

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2015년 10월 15일 (15.10.2015)



(10) 국제공개번호
WO 2015/156485 A1

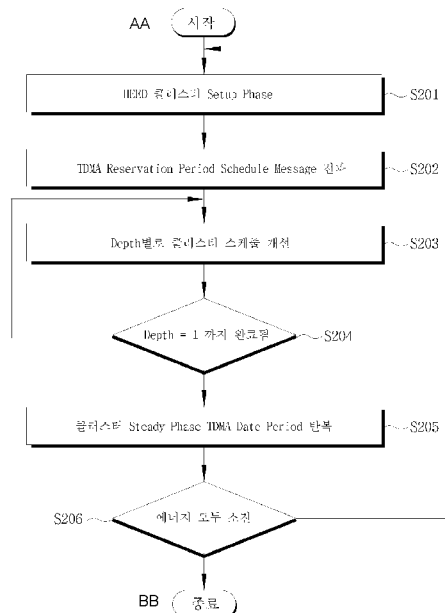
- (51) 국제특허분류:
H04W 72/12 (2009.01) H04W 84/18 (2009.01)
H04W 74/04 (2009.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2015/000768
- (22) 국제출원일: 2015년 1월 23일 (23.01.2015)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2014-0041484 2014년 4월 7일 (07.04.2014) KR
- (71) 출원인: 부산대학교 산학협력단 (PUSAN NATIONAL UNIVERSITY INDUSTRY-UNIVERSITY COOPERATION FOUNDATION) [KR/KR]; 609-735 부산시 금정구 부산대학교로 63번길 2(장전동, 부산대학교), Busan (KR).
- (72) 발명자: 정상화 (CHUNG, Sanghwa); 609-710 부산시 금정구 금샘로 262, 205동 1801호(구서동, 쌍용예가 2단지), Busan (KR). 이화경 (LEE, Hwakyung); 660-904 경상남도 진주시 술밭로 83번길 23(상평동), Gyeong-sangnam-do (KR).

- (74) 대리인: 오위환 (OH, Wihwan); 135-907 서울시 강남구 봉은사로 116, 5층(역삼동, 은성빌딩), Seoul (KR).
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[다음 쪽 계속]

(54) Title: DEPTH-BASED TDMA DISTRIBUTION SCHEDULING SLOT APPARATUS AND METHOD OF INDUSTRIAL WIRELESS SENSOR NETWORK

(54) 발명의 명칭: 산업 무선 센서 네트워크의 깊이 기반 TDMA 분산 슬롯 스케줄링 장치 및 방법



S201 ... HEED cluster setup phase
S202 ... Transmit TDMA reservation period schedule message
S203 ... Improve cluster schedule for each depth
S204 ... Completed up to depth = 1
S205 ... Repeat cluster steady phase TDMA date period
S206 ... All energy exhausted
AA ... Start
BB ... End

(57) Abstract: The present invention relates to a depth-based TDMA distribution scheduling slot apparatus and method of an industrial wireless sensor network, which comprises: a time slot information collection unit for deciding a useable time slot interval in a whole period according to a depth in order to improve a cluster schedule for each depth; a collision relation definition module for defining a collision relationship by collecting time slot information of a peripheral 2-hop node while maintaining a DB-TDMA scheduling; a collision information reception unit for receiving collision information defined through the collision relation definition module; an information comparison and interval selection unit for selecting an interval in which a collision does not occur, by comparing information received through the collision information reception unit with information of itself; a schedule offset value calculation unit for calculating a schedule offset value to be moved to be scheduled in the selected interval; and a schedule adjustment unit for adjusting a scheduling by providing a collision avoidance offset which can move a slot to avoid the collision, by calculating final slot information assigned to each node and adding the calculated schedule offset value through a reference of peripheral collision information.

(57) 요약서:

[다음 쪽 계속]

WO 2015/156485 A1

**규칙 4.17 에 의한 선언서:****공개:**

- 신규성을 해치지 아니하는 개시 또는 신규성 상실의 예외에 관한 선언 (규칙 4.17(v)) — 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

본 발명은 산업 무선 센서 네트워크의 깊이 기반 TDMA 분산 슬롯 스케줄링 장치 및 방법에 관한 것으로, 깊이(Depth) 별로 클러스터 스케줄을 개선하기 위하여, 깊이에 따라 전체 주기에서 사용 가능한 타임 슬롯 구간을 정하는 타임 슬롯 정보 수집부; DB-TDMA 스케줄링을 유지하면서, 주변 2 홉 노드의 타임 슬롯 정보 수집을 통해 충돌 관계를 정의하는 충돌 관계 정의 모듈; 상기 충돌 관계 정의 모듈을 통하여 정의된 충돌 정보를 수신하는 충돌 정보 수신부; 상기 충돌 정보 수신부를 통하여 수신한 정보와 자신의 정보를 비교하여 충돌을 일으키지 않는 구간을 선택하는 정보 비교 및 구간 선택부; 선택된 구간에 스케줄링 되기 위해 이동해야 할 스케줄 오프셋 값을 계산하는 스케줄 오프셋 값 계산부; 각 노드에 부여되는 최종 슬롯 정보를 계산하고 주변 충돌 정보의 참조를 통하여 계산된 스케줄 오프셋 값을 더하여 충돌을 피해 슬롯을 이동할 수 있는 충돌 회피 오프셋을 제공하여 스케줄을 조정하는 스케줄 조정부;를 포함하는 것이다.

명세서

발명의 명칭: 산업 무선 센서 네트워크의 깊이 기반 T D M A 분산 슬롯 스케줄링 장치 및 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 산업 무선 센서 네트워크에 관한 것으로, 구체적으로 깊이에 따라 전체 주기에서 사용 가능한 타임 슬롯 구간을 정하고, 클러스터 헤드를 중심으로 그 구간 내에서 동일한 깊이의 모든 노드가 타임 슬롯을 할당받도록 한 산업 무선 센서 네트워크의 깊이 기반 TDMA 분산 슬롯 스케줄링 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 산업 환경의 무선 센서 네트워크는 대규모 환경에서 네트워크를 관리하므로 그에 맞는 적절한 MAC, 네트워크 프로토콜 및 스케줄링 기법의 선택이 요구된다.
- [3] 네트워크 프로토콜은 평면과 클러스터 토폴로지로 나눌 수 있다. 네트워크상에 존재하는 노드 수가 많아지면, 단순한 트리구조로는 효율적인 네트워크 관리를 할 수 없다.
- [4] 따라서, 클러스터 토폴로지를 사용하여, 네트워크 전체를 그룹화 하여 통신함으로써 트래픽 부하를 줄일 수 있다.
- [5] MAC 프로토콜 관점에서는 수많은 센서들로부터 데이터를 수집해야 하므로 경쟁기반 프로토콜 대신 예약기반 프로토콜을 사용하는 것이 적절하다. 왜냐하면, 경쟁기반 프로토콜이 네트워크 밀집도가 높아질수록 충돌이 더 자주 발생한다는 문제점을 갖기 때문이다.
- [6] 따라서, 예약기반 프로토콜인 TDMA를 사용함으로써 성능과 신뢰성을 갖추고자 하고 있다.
- [7] 스케줄링 기법은 크게 중앙 집중 기법과 분산 기법이 있다.
- [8] 중앙 집중 기법은 기지국에서 전체 네트워크에 대한 정보를 관리하므로 기지국을 통한 최적화된 스케줄을 제공할 수 있는 장점이 있다.
- [9] 하지만, 전체 네트워크 정보를 수집하고 스케줄 정보를 다시 전달하기 위해 많은 트래픽이 유발될 수 있고, 네트워크 규모가 커지면 정보 교환에 걸리는 지연시간이 매우 길어진다.
- [10] 반면 분산 기법은 네트워크상의 각 노드가 자신의 스케줄을 결정하는 방식이므로 중앙 집중식에 비해 트래픽이 적고 스케줄링에 소요되는 시간이 짧다. 따라서 산업 무선 센서 네트워크와 같이 큰 규모의 네트워크에 적용하기에

적합하다.

- [11] 결과적으로는, 이러한 관점이 잘 결합 된 프로토콜을 개발함으로 해서 대규모 환경에서 적용할 수 있는 최적의 무선 센서 네트워크 관리 기술을 개발하는 것이 요구된다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [12] 본 발명은 이와 같은 종래 기술의 산업 무선 센서 네트워크 관리의 문제를 해결하기 위한 것으로, 깊이에 따라 전체 주기에서 사용 가능한 타임 슬롯 구간을 정하고, 클러스터 헤드를 중심으로 그 구간 내에서 동일한 깊이의 모든 노드가 타임 슬롯을 할당받도록 한 산업 무선 센서 네트워크의 깊이 기반 TDMA 분산 슬롯 스케줄링 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [13] 본 발명은 네트워크상의 모든 노드가 타임 슬롯을 할당받을 수 있고 동일한 깊이의 서로 다른 클러스터 간에는 병렬적으로 같은 구간에서 통신할 수 있도록 한 산업 무선 센서 네트워크의 깊이 기반 TDMA 분산 슬롯 스케줄링 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [14] 본 발명은 DB-TDMA가 줄이지 못한 서로 다른 깊이의 노드 간 통신을 병렬적으로 수행하도록 하고 형제 클러스터 간 충돌 문제를 제거할 수 있는 슬롯 할당을 포함하여, DB-TDMA 스케줄링을 유지할 수 있도록 한 산업 무선 센서 네트워크의 깊이 기반 TDMA 분산 슬롯 스케줄링 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [15] 본 발명은 주변 2홉 노드의 타임 슬롯 정보 수집을 통해 충돌 관계를 정의하고 충돌 정보를 수신할 때, 자신의 스케줄을 변경하는 구성을 포함하는 산업 무선 센서 네트워크의 깊이 기반 TDMA 분산 슬롯 스케줄링 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [16] 본 발명은 산업 무선 센서 네트워크 환경에서의 저전력 및 지연시간 단축을 가능하도록 하여 공장의 생산 공정 관리, 해양 플랜트, 바다 양식장 환경 정보 수집 등 수집 데이터를 응용하여 시스템을 관리하는 모든 분야에 적용될 수 있도록 한 산업 무선 센서 네트워크의 깊이 기반 TDMA 분산 슬롯 스케줄링 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [17] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제 해결 수단

- [18] 이와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 산업 무선 센서 네트워크의 깊이 기반 TDMA 분산 슬롯 스케줄링 장치는 깊이(Depth)별로 클러스터 스케줄을 개선하기 위하여, 깊이에 따라 전체 주기에서 사용 가능한 타임 슬롯 구간을 정하는 타임 슬롯 정보 수집부; DB-TDMA 스케줄링을 유지하면서, 주변

2홉 노드의 타임 슬롯 정보 수집을 통해 충돌 관계를 정의하는 충돌 관계 정의 모듈;상기 충돌 관계 정의 모듈을 통하여 정의된 충돌 정보를 수신하는 충돌 정보 수신부;상기 충돌 정보 수신부를 통하여 수신한 정보와 자신의 정보를 비교하여 충돌을 일으키지 않는 구간을 선택하는 정보 비교 및 구간 선택부;선택된 구간에 스케줄링 되기 위해 이동해야 할 스케줄 오프셋 값을 계산하는 스케줄 오프셋 값 계산부;각 노드에 부여되는 최종 슬롯 정보를 계산하고 주변 충돌 정보의 참조를 통하여 계산된 스케줄 오프셋 값을 더하여 충돌을 피해 슬롯을 이동할 수 있는 충돌 회피 오프셋을 제공하여 스케줄을 조정하는 스케줄 조정부;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

- [19] 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 산업 무선 센서 네트워크의 깊이 기반 TDMA 분산 슬롯 스케줄링 방법은 깊이(Depth)별로 클러스터 스케줄을 개선하기 위하여, 깊이에 따라 전체 주기에서 사용 가능한 타임 슬롯 구간을 정하는 단계;DB-TDMA 스케줄링을 유지하면서, 주변 2홉 노드의 타임 슬롯 정보 수집을 통해 충돌 관계를 정의하여 충돌 정보를 수신하는 단계;수신한 정보와 자신의 정보를 비교하여 충돌을 일으키지 않는 구간을 선택하고, 선택된 구간에 스케줄링 되기 위해 이동해야 할 스케줄 오프셋 값(Movement)을 계산하는 단계;각 노드에 부여되는 최종 슬롯 정보를 계산하고 주변 충돌 정보의 참조를 통하여 계산된 스케줄 오프셋 값을 더하여 충돌을 피해 슬롯을 이동할 수 있는 충돌 회피 오프셋을 제공하여 스케줄을 조정하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

- [20] 여기서, 깊이(Depth)별로 클러스터 스케줄을 개선하기 위하여,Send 조건이면 개선을 위한 방법을 수행하고, None이면 수행하지 않는 방식으로 진행하고,Send 조건일 때, 센서 노드 n의 타임 슬롯 스케줄 정보를 주변 클러스터 헤드가 수신할 수 있도록 브로드캐스트(Broadcast)하는 것을 특징으로 한다.

- [21] 그리고 상기 각 노드에 부여되는 최종 슬롯 정보는,

- [22]
$$Slot = S_{head}(d) + Movement + S_{TDMA}$$
으로 계산하고, 각

클러스터의 깊이 값에 따라 슬롯 할당이 시작되는 구간을 $S_{head}(d)$, 클러스터 내의 노드들이 사용할 각 슬롯을 정하는 offset을 S_{TDMA} 로 하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [23] 이와 같은 본 발명에 따른 산업 무선 센서 네트워크의 깊이 기반 TDMA 분산 슬롯 스케줄링 장치 및 방법은 다음과 같은 효과를 갖는다.

- [24] 첫째, 클러스터 헤드를 중심으로 그 구간 내에서 동일한 깊이의 모든 노드가 타임 슬롯을 할당받도록 하여 효율적인 산업 무선 센서 네트워크 관리가 가능하다.

- [25] 둘째, 네트워크상의 모든 노드가 타임 슬롯을 할당받을 수 있고 동일한 깊이의 서로 다른 클러스터 간에는 병렬적으로 같은 구간에서 통신할 수 있도록 한다.

- [26] 셋째, DB-TDMA가 줄이지 못한 서로 다른 깊이의 노드 간 통신을 병렬적으로

수행하도록 하고 형제 클러스터 간 충돌 문제를 제거할 수 있다.

[27] 넷째, 주변 2홉 노드의 타임 슬롯 정보 수집을 통해 충돌 관계를 정의하고 충돌 정보를 수신할 때, 자신의 스케줄을 변경하는 것이 가능하다.

[28] 다섯째, 산업 무선 센서 네트워크 환경에서의 저전력 및 지연시간 단축을 가능하도록 하여 공장의 생산 공정 관리, 해양 플랜트, 바다 양식장 환경 정보 수집 등 수집 데이터를 응용하여 시스템을 관리하는 모든 분야에 적용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[29] 도 1은 본 발명에 따른 깊이 기반 TDMA 분산 슬롯 스케줄링 장치의 구성도

[30] 도 2는 본 발명에 따른 깊이 기반 TDMA 분산 슬롯 스케줄링 방법을 나타낸 플로우 차트

[31] 도 3은 HEED 기반 토폴로지 일 예를 나타낸 구성도

[32] 도 4와 도 5는 DB-TDMA 통신에 따른 충돌 유형을 나타낸 구성도

[33] 도 6과 도 7은 DB-TDMA 슬롯 스케줄링 결과 및 본 발명에 따른 개선된 DB-TDMA 슬롯 스케줄링 결과 그래프

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[34] 이하, 본 발명에 따른 산업 무선 센서 네트워크의 깊이 기반 TDMA 분산 슬롯 스케줄링 장치 및 방법의 바람직한 실시 예에 관하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

[35] 본 발명에 따른 산업 무선 센서 네트워크의 깊이 기반 TDMA 분산 슬롯 스케줄링 장치 및 방법의 특징 및 이점들은 이하에서의 각 실시 예에 대한 상세한 설명을 통해 명백해질 것이다.

[36] 도 1은 본 발명에 따른 깊이 기반 TDMA 분산 슬롯 스케줄링 장치의 구성도이고, 도 2는 본 발명에 따른 깊이 기반 TDMA 분산 슬롯 스케줄링 방법을 나타낸 플로우 차트이다.

[37] 본 발명은 깊이에 따라 전체 주기에서 사용 가능한 타임 슬롯 구간을 정하고, 클러스터 헤드를 중심으로 그 구간 내에서 동일한 깊이의 모든 노드가 타임 슬롯을 할당 받는 것으로, 네트워크상의 모든 노드가 타임 슬롯을 할당 받을 수 있고 동일한 깊이의 서로 다른 클러스터 간에는 병렬적으로 같은 구간에서 통신할 수 있도록 하는 깊이 기반 TDMA 분산 슬롯 스케줄링에 관한 것이다.

[38] 특히, DB-TDMA가 줄이지 못한 서로 다른 깊이의 노드 간 통신을 병렬적으로 수행하도록 하고 형제 클러스터 간 충돌 문제를 제거할 수 있는 슬롯 할당을 포함하여, DB-TDMA 스케줄링을 유지하면서, 주변 2홉 노드의 타임 슬롯 정보 수집을 통해 충돌 관계를 정의하고 충돌 정보를 수신할 때, 자신의 스케줄을 변경하는 구성을 포함하는 것이다.

[39] 무선 센서 네트워크에서 에너지 소모를 줄이고 다양한 지연시간을 줄이는 기법을 적용한 기술이 많이 존재한다. 하지만 대부분이 주파수 분할 관점,

클러스터 형성 관점, 슬롯 길이를 조절하는 방법 관하여 초점이 되어 있으므로 슬롯 할당의 관점에서는 거의 활용되지 않았다.

- [40] 본 발명에 따른 산업 무선 센서 네트워크의 깊이 기반 TDMA 분산 슬롯 스케줄링 장치 및 방법은 산업 무선 센서 네트워크와 같은 매우 큰 환경에서 구축된 클러스터 네트워크를 기반으로 각 센서 노드에 분산적으로 타임 슬롯을 할당하기 위한 효율적인 방법을 제시하는 것이다.
- [41] 본 발명에 따른 산업 무선 센서 네트워크의 깊이 기반 TDMA 분산 슬롯 스케줄링 장치는 도 1에서와 같이, 깊이에 따라 전체 주기에서 사용 가능한 타임 슬롯 구간을 정하는 타임 슬롯 정보 수집부(10)와, DB-TDMA 스케줄링을 유지하면서, 주변 2홉 노드의 타임 슬롯 정보 수집을 통해 충돌 관계를 정의하는 충돌 관계 정의 모듈(20)과, 충돌 정보를 수신하는 충돌 정보 수신부(30)와, 수신한 정보와 자신의 정보를 비교하여 충돌을 일으키지 않는 구간을 선택하는 정보 비교 및 구간 선택부(40)와, 선택된 구간에 스케줄링 되기 위해 이동해야 할 스케줄 오프셋 값을 계산하는 스케줄 오프셋 값 계산부(50)와, 각 노드에 부여되는 최종 슬롯 정보를 계산하고 주변 충돌 정보의 참조를 통하여 계산된 스케줄 오프셋 값을 더하여 충돌을 피해 슬롯을 이동할 수 있는 충돌 회피 오프셋을 제공하여 스케줄을 조정하는 스케줄 조정부(60)를 포함한다.
- [42] 이와 같은 본 발명에 따른 산업 무선 센서 네트워크의 깊이 기반 TDMA 분산 슬롯 스케줄링 장치를 이용한 클러스터 네트워크 형성 및 TDMA 스케줄링 과정은 다음과 같다.
- [43] 도 2에서와 같이, HEED 클러스터 셋업(S201) 및 TDMA Reservation Period Schedule Message 전파 단계(S202)를 거쳐 깊이(Depth)별로 클러스터 스케줄 개선을 위한 단계를 수행한다.(S203)
- [44] 깊이(Depth)별로 클러스터 스케줄을 개선하기 위한 단계는,
- [45] 깊이에 따라 전체 주기에서 사용 가능한 타임 슬롯 구간을 정하는 단계와, DB-TDMA 스케줄링을 유지하면서, 주변 2홉 노드의 타임 슬롯 정보 수집을 통해 충돌 관계를 정의하여 충돌 정보를 수신하는 단계와, 수신한 정보와 자신의 정보를 비교하여 충돌을 일으키지 않는 구간을 선택하는 단계와, 선택된 구간에 스케줄링 되기 위해 이동해야 할 스케줄 오프셋 값을 계산하는 단계와, 각 노드에 부여되는 최종 슬롯 정보를 계산하고 주변 충돌 정보의 참조를 통하여 계산된 스케줄 오프셋 값을 더하여 충돌을 피해 슬롯을 이동할 수 있는 충돌 회피 오프셋을 제공하여 스케줄을 조정하는 단계를 포함한다.
- [46] 이와 같은 깊이(Depth)별로 클러스터 스케줄 개선을 위한 단계를 깊이=1(Depth=1)까지 진행하고(S204), 클러스터 steady Phase TDMA Data Period을 반복하는 과정을 에너지가 모두 소진될 때까지 진행한다.(S206)
- [47] 이와 같은 본 발명에 따른 산업 무선 센서 네트워크의 깊이 기반 TDMA 분산 슬롯 스케줄링 장치 및 방법은 분산 스케줄링 기법 중 DB-TDMA 기법을 개선시킨 방법이다.

- [48] DB-TDMA는 네트워크상의 각 노드가 지닌 깊이정보를 통해 깊이별로 스케줄링을 수행하여 단계적으로 데이터 수집이 가능하게 하고 있다.
- [49] 도 3의 예제 토폴로지를 DB-TDMA로 스케줄링하면 도 6에서와 같은 결과를 얻을 수 있다.
- [50] 그 방법은 깊이에 따라 전체 주기에서 사용 가능한 타임 슬롯 구간을 정하고, 클러스터 헤드를 중심으로 그 구간 내에서 동일한 깊이의 모든 노드가 타임 슬롯을 할당받는 것이다.
- [51] 이에 의해 네트워크상의 모든 노드가 타임 슬롯을 할당 받을 수 있고 동일한 깊이의 서로 다른 클러스터 간에는 병렬적으로 같은 구간에서 통신할 수 있다.
- [52] 하지만 이러한 방법은 도 4b에 명시된 형제 노드간의 충돌을 일으켜 네트워크의 신뢰성을 떨어뜨린다. 깊이의 노드 간의 신호 간섭을 고려하지 않고 병렬 스케줄링을 수행하기 때문이다.
- [53] 또한, 도 4의 경우처럼 직접적 신호 간섭이 없음에도 깊이가 달라서 다른 구간에 스케줄 되어 효율적인 슬롯 할당이 이루어지지 않는 상황도 발생한다.
- [54] 본 발명은 DB-TDMA가 줄이지 못한 서로 다른 깊이의 노드 간 통신을 병렬적으로 수행하도록 하고 형제 클러스터 간 충돌 문제를 제거할 수 있는 슬롯 할당 기법을 제시한다.
- [55] DB-TDMA 스케줄링을 유지하면서, 주변 2홉 노드의 타임 슬롯 정보 수집을 통해 충돌 관계를 정의하고 충돌 정보를 수신할 때, 자신의 스케줄을 변경한다.
- [56] 이때, 스케줄 개선 수행 조건을 도 4와 도 5에 의해 분류하면 다음과 같은 식에 따라 나눌 수 있다.
- [57] Send 조건이면 개선된 방법을 수행하고, None이면 수행하지 않는 방식이다.
- [58] Send 조건일 때, 센서 노드 n 의 타임 슬롯 스케줄 정보를 주변 클러스터 헤드가 수신할 수 있도록 브로드캐스트(Broadcast)한다.
- [59] 수학적식 1

$$\begin{aligned} ScheduleInfo(n) = \{ CH(n) > ConflictCH(n)Send \\ CH(n) = ConflictCH(n)Send \\ CH(n) < ConflictCH(n)Send \} \end{aligned}$$

- [60] 이어서 수신한 정보와 자신의 정보를 비교하여 충돌을 일으키지 않는 구간을 선택하고, 이 구간에 스케줄링 되기 위해 이동해야 할 스케줄 오프셋 값을 계산한다. 이를 Movement라고 정의한다.
- [61] Movement 값을 따로 정의하면, 지속적인 스케줄 변경 시도에 대해 스케줄 전체를 변경하지 않고 offset값 수정만으로도 스케줄 변경이 가능해진다.
- [62] 수학적식 2

$$Slot = S_{head}(d) + Movement + S_{TDMA}$$

- [63] 주변 충돌 정보의 참조를 통한 Movement값 계산 후에 각 노드에 부여되는 최종 슬롯 정보는 수학적 식 2로 계산한다.
- [64] 각 클러스터의 깊이 값에 따라 슬롯 할당이 시작되는 구간을 $S_{\text{head}}(d)$ 라 하고, 그에 더하여 클러스터 내의 노드들이 사용할 각 슬롯을 정하는 offset을 S_{TDMA} 로 하는 것이 DB-TDMA의 할당 기법이다.
- [65] 그리고 본 발명은 이 값에 Movement를 더하여 충돌을 피해 슬롯을 이동할 수 있는 충돌 회피 Offset을 제공한다.
- [66] 위 식을 이용하여 모든 노드가 스케줄을 조정하고 나면 도 7에서 같이 이전의 DB-TDMA 기법인 도 6에 비해 지연시간이 줄어드는 스케줄을 얻을 수 있다.
- [67] 이와 같은 본 발명에 따른 산업 무선 센서 네트워크의 깊이 기반 TDMA 분산 슬롯 스케줄링 장치 및 방법을 적용을 위해서는 HEED(Hybrid, Energy-Efficient Distributed Clustering Approach) 기반의 클러스터 네트워크를 구축할 수 있는 하드웨어 및 소프트웨어가 필요하다.
- [68] 산업 환경에서 구축되어 있는 유선 모니터링 장비를 저가의 무선 기반 네트워크로 대체하고자 하는 움직임이 산업계에서 활발하게 일고 있다. 이와 함께 센서에 사용되는 MCU가 계속 발전되고 있기 때문에 더 많은 환경에 무선 센서 네트워크를 적용할 수 있는 기반이 마련되고 있다.
- [69] 그리고 다량의 센서가 설치되어 있는 산업 환경에서 보다 오랜 시간 동안 기능을 수행할 수 있어야하므로, 에너지 효율성 관점은 계속 요구될 것이며, 에너지 소모를 줄이고 데이터 수집에 따른 지연시간을 줄이기 위해서 분산적인 스케줄링 기법이 필요하다.
- [70] 따라서, 본 발명에 따른 산업 무선 센서 네트워크의 깊이 기반 TDMA 분산 슬롯 스케줄링 장치 및 방법에서 제시하고 있는 데이터 수집 응용에서 높은 에너지 효율성과 낮은 지연 시간을 제공하는 DB-TDMA 개선 기법은 필요성이 높다.
- [71] 이상에서의 설명에서와 같이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 본 발명이 구현되어 있음을 이해할 수 있을 것이다.
- [72] 그러므로 명시된 실시 예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 하고, 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구 범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

산업상 이용가능성

- [73] 본 발명은 깊이에 따라 전체 주기에서 사용 가능한 타임 슬롯 구간을 정하고, 클러스터 헤드를 중심으로 그 구간 내에서 동일한 깊이의 모든 노드가 타임 슬롯을 할당받도록 한 산업 무선 센서 네트워크의 깊이 기반 TDMA 분산 슬롯 스케줄링 장치 및 방법에 관한 것이다.

청구범위

[청구항 1]

깊이(Depth)별로 클러스터 스케줄을 개선하기 위하여,
 깊이에 따라 전체 주기에서 사용 가능한 타임 슬롯 구간을 정하는
 타임 슬롯 정보 수집부;
 DB-TDMA 스케줄링을 유지하면서, 주변 2홉 노드의 타임 슬롯
 정보 수집을 통해 충돌 관계를 정의하는 충돌 관계 정의 모듈;
 상기 충돌 관계 정의 모듈을 통하여 정의된 충돌 정보를 수신하는
 충돌 정보 수신부;
 상기 충돌 정보 수신부를 통하여 수신한 정보와 자신의 정보를
 비교하여 충돌을 일으키지 않는 구간을 선택하는 정보 비교 및
 구간 선택부;
 선택된 구간에 스케줄링 되기 위해 이동해야 할 스케줄 오프셋
 값을 계산하는 스케줄 오프셋 값 계산부;
 각 노드에 부여되는 최종 슬롯 정보를 계산하고 주변 충돌 정보의
 참조를 통하여 계산된 스케줄 오프셋 값을 더하여 충돌을 피해
 슬롯을 이동할 수 있는 충돌 회피 오프셋을 제공하여 스케줄을
 조정하는 스케줄 조정부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 산업
 무선 센서 네트워크의 깊이 기반 TDMA 분산 슬롯 스케줄링 장치.

[청구항 2]

깊이(Depth)별로 클러스터 스케줄을 개선하기 위하여,
 깊이에 따라 전체 주기에서 사용 가능한 타임 슬롯 구간을 정하는
 단계;
 DB-TDMA 스케줄링을 유지하면서, 주변 2홉 노드의 타임 슬롯
 정보 수집을 통해 충돌 관계를 정의하여 충돌 정보를 수신하는
 단계;
 수신한 정보와 자신의 정보를 비교하여 충돌을 일으키지 않는
 구간을 선택하고, 선택된 구간에 스케줄링 되기 위해 이동해야 할
 스케줄 오프셋 값(Movement)을 계산하는 단계;
 각 노드에 부여되는 최종 슬롯 정보를 계산하고 주변 충돌 정보의
 참조를 통하여 계산된 스케줄 오프셋 값을 더하여 충돌을 피해
 슬롯을 이동할 수 있는 충돌 회피 오프셋을 제공하여 스케줄을
 조정하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 산업 무선 센서
 네트워크의 깊이 기반 TDMA 분산 슬롯 스케줄링 방법.

[청구항 3]

제 2 항에 있어서, 깊이(Depth)별로 클러스터 스케줄을 개선하기
 위하여,
 Send 조건이면 개선을 위한 방법을 수행하고, None이면 수행하지
 않는 방식으로 진행하고,
 Send 조건일 때, 센서 노드 n의 타임 슬롯 스케줄 정보를 주변

클러스터 헤드가 수신할 수 있도록 브로드캐스트(Broadcast)하는 것을 특징으로 하는 산업 무선 센서 네트워크의 깊이 기반 TDMA 분산 슬롯 스케줄링 방법.

[청구항 4]

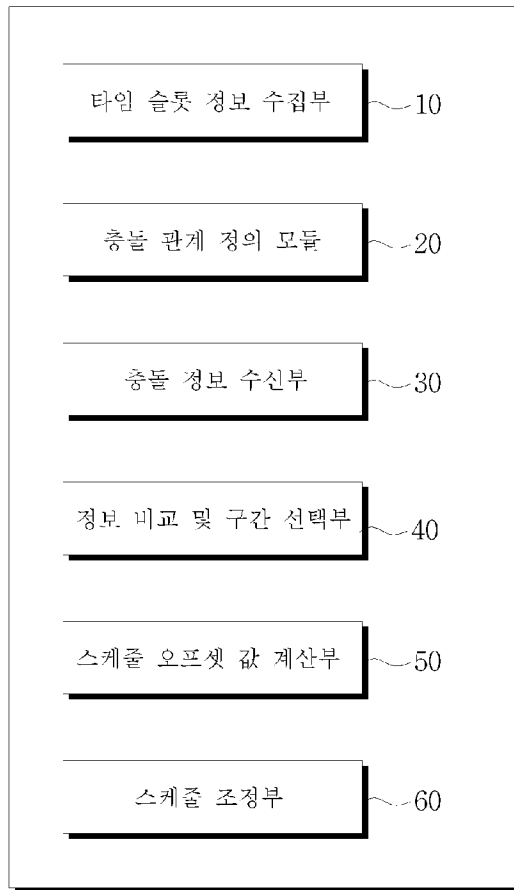
제 2 항에 있어서, 상기 각 노드에 부여되는 최종 슬롯 정보는,

$$Slot = S_{head}(d) + Movement + S_{TDMA}$$

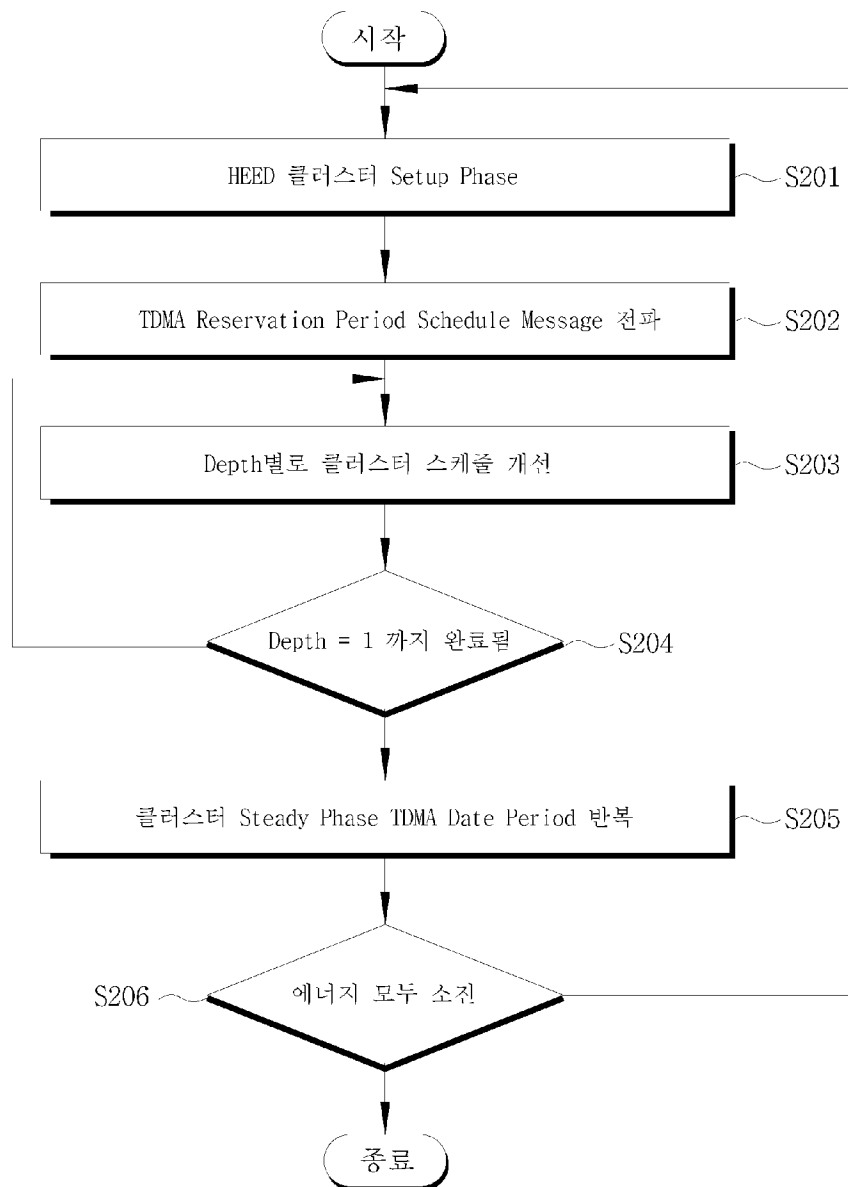
으로 계산하고,

각 클러스터의 깊이 값에 따라 슬롯 할당이 시작되는 구간을 $S_{head}(d)$, 클러스터 내의 노드들이 사용할 각 슬롯을 정하는 offset을 S_{TDMA} 로 하는 것을 특징으로 하는 산업 무선 센서 네트워크의 깊이 기반 TDMA 분산 슬롯 스케줄링 방법.

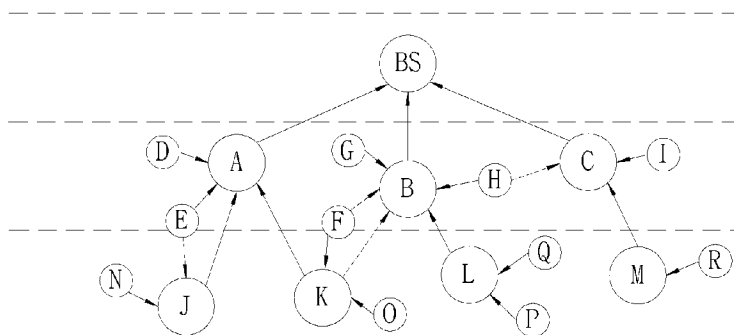
[Fig. 1]



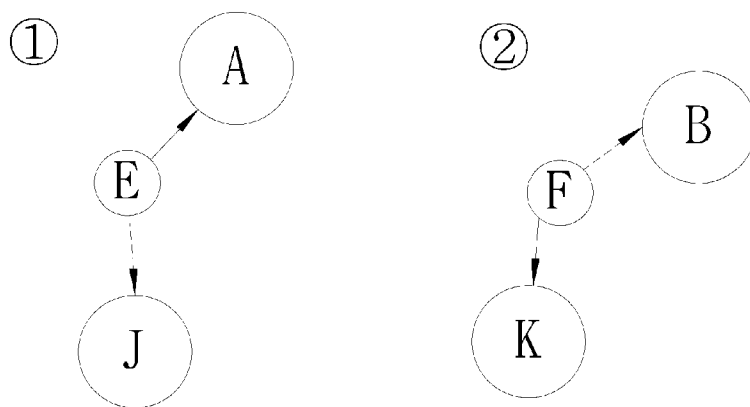
[Fig. 2]



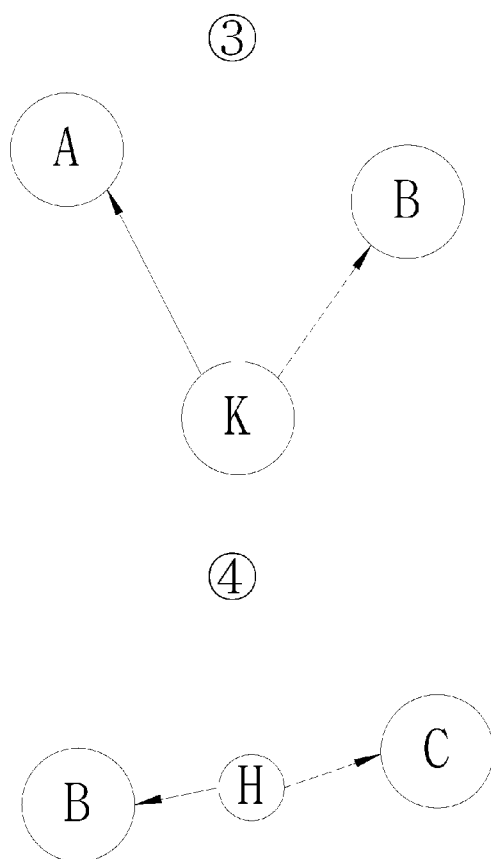
[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]



[illegible]

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2015/000768**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER*****H04W 72/12(2009.01)i, H04W 74/04(2009.01)i, H04W 84/18(2009.01)i***

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04W 72/12; H04B 7/212; H04L 12/24; H04L 12/56; H04W 74/04; H04W 84/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: HEED (Hybrid Energy-Efficient Distributed Clustering), depth-based TDMA scheduling, offset, clustering sensor networks

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	ZUSHENG ZHANG et al., "A Depth-Based TDMA Scheduling for Clustering Sensor Networks", 2009 International Conference on Frontier of Computer Science and Technology, pages 261-266, 17-19 December 2009 See section 2-3; and figure 2	1-4
A	SINEM COLERI ERGEN et al., "TDMA Scheduling Algorithms for Wireless Sensor Networks", Wireless Networks, Volume 16, Issue 4, pages 985-997, May 2010 See abstract; and section 1.	1-4
A	US 2006-0209780 A1 (NIKULA, Eero et al.) 21 September 2006 See paragraphs [0062]-[0066]; claim 1; and figure 5.	1-4
A	EP 1835668 B1 (NTT DOCOMO, INC.) 14 May 2008 See paragraphs [0071]-[0075]; claim 1; and figures 8A-8B.	1-4
X	LEE, Hwa Gyeong et al., "Distributed TDMA Scheduling Algorithm for Industrial WSN to Reduce the Data Collection Delay of Emergency", 2014 KICS Winter Conference, pages 43-44, 22-24 January 2014 See section II-III. * The above document is a document declaring non-prejudicial lack of novelty by the applicant.	1-4



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 MAY 2015 (28.05.2015)

Date of mailing of the international search report

29 MAY 2015 (29.05.2015)

Name and mailing address of the ISA/KR



Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2015/000768

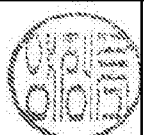
C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	LEE, Hwa Kyung, "Improved DB-TDMA Scheduling Algorithm for Industrial WSN to Reduce the End-To-end Delay", Master's Thesis of Science and Engineering, Graduate School of Pusan National University, Department of Electrical and Computer Engineering, February 2014 See chapters 2-3. * The above document is a document declaring non-prejudicial lack of novelty by the applicant.	1-4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2015/000768

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
US 2006-0209780 A1	21/09/2006	EP 1842295 A1 WO 2006-077284 A1	10/10/2007 27/07/2006
EP 1835668 B1	14/05/2008	DE 602006001201 D1 EP 1835668 A1 JP 04394699 B2 JP 2007-267381 A	26/06/2008 19/09/2007 06/01/2010 11/10/2007

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) H04W 72/12(2009.01)i, H04W 74/04(2009.01)i, H04W 84/18(2009.01)i																				
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) H04W 72/12; H04B 7/212; H04L 12/24; H04L 12/56; H04W 74/04; H04W 84/18 조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: HEED (Hybrid Energy-Efficient Distributed Clustering), depth-based TDMA scheduling, offset, clustering sensor networks																				
C. 관련 문헌 <table border="1"> <thead> <tr> <th>카테고리*</th> <th>인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재</th> <th>관련 청구항</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>ZUSHENG ZHANG 등, 'A Depth-Based TDMA Scheduling for Clustering Sensor Networks', 2009 International Conference on Frontier of Computer Science and Technology, 페이지 261-266, 2009.12.17-19 섹션 2-3; 및 도면 2 참고</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>SINEM COLERI ERGEN 등, 'TDMA Scheduling Algorithms for Wireless Sensor Networks', Wireless Networks, Volume 16, Issue 4, 페이지 985-997, 2010.05 요약; 및 섹션 1 참조.</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2006-0209780 A1 (EERO NIKULA 등) 2006.09.21 단락 [0062]-[0066]; 청구항 1; 및 도면 5 참조.</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>EP 1835668 B1 (NTT DOCOMO, INC.) 2008.05.14 단락 [0071]-[0075]; 청구항 1; 및 도면 8A-8B 참조.</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>이화경 등, '산업 무선 센서 네트워크에서 긴급 상황의 데이터 수집 지연시간 감소를 위한 TDMA 분산 슬롯 스케줄링 기법', 한국통신학회 2014년도 동계종합학술발표회, 페이지 43-44, 2014.01.22-24 섹션 II-III 참조. * 위 문헌은 출원인이 신규성 상실의 예외로서 선언한 공지문헌임.</td> <td>1-4</td> </tr> </tbody> </table>			카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항	A	ZUSHENG ZHANG 등, 'A Depth-Based TDMA Scheduling for Clustering Sensor Networks', 2009 International Conference on Frontier of Computer Science and Technology, 페이지 261-266, 2009.12.17-19 섹션 2-3; 및 도면 2 참고	1-4	A	SINEM COLERI ERGEN 등, 'TDMA Scheduling Algorithms for Wireless Sensor Networks', Wireless Networks, Volume 16, Issue 4, 페이지 985-997, 2010.05 요약; 및 섹션 1 참조.	1-4	A	US 2006-0209780 A1 (EERO NIKULA 등) 2006.09.21 단락 [0062]-[0066]; 청구항 1; 및 도면 5 참조.	1-4	A	EP 1835668 B1 (NTT DOCOMO, INC.) 2008.05.14 단락 [0071]-[0075]; 청구항 1; 및 도면 8A-8B 참조.	1-4	X	이화경 등, '산업 무선 센서 네트워크에서 긴급 상황의 데이터 수집 지연시간 감소를 위한 TDMA 분산 슬롯 스케줄링 기법', 한국통신학회 2014년도 동계종합학술발표회, 페이지 43-44, 2014.01.22-24 섹션 II-III 참조. * 위 문헌은 출원인이 신규성 상실의 예외로서 선언한 공지문헌임.	1-4
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항																		
A	ZUSHENG ZHANG 등, 'A Depth-Based TDMA Scheduling for Clustering Sensor Networks', 2009 International Conference on Frontier of Computer Science and Technology, 페이지 261-266, 2009.12.17-19 섹션 2-3; 및 도면 2 참고	1-4																		
A	SINEM COLERI ERGEN 등, 'TDMA Scheduling Algorithms for Wireless Sensor Networks', Wireless Networks, Volume 16, Issue 4, 페이지 985-997, 2010.05 요약; 및 섹션 1 참조.	1-4																		
A	US 2006-0209780 A1 (EERO NIKULA 등) 2006.09.21 단락 [0062]-[0066]; 청구항 1; 및 도면 5 참조.	1-4																		
A	EP 1835668 B1 (NTT DOCOMO, INC.) 2008.05.14 단락 [0071]-[0075]; 청구항 1; 및 도면 8A-8B 참조.	1-4																		
X	이화경 등, '산업 무선 센서 네트워크에서 긴급 상황의 데이터 수집 지연시간 감소를 위한 TDMA 분산 슬롯 스케줄링 기법', 한국통신학회 2014년도 동계종합학술발표회, 페이지 43-44, 2014.01.22-24 섹션 II-III 참조. * 위 문헌은 출원인이 신규성 상실의 예외로서 선언한 공지문헌임.	1-4																		
☒ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. ☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.																				
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: "A" 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 "E" 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 "L" 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 "O" 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 "P" 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 "T" 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 "X" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. "Y" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. "&" 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌																				
국제조사의 실제 완료일 2015년 05월 28일 (28.05.2015)		국제조사보고서 발송일 2015년 05월 29일 (29.05.2015)																		
ISA/KR의 명칭 및 우편주소  대한민국 특허청 (302-701) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-472-7140		심사관 양정록 전화번호 +82-42-481-5709 																		

C (계속). 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	이화경, '산업 무선 센서 네트워크에서 중단 간 지연시간 감소를 위한 깊이 기반 TDMA 스케줄링 개선 기법', 공학석사학위논문, 부산대학교 대학원, 전자전기컴퓨터공학과, 2014.02 챕터 2-3 참조. * 위 문헌은 출원인이 신규성 상실의 예외로서 선언한 공지문헌임.	1-4

국제조사보고서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호

PCT/KR2015/000768

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
US 2006-0209780 A1	2006/09/21	EP 1842295 A1 WO 2006-077284 A1	2007/10/10 2006/07/27
EP 1835668 B1	2008/05/14	DE 602006001201 D1 EP 1835668 A1 JP 04394699 B2 JP 2007-267381 A	2008/06/26 2007/09/19 2010/01/06 2007/10/11