

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국



(10) 국제공개번호

(43) 국제공개일
2018년 5월 3일 (03.05.2018)

WIPO PCT

WO 2018/080113 A2

(51) 국제특허분류:

H04L 29/08 (2006.01)

(21) 국제출원번호:

PCT/KR2017/011674

(22) 국제출원일:

2017년 10월 20일 (20.10.2017)

(25) 출원언어:

한국어

(26) 공개언어:

한국어

(30) 우선권정보:

10-2016-0140121 2016년 10월 26일 (26.10.2016) KR

(71) 출원인: 부산대학교 산학협력단 (PUSAN NATIONAL UNIVERSITY INDUSTRY-UNIVERSITY COOPERATION FOUNDATION) [KR/KR]; 46241 부산시 금정구 부산대 학로63번길 2 (강전동, 부산대학교), Busan (KR).

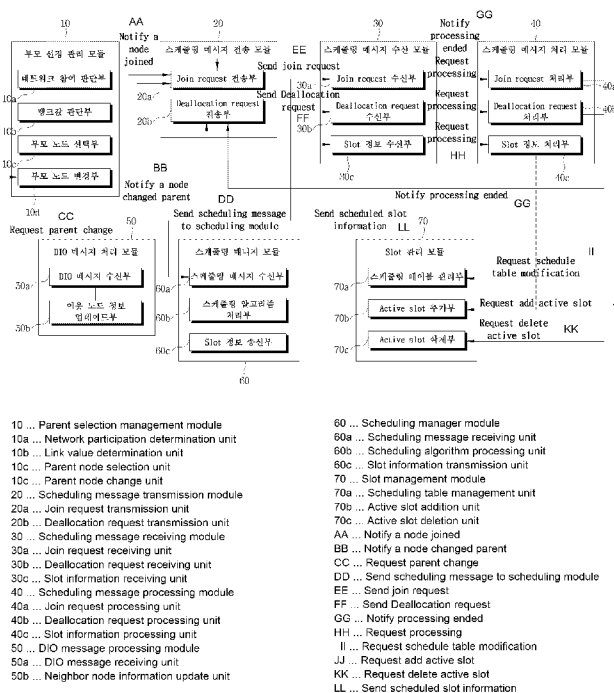
(72) 발명자: 정상화 (CHUNG, Sanghwa); 46242 부산시 금정구 금샘로 262, 205동 1801호 (구서동, 쌍용예가2단지), Busan (KR). 최강훈 (CHOI, Kanghoon); 46297 부산시 금정구 금정로 21-1, 201호 (강전동, 스카이블), Busan (KR).

(74) 대리인: 오위환 (OH, Wihwan); 06542 서울시 서초구 강남대로79길 59, 4층 (반포동, 세로나빌딩), 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, 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,

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR SCHEDULING IN TSCH AND RPL-BASED INDUSTRIAL IOT NETWORK

(54) 발명의 명칭: T S C H 및 R P L 기반의 산업 I o T 네트워크에서의 스케줄링을 위한 장치 및 방법



(57) Abstract: The present invention relates to a device and method for scheduling in a TSCH and RPL-based industrial IoT network, wherein delay time is reduced and network efficiency is increased due to a small scheduling overhead in a TSCH and RPL-based industrial IoT network. The device includes: a parent selection management module which selects a parent node by determining network participation and determining rank value, and changes the parent node; a scheduling message transmission module for delivering a join request message to a root node, and transmitting a deallocation request message; a scheduling message receiving module for receiving the join request message, and receiving the deallocation message, and slot information; a scheduling message processing module for performing a join request message process, a deallocation request message process, and a slot information process; a DIO message



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).

공개:

- 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를 별도로 공개함 (규칙 48.2(g))

processing module for receiving a DIO message and updating neighbor node information; a scheduling manager module for performing scheduling message reception, a scheduling algorithm process, and slot information transmission; and a slot management module for performing scheduling table management, active slot addition, and active slot deletion.

(57) 요약서: 본 발명은 TSCH 및 RPL 기반 산업 IoT 네트워크에서 지연시간을 줄이고, 오버헤드가 작은 스케줄링으로 네트워크 효율성을 높인 TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링을 위한 장치 및 방법에 관한 것으로, 네트워크 참여를 판단하고 링크값을 판단하여 부모 노드를 선택하고, 부모 노드 변경을 수행하는 부모 선정 관리 모듈; 연결 요청(Join Request) 메시지를 루트 노드에게 전달하고, 재할당 요청(Deallocation Request) 메시지를 전송하는 스케줄링 메시지 전송 모듈; 연결 요청(Join Request) 메시지를 수신하고 재할당 요청(Deallocation Request) 메시지, 슬롯 정보를 수신하는 스케줄링 메시지 수신 모듈; 연결 요청(Join Request) 메시지 처리, 재할당 요청(Deallocation Request) 메시지 처리, 슬롯 정보 처리를 수행하는 스케줄링 메시지 처리 모듈; DIO 메시지를 수신하고, 이웃 노드 정보를 업데이트하는 DIO 메시지 처리 모듈; 스케줄링 메시지 수신, 스케줄링 알고리즘 처리, 슬롯 정보 송신을 수행하는 스케줄링 매니저 모듈; 스케줄링 테이블 관리, 액티브 슬롯 추가, 액티브 슬롯 삭제를 수행하는 슬롯 관리 모듈;을 포함하는 것이다.

명세서

발명의 명칭: TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링을 위한 장치 및 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 TSCH 및 RPL 기반 산업 IoT 네트워크에 관한 것으로, 구체적으로 지연시간을 줄이고, 오버헤드가 작은 스케줄링으로 네트워크 효율성을 높인 TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링을 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] IEEE 802.15.4e는 IEEE 802.15.4 표준을 산업용 무선 센서 네트워크 환경에 맞게 MAC 계층을 개선한 표준이다.
- [3] TSCH(Time Slotted Channel Hopping)는 IEEE 802.15.4e의 모드 중 하나로 높은 신뢰성과 저전력 동작을 보여준다. IEEE 802.15.4e 네트워크상의 모든 노드들은 동기화 되어진다.
- [4] TSCH에서 시간은 슬롯(slot) 단위로 쪼개지며, 타임 슬롯(time slot)의 묶음으로 슬롯 프레임(slotframe)이 구성된다.
- [5] 모든 노드는 스케줄링된 슬롯 프레임(slotframe)을 계속 반복하며 타임 슬롯(time slot)에서 전송(transmit), 수신(receive), 슬립(sleep) 중에 하나의 동작을 하게 된다.
- [6] TSCH는 채널 홉핑을 통해 외부 간섭과 다중 경로 페이딩(multi-path fading) 같은 문제점을 줄이고 있다.
- [7] 스케줄은 (slotOffset, channelOffset)의 2차원 배열로 나타내어 지며, 배열의 요소는 "cell"로 지칭된다.
- [8] 셀(cell)은 transmit 또는 receive로 스케줄 되면 해당 cell에서 이웃 노드와 통신을 할 수 있다. IEEE 802.15.4e 표준은 스케줄링 방식에 대해 정의하지 않고 있다.
- [9] 많이 알려진 스케줄링 방법으로는 DeTAS(Decentralized Traffic Aware Scheduling)가 있다.
- [10] DeTAS는 active 슬롯 길이를 최소화하는 스케줄링이다.
- [11] 각각의 노드들은 자신의 트래픽 정보를 부모에게 전송한다. 트래픽정보를 전송받으면, 자신의 트래픽 정보를 업데이트하고 다시 부모에게 전송한다. 이러한 방식으로 각 노드들은 트래픽 정보를 루트까지 전달한다.
- [12] 루트 노드는 자식 노드들을 even 스케줄 또는 odd 스케줄로 나눈다.
- [13] even 스케줄이된 노드는 짝수 slotOffset에서 전송을 하고, 홀수 slotOffset에서 수신을 한다. odd 스케줄이된 노드는 even 스케줄된 노드와 반대의 동작을 한다.
- [14] DeTAS의 특징은 even 스케줄과 odd 스케줄을 나누어, active 슬롯 길이를 최소화하고, 전송 슬롯과 수신 슬롯이 번갈아가며 나타나기 때문에 버퍼

오버플로우가 발생하지 않고, 하나의 슬롯에 하나의 노드만 배정하여 간섭이 생기지 않는 점이 특징이다.

- [15] 하지만, DeTAS는 새로운 노드가 참여하거나, 부모 노드가 변경될 경우, 루트노드는 자식 노드들의 even, odd 스케줄을 다시 결정해야 하고, 새로운 노드가 들어갈 슬롯 공간이 없기 때문에 모든 노드들이 재 스케줄링이 필요하다.
- [16] 그러므로 라우팅 그래프에 변화가 생기게 되면 스케줄링에 필요한 오버헤드가 커진다.
- [17] 즉, 이와 같은 종래 기술은 스케줄링에 필요한 컨트롤 패킷수를 고려하지 않은 것으로, 라우팅 그래프에 변화가 생겼을 경우 전체 스케줄링을 재스케줄링해야 하기 때문에, 컨트롤 패킷수가 증가하게 되고, 오버헤드가 커지게 되는 문제가 있다.
- [18] 따라서, 오버헤드가 작은 스케줄링으로 네트워크 효율성을 높인 새로운 TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링을 위한 기술의 개발이 요구되고 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [19] 본 발명은 이와 같은 종래 기술의 TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링의 문제를 해결하기 위한 것으로, 지연시간을 줄이고, 오버헤드가 작은 스케줄링으로 네트워크 효율성을 높인 TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링을 위한 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [20] 본 발명은 산업용 IoT 네트워크에서 요구되는 트래픽을 충족할 수 있는 최소한의 슬롯을 할당하고, 스케줄링에 필요한 오버헤드를 최소한으로 줄이는 TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링을 위한 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [21] 본 발명은 트리형 경로를 형성하는 RPL 라우팅 프로토콜(protocol)에서 새로운 노드가 네트워크에 참여하였을 때, 루트 노드에서 참여한 노드의 트래픽을 충족시키는 적절한 슬롯을 최소한의 오버헤드로 제공하는 중앙집중식 스케줄링을 구현하는 TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링을 위한 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [22] 본 발명은 라우팅 그래프에 변화가 생겨도 재스케줄링을 하지 않고, 관련된 몇몇 노드들만 슬롯을 할당하거나 제거하기 때문에 오버컨트롤 패킷수를 최소한으로 줄여 오버헤드를 감소시킨 TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링을 위한 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [23] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제 해결 수단

- [24] 이와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링을 위한 장치는 네트워크 참여를 판단하고 링크값을 판단하여 부모 노드를 선택하고, 부모 노드 변경을 수행하는 부모 선정 관리 모듈; 연결 요청(Join Request) 메시지를 루트 노드에게 전달하고, 재할당 요청(Deallocation Request) 메시지를 전송하는 스케줄링 메시지 전송 모듈; 연결 요청(Join Request) 메시지를 수신하고 재할당 요청(Deallocation Request) 메시지, 슬롯 정보를 수신하는 스케줄링 메시지 수신 모듈; 연결 요청(Join Request) 메시지 처리, 재할당 요청(Deallocation Request) 메시지 처리, 슬롯 정보 처리를 수행하는 스케줄링 메시지 처리 모듈; DIO 메시지를 수신하고, 이웃 노드 정보를 업데이트하는 DIO 메시지 처리 모듈; 스케줄링 메시지 수신, 스케줄링 알고리즘 처리, 슬롯 정보 송신을 수행하는 스케줄링 매니저 모듈; 스케줄링 테이블 관리, 액티브 슬롯 추가, 액티브 슬롯 삭제를 수행하는 슬롯 관리 모듈;을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [25] 여기서, 상기 부모 선정 관리 모듈은 네트워크 참여를 판단하는 네트워크 참여 판단부와, 링크값을 판단하는 링크값 판단부와, 부모 노드를 선택하는 부모 노드 선택부와, 부모 노드 변경을 수행하는 부모 노드 변경부를 포함하고, 상기 스케줄링 메시지 전송 모듈은 연결 요청(Join Request) 메시지를 루트 노드에게 전달하는 연결 요청 메시지 전송부와, 재할당 요청(Deallocation Request) 메시지를 전송하는 재할당 요청 메시지 전송부를 포함하고, 상기 스케줄링 메시지 수신 모듈은 연결 요청(Join Request) 메시지를 수신하는 연결 요청 메시지 수신부와, 재할당 요청 메시지를 수신하는 재할당 요청(Deallocation Request) 메시지 수신부와, 슬롯 정보를 수신하는 슬롯 정보 수신부를 포함하고, 상기 스케줄링 메시지 처리 모듈은 연결 요청(Join Request) 메시지를 처리하는 연결 요청 메시지 처리부와, 재할당 요청(Deallocation Request) 메시지를 처리하는 재할당 요청 메시지 처리부와, 슬롯 정보를 처리하는 슬롯 정보 처리부를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [26] 그리고 상기 DIO 메시지 처리 모듈은 DIO 메시지를 수신하는 DIO 메시지 수신부와, 이웃 노드 정보를 업데이트하는 이웃 노드 정보 업데이트부를 포함하고, 상기 스케줄링 매니저 모듈은 스케줄링 메시지를 수신하는 스케줄링 메시지 수신부와, 스케줄링 알고리즘 처리를 하는 스케줄링 알고리즘 처리부와, 슬롯 정보 송신을 수행하는 슬롯 정보 송신부를 포함하고, 상기 슬롯 관리 모듈은 스케줄링 테이블을 관리하는 스케줄링 테이블 관리부와, 액티브 슬롯 추가를 수행하는 액티브 슬롯 추가부와, 액티브 슬롯 삭제를 수행하는 액티브 슬롯 삭제부를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [27] 그리고 슬롯 관리 모듈은, 새로운 노드가 참여하거나 부모노드가 바뀔 경우, 전체 스케줄링을 재스케줄링 하지 않고, 경로에 관련된 노드들만 슬롯을

추가하거나 삭제하는 것을 특징으로 한다.

- [28] 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링을 위한 방법은 TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링에 있어서, 새로운 노드가 네트워크에 참여한 경우에는, 노드 u 가 네트워크에 연결을 하여 부모 노드를 선정하는 단계; 링크 큐에 슬롯 할당을 위한 링크정보를 넣는 단계; 부모 노드에게 연결 요청 메시지를 전송하는 단계;를 포함하고, 부모노드가 변경된 노드의 경우에는, 이웃노드 V 에게 DIO 메시지를 받고 이웃정보를 업데이트하는 단계; 현재 부모 노드의 랭크값이 이웃노드 v 보다 높은지를 판단하여 부모 노드를 바꾸는 단계; 지워야 할 셀(cell)들을 저장한 셀 리스트(cellList)에 자신의 tx 셀을 넣고 이전의 부모 노드에게 할당해제 요청 메시지를 보내는 단계; 새로운 부모 노드를 위한 슬롯 할당을 위하여 새로운 부모 노드와의 링크 정보를 링크큐에 넣고 새로운 부모 노드에게 전송하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [29] 여기서, 새로운 노드가 네트워크에 참여한 경우에는, 네트워크에 새로 참여한 노드 u 는 링크 정보를 링크 큐에 넣어서 부모노드로 전송하고, 연결 요청 메시지를 자식 노드로부터 받게 되면 메시지를 받은 노드가 루트노드가 아닌 경우와 루트 노드인 경우를 구분하여 연결 요청 메시지를 처리하고, 루트노드가 아닌 경우에는 자기 자신과 부모의 링크 정보를 링크큐(linkQueue)에 추가하여 연결 요청 메시지에 담아 부모노드로 전송하고, 루트 노드인 경우는 스케줄링 매니저로 스케줄링 요청을 하는 것을 특징으로 한다.
- [30] 그리고 새로운 노드가 네트워크에 참여한 경우에는, 이웃 노드로부터 EB(Enhanced Beacon)를 받게 되면 동기화가 이루어지고, 네트워크에 참여하고, 새로 참여한 노드는 추가적인 슬롯을 할당받는 스케줄링을 위해 부모 노드로 연결 요청 메시지(Join Request)를 보내고, 연결 요청 메시지는 루트 노드까지 전달되며, 루트 노드는 스케줄링 매니저로 스케줄링을 요청하고, 스케줄링 매니저는 슬롯을 할당한 뒤에 노드에게 전달해 주는 방식으로 스케줄링이 진행되는 것을 특징으로 한다.
- [31] 그리고 부모 노드가 변경되었을 경우는, 부모노드의 rank값보다 작은 값을 가지는 이웃노드가 생기게 되면, 해당 노드는 부모노드를 더 작은 값의 rank를 가지는 이웃노드로 변경하고, 부모 노드를 변경하게 되면, 변경된 라우팅에 맞게 추가로 슬롯을 할당하고, 기존의 슬롯을 제거하는 것을 특징으로 한다.
- [32] 그리고 스케줄링 관련 메시지를 받는 노드에서 연결 요청 메시지를 자식 노드로부터 받은 경우는, 자신의 랭크값을 판단하여 자신의 랭크가 0보다 클 경우에는 링크 큐에 추가적인 슬롯 할당을 위해 링크 정보를 넣고, 자신의 부모 노드에게 연결 요청 메시지를 전송하고, 자신의 랭크가 0보다 작거나 같을 경우에는 스케줄링 매니저에게 연결 요청 메시지를 전송하는 것을 특징으로 한다.
- [33] 그리고 deallocation 메시지를 자식 노드로부터 받은 경우에는, 자신의 랭크값을

판단하여 자신의 랭크가 0보다 클 경우는 deallocation 프로세싱을 시작하여 셀 리스트(cellList)가 비워질 때까지 반복하여 셀 리스트(cellList)에서 셀(cell)을 꺼내 조건을 만족하는 rx cell이 있으면 삭제하고, tx cell 리스트 중에 삭제한 rx cell보다 큰 tx cell을 삭제하여 모든 삭제가 완료되면 부모 노드로 전송하고, 자신의 랭크가 0보다 작거나 같을 경우에는 스케줄링 매니저에게 deallocation 요청을 하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [34] 이와 같은 본 발명에 따른 TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링을 위한 장치 및 방법은 다음과 같은 효과를 갖는다.
- [35] 첫째, TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링시에 지연시간을 줄이고, 오버헤드가 작은 스케줄링으로 네트워크 효율성을 높인다.
- [36] 둘째, 산업용 IoT 네트워크에서 요구되는 트래픽을 충족할 수 있는 최소한의 슬롯을 할당하고, 스케줄링에 필요한 오버헤드를 최소한으로 줄일 수 있다.
- [37] 셋째, 트리형 경로를 형성하는 RPL 라우팅 프로토콜(protocol)에서 새로운 노드가 네트워크에 참여하였을 때, 루트 노드에서 참여한 노드의 트래픽을 충족시키는 적절한 슬롯을 최소한의 오버헤드로 제공하는 중앙집중식 스케줄링을 구현할 수 있다.
- [38] 넷째, 라우팅 그래프에 변화가 생겨도 재스케줄링을 하지 않고, 관련된 몇몇 노드들만 슬롯을 할당하거나 제거하기 때문에 오버컨트롤 패킷수를 최소한으로 줄여 오버헤드를 감소시킨다.

도면의 간단한 설명

- [39] 도 1은 새로운 노드가 네트워크에 참여하였을 경우의 라우팅 그래프 및 스케줄링 테이블
- [40] 도 2는 새로운 노드가 네트워크에 참여하였을 경우 타이밍 다이어그램
- [41] 도 3은 부모 노드가 변경되었을 경우 라우팅 그래프 및 스케줄링 테이블
- [42] 도 4는 부모 노드가 변경되었을 경우 타이밍 다이어그램
- [43] 도 5는 본 발명에 따른 TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링을 위한 장치의 구성도
- [44] 도 6은 네트워크에 새로 참여하거나, 부모노드가 변경된 노드에서의 순서도
- [45] 도 7은 스케줄링 관련 메시지를 받는 노드에서의 순서도
- [46] 도 8a와 도 8b는 스케줄링 매니저의 스케줄링 알고리즘을 나타낸 순서도

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [47] 이하, 본 발명에 따른 TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링을 위한 장치 및 방법의 바람직한 실시 예에 관하여 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [48] 본 발명에 따른 TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링을 위한 장치 및 방법의 특징 및 이점들은 이하에서의 각 실시 예에 대한 상세한

설명을 통해 명백해질 것이다.

- [49] 도 1은 새로운 노드가 네트워크에 참여하였을 경우의 라우팅 그래프 및 스케줄링 테이블이고, 도 2는 새로운 노드가 네트워크에 참여하였을 경우 타이밍 다이어그램이다.
- [50] 그리고 도 3은 부모 노드가 변경되었을 경우 라우팅 그래프 및 스케줄링 테이블이고, 도 4는 부모 노드가 변경되었을 경우 타이밍 다이어그램이다.
- [51] 본 발명은 트리형 경로를 형성하는 RPL 라우팅 프로토콜(protocol)에서 새로운 노드가 네트워크에 참여하였을 때, 루트 노드에서 참여한 노드의 트래픽을 충족시키는 적절한 슬랏을 최소한의 오버헤드로 제공하는 중앙집중식 스케줄링을 구현하는 것이다.
- [52] 이를 위한 본 발명에 따른 TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링을 위한 장치 및 방법은 라우팅 그래프에 변화가 생겨도 재스케줄링을 하지 않고, 관련된 몇몇 노드들만 슬랏을 할당하거나 제거하기 때문에 오버컨트롤 패킷수를 최소한으로 줄여 오버헤드를 감소시킨다.
- [53] 본 발명에 따른 TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링을 위한 장치 및 방법은 다음과 같은 규칙을 갖는다.
- [54] 첫째, 하나의 슬랏프레임 안에서 각각의 노드들이 생성한 패킷이 루트까지 도착해야 하는 규칙을 포함하고, 루트노드에 가까운 노드는 자식노드들로부터 받은 패킷을 포워딩 해야 하기 때문에 추가적인 슬랏을 필요로 한다.
- [55] 둘째, 네트워크의 높은 신뢰성과 낮은 지연시간을 보장하기 위해 간섭을 발생시키지 않도록 스케줄링하는 구성을 포함한다.
- [56] 셋째, 스케줄링에 필요한 오버헤드를 최소한으로 줄이기 위해, 새로운 노드가 참여하거나, 부모노드가 바뀔 경우, 전체 스케줄링을 재스케줄링 하지 않고, 경로에 관련된 노드들만 슬랏을 추가하거나 삭제한다.
- [57] 본 발명에 따른 TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링을 위한 장치의 구성은 다음과 같다.
- [58] 도 5에서와 같이, 네트워크 참여를 판단하고 링크값을 판단하여 부모 노드를 선택하고, 부모 노드 변경을 수행하는 부모 선정 관리 모듈(10)과, Join Request 메시지를 루트 노드에게 전달하고, Deallocation Request 메시지를 전송하는 스케줄링 메시지 전송 모듈(20)과, Join Request 메시지를 수신하고 Deallocation Request 메시지, 슬랏 정보를 수신하는 스케줄링 메시지 수신 모듈(30)과, Join Request 메시지 처리, Deallocation Request 메시지 처리, 슬랏 정보 처리를 수행하는 스케줄링 메시지 처리 모듈(40)과, DIO 메시지를 수신하고, 이웃 노드 정보를 업데이트하는 DIO 메시지 처리 모듈(50)과, 스케줄링 메시지 수신, 스케줄링 알고리즘 처리, 슬랏 정보 송신을 수행하는 스케줄링 매니저 모듈(60)과, 스케줄링 테이블 관리, 액티브 슬랏 추가, 액티브 슬랏 삭제를 수행하는 슬랏 관리 모듈(70)을 포함한다.
- [59] 여기서, 부모 선정 관리 모듈(10)은 네트워크 참여를 판단하는 네트워크 참여

판단부(10a)와, 링크값을 판단하는 링크값 판단부(10b)와, 부모 노드를 선택하는 부모 노드 선택부(10c)와, 부모 노드 변경을 수행하는 부모 노드 변경부(10d)를 포함한다.

- [60] 그리고 스케줄링 메시지 전송 모듈(20)은 연결 요청(Join Request) 메시지를 루트 노드에게 전달하는 연결 요청 메시지 전송부(20a)와, 재할당 요청(Deallocation Request) 메시지를 전송하는 재할당 요청 메시지 전송부(20b)를 포함한다.
- [61] 그리고 스케줄링 메시지 수신 모듈(30)은 연결 요청(Join Request) 메시지를 수신하는 연결 요청 메시지 수신부(30a)와, 재할당 요청 메시지를 수신하는 재할당 요청(Deallocation Request) 메시지 수신부(30b)와, 슬롯 정보를 수신하는 슬롯 정보 수신부(30c)를 포함한다.
- [62] 그리고 스케줄링 메시지 처리 모듈(40)은 연결 요청(Join Request) 메시지를 처리하는 연결 요청 메시지 처리부(40a)와, 재할당 요청(Deallocation Request) 메시지를 처리하는 재할당 요청 메시지 처리부(40b)와, 슬롯 정보를 처리하는 슬롯 정보 처리부(40c)를 포함한다.
- [63] 그리고 DIO 메시지 처리 모듈(50)은 DIO 메시지를 수신하는 DIO 메시지 수신부(50a)와, 이웃 노드 정보를 업데이트하는 이웃 노드 정보 업데이트부(50b)를 포함한다.
- [64] 그리고 스케줄링 매니저 모듈(60)은 스케줄링 메시지를 수신하는 스케줄링 메시지 수신부(60a)와, 스케줄링 알고리즘 처리를 하는 스케줄링 알고리즘 처리부(60b)와, 슬롯 정보 송신을 수행하는 슬롯 정보 송신부(60c)를 포함한다.
- [65] 그리고 슬롯 관리 모듈(70)은 스케줄링 테이블을 관리하는 스케줄링 테이블 관리부(70a)와, 액티브 슬롯 추가를 수행하는 액티브 슬롯 추가부(70b)와, 액티브 슬롯 삭제를 수행하는 액티브 슬롯 삭제부(70c)를 포함한다.
- [66] 이와 같은 본원 발명에 따른 TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링을 위한 장치는 (상황 1)새로운 노드가 네트워크에 참여하였을 경우, (상황 2)부모 노드가 변경되었을 경우의 상황에서 다음과 같은 동작을 한다.
- [67]
- [68] (상황 1)새로운 노드가 네트워크에 참여하였을 경우
- [69] 이웃 노드로부터 EB(Enhanced Beacon)를 받게 되면 동기화가 이루어지고, 네트워크에 참여하게 된다.
- [70] 새로 참여한 노드는 추가적인 슬롯을 할당받는 스케줄링을 위해 부모 노드로 연결 요청 메시지(Join Request)를 보내게 된다.
- [71] 연결 요청 메시지는 루트 노드까지 전달되며, 루트 노드는 스케줄링 매니저로 스케줄링을 요청하게 된다.
- [72] 스케줄링 매니저는 적절한 슬롯을 할당한 뒤에 노드에게 전달해 주는 방식으로 스케줄링이 진행된다.
- [73] 도 1은 새로운 노드가 네트워크에 참여 하였을 경우의 라우팅 그래프 및

스케줄링 테이블을 나타낸 것이다.

- [74] 그리고 도 2는 노드 n_3 가 네트워크에 참여 하였을 경우의 타이밍 다이어그램을 나타낸 것이다.
- [75] 노드 n_3 부모 노드인 n_1 에게 연결 요청 메시지(Join Request)를 보내고, n_1 은 연결 요청 메시지(Join Request)를 루트 노드인 n_0 에게 전달한다.
- [76] n_0 는 스케줄링 매니저로 메시지를 전달하여 스케줄링 매니저에서 스케줄이 이루어지고, 각 노드들은 슬롯 할당 정보를 매니저로부터 받게 된다.
- [77] 연결 요청 메시지(Join Request)는 linkQueue를 포함하여 전송한다.
- [78] linkQueue는 $(u, \text{Parent}(u), \text{DODAGrank}(u), \text{Trans}(u))$ 로 이루어진 링크 정보를 저장한 큐이다. u 는 네트워크에 포함되어 있는 local 노드를 뜻하며, $\text{Parent}(u)$ 는 노드 u 의 부모노드를 뜻한다.
- [79] $\text{DODAGrank}(u)$ 는 노드 u 의 DODAGrank값을 뜻하며, $\text{Trans}(u)$ 는 노드 u 가 slotframe 안에서 전송하는데 필요한 슬롯의 개수를 뜻한다.
- [80] 도 6은 네트워크에 새로 참여하거나, 부모노드가 변경된 노드에서의 순서도이다.
- [81] 그리고 도 7은 스케줄링 관련 메시지를 받는 노드에서의 순서도이고, 도 8은 스케줄링 매니저의 스케줄링 알고리즘을 나타낸 순서도이다.
- [82] 도 6은 네트워크에 새로 참여하거나, 부모노드가 변경된 노드에서의 순서도를 나타낸 것으로, 네트워크에 새로 참여한 노드 u 는 링크 정보를 링크 큐에 넣어서 부모노드로 전송한다.
- [83] Join Request를 자식 노드로부터 받게 되면 메시지를 받은 노드가 루트노드가 아닌 경우, 루트 노드인 경우, 서로 다르게 join request 메시지를 처리한다.
- [84] 먼저, 루트노드가 아닌 경우, 자기 자신과 부모의 링크 정보를 linkQueue에 추가하여 Join Request 메시지에 담아 부모노드로 전송한다.
- [85] 루트 노드인 경우, 스케줄링 매니저로 스케줄링 요청을 하게 된다.
- [86] 구체적으로, 네트워크에 새로 참여하거나, 부모노드가 변경된 노드에서의 동작은 다음과 같이 이루어진다.
- [87] 도 6에서와 같이, [네트워크에 새로 참여한 경우]는 노드 u 가 네트워크에 조인(S610) → 부모 노드를 선정(S611) → 링크 큐에 슬롯 할당을 위한 링크정보를 넣음(S612) → 부모에게 연결 요청 메시지를 전송(S613)의 순서로 진행된다.
- [88] 그리고 [부모노드가 변경된 노드의 경우]는 이웃노드 V 에게 DIO 메시지를 받음(S601) → 이웃정보를 업데이트(S602) → 현재 부모의 랭크값이 이웃노드 v 보다 높은지를 판단(S603) → 부모를 바꿈(S605) → 지워야할 cell들을 저장한 cellList에 자신의 tx셀을 넣음(S606) → 이전의 부모 노드에게 할당해제 요청메세지를 보냄(S607) → 새로운 부모를 위한 슬롯할당이 필요하므로 새로운 부모와의 링크 정보를 링크큐에 넣음(S612) → 새로운 부모에게 전송(S613)의 순서로 진행한다.

- [89] 도 7은 스케줄링 관련 메시지를 받는 노드에서의 순서도를 나타낸다.
- [90] 스케줄링 매니저가 JoinRequest를 받게 되면, 스케줄링이 시작된다.
- [91] 스케줄링은 linkQueue가 다 없어질 때까지 진행된다.
- [92] 먼저, linkQueue로부터 link를 가져온다.
- [93] 해당 링크의 DODAGrank가 1보다 작으면, ts(time slot offset)는 0이 되고, DODAGrank가 1보다 크면, 해당 링크의 부모노드 스케줄링 정보중에 가장 마지막에 할당된 tx 슬롯에 1을 더한 값을 ts에 넣는다.
- [94] ch(channel offset)은 해당 링크의 DODAGrank에 1을 뺀 값을 넣는다.
- [95] 만약 해당 (ts,ch)를 가지는 슬롯이 할당되어 있지 않고, 간섭을 발생시키지 않으면 해당 슬롯에 링크를 할당한다.
- [96] 이미 슬롯이 할당되어 있거나, 간섭을 발생시킬 경우, ts값을 1씩 증가시켜서 할당될 때까지 계속 반복한다.
- [97] 할당될 경우, 링크의 trans 값을 1 감소시키고, trans 값이 0보다 크면 다시 큐에 넣어서 추가로 슬롯을 할당받을 수 있도록 한다.
- [98] linkQueue가 다 없어지면, 할당된 슬롯 정보를 노드들에게 전송하고, 스케줄링이 끝나게 된다.
- [99] 구체적으로, 스케줄링 관련 메시지를 받는 노드에서의 처리 순서는 도 7에서와 같이, [연결 요청 메시지 메시지를 자식으로부터 받은 경우(S720)]는, 자신의 랭크값을 판단하여 자신의 랭크가 0보다 클 경우(S721) → 링크 큐에 추가적인 슬롯 할당을 위해 링크 정보를 넣음(S723) → 자신의 부모에게 연결 요청 메시지를 전송함(S724), 자신의 랭크가 0보다 작거나 같을 경우(S721) → 스케줄링 매니저에게 연결 요청 메시지를 전송(S722)의 순서로 진행한다.
- [100] 그리고 [deallocation 메시지를 자식으로부터 받은 경우(S701)]는 자신의 랭크값을 판단하여 자신의 랭크가 0보다 클 경우(S702) → deallocation processing시작(S704) → cellList가 empty가 될 때까지 반복 → cellList에서 cell을 꺼냄 → 조건을 만족하는 rx cell이 있으면 삭제 → tx cell 리스트 중에 삭제한 rx cell보다 큰 tx cell을 삭제(S705 ~ S714) → 모든 삭제가 완료되면 부모 노드로 전송(S709)의 순서로 진행한다.
- [101] 그리고 자신의 랭크가 0보다 작거나 같을 경우(S702) → 스케줄링 매니저에게 deallocation 요청(S703)을 한다.
- [102] 그리고 [스케줄링 매니저로부터 reponse 메시지를 받은 경우(S730)]는 스케줄링 테이블에 슬롯 정보를 넣음(S731) → 슬롯을 활성화(S732)의 순서로 진행한다.
- [103] 도 8a와 도 8b는 스케줄링 매니저의 스케줄링 알고리즘을 나타내는 순서도이다.
- [104] 스케줄링 매니저의 스케줄링은 도 8a에서와 같이, [연결 요청 메시지를 받은 경우(S801)(S802)]는 linkQueue가 empty 될 때까지 진행(S803) → linkQueue에서 링크를 꺼냄(S806) → 링크의 DODAGrank값이 1보다 크면 ts는 startTs 함수(부모노드의last Ts)를 통해 계산(S808) → 링크의 DODAGrank 값이 1보다

작거나 같으면 ts는 0이 됨(S809) → ch는 링크의 DODAGrank값에서 1을 뺀 값(S810) → 스케줄 테이블에 해당 슬롯이 사용가능 하고, 충돌이 발생하지 않으면 스케줄링 테이블에 넣음(S811) → link의 Trans값이 0이 될 때까지 반복(S813 ~ S816) → 스케줄 테이블에 해당 슬롯이 사용가능 하고, 충돌이 발생하면 ts값을 1씩 증가시키면서 반복(S812) → linkQueue가 empty가 되면 스케줄링이 완료되고(S804), 자식 노드에게 전송(S805)의순서로 진행한다.

[105] [deallocation 메시지를 받은 경우(S820)(S821)]는 도 8b에서와 같이, cellList가 empty가 될 때 까지 반복 → cellList에서 cell을 꺼냄 → 조건을 만족하는 rx cell이 있으면 삭제(S822 ~ S827)의 순서로 진행한다.

[106]

[107] (상황 2) 부모 노드가 변경되었을 경우

[108] 이웃 노드로부터 RPL DIO 메시지를 받게 되면, 이웃 정보를 업데이트 하게 된다.

[109] 만약 부모노드의 rank값보다 작은 값을 가지는 이웃노드가 생기게 되면, 해당 노드는 부모노드를 더 작은 값의 rank를 가지는 이웃노드로 변경하게 된다.

[110] 부모 노드를 변경하게 되면, 변경된 라우팅에 맞게 추가로 슬롯을 할당하고, 기존의 슬롯을 제거해야 하기 때문에 스케줄링을 해야 한다.

[111] 도 3은 부모 노드가 변경되었을 경우 라우팅 그래프 및 스케줄링을 나타낸 것이다.

[112] 도 4는 도 3의 상황에서의 타이밍 다이어그램을 나타낸다.

[113] 노드 n_3 는 부모를 노드 n_1 에서 노드 n_0 로 변경하게 되면, 이전 부모였던 노드 n_1 에게는 기존의 할당된 슬롯 제거를 위해 재할당 요청 메시지(Deallocation Request)를 보내게 되고, 새로운 부모인 노드 n_0 에게는 새로운 슬롯 할당을 위한 연결 요청 메시지(Join Request)를 보내게 된다.

[114] 재할당 요청 메시지는 스케줄링 매니저까지 전달된다.

[115] 재할당 프로세싱(Deallocation processing)은 지역적으로 처리하기 때문에 스케줄링 매니저에서 응답(response) 메시지를 보내지 않는다.

[116] 연결 요청 메시지는 (상황 1)에서 설명한 방법과 똑같은 방법으로 진행된다.

[117] Deallocation Request 메시지는 cellList를 포함하여 전송된다.

[118] cellList는 (ts,ch,txrx,neighbor)로 이루어진 cell들의 list이다.

[119] 도 6은 DIO 메시지를 통해 부모가 변경된 노드는 자신의 tx cell들을 cellList에 넣어서 Deallocation Request 메시지를 이전의 부모노드에게 전송하고, Join Request를 새로운 부모에게 전송하는 과정을 보여준다.

[120] 도 7에서 Deallocation Request 메시지를 받게 되면 처리하는 과정을 보여준다.

[121] 자신이 루트노드가 아닐 경우, cellList의 길이만큼 deallocation processing이 진행된다.

[122] cellList에서 cell을 가져온 뒤, 자신과 관련된 cell 이면, 할당된 슬롯 중에 해당 cell에 해당하는 슬롯을 제거한다.

- [123] 그리고 자신의 tx cell중에서 해당 cell의 slot offset 값보다 큰 cell중에 가장 작은 값의 cell을 deallocate 한다.
- [124] deallocation processing가 끝나게 되면, 제거한 tx cell들을 cellList에 추가하여 부모노드로 Deallocation Request 메시지를 전송한다.
- [125] 자신이 루트일 경우, 스케줄링 메니저로 전송하여, 스케줄링 테이블을 업데이트 하도록 한다.
- [126] 이와 같은 본 발명에 따른 TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링을 위한 장치 및 방법은 산업용 IoT 네트워크에서 요구되는 트래픽을 충족할 수 있는 최소한의 슬랏을 할당하고, 스케줄링에 필요한 오버헤드를 최소한으로 줄일 수 있도록 한 것이다.
- [127] 본 발명은 트리형 경로를 형성하는 RPL 라우팅 프로토콜(protocol)에서 새로운 노드가 네트워크에 참여하였을 때, 루트 노드에서 참여한 노드의 트래픽을 충족시키는 적절한 슬랏을 최소한의 오버헤드로 제공하는 중앙집중식 스케줄링을 구현하는 것이다.
- [128] 이상에서의 설명에서와 같이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 본 발명이 구현되어 있음을 이해할 수 있을 것이다.
- [129] 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

- [130] 이와 같은 본 발명은 산업용 IoT 네트워크에서 요구되는 트래픽을 충족할 수 있는 최소한의 슬랏을 할당하고, 스케줄링에 필요한 오버헤드를 최소한으로 줄일 수 있도록 한 TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링을 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.
- [131]

청구범위

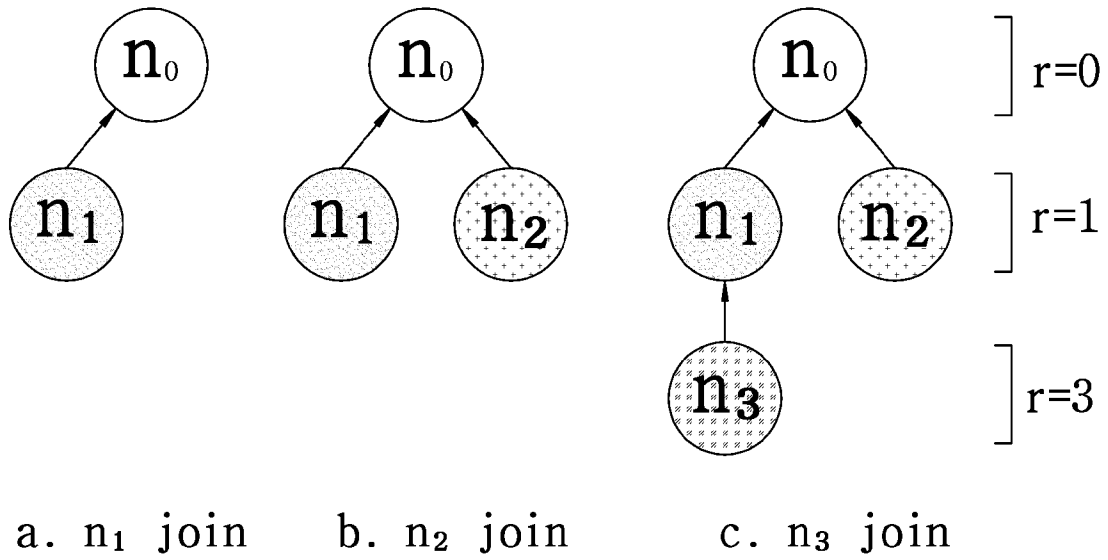
- [청구항 1] 네트워크 참여를 판단하고 링크값을 판단하여 부모 노드를 선택하고, 부모 노드 변경을 수행하는 부모 선정 관리 모듈;
연결 요청(Join Request) 메시지를 루트 노드에게 전달하고, 재할당 요청(Deallocation Request) 메시지를 전송하는 스케줄링 메시지 전송 모듈;
연결 요청(Join Request) 메시지를 수신하고 재할당 요청(Deallocation Request) 메시지, 슬랏 정보를 수신하는 스케줄링 메시지 수신 모듈;
연결 요청(Join Request) 메시지 처리, 재할당 요청(Deallocation Request) 메시지 처리, 슬랏 정보 처리를 수행하는 스케줄링 메시지 처리 모듈;
DIO 메시지를 수신하고, 이웃 노드 정보를 업데이트하는 DIO 메시지 처리 모듈;
스케줄링 메시지 수신, 스케줄링 알고리즘 처리, 슬랏 정보 송신을 수행하는 스케줄링 매니저 모듈;
스케줄링 테이블 관리, 액티브 슬랏 추가, 액티브 슬랏 삭제를 수행하는 슬랏 관리 모듈;을 포함하는 것을 특징으로 하는 TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링을 위한 장치.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서, 상기 부모 선정 관리 모듈은 네트워크 참여를 판단하는 네트워크 참여 판단부와, 링크값을 판단하는 링크값 판단부와, 부모 노드를 선택하는 부모 노드 선택부와, 부모 노드 변경을 수행하는 부모 노드 변경부를 포함하고,
상기 스케줄링 메시지 전송 모듈은 연결 요청(Join Request) 메시지를 루트 노드에게 전달하는 연결 요청 메시지 전송부와, 재할당 요청(Deallocation Request) 메시지를 전송하는 재할당 요청 메시지 전송부를 포함하고,
상기 스케줄링 메시지 수신 모듈은 연결 요청(Join Request) 메시지를 수신하는 연결 요청 메시지 수신부와, 재할당 요청 메시지를 수신하는 재할당 요청(Deallocation Request) 메시지 수신부와, 슬랏 정보를 수신하는 슬랏 정보 수신부를 포함하고,
상기 스케줄링 메시지 처리 모듈은 연결 요청(Join Request) 메시지를 처리하는 연결 요청 메시지 처리부와, 재할당 요청(Deallocation Request) 메시지를 처리하는 재할당 요청 메시지 처리부와, 슬랏 정보를 처리하는 슬랏 정보 처리부를 포함하는 것을 특징으로 하는 TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링을 위한 장치.
- [청구항 3] 제 1 항에 있어서, 상기 DIO 메시지 처리 모듈은 DIO 메시지를 수신하는 DIO 메시지 수신부와, 이웃 노드 정보를 업데이트하는 이웃 노드 정보 업데이트부를 포함하고,
상기 스케줄링 매니저 모듈은 스케줄링 메시지를 수신하는 스케줄링

메시지 수신부와, 스케줄링 알고리즘 처리를 하는 스케줄링 알고리즘 처리부와, 슬롯 정보 송신을 수행하는 슬롯 정보 송신부를 포함하고, 상기 슬롯 관리 모듈은 스케줄링 테이블을 관리하는 스케줄링 테이블 관리부와, 액티브 슬롯 추가를 수행하는 액티브 슬롯 추가부와, 액티브 슬롯 삭제를 수행하는 액티브 슬롯 삭제부를 포함하는 것을 특징으로 하는 TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링을 위한 장치.

- [청구항 4] 제 1 항에 있어서, 슬롯 관리 모듈은, 새로운 노드가 참여하거나 부모노드가 바뀔 경우, 전체 스케줄링을 재스케줄링 하지 않고, 경로에 관련된 노드들만 슬롯을 추가하거나 삭제하는 것을 특징으로 하는 TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링을 위한 장치.
- [청구항 5] TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링에 있어서, 새로운 노드가 네트워크에 참여한 경우에는, 노드 u 가 네트워크에 연결을 하여 부모 노드를 선정하는 단계; 링크 큐에 슬롯 할당을 위한 링크정보를 넣는 단계; 부모 노드에게 연결 요청 메시지를 전송하는 단계;를 포함하고, 부모노드가 변경된 노드의 경우에는, 이웃노드 V 에게 DIO 메시지를 받고 이웃정보를 업데이트하는 단계; 현재 부모 노드의 랭크값이 이웃노드 v 보다 높은지를 판단하여 부모 노드를 바꾸는 단계; 지워야할 셀(cell)들을 저장한 셀 리스트(cellList)에 자신의 tx 셀을 넣고 이전의 부모 노드에게 할당해제 요청 메시지를 보내는 단계; 새로운 부모 노드를 위한 슬롯 할당을 위하여 새로운 부모 노드와의 링크 정보를 링크큐에 넣고 새로운 부모 노드에게 전송하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링을 위한 방법.
- [청구항 6] 제 5 항에 있어서, 새로운 노드가 네트워크에 참여한 경우에는, 네트워크에 새로 참여한 노드 u 는 링크 정보를 링크 큐에 넣어서 부모노드로 전송하고, 연결 요청 메시지를 자식 노드로부터 받게 되면 메시지를 받은 노드가 루트노드가 아닌 경우와 루트 노드인 경우를 구분하여 연결 요청 메시지를 처리하고, 루트노드가 아닌 경우에는 자기 자신과 부모의 링크 정보를 링크큐(linkQueue)에 추가하여 연결 요청 메시지에 담아 부모노드로 전송하고, 루트 노드인 경우는 스케줄링 매니저로 스케줄링 요청을 하는 것을 특징으로 하는 TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링을 위한 방법.

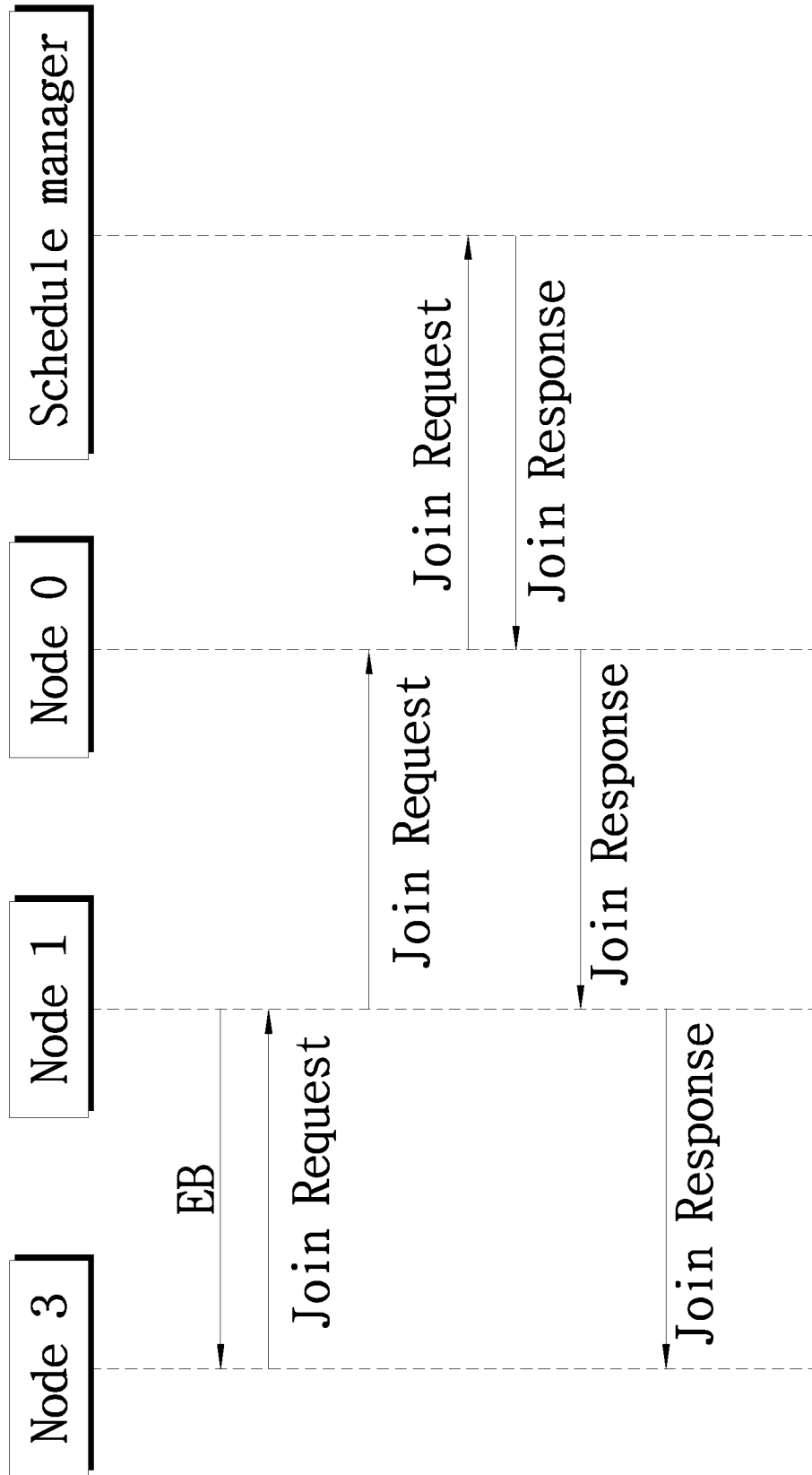
- [청구항 7] 제 5 항에 있어서, 새로운 노드가 네트워크에 참여한 경우에는, 이웃 노드로부터 EB(Enhanced Beacon)를 받게 되면 동기화가 이루어지고, 네트워크에 참여하고, 새로 참여한 노드는 추가적인 슬랏을 할당받는 스케줄링을 위해 부모 노드로 연결 요청 메시지(Join Request)를 보내고, 연결 요청 메시지는 루트 노드까지 전달되며, 루트 노드는 스케줄링 매니저로 스케줄링을 요청하고, 스케줄링 매니저는 슬랏을 할당한 뒤에 노드에게 전달해 주는 방식으로 스케줄링이 진행되는 것을 특징으로 하는 TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링을 위한 방법.
- [청구항 8] 제 5 항에 있어서, 부모 노드가 변경되었을 경우는, 부모노드의 rank값보다 작은 값을 가지는 이웃노드가 생기게 되면, 해당 노드는 부모노드를 더 작은 값의 rank를 가지는 이웃노드로 변경하고, 부모 노드를 변경하게 되면, 변경된 라우팅에 맞게 추가로 슬랏을 할당하고, 기존의 슬랏을 제거하는 것을 특징으로 하는 TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링을 위한 방법.
- [청구항 9] 제 5 항에 있어서, 스케줄링 관련 메시지를 받는 노드에서 연결 요청 메시지를 자식 노드로부터 받은 경우는, 자신의 랭크값을 판단하여 자신의 랭크가 0보다 클 경우에는 링크 큐에 추가적인 슬랏 할당을 위해 링크 정보를 넣고, 자신의 부모 노드에게 연결 요청 메시지를 전송하고, 자신의 랭크가 0보다 작거나 같을 경우에는 스케줄링 매니저에게 연결 요청 메시지를 전송하는 것을 특징으로 하는 TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링을 위한 방법.
- [청구항 10] 제 5 항에 있어서, deallocation 메시지를 자식 노드로부터 받은 경우에는, 자신의 랭크값을 판단하여 자신의 랭크가 0보다 클 경우는 deallocation 프로세싱을 시작하여 셀 리스트(cellList)가 비워질 때까지 반복하여 셀 리스트(cellList)에서 셀(cell)을 꺼내 조건을 만족하는 rx cell이 있으면 삭제하고, tx cell 리스트 중에 삭제한 rx cell보다 큰 tx cell을 삭제하여 모든 삭제가 완료되면 부모 노드로 전송하고, 자신의 랭크가 0보다 작거나 같을 경우에는 스케줄링 매니저에게 deallocation 요청을 하는 것을 특징으로 하는 TSCH 및 RPL 기반의 산업 IoT 네트워크에서의 스케줄링을 위한 방법.

[도1]

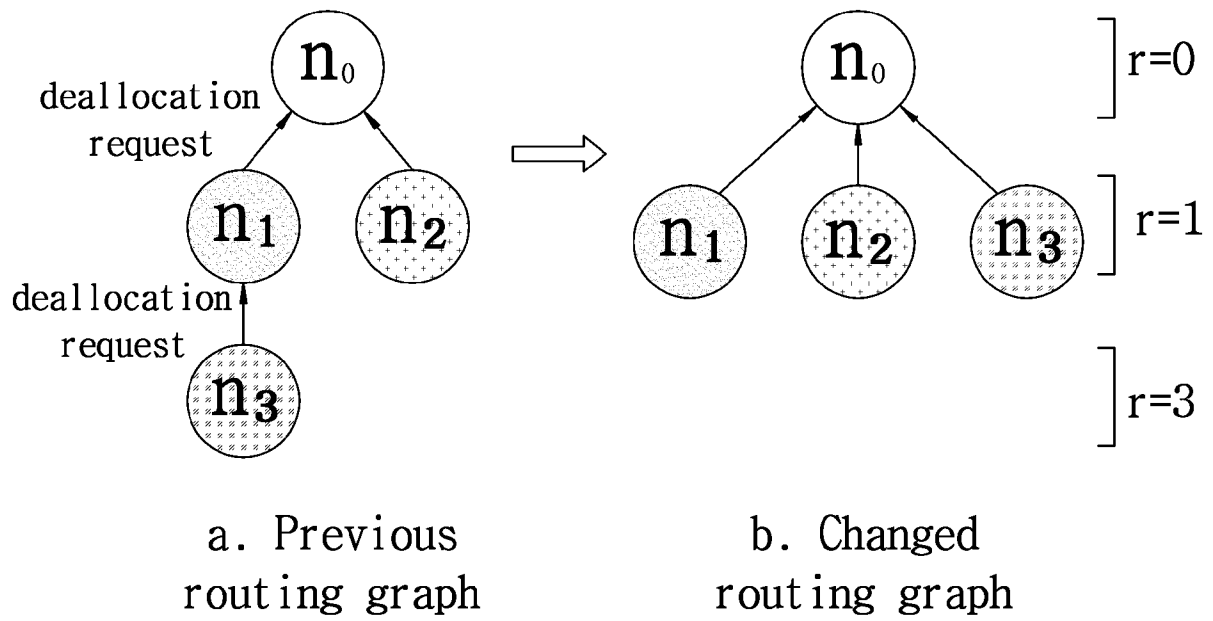


		slotOffset					
ChannelOffset		0	1	2	3	4	5
	0	$n_1 \rightarrow n_0$	$n_2 \rightarrow n_0$	$n_1 \rightarrow n_0$			
	1		$n_3 \rightarrow n_1$				
	2						
	3						

[도2]



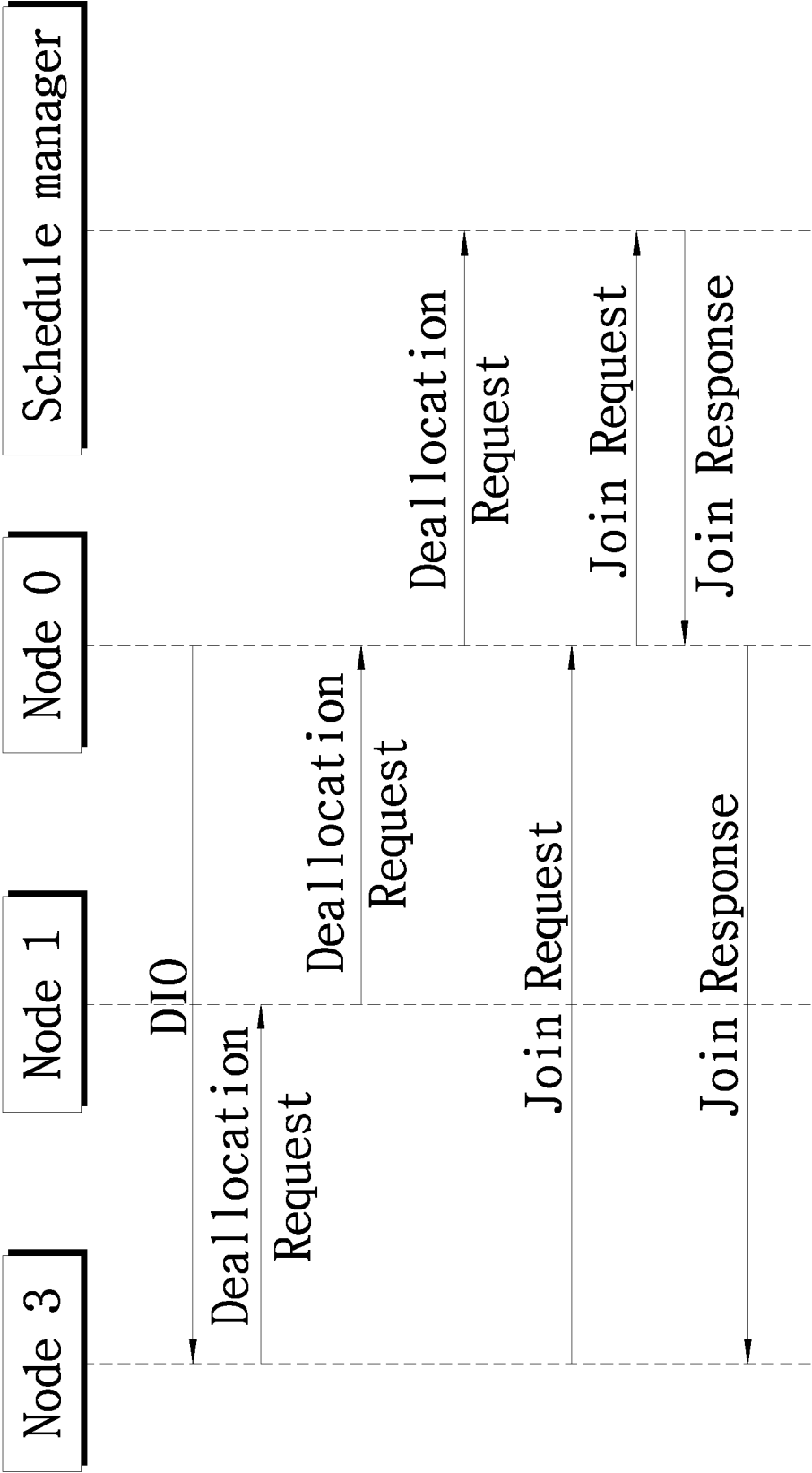
[도3]



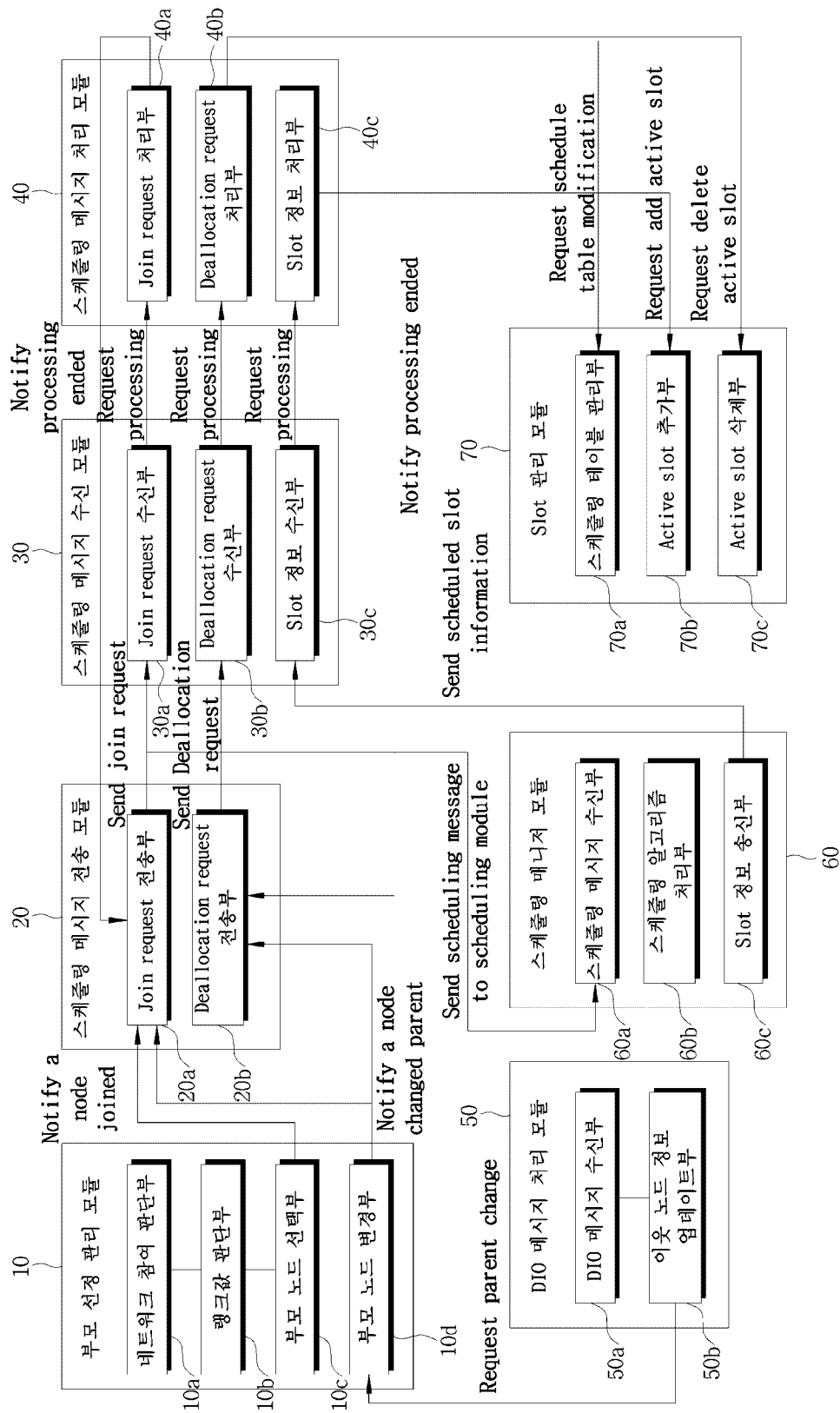
		slotOffset			
channelOffset		0	1	2	3
	0	$n_1 \rightarrow n_0$	$n_2 \rightarrow n_0$	$n_1 \rightarrow n_0$	
	1		$n_3 \rightarrow n_1$		
	2				
	3				

		slotOffset			
channelOffset		0	1	2	3
	0	$n_1 \rightarrow n_0$	$n_2 \rightarrow n_0$	$n_3 \rightarrow n_0$	
	1				
	2				
	3				

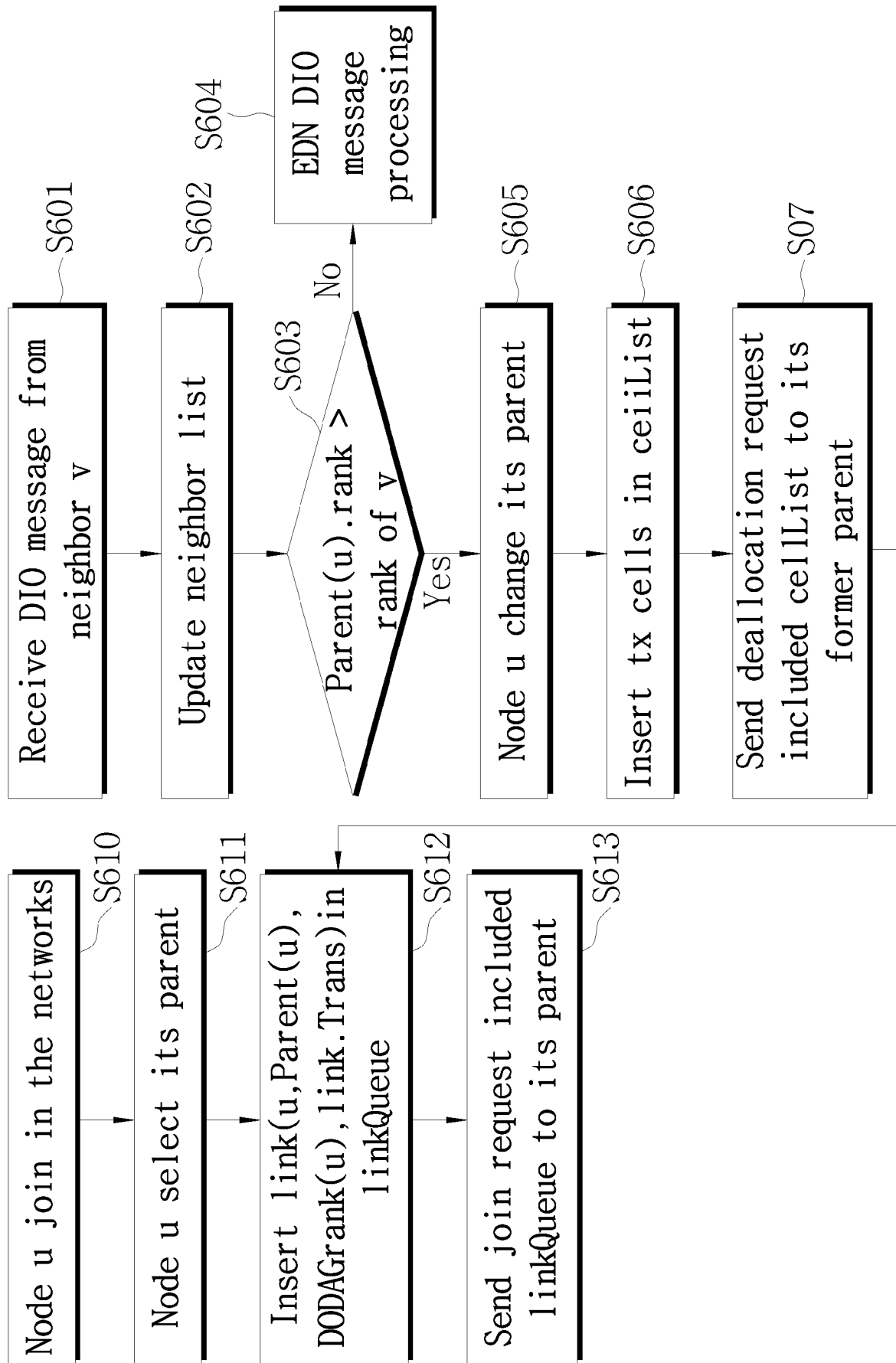
[도4]



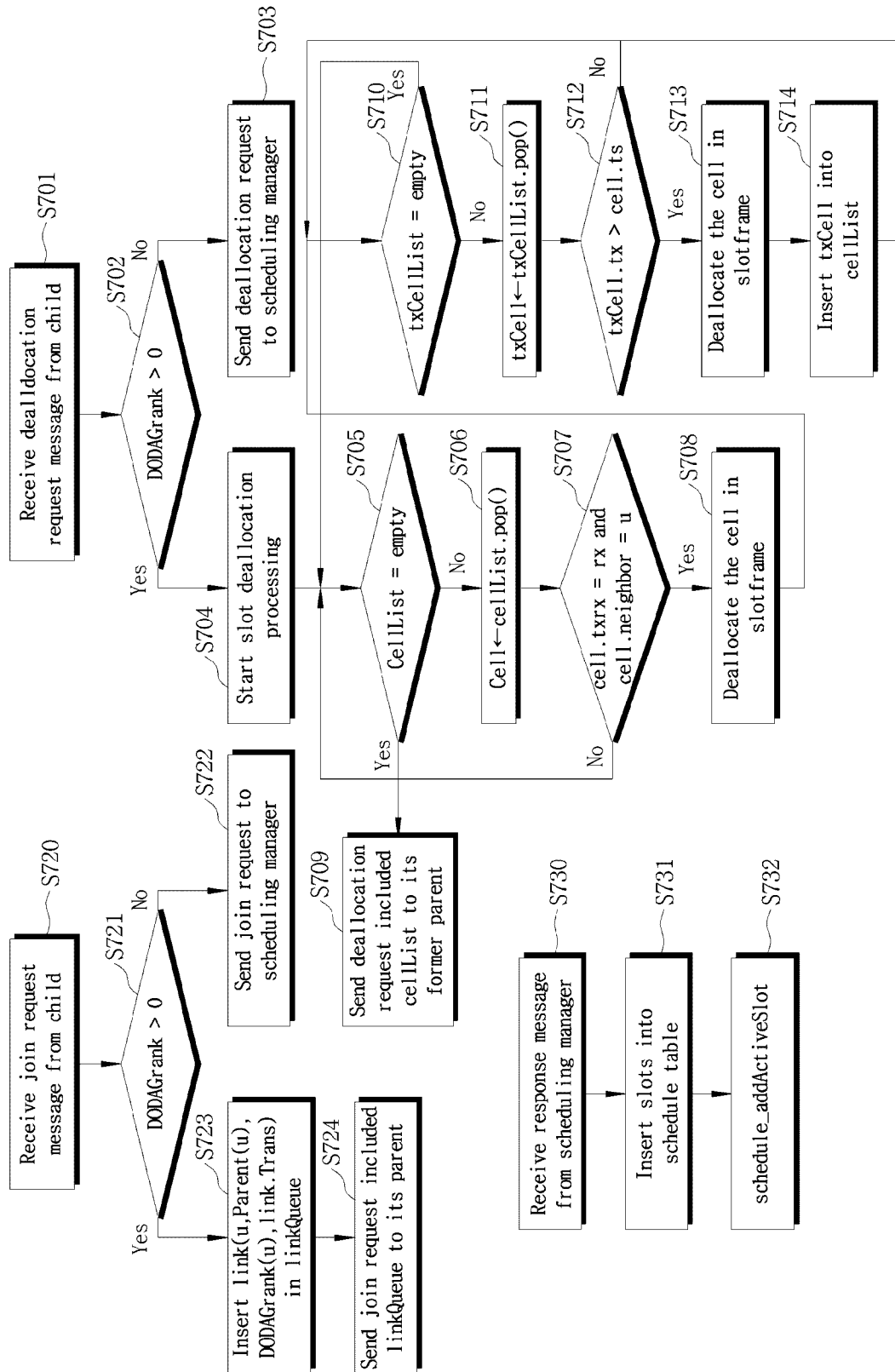
[도5]



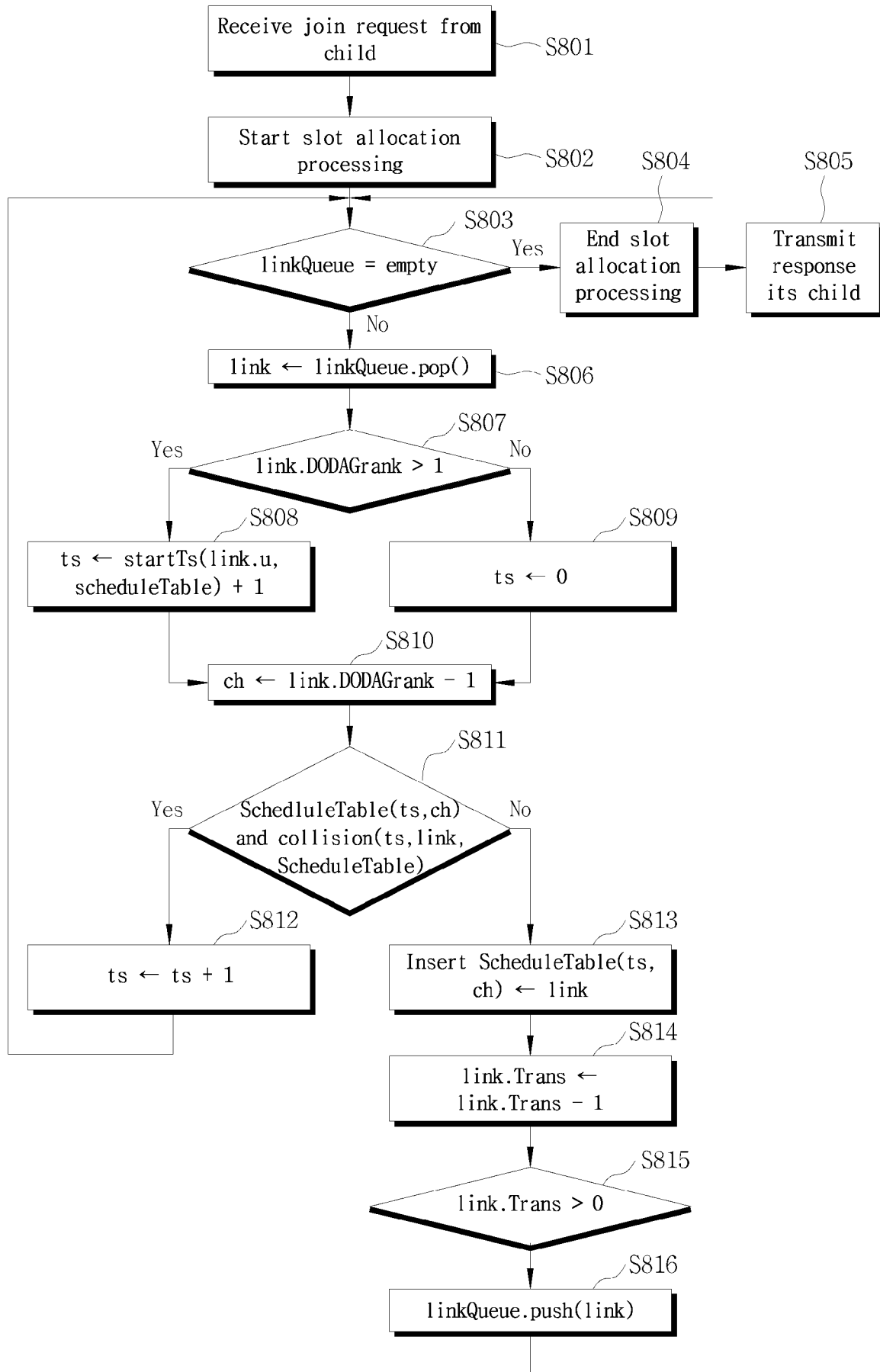
[도6]



[도7]



[도8a]



[도8b]

