



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년11월01일

(11) 등록번호 10-2597112

(24) 등록일자 2023년10월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 72/04 (2009.01) *G05B 19/418* (2006.01)
H04W 16/24 (2009.01) *H04W 4/38* (2018.01)
H04W 4/70 (2018.01)
 (52) CPC특허분류
H04W 72/53 (2023.01)
G05B 19/4183 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2021-0053646
 (22) 출원일자 2021년04월26일
 심사청구일자 2021년04월26일
 (65) 공개번호 10-2022-0146864
 (43) 공개일자 2022년11월02일
 (56) 선행기술조사문헌
 EP03340115 A1
 (뒷면에 계속)

(73) 특허권자
 충북대학교 산학협력단
 충청북도 청주시 서원구 충대로 1 (개신동)
 (72) 발명자
 박수창
 충청북도 청주시 서원구 충대로 1
 양태훈
 대전광역시 유성구 대학로 99
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 김정현

전체 청구항 수 : 총 2 항

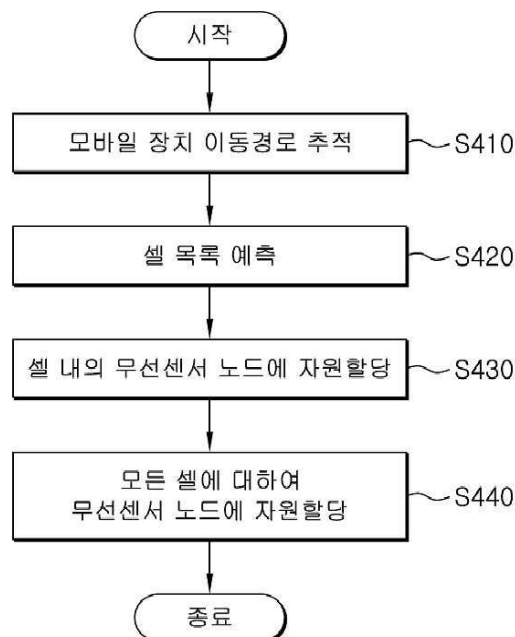
심사관 : 정남호

(54) 발명의 명칭 게임 이론을 이용한 스마트 팩토리 환경의 무선 센서 네트워크 자원 할당 방법 및 이를 기록한 기록매체

(57) 요약

본 발명의 격자 구조의 다수의 셀(cell)로 구성되며, 각 셀 내에 하나 이상의 무선 센서 노드가 위치하고, 모바일 장치가 정해진 이동 경로에 따라 이동하면서 각 셀 내의 무선 센서 노드와 연결되어 클라우드 서버와 데이터 통신을 수행하는, 스마트 팩토리 환경의 무선 센서 네트워크 자원 할당 방법에서, 상기 클라우드 서버는 상기 모

(뒷면에 계속)

대표도 - 도5

바일 장치의 이동 경로를 추적하여, 이동 경로 상에 있는 셀 목록을 예측하는 단계, 상기 클라우드 서버는 게임 이론을 이용하여, 상기 셀 목록에서 각 셀 내에 존재하는 다수의 무선 센서 노드 중에서 하나의 무선 센서 노드를 선택하여 자원을 할당하는 단계 및 상기 클라우드 서버는 상기 셀 목록의 모든 셀에 대하여 무선 센서 노드를 선택하여 자원을 할당하는 단계를 포함한다.

본 발명에 의하면, 스마트 팩토리 환경에서 게임 이론을 이용하여 자원 할당을 최적화함으로써, 모바일 장치, 무선 센서 노드, 클라우드 간의 데이터 통신 성공률을 높일 수 있다는 효과가 있다.

(52) CPC특허분류

G05B 19/4185 (2013.01)

H04W 16/24 (2013.01)

H04W 4/38 (2020.05)

H04W 4/70 (2018.02)

H04W 72/51 (2023.01)

(72) 발명자

이상훈

충청북도 청주시 서원구 충대로 1

김태성

충청북도 청주시 서원구 충대로 1

(56) 선행기술조사문헌

KR100810661 B1*

KR101405841 B1

KR1020110024582 A

KR1020160082691 A

KR1020170100317 A

P. Rai, "An analysis on the impact of utility functions on the performance of game theory based channel allocation in cognitive radio wireless sensor network", IEEE 2020 ANTS, pp.1-6(2020.10.) 1부.*

P. Roy et al, "AI-enabled mobile multimedia service instance placement scheme in mobile edge computing", Computer Networks, vol.182, no.137573, pp.1-14(2020.12.09.) 1부.*

JP2018125034 A

L. Ascorti, S. Savazzi, S. Galimberti, "Cloud-based wireless network for critical industrial monitoring and control", proc. 12th IEEE International Conference on Industrial Informatics(INDIN),

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

격자 구조의 다수의 셀(cell)로 구성되며, 각 셀 내에 하나 이상의 무선 센서 노드가 위치하고, 모바일 장치가 정해진 이동 경로에 따라 이동하면서 각 셀 내의 무선 센서 노드와 연결되어 클라우드 서버와 데이터 통신을 수행하는, 스마트 팩토리 환경의 무선 센서 네트워크 자원 할당 방법에서,

상기 클라우드 서버는 상기 모바일 장치의 이동 경로를 추적하여, 이동 경로 상에 있는 셀 목록을 예측하는 단계;

상기 클라우드 서버는 게임 이론을 이용하여, 상기 셀 목록에서 각 셀 내에 존재하는 다수의 무선 센서 노드 중에서 하나의 무선 센서 노드를 선택하여 자원을 할당하는 단계; 및

상기 클라우드 서버는 상기 셀 목록의 모든 셀에 대하여 무선 센서 노드를 선택하여 자원을 할당하는 단계를 포함하고,

상기 클라우드 서버는 산업용 IoT(Internet of Things) 시스템에서 무선 HART(Highway Addressable Remote Transducer) 프로토콜 기반 이동성 지원 체계를 지원하고,

상기 클라우드 서버는 각 무선 센서 노드를 경기자(player)로 설정하고, 각 무선 센서 노드를 경기자로 설정함에 따라 전략(strategy)과 보수(payoff)를 설정하는 방식으로 게임 이론 모델을 구성하고,

상기 클라우드 서버는 각 무선 센서 노드에서 상기 모바일 장치와의 연결 유무를 전략으로 설정하고, 각 무선 센서 노드와 상기 클라우드 서버 간의 데이터 전송 성공률, 무선 센서 노드의 전파 세기를 각 전략에 따른 보수로 설정하고,

상기 클라우드 서버는 모든 무선 센서 노드에 대한 보수를 사용하여 최고 응답 전략(best response strategy)을 산출하고, 상기 최고 응답 전략에 따라 각 셀 내에서 무선 센서 노드를 선택하고, 상기 최고 응답 전략을 이용하여 각 셀의 내쉬 균형(Nash equilibrium)을 산출하고, 모든 셀의 내쉬 균형 집합을 상기 모바일 장치의 장기 간 자원으로 할당(long-term resource allocation)하며,

상기 셀 목록을 예측하는 단계에서, 상기 클라우드 서버는 상기 모바일 장치의 현재 위치와 이동 속도로 구성된 이동 경로를 감지하고, 상기 모바일 장치의 연속적인 이동 경로 추적을 통해 이동 경로 상에 있는 일련의 셀 목록을 예측하고,

상기 클라우드 서버는 최적의 무선 센서 노드를 선택하기 위해서, 모든 무선 센서 노드에 대한 보상(payoff)인 P 를 사용하여 최고 응답 전략(best response strategy)인 S 를 계산하고, 각 무선 센서 노드 N 에 대한 S 의 집합인 S_{set} 를 구성하고, S_{set} 에서 최적의 무선 센서 노드를 선택하는 것을 특징으로 하는 스마트 팩토리 환경의 무선 센서 네트워크 자원 할당 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

청구항 1의 방법을 컴퓨터로 실행시킬 수 있는 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 스마트 팩토리 환경의 무선 센서 네트워크 자원 할당 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 스마트 팩토리(Smart factory)는 제품을 조립, 포장하고 기계를 점검하는 전 과정이 자동으로 이뤄지는 공장으로 정보통신기술(ICT)의 융합으로 이뤄지는 차세대 산업혁명인 4차 산업혁명의 핵심으로 꼽힌다. 스마트 팩토리는 모든 설비와 장치가 무선통신으로 연결되어 있기 때문에 실시간으로 전 공정을 모니터링하고 분석할 수 있다. 스마트 팩토리에서는 공장 곳곳에 사물인터넷(IoT) 센서와 카메라를 부착시켜 데이터를 수집하고 플랫폼에 저장해 분석하는데, 이렇게 분석된 데이터를 기반으로 어디서 불량품이 발생하였는지, 이상 징후가 보이는 설비는 어떤 것인지 등을 인공지능이 파악하여 전체적인 공정을 제어한다.

[0003] 스마트 팩토리에서는 실시간으로 재구성 할 수 있는 유닛(unit), 프로덕션 셀(production cells), 프로덕션 라인(production line) 등의 환경이 필수이며, 지능적이고 효율적인 데이터 획득을 위해서 클라우드 서비스와 IIoT(Industrial Internet of Things) 기술을 사용한다. 또한 스마트 팩토리 환경에서는 여러 무선 센서 노드와 모바일 장치들이 실시간으로 데이터를 주고 받으며 제품을 생산하고 작업을 처리한다. 이런 환경에서 모바일 장치는 공장내에서 여러 경로를 움직이며 고정되어 있는 무선 센서 노드와 통신을 하여 클라우드 서버(edge)와 데이터를 주고 받는다. 이 때, 무선 센서 노드는 프로덕션 셀(production cell) 안에 여러 개가 설치되어 있으며, 신뢰있는 데이터 전송을 위해서 모바일 장치는 움직이는 경로에 따라서 한 셀(cell) 안의 어떤 무선 센서 노드와 통신을 할지 결정하고 자원을 할당해야 한다. 또한 여러 셀(cell)에 적용되는 장기간(long-term) 자원 할당도 고려해야 한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 10-2011-0024582

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 모바일 장치의 움직이는 경로에 따라 한 셀(cell) 안의 어떤 무선 센서 노드와 통신을 할지 결정하고 자원을 할당하고, 여러 셀(cell)에 적용되는 장기간(long-term) 자원을 할당하기 위하여, 게임 이론을 이용한 스마트 팩토리 환경의 무선 센서 네트워크 자원 할당 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0006] 본 발명의 목적은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 이와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 격자 구조의 다수의 셀(cell)로 구성되며, 각 셀 내에 하나 이상의 무선 센서 노드가 위치하고, 모바일 장치가 정해진 이동 경로에 따라 이동하면서 각 셀 내의 무선 센서 노드와 연결되어 클라우드 서버와 데이터 통신을 수행하는, 스마트 팩토리 환경의 무선 센서 네트워크 자원 할당 방법에서, 상기 클라우드 서버는 상기 모바일 장치의 이동 경로를 추적하여, 이동 경로 상에 있는 셀 목록을 예측하는 단계, 상기 클라우드 서버는 게임 이론을 이용하여, 상기 셀 목록에서 각 셀 내에 존재하는 다수의 무선 센서 노드 중에서 하나의 무선 센서 노드를 선택하여 자원을 할당하는 단계 및 상기 클라우드 서버는 상기 셀 목록

록의 모든 셀에 대하여 무선 센서 노드를 선택하여 자원을 할당하는 단계를 포함한다.

[0008] 상기 클라우드 서버는 각 무선 센서 노드를 경기자(player)로 설정하고, 이에 따라 전략(strategy)과 보수(payoff)를 설정하는 방식으로 게임 이론 모델을 구성할 수 있다.

[0009] 상기 클라우드 서버는 각 무선 센서 노드에서 상기 모바일 장치와의 연결 유무를 전략으로 설정하고, 각 무선 센서 노드와 상기 클라우드 서버 간의 데이터 전송 성공률, 무선 센서 노드의 전파 세기를 각 전략에 따른 보수로 설정할 수 있다.

[0010] 상기 클라우드 서버는 모든 무선 센서 노드에 대한 보수를 사용하여 최고 응답 전략(best response strategy)을 산출하고, 상기 최고 응답 전략에 따라 각 셀 내에서 무선 센서 노드를 선택하고, 이를 이용하여 각 셀의 내쉬 균형(Nash equilibrium)을 산출하고, 모든 셀의 내쉬 균형 집합을 상기 모바일 장치의 장기간 자원 할당(long-term resource allocation)할 수 있다.

발명의 효과

[0011] 본 발명에 의하면, 스마트 팩토리 환경에서 게임 이론을 이용하여 자원 할당을 최적화함으로써, 모바일 장치, 무선 센서 노드, 클라우드 간의 데이터 통신 성공률을 높일 수 있다는 효과가 있다.

[0012] 또한 실시간으로 데이터 통신이 필요한 스마트 팩토리 환경에서 데이터 손실을 최소화 하는 동시에 연결의 신뢰성을 보장할 수 있으며, 고정되어 있지 않은 모바일 장치의 이동 경로에 따른 최적의 무선 센서 노드 자원 할당을 실행할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 산업용 IoT를 위한 TTGN(Two-Tier Geographical Networking) 구조를 도시한 것이다.

도 2은 스마트 팩토리 환경에서 모바일 장치의 움직이는 경로와 그에 따른 프로덕션 셀(production cell) 안에서 할당된 무선 센서 노드를 나타낸 도면이다.

도 3는 본 발명의 일 실시예에 따른 게임 이론을 이용하여 모바일 장치의 이동 경로에 따라 최적의 무선 센서 노드를 선택하는 과정을 예시한 것이다.

도 4은 본 발명의 일 실시예에 따른 게임 이론을 이용한 스마트 팩토리 환경의 무선 센서 네트워크 자원 할당 알고리즘이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 게임 이론을 이용한 스마트 팩토리 환경의 무선 센서 네트워크 자원 할당 방법을 나타낸 흐름도이다.

도 6는 본 발명의 일 실시예에 따른 게임 이론 모델을 구성하는 상세한 과정을 예시한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 본 명세서에서 개시된 실시 예의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 후술되어 있는 실시 예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 개시에서 제안하고자 하는 실시 예는 이하에서 개시되는 실시 예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시 예들은 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 실시 예들의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것일 뿐이다.

[0015] 본 명세서에서 사용되는 용어에 대해 간략히 설명하고, 개시된 실시 예에 대해 구체적으로 설명하기로 한다.

[0016] 본 명세서에서 사용되는 용어는 개시된 실시 예들의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어들을 선택하였으나, 이는 관련 분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 관례, 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 명세서의 상세한 설명 부분에서 상세히 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 본 개시에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌, 그 용어가 가지는 의미와 본 명세서의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 한다.

[0017] 본 명세서에서의 단수의 표현은 문맥상 명백하게 단수인 것으로 특정하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

[0018] 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 있음을 의미한다. 또한, 명세서에서 사용되는 "부"라는 용어는 소프트웨어, FPGA 또는 ASIC과 같은 하드웨어 구성요소를 의미하며, "부"는 어떤 역할들을 수

행한다. 그렇지만 "부"는 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니다. "부"는 어드레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다. 따라서, 일 예로서 "부"는 소프트웨어 구성요소들, 객체지향 소프트웨어 구성요소들, 클래스 구성요소들 및 태스크 구성요소들과 같은 구성요소들과, 프로세스들, 함수들, 속성들, 프로시저들, 서브루틴들, 프로그램 코드의 세그먼트들, 드라이버들, 펌웨어, 마이크로 코드, 회로, 데이터, 데이터베이스, 데이터 구조들, 테이블들, 어레이들 및 변수들을 포함한다. 구성요소들과 "부"들 안에서 제공되는 기능은 더 작은 수의 구성요소들 및 "부"들로 결합되거나 추가적인 구성요소들과 "부"들로 더 분리될 수 있다.

[0019] 또한, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성 요소는 동일한 참조 부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[0020] 본 발명은 산업용 IoT(Internet of Things) 시스템에서, 무선 HART(Highway Addressable Remote Transducer) 프로토콜 기반 이동성 지원 체계를 제안한다.

[0021] 도 1은 산업용 IoT를 위한 TTGN(Two-Tier Geographical Networking) 구조를 도시한 것이다.

[0022] 도 1에서 TTGN은 산업용 WSN(Wireless Sensor Network) 티어(tier)(10)와 에지 컴퓨팅(edge computing) 티어(20)의 두 계층으로 이루어진다.

[0023] 산업 WSN 티어(10)는 Industry 4.0 도메인의 생산 셀(Production Cell, PC)을 나타낸다. Industry 4.0 도메인, 즉 스마트 팩토리 도메인에는 여러 생산 셀이 있으며, 각 생산 셀은 특정 제품 제조를 위해 구성되며, 셀의 자산 단위가 공장 도메인의 동일한 위치 또는 다른 위치에 있는 다른 제품에 대해 재구성되어야 할 때까지 유지된다. 따라서 생산 셀(PC)은 고유 ID(PC ID)를 가질 수 있다.

[0024] 생산 셀(PC)의 모든 자산은 스마트 팩토리의 제조업체 또는 관리자가 제어하는 생산 셀(PC)의 수명 동안 PC ID로 처리된다. 생산 셀(PC) 당 모든 자산의 데이터와 AMR(autonomous mobile robots)과 같은 생산 셀(PC) 간 임무로 작동하는 자산의 데이터는 데이터 관리 모듈(21)에서 수집되고, 각 장치의 RSS(Radio Signal Strength) 데이터는 지리적 위치 모듈(22)에 입력된다.

[0025] 에지 컴퓨팅 티어(20)에서 데이터 관리 모듈(21)은 산업 WSN 티어(10)의 모든 자산에서 데이터 수집을 수행한다.

[0026] 지리적 위치 모듈(22)은 DNN(Deep Neural Network) 기반의 MLP(Multi-Layer Perceptron)로 구성되며, 조회된 자산의 위치를 예측할 수 있다. 이때, MLP는 필요한 위치 예측 정확도를 수용하기 위해 많은 양의 데이터로 사전 훈련되어야 한다. MLP에서 각 노드는 합산과 활성화의 두 가지 기능에 의해 수행될 수 있다. 입력, 가중치 및 편향(bias)의 곱은 다음 수학적 식 (1)의 함수를 사용하여 계산된다.

$$f_j = \sum_{i=1}^n w_{ij} \cdot x_i + \beta_j, \quad (1)$$

[0028] 여기서, n은 입력, x_i 는 i의 입력 변수, β_j 는 편향 텀(bias term), w_{ij} 는 연결 가중치를 나타낸다.

[0029] MLP 모델의 활성화 함수로서 시그모이드 함수(sigmoid function)가 사용된다. 시그모이드 함수는 다음 수학적 식 (2)와 같이 나타낼 수 있고, 뉴런(neuron) j는 다음 수학적 식 (3)에 의해 구할 수 있다.

$$s_j(x) = \frac{1}{1 + \exp(-f_j)}, \quad (2)$$

$$y_i = f_j \cdot \left(\sum_{i=1}^n w_{ij} \cdot x_i + \beta_j \right). \quad (3)$$

[0033] 산업용 WSN 티어(10)에서 데이터 세트는 각 그리드 셀에서 BLE(Bluetooth Low Energy) 비콘의 RSS(Radio Signal Strength)이다. 모든 데이터 세트에는 좌표로 레이블이 지정되어 있으며, 따라서 어떤 자산이 현재 RSS 값 튜플을 업로드 할 때, 지리적 위치 모듈(22)은 생산 셀(PC)을 통해 로컬라이제이션 그리드 내에 있는 자산의 위치를 감지할 수 있다.

- [0034] 지리적 위치 모듈(22)은 위치에 대한 결과를 얻은 후, 그 결과를 이동성 감지 및 장기 예측 모듈(23)에 전달한다.
- [0035] 이동성 감지 및 장기 예측 모듈(23)에서는 위치 결과를 기반으로 하는 세분화된 현지화가 수행되며, 현지화 그리드에서 모든 자산의 현재 위치 맵을 업데이트 한 다음, 이 자산이 모바일 장치인지 고정 장치인지 분류할 수 있다.
- [0036] 자신이 모바일인 경우, 이동성 감지 및 장기 예측 모듈(23)은 모든 자산의 무선 네트워킹 그래프 토폴로지를 업데이트 할 때, 모바일 자산을 고려하지 않고, 다음 이동성 관리 단계에서 관리한다. 이동성 감지 및 장기 예측 모듈(23)은 먼저 그래프 토폴로지에 대한 리소스 할당을 수행한 다음, 모바일 자산에 대한 채널 리소스를 추가로 정렬한다. 리소스 할당에 따라 이동성 감지 및 장기 예측 모듈(23)은 모바일 장치를 포함한 모든 자산과의 링크 경로를 설정한다. 자원 할당 정보와 경로 정보를 수신한 후, 모든 노드는 업스트림 및 다운 스트림 통신을 시작한다.
- [0037] 도 1의 (a)에 도시된 바와 같이, 모바일 노드 N_M 은 현재 센서 노드 1에 연결되어 있으며, 감지된 RSS 튜플을 예지에 업로드한다. 예지는 모바일 노드 N_M 이 존재하는 위치를 감지하여 액세스 포인트 1(A1), 센서 노드 1 및 모바일 노드 N_M 에 채널 리소스를 할당할 수 있다. 모바일 노드 N_M 은 파란색 화살표를 따라 계속 이동하고 RSS 데이터를 계속 보고하므로, 예지는 센서 노드 2에 연결될 것이며 링크 경로 노드 2-A2-G (게이트웨이)를 이용할 것임을 알아낸다. 따라서 예지는 현재 링크 경로, 즉 도 1의 (b)의 파란색 경로를 통해 모바일 노드 N_M 에 이 정보를 제공하고, 모바일 노드 N_M 이 센서 노드 2에 연결된다. 빨간색 화살표로 표시된 새 경로에는 이미 채널 리소스가 할당되어 있으며, 모바일 노드 N_M 은 센서 노드 2에 연결된 후 통신할 수 있다.
- [0038] 도 2은 스마트 팩토리 환경에서 모바일 장치의 움직이는 경로와 그에 따른 프로덕션 셀(production cell) 안에서 할당된 무선 센서 노드를 나타낸 도면이다.
- [0039] 도 2에서 보는 바와 같이, 스마트 팩토리 환경에서는 여러 개의 프로덕션 셀(production cell)이 있다. 그리고, 모바일 장치(200)는 정해진 이동 경로에 따라 움직이며, 각 셀 안에서 무선 센서 노드와 연결되며 클라우드 서버(cloud server, edge)(100)와 데이터를 주고 받는다. 따라서 스마트 팩토리 환경에서 실시간으로 안정적인 데이터 전송을 위해서 모바일 장치(200)의 이동 경로에 따른 무선 센서 노드의 자원 할당은 필수적이다.
- [0040] 도 2에서 스마트 팩토리 환경은 사각형의 격자 구조의 다수의 셀로 구분되며, 각 셀은 {1, 1}, {1, 2}, {1, 3}, {1, 4}...로 표시되어 있다. 그리고, 모바일 장치(200)의 이동 경로가 표시되어 있다.
- [0041] 본 발명은 격자 구조의 다수의 셀(cell)로 구성되며, 각 셀 내에 하나 이상의 무선 센서 노드가 위치하고, 모바일 장치(200)가 정해진 이동 경로에 따라 이동하면서 각 셀 내의 무선 센서 노드와 연결되어 클라우드 서버(100)와 데이터 통신을 수행하는, 스마트 팩토리 환경의 무선 센서 네트워크 자원 할당 방법에 관한 것이다.
- [0042] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 게임 이론을 이용한 스마트 팩토리 환경의 무선 센서 네트워크 자원 할당 방법을 나타낸 흐름도이다.
- [0043] 도 5를 참조하면, 클라우드 서버(100)는 모바일 장치(200)의 이동 경로를 추적하여, 이동 경로 상에 있는 셀의 목록인 셀 목록을 예측한다(S410, S420).
- [0044] 그리고, 클라우드 서버(100)는 게임 이론(game theory)을 이용하여, 셀 목록에서 각 셀 내에 존재하는 다수의 무선 센서 노드 중에서 하나의 무선 센서 노드를 선택하여 자원을 할당한다(S430).
- [0045] 그리고, 클라우드 서버(100)는 셀 목록의 모든 셀에 대하여 무선 센서 노드를 선택하여 자원을 할당한다(S440).
- [0046] 도 6는 본 발명의 일 실시예에 따른 게임 이론 모델을 구성하는 상세한 과정을 예시한 흐름도이다.
- [0047] 도 6를 참조하면, 클라우드 서버(100)는 각 무선 센서 노드를 경기자(player)로 설정하고, 이에 따라 전략(strategy)과 보수(payoff)를 설정하는 방식으로 게임 이론 모델을 구성한다(S510, S520).
- [0048] 여기서, 클라우드 서버(100)는 각 무선 센서 노드에서 모바일 장치(200)와의 연결 유무를 전략으로 설정하고, 각 무선 센서 노드와 클라우드 서버(100) 간의 데이터 전송 성공률, 무선 센서 노드의 전파 세기를 각 전략에 따른 보수로 설정할 수 있다.
- [0049] 클라우드 서버(100)는 모든 무선 센서 노드에 대한 보수를 사용하여 최고 응답 전략(best response strategy)을

산출한다(S530).

- [0050] 그리고, 클라우드 서버(100)는 최고 응답 전략에 따라 각 셀 내에서 무선 센서 노드를 선택하고, 이를 이용하여 각 셀의 내쉬 균형(Nash equilibrium)을 산출한다(S540).
- [0051] 그리고, 클라우드 서버(100)는 모든 셀의 내쉬 균형 집합을 모바일 장치(200)의 장기간 자원으로 할당(long-term resource allocation)한다(S550).
- [0053] 도 3는 본 발명의 일 실시예에 따른 게임 이론을 이용하여 모바일 장치의 이동 경로에 따라 최적의 무선 센서 노드를 선택하는 과정을 예시한 것이다.
- [0054] 도 3는 모바일 장치(200)의 이동 경로 중 셀 {2,4}, {2,3}, {3,2}가 포함되어 있는 상황에서 각 셀 안에서의 무선 센서 노드 자원 할당을 나타낸다.
- [0055] 도 3를 참조하면, 게임 이론을 이용한 최적화 결과, 세 개의 무선 센서 노드 3A, 2A, 4C가 선택된 것을 나타낸다. 이 때, 게임 이론의 구성 요소인 경기자(player), 전략(strategy), 보수(payoff)를 설정해야 하고, 경기자의 전략에 따른 보수를 비교하여 최고 응답 전략(best response strategy)을 구한다. 그리고, 각 전략의 최고 응답 전략(best response strategy)을 이용하여 각 셀의 내쉬 균형(Nash equilibrium)을 구하고, 모든 셀의 내쉬 균형(Nash equilibrium)의 집합을 모바일 장치(200)의 장기간 자원으로 할당(long-term resource allocation)한다.
- [0056] 도 4은 본 발명의 일 실시예에 따른 게임 이론을 이용한 스마트 팩토리 환경의 무선 센서 네트워크 자원 할당 알고리즘이다.
- [0057] 도 4을 참조하면, 게임 이론의 경기자(player)는 n개의 무선 센서 노드(N_i)이다. 모바일 장치(200)와 연결되는 것을 전략(strategy)으로 $S_i=0$ 이면 연결되지 않은 것을 의미하고, $S_i=1$ 이면 연결된 것을 의미한다. 그리고, 각 전략에 따른 보수(payoff)는 무선 센서 노드와 클라우드 서버(100) 간의 데이터 전송 성공률, 무선 센서 노드의 전파 세기로 한다.
- [0058] 이 알고리즘에서 클라우드 서버(100)는 모바일 장치(200)에 대한 이동 경로를 감지한다. 이동 경로는 모바일 장치(200)의 현재 위치와 이동 속도로 구성된다. 클라우드 서버(100)는 모바일 장치(200)의 연속적인 이동 경로 추적을 통해 이동 경로 상에 있는 일련의 셀 목록을 예측할 수 있다. 그 후, 셀 목록(List cell)의 각 셀 $Cell_c$ 에서 여러 개의 무선 센서 노드 중 하나를 선택한다.
- [0059] 최적의 무선 센서 노드를 선택하기 위해서 클라우드 서버(100)는 모든 무선 센서 노드에 대한 보상(payoff)인 P를 사용하여 최고 응답 전략(best response strategy)인 S를 계산한다. 그리고, 각 무선 센서 노드 N에 대한 S의 결과가 전략 S의 집합인 S_{set} 로 구성된다. 그 결과로 가장 좋은 무선 센서 노드가 선택되고, 이는 NE(Nash equilibrium)으로 설정된다. 이 절차는 모든 셀에 대한 처리가 끝날 때까지 반복되며, 절차의 결과로 NE 세트에는 각 셀에 대해 모바일 장치(200)와 통신 할 수 있는 최적의 무선 센서 노드 목록이 포함된다. 즉, 게임 이론 알고리즘에서 클라우드 서버(100)는 한 셀에 대한 자원 할당뿐만 아니라 일련의 셀에 대한 장기간 자원 할당(long-term resource allocation)도 수행한다.
- [0060] 한편, 본 발명의 실시예에 따른 게임 이론을 이용한 스마트 팩토리 환경의 무선 센서 네트워크 자원 할당 방법은 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현되는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다.
- [0061] 예컨대, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체로는 롬(ROM), 램(RAM), 시디-롬(CD-ROM), 자기 테이프, 하드디스크, 플로피디스크, 이동식 저장장치, 비휘발성 메모리(Flash Memory), 광 데이터 저장장치 등이 포함된다.
- [0062] 또한, 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 통신망으로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산방식으로 읽을 수 있는 코드로서 저장되고 실행될 수 있다.
- [0063] 이상 본 발명을 몇 가지 바람직한 실시 예를 사용하여 설명하였으나, 이들 실시 예는 예시적인 것이며 한정적인 것이 아니다. 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 지닌 자라면 본 발명의 사상과 첨부된 특허청구범위에 제시된 권리범위에서 벗어나지 않으면서 다양한 변화와 수정을 가할 수 있음을 이해할 것이다.

부호의 설명

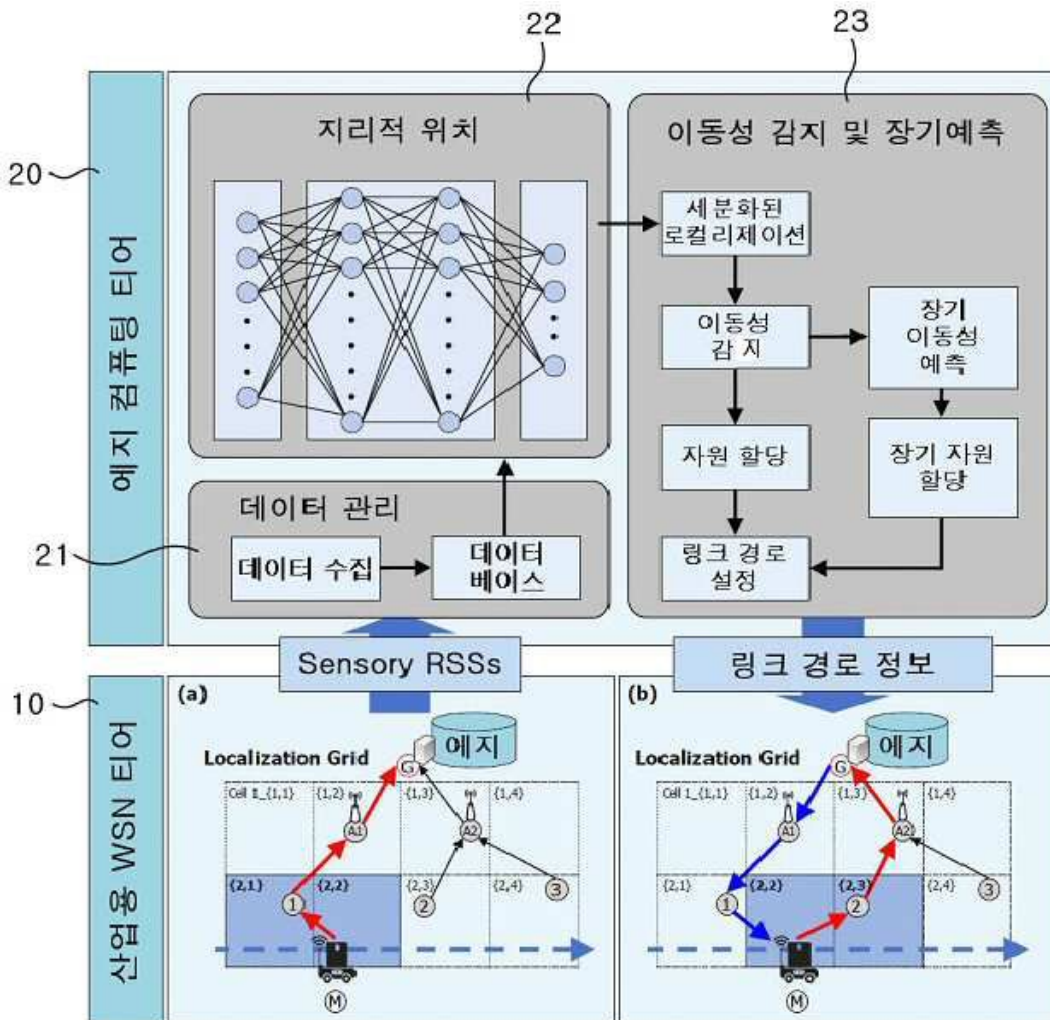
[0064]

100 클라우드 서버

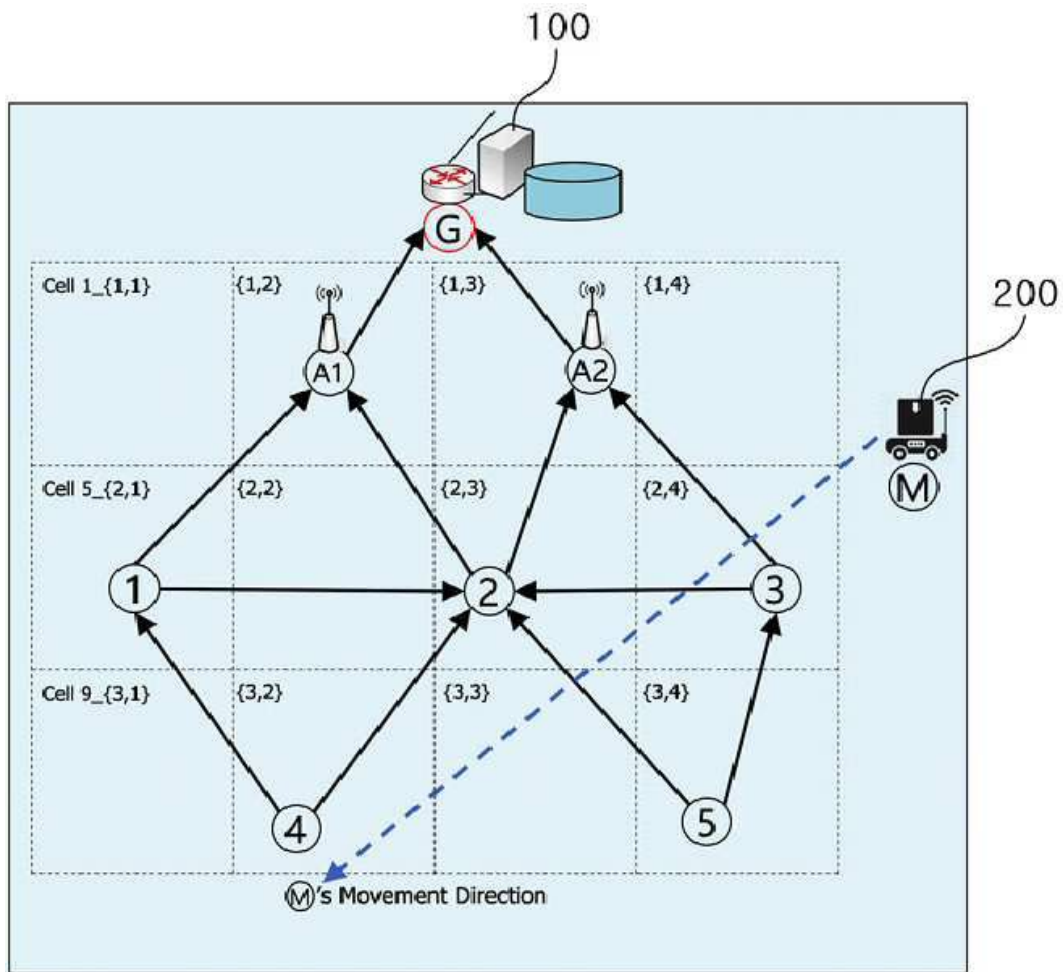
200 모바일 장치

도면

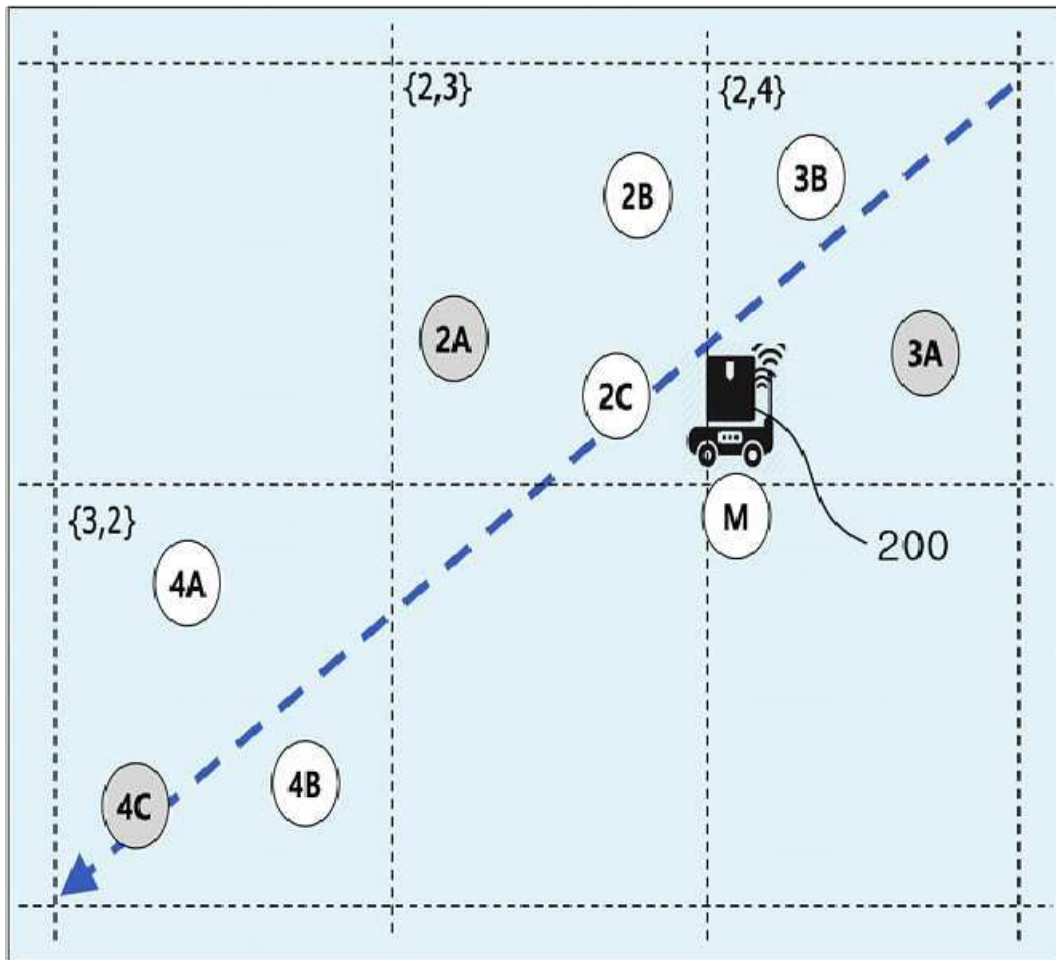
도면1



도면2



도면3



도면4

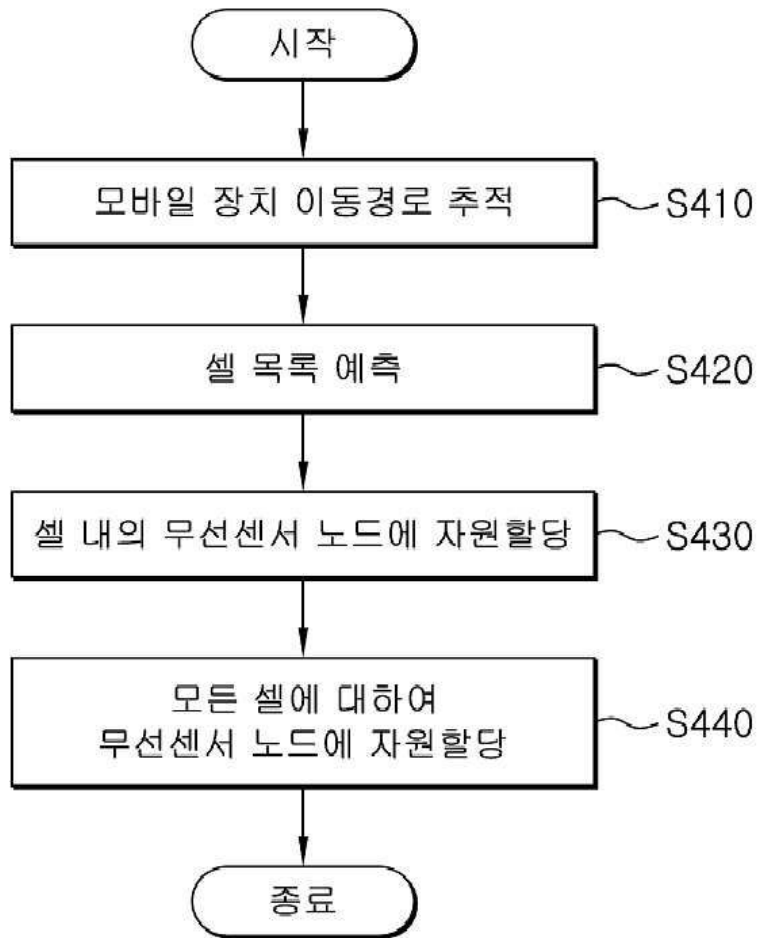
Algorithm 1 Resource Allocation Algorithm

```

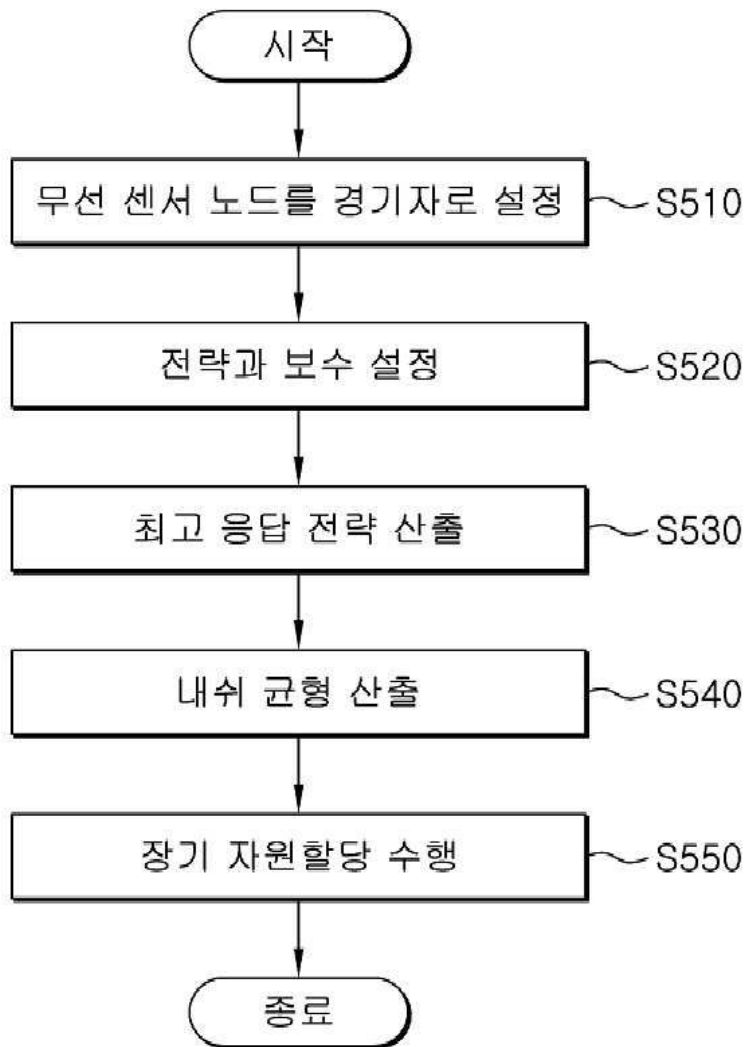
1:  $List_{cell} = PredictionCellEntries(N_M)$ 
2: for  $Cell_c$  in  $List_{cell}$  do
3:   for  $N_i$  in  $Cell_c$  do
4:      $P = [getDist(N_i), getLoss(N_i)]$  // Payoff
5:      $S = calculateBestRespStrategy(P)$  // Strategy
6:      $S_{set}.insert(N_i, S)$ 
7:   end for
8:    $NE_c = NashEquilibrium\_Cell(S_{set})$ 
9:    $NE_{set}.insert(NE_c)$ 
10: end for
11: for  $NE_i$  in  $NE_{set}$  do
12:    $ResourceAllocation(NE_i)$ 
13: end for

```

도면5



도면6



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1

【변경전】

격자 구조의 다수의 셀(cell)로 구성되며, 각 셀 내에 하나 이상의 무선 센서 노드가 위치하고, 모바일 장치가 정해진 이동 경로에 따라 이동하면서 각 셀 내의 무선 센서 노드와 연결되어 클라우드 서버와 데이터 통신을 수행하는, 스마트 팩토리 환경의 무선 센서 네트워크 자원 할당 방법에서,

상기 클라우드 서버는 상기 모바일 장치의 이동 경로를 추적하여, 이동 경로 상에 있는 셀 목록을 예측하는 단계;

상기 클라우드 서버는 게임 이론을 이용하여, 상기 셀 목록에서 각 셀 내에 존재하는 다수의 무선 센서 노드 중에서 하나의 무선 센서 노드를 선택하여 자원을 할당하는 단계; 및

상기 클라우드 서버는 상기 셀 목록의 모든 셀에 대하여 무선 센서 노드를 선택하여 자원을 할당하는 단계를 포함하고,

상기 클라우드 서버는 산업용 IoT(Internet of Things) 시스템에서 무선 HART(Highway Addressable Remote Transducer) 프로토콜 기반 이동성 지원 체계를 지원하고,

상기 클라우드 서버는 각 무선 센서 노드를 경기자(player)로 설정하고, 이에 따라 전략(strategy)과 보수(payoff)를 설정하는 방식으로 게임 이론 모델을 구성하고,

상기 클라우드 서버는 각 무선 센서 노드에서 상기 모바일 장치와의 연결 유무를 전략으로 설정하고, 각 무선 센서 노드와 상기 클라우드 서버 간의 데이터 전송 성공률, 무선 센서 노드의 전파 세기를 각 전략에 따른 보수로 설정하고,

상기 클라우드 서버는 모든 무선 센서 노드에 대한 보수를 사용하여 최고 응답 전략(best response strategy)을 산출하고, 상기 최고 응답 전략에 따라 각 셀 내에서 무선 센서 노드를 선택하고, 상기 최고 응답 전략을 이용하여 각 셀의 내쉬 균형(Nash equilibrium)을 산출하고, 모든 셀의 내쉬 균형 집합을 상기 모바일 장치의 장기 간 자원 할당(long-term resource allocation)하며,

상기 셀 목록을 예측하는 단계에서, 상기 클라우드 서버는 상기 모바일 장치의 현재 위치와 이동 속도로 구성된 이동 경로를 감지하고, 상기 모바일 장치의 연속적인 이동 경로 추적을 통해 이동 경로 상에 있는 일련의 셀 목록을 예측하고,

상기 클라우드 서버는 최적의 무선 센서 노드를 선택하기 위해서, 모든 무선 센서 노드에 대한 보상(payoff)인 P 를 사용하여 최고 응답 전략(best response strategy)인 S 를 계산하고, 각 무선 센서 노드 N 에 대한 S 의 집합인 S_{set} 를 구성하고, S_{set} 에서 최적의 무선 센서 노드를 선택하는 것을 특징으로 하는 스마트 팩토리 환경의 무선 센서 네트워크 자원 할당 방법.

【변경후】

격자 구조의 다수의 셀(cell)로 구성되며, 각 셀 내에 하나 이상의 무선 센서 노드가 위치하고, 모바일 장치가 정해진 이동 경로에 따라 이동하면서 각 셀 내의 무선 센서 노드와 연결되어 클라우드 서버와 데이터 통신을 수행하는, 스마트 팩토리 환경의 무선 센서 네트워크 자원 할당 방법에서,

상기 클라우드 서버는 상기 모바일 장치의 이동 경로를 추적하여, 이동 경로 상에 있는 셀 목록을 예측하는 단계;

상기 클라우드 서버는 게임 이론을 이용하여, 상기 셀 목록에서 각 셀 내에 존재하는 다수의 무선 센서 노드 중에서 하나의 무선 센서 노드를 선택하여 자원을 할당하는 단계; 및

상기 클라우드 서버는 상기 셀 목록의 모든 셀에 대하여 무선 센서 노드를 선택하여 자원을 할당하는 단계를 포함하고,

상기 클라우드 서버는 산업용 IoT(Internet of Things) 시스템에서 무선 HART(Highway Addressable Remote Transducer) 프로토콜 기반 이동성 지원 체계를 지원하고,

상기 클라우드 서버는 각 무선 센서 노드를 경기자(player)로 설정하고, 각 무선 센서 노드를 경기자로 설정함에 따라 전략(strategy)과 보수(payoff)를 설정하는 방식으로 게임 이론 모델을 구성하고,

상기 클라우드 서버는 각 무선 센서 노드에서 상기 모바일 장치와의 연결 유무를 전략으로 설정하고, 각 무선 센서 노드와 상기 클라우드 서버 간의 데이터 전송 성공률, 무선 센서 노드의 전파 세기를 각 전략에 따른 보수로 설정하고,

상기 클라우드 서버는 모든 무선 센서 노드에 대한 보수를 사용하여 최고 응답 전략(best response strategy)을 산출하고, 상기 최고 응답 전략에 따라 각 셀 내에서 무선 센서 노드를 선택하고, 상기 최고 응답 전략을 이용하여 각 셀의 내쉬 균형(Nash equilibrium)을 산출하고, 모든 셀의 내쉬 균형 집합을 상기 모바일 장치의 장기 간 자원 할당(long-term resource allocation)하며,

상기 셀 목록을 예측하는 단계에서, 상기 클라우드 서버는 상기 모바일 장치의 현재 위치와 이동 속도로 구성된 이동 경로를 감지하고, 상기 모바일 장치의 연속적인 이동 경로 추적을 통해 이동 경로 상에 있는 일련의 셀 목록을 예측하고,

상기 클라우드 서버는 최적의 무선 센서 노드를 선택하기 위해서, 모든 무선 센서 노드에 대한 보상(payoff)인 P 를 사용하여 최고 응답 전략(best response strategy)인 S 를 계산하고, 각 무선 센서 노드 N 에 대한 S 의 집합인 S_{set} 를 구성하고, S_{set} 에서 최적의 무선 센서 노드를 선택하는 것을 특징으로 하는 스마트 팩토리 환경의 무선

센서 네트워크 자원 할당 방법.