 싱크 노드(10)는 각각의 클러스터의 트래픽 하에 따라 트래픽 부하가 큰 클러스터에 우선 순위를 부여하여 클러스터 우선 순위를 결정한다.

[0041]

가용 채널의 우선 순위 및 클러스터 우선 순위가 설정되면, 싱크 노드(10)는 산출된 정제 확률에 따른 가용 채널의 우선 순위 및 트래픽 정보에 따른 클러스터 우선 순위를 대응시켜 클러스터에 채널을 할당한다(408). 싱크 노드(10)는 트래픽 부하가 높은 채널에 정제 확률이 높은 채널을 할당하고, 반대로 트래픽 부하가 낮은 채널에 정제 확률이 낮은 채널을 할당할 수 있다. 만약, 가용 채널이 부족하여 채널을 할당받지 못한 클러스터가 존재하면, 싱크 노드(10)는 누적된 트래픽 부하가 가장 낮은 채널을 현재 가장 높은 우선 순위를 가지는 클러스터에 할당할 수 있다. 싱크 노드(10)는 할당된 채널을 해당하는 클러스터 헤드(20)에 전달한다(409). 싱크 노드(10)에 의해 하나 이상의 클러스터 헤드(20)에 채널이 할당되면, 클러스터 헤드(20)는 싱크 노드(10)에 의해 할당된 채널을 통해 내부 통신을 수행한다(410).

[0042]

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 센서 네트워크의 채널 할당 방법을 나타내는 흐름도이다.

[0043]

도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 센서 네트워크의 채널 할당 방법은 먼저, 클러스터 헤드에서 가용 채널 정보 및 트래픽 정보를 수집한다(S501). 각각의 클러스터를 구성하는 클러스터 헤드는 채널 전체에 대한 상태를 점검하여 현재 해당 채널의 상태가 대기(Idle) 상태인지 혼잡(Busy) 상태인지를 파악하여 가용 채널 정보를 수집한다. 그리고, 클러스터 헤드는 클러스터 내의 노드 사이의 트래픽 부하를 확인하여 트래픽 정보를 수집한다.

[0044]

클러스터 헤드에서 가용 채널 정보 및 트래픽 정보를 수집하면, 싱크 노드는 누적된 가용 채널 정보에 2-상태 마르코프 모델을 이용하여 정제 확률을 산출한다(S502). 싱크 노드에서 개별 채널의 정제 확률을 산출하기 위해 대기 상태 및 혼잡 상태로 지속적으로 채널의 상태가 변화할 때의 전이 확률을 2-상태 마르코프 모델을 이용하여 산출하고, 산출된 전이 확률을 이용하여 채널의 상태가 대기 상태에 머무르는 정제 확률로 산출한다. 싱크 노드가 전이 확률 및 정제 확률을 산출하는 구체적인 내용은 전술한 도 3에 기재된 수학식 1 및 수학식 2에 기재된 내용과 동일하다.

[0045]

정제 확률이 산출되면, 싱크 노드는 산출된 정제 확률에 따라 채널 우선순위를 결정한다(S504). 싱크 노드는 산출된 정제 확률을 통해 현재의 채널 상태뿐만 아니라, 미래의 채널 상태를 예측할 수 있다. 따라서, 싱크 노드는 정제 확률이 높을 경우 채널의 상태가 대기 상태에 머무는 확률이 크며, 반대로 정제 확률이 낮을 경우 채널의 상태가 대기 상태에 머무는 확률이 작은 것으로 예측할 수 있다. 이와 같이, 싱크 노드는 정제 확률에 기초

하여 가용 채널의 우선 순위를 결정한다.

[0046] 다음으로, 싱크 노드는 트래픽 정보에 기초하여 클러스터 우선 순위를 결정한다(S504). 클러스터 헤드로부터 수신된 트래픽 정보는 각 클러스터의 트래픽 부하에 대한 정보를 포함한다. 싱크 노드는 각각의 클러스터의 트래픽 하에 따라 트래픽 부하가 큰 클러스터에 우선 순위를 부여하여 클러스터 우선 순위를 결정한다.

[0047] 가용 채널의 우선 순위 및 클러스터 우선 순위가 설정되면, 싱크 노드는 산출된 정제 확률에 따른 가용 채널의 우선 순위 및 트래픽 정보에 따른 클러스터 우선 순위를 대응시켜 클러스터에 채널을 할당한다(S505). 싱크 노드는 트래픽 부하가 높은 채널에 정제 확률이 높은 채널을 할당하고, 반대로 트래픽 부하가 낮은 채널에 정제 확률이 낮은 채널을 할당할 수 있다. 만약, 가용 채널이 부족하여 채널을 할당 받지 못한 클러스터가 존재하면, 싱크 노드는 누적된 트래픽 부하가 가장 낮은 채널을 현재 가장 높은 우선 순위를 가지는 클러스터에 할당할 수 있다. 싱크 노드에 의해 하나 이상의 클러스터 헤드(20)에 채널이 할당되면, 클러스터 헤드는 할당된 채널을 통해 내부 통신을 수행할 수 있다.

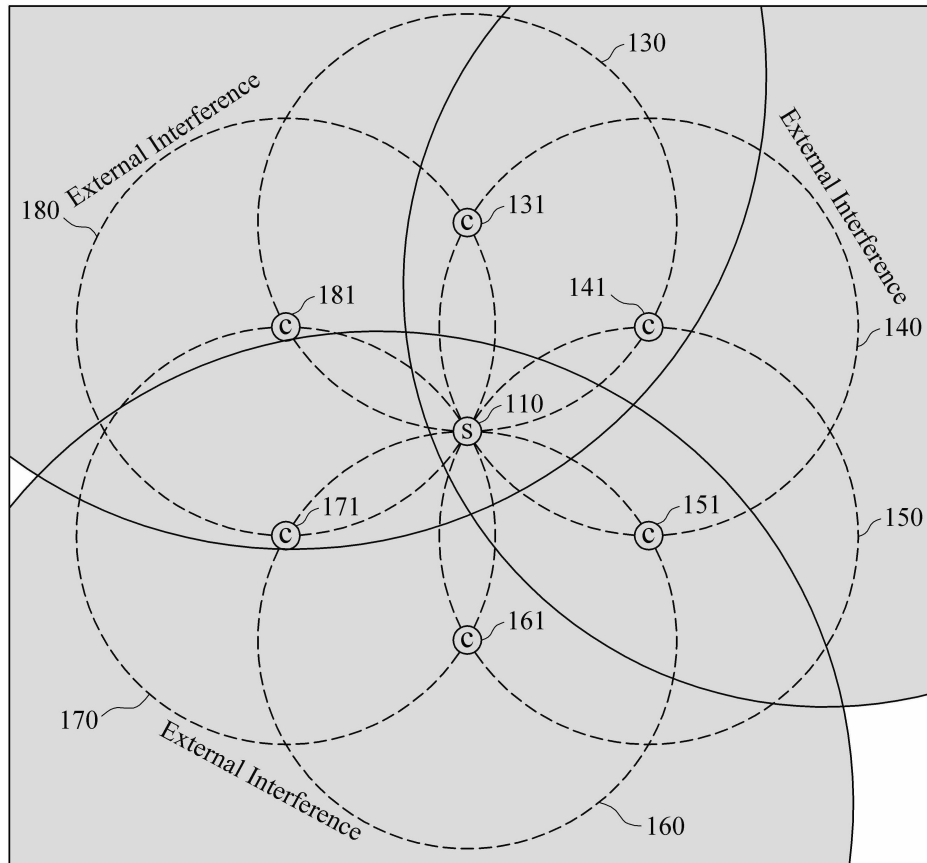
[0048] 이상 바람직한 실시예를 들어 본 발명을 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 전술한 실시예에 한정되지 않고, 본 발명의 기술적 사상의 범위 내에서 당분야에서 통상의 지식을 가진자에 의하여 여러 가지 변형이 가능하다.

부호의 설명

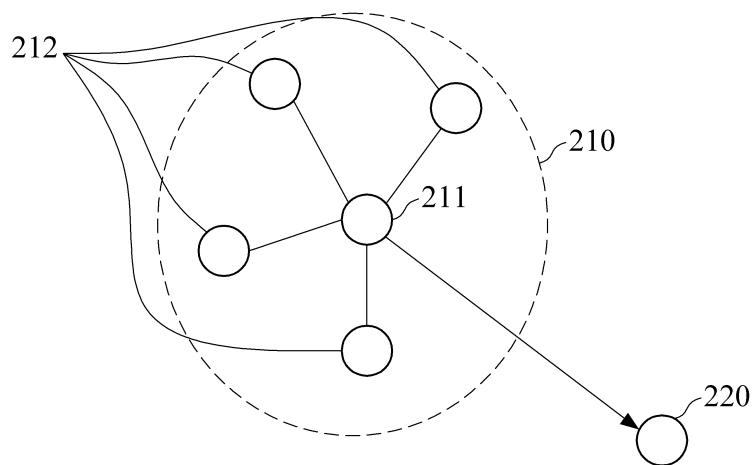
[0049] 110: 싱크 노드
130: 제1 클러스터
131: 제1 클러스터 헤드
140: 제2 클러스터
141: 제2 클러스터 헤드
150: 제3 클러스터
151: 제3 클러스터 헤드
160: 제4 클러스터
161: 제4 클러스터 헤드
170: 제5 클러스터
171: 제5 클러스터 헤드
180: 제6 클러스터
181: 제6 클러스터 헤드
300: 2-상태 마르코프 모델

도면

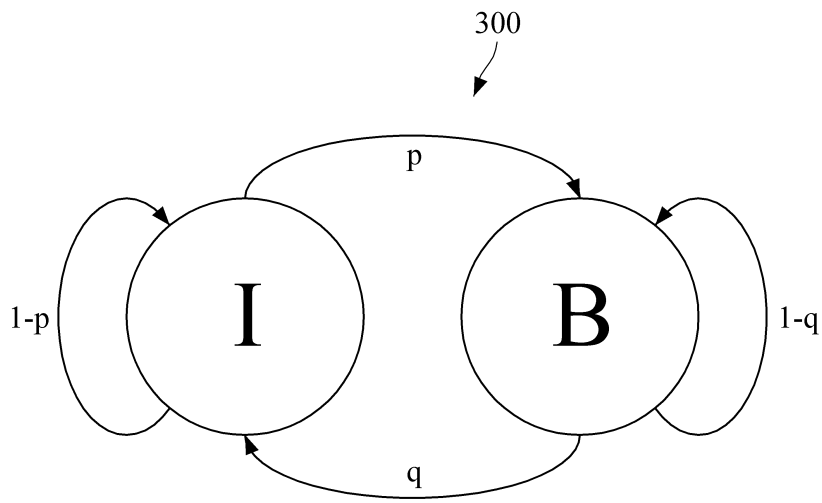
도면1



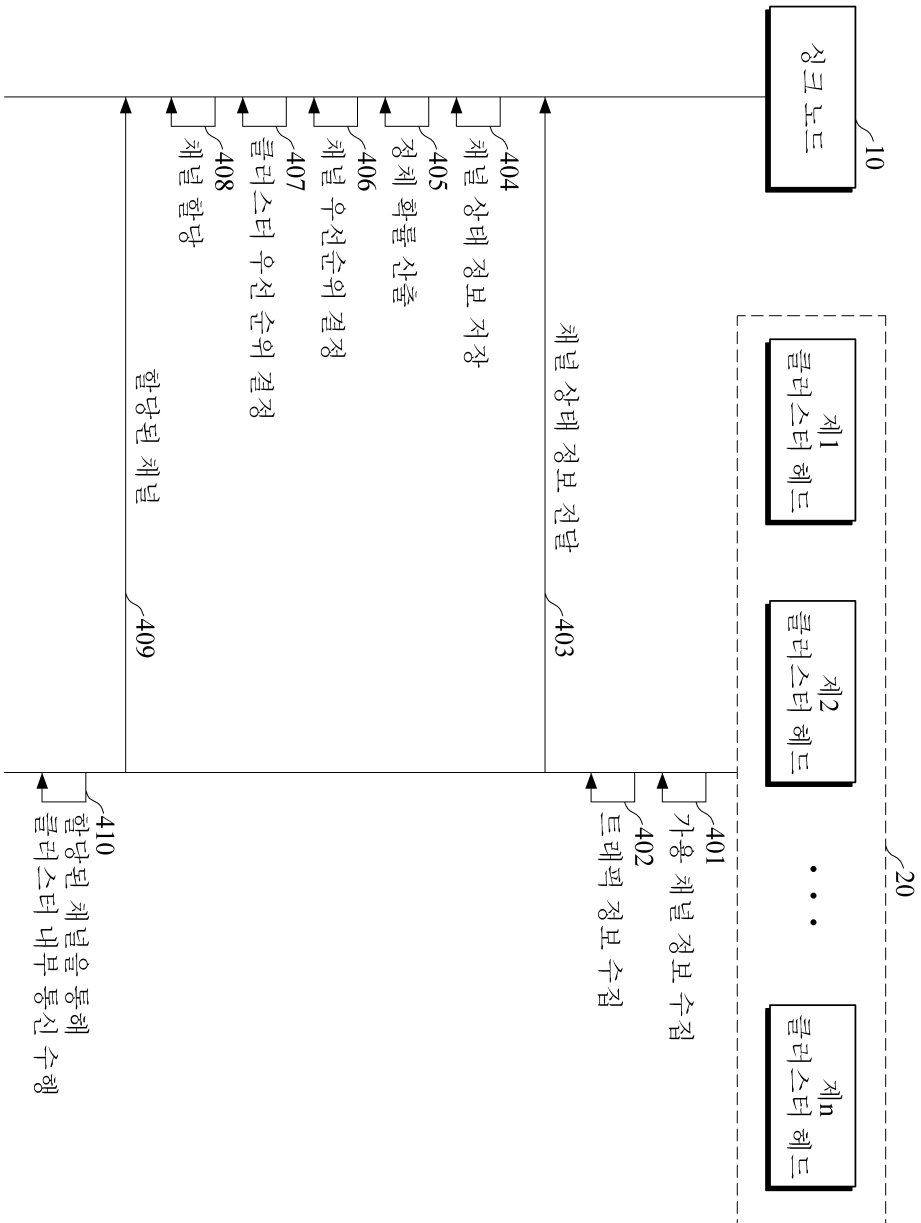
도면2



도면3



도면4



도면5

