



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2019년02월26일  
 (11) 등록번호 10-1925893  
 (24) 등록일자 2018년11월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*H04L 12/24* (2006.01) *H04B 11/00* (2006.01)  
*H04B 13/02* (2006.01) *H04L 12/26* (2006.01)  
 (52) CPC특허분류  
*H04L 41/0806* (2013.01)  
*H04B 11/00* (2013.01)  
 (21) 출원번호 10-2018-0055447  
 (22) 출원일자 2018년05월15일  
 심사청구일자 2018년05월15일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR101637560 B1\*  
 KR101717947 B1\*  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
**한국해양과학기술원**  
 부산광역시 영도구 해양로 385(동삼동)  
 (72) 발명자  
**윤창호**  
 세종특별자치시 달빛로 39 가재마을2단지 203동 1405호  
**김승근**  
 대전광역시 유성구 반석동로 33 반석마을5단지 503동 105호  
**임용곤**  
 대전광역시 유성구 반석동로 33 반석마을5단지 502동 605호  
 (74) 대리인  
**특허법인(유한) 대아**

전체 청구항 수 : 총 10 항

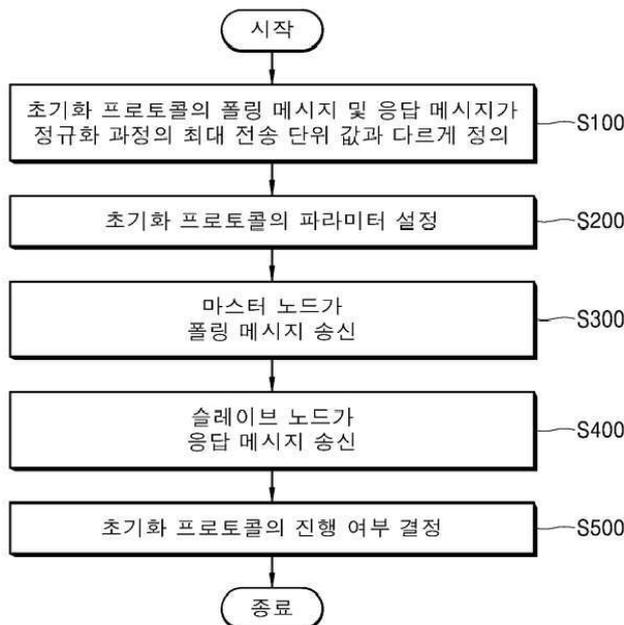
심사관 : 윤태섭

(54) 발명의 명칭 **수중 음파 통신용 제한적 다수 반복 초기화 프로토콜 방법**

**(57) 요약**

본 발명은 수중 음파 통신용 제한적 다수 반복 초기화 프로토콜 방법을 공개한다. 이 방법은 수중의 마스터 노드와 슬레이브 노드인 수중 노드들 간 수중 통신을 위한 프로토콜 방법에 있어서, (a) 초기화 프로토콜의 폴링 메시지 및 응답 메시지가 정규화 과정의 최대 전송 단위 값과 다르게 정의되는 단계; (b) 소정의 네트워크 조건 및 (뒷면에 계속)

**대표도** - 도2



채널 상태에서 수행된 모의 시험을 통해 상기 초기화 프로토콜의 파라미터가 설정되는 단계; 및 (c) 상기 마스터 노드가 상기 폴링 메시지를 송신하고, 상기 슬레이브 노드가 상기 응답 메시지를 송신하여 상기 초기화 프로토콜의 진행 여부를 결정하는 단계;를 포함하고, 상기 프로토콜 방법은 원 홉 통신으로서, 상기 수중 노드들은 상기 마스터 노드의 통신 반경 내에 위치하는 것을 특징으로 한다. 본 발명에 의할 경우, 수중의 열악한 환경으로 다중 홉에 의해 발생하는 지연, 경로 설정 오버헤드 등을 회피하면서, 보다 안정적으로 수중 데이터를 수상-육상으로 전달이 가능하고, 초기화 과정에 특화된 절차 및 메시지가 정의되어 초기화 시간이 단축되고 메시지의 충돌 발생이 억제된다.

(52) CPC특허분류

**H04B 13/02** (2013.01)

**H04L 43/10** (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	PMS3930
부처명	해양수산부
연구관리전문기관	한국해양과학기술진흥원
연구사업명	해양수산기술연구개발사업
연구과제명	수중 광역 이동통신 시스템 기술개발
기 여 율	1/1
주관기관	한국해양과학기술원 부설 선박해양플랜트연구소
연구기간	2018.04.01 ~ 2019.01.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

수중의 마스터 노드와 슬레이브 노드인 수중 노드들 간 수중 음파 통신을 위한 프로토콜 방법에 있어서,

(a) 초기화 프로토콜의 폴링 메시지의 크기 및 응답 메시지의 크기가 정규화 과정에서 전송하는 메시지를 최대한도로 설정할 수 있는 단위 값인 최대 전송 단위 값과 다르게 정의되고, 상기 폴링 메시지의 크기는 상기 슬레이브 노드의 수에 의해 결정이 되어 정의되며, 상기 응답 메시지의 크기는 상기 폴링 메시지보다 비트수가 작은 고정값으로 결정이 되어 정의되는 단계;

(b) 소정의 네트워크 조건 및 채널 상태에서 수행된 모의 시험을 통해 상기 초기화 프로토콜의 파라미터가 설정되는 단계; 및

(c) 상기 마스터 노드가 상기 폴링 메시지를 송신하고, 상기 슬레이브 노드가 상기 응답 메시지를 송신하여 상기 초기화 프로토콜의 진행 여부를 결정하는 단계;

를 포함하고,

상기 프로토콜 방법은 원 홉 통신으로서, 상기 수중 노드들은 상기 마스터 노드의 통신 반경 내에 위치하는 것을 특징으로 하는,

수중 음파 통신용 제한적 다수 반복 초기화 프로토콜 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 (a) 단계는

상기 슬레이브 노드 수에 소정 비트가 가산되어 상기 폴링 메시지가 정의되는 단계;

상기 마스터 노드가 다음 주기의 폴링 메시지에서 초기화 성공 여부를 복수개의 슬레이브 노드에게 통지하는 단계; 및

상기 폴링 메시지보다 비트수가 작은 상기 소정 비트로 상기 응답 메시지가 정의되는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는,

수중 음파 통신용 제한적 다수 반복 초기화 프로토콜 방법.

#### 청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 (c) 단계는

(c-1) 상기 마스터 노드가 네트워크 조건에 따라 메시지 교환 반복 사이클 주기 및 최대 반복수에 대한 초기화 프로토콜 파라미터를 설정하는 단계;

(c-2) 상기 마스터 노드가 상기 메시지 교환 반복 사이클 주기로 하나의 반복 폴링 메시지를 브로드캐스트 방식으로 송신하는 단계;

(c-3) 상기 마스터 노드가 상기 복수개의 슬레이브 노드로부터 상기 응답 메시지 수신을 대기하는 단계;

(c-4) 상기 반복 폴링 메시지를 수신한 슬레이브 노드가 상기 응답 메시지를 생성하는 단계;

(c-5) 상기 응답 메시지를 생성한 슬레이브 노드가 해당 슬레이브 노드의 랜덤 대기 시간 이후에 유니캐스트 방식으로 상기 응답 메시지를 송신하는 단계;

(c-6)  $k$  번째 반복에서 상기 응답 메시지를 수신한 마스터 노드가 상기  $k$  번째 반복에서의 초기화 성공률 값을 계산하여 초기화 성공률의 임계값과 비교하는 단계; 및

(c-7) 상기 응답 메시지를 수신한 마스터 노드가 반복 인덱스( $k$ )를 확인하여 초기화 성공률 및 반복 인덱스의 크기에 따라 상기 초기화 프로토콜의 진행 여부를 결정하는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는,

수중 음파 통신용 제한적 다수 반복 초기화 프로토콜 방법.

#### 청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 (c-7) 단계 이후에

최대 반복 회수( $K$ )까지 초기화에 성공하지 못한 슬레이브 노드가 정규 과정의 네트워크 엔트리 방법에 따라 네트워크에 진입하는 단계;

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는,

수중 음파 통신용 제한적 다수 반복 초기화 프로토콜 방법.

#### 청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 (c-7) 단계는

상기 계산된 반복에서의 초기화 성공률 값이 초기화 성공률의 임계값 미만인 경우, 상기 반복 인덱스( $k$ )를 하나 증가시키는 단계;

상기 반복 인덱스( $k$ ) 값과 상기 최대 반복 회수( $K$ )를 비교하는 단계; 및

상기 반복 인덱스( $k$ ) 값이 상기 최대 반복 회수( $K$ ) 이하인 경우, 상기 (c-2) 단계로 회귀하는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는,

수중 음파 통신용 제한적 다수 반복 초기화 프로토콜 방법.

#### 청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 (c-7) 단계는

상기 계산된 반복에서의 초기화 성공률 값이 초기화 성공률의 임계값 이상인 경우 및 상기 반복 인덱스( $k$ ) 값이 상기 최대 반복 회수( $K$ ) 초과인 경우, 초기화를 종료하는 단계;

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는,

수중 음파 통신용 제한적 다수 반복 초기화 프로토콜 방법.

### 청구항 7

제 3 항에 있어서,

상기 (b) 단계는

(b-1) 상기 마스터 노드의 최대 통신 반경을 고려한 최대 전파 지연 및 전송 지연을 이용하여 최대 라운드 트립 시간이 산출되는 단계;

(b-2) 상기 산출된 최대 라운드 트립 시간의 배수로 메시지 교환 반복 사이클을 설정하기 위해 슬레이브 노드의 랜덤 대기 시간이 산출되는 단계;

(b-3) 상기 산출된 슬레이브 노드의 랜덤 대기 시간을 고려하여 상기 산출된 최대 라운드 트립 시간과 (최대 대기 시간 계수+1)의 승산으로 상기 메시지 교환 반복 사이클이 산출되는 단계;

(b-4) 최소값을 상기 슬레이브 노드의 수로 설정하여 상기 최대 대기 시간 계수 값과 반비례하도록 최대 반복 수가 산출되는 단계;

(b-5) 상기  $k$  번째 반복에서 상기 응답 메시지를 생성한 슬레이브 노드가 상기 응답 메시지 전송시, 메시지 송신 충돌 없이 전송할 확률을 이용하여 초기화 성공률이 산출되는 단계;

(b-6) 상기 산출된 메시지 교환 반복 사이클과 초기화 과정 종료시 반복 인덱스의 승산으로 초기화 과정 수행 시간이 산출되는 단계; 및

(b-7) 상기 네트워크 조건에서의 초기화 과정 종료시 초기화 성공률 및 초기화 과정 수행 시간에 대한 평균값들을 이용하여 초기화 과정 종료시 최대 대기 시간 계수가 산출되는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는,

수중 음파 통신용 제한적 다수 반복 초기화 프로토콜 방법.

### 청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 (b-7) 단계는

네트워크 기반 초기화 과정 종료시 초기화 성공률 및 상기 네트워크 기반 초기화 과정 수행 시간이 산출되는 단계;

특정 최대 대기 시간 계수에서 모든 링크 상태에 대한 초기화 과정 종료시 초기화 성공률 및 초기화 과정 수행 시간 값들의 평균값들이 저장되는 단계;

상기 저장된 초기화 과정 종료시 초기화 성공률 평균값들을 내림차순으로 정렬하여 최대값을 찾는 단계; 및

상기 저장된 초기화 과정 수행 시간 평균값들을 오름차순으로 정렬하여 최소값을 찾는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는,

수중 음파 통신용 제한적 다수 반복 초기화 프로토콜 방법.

### 청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 네트워크 조건은,

최대 네트워크 반경, 슬레이브 노드의 수, 데이터율 및 초기화 성공률의 임계값을 포함하는 것을 특징으로 하는

수중 음파 통신용 제한적 다수 반복 초기화 프로토콜 방법.

**청구항 10**

수중의 마스터 노드와 슬레이브 노드인 수중 노드들 간 수중 통신을 위한 프로토콜 방법에 있어서,

(a) 초기화 프로토콜의 폴링 메시지의 크기 및 응답 메시지의 크기가 정규화 과정에서 전송하는 메시지를 최대한도로 설정할 수 있는 단위 값인 최대 전송 단위 값과 다르게 정의되고, 상기 폴링 메시지의 크기는 상기 슬레이브 노드의 수에 의해 결정이 되어 정의되며, 상기 응답 메시지의 크기는 상기 폴링 메시지보다 비트수가 작은 고정값으로 결정이 되어 정의되는 단계;

(b) 소정의 네트워크 조건 및 채널 상태에서 수행된 모의 시험을 통해 상기 초기화 프로토콜의 파라미터가 설정되는 단계; 및

(c) 상기 마스터 노드가 상기 폴링 메시지를 송신하고, 상기 슬레이브 노드가 상기 응답 메시지를 송신하여 상기 초기화 프로토콜의 진행 여부를 결정하는 단계;

를 포함하고,

상기 프로토콜 방법은 싱글 캐리어 방식으로서, 전-방향성 안테나를 사용하는 것을 특징으로 하는,

수중 음파 통신용 제한적 다수 반복 초기화 프로토콜 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 초기화 프로토콜 방법에 관한 것으로서, 특히 수중의 열악한 채널 환경을 고려하여 단일 홉 중앙 집중식 마스터-슬레이브 구조로, 다중 홉에 의해 발생하는 지연, 경로 설정 오버헤드 문제를 방지하면서, 초기화 시간이 단축되고 메시지의 충돌 발생이 억제되는 수중 음파 통신용 제한적 다수 반복 초기화 프로토콜 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

- [0002] 일반적으로, 수중 환경은 지상 환경에 비해 통신 환경이 매우 척박하다.
- [0003] 신호의 전송속도는 매우 느리며, 사용 가능한 채널의 개수도 매우 한정적이고 사용 가능한 대역폭도 매우 좁다.
- [0004] 이러한 수중 환경에서의 초기화 프로토콜은 네트워크의 시작과 직접적인 관련(스탠바이 -> 시작)이 있기 때문에 초기화 과정을 통해 노드들을 깨우고, 네트워크 파라미터를 셋팅하고, 시작 가용 상태 확인 등의 초기화 과정 없이 네트워크 운용을 할 수 없다.
- [0005] 그런데, 종래에는 주로 링크 계층의 네트워크 매체접속제어 또는 네트워크 계층의 라우팅 프로토콜의 초기화의 일부 과정으로 추상적인 과정만 제안되어 왔다.
- [0006] 즉, 초기화의 절차가 대부분 폴링(polling)-응답(response) 방식을 이용하여 초기화 패킷(예를 들어, SYNC)-응답 패킷(예를 들어, SYNC response)의 간단한 패킷들을 노드간에 송수신하는 동작뿐이었다.
- [0007] 또한, 수중 통신 환경은 통신 거리 연장을 위해 매체로 음파를 사용하므로, 낮은 전송율과 긴 전파지연 등 열악한 통신 환경으로 인해 송수신이 실패하는 경우가 종종 있었다.
- [0008] 즉, 육상의 전자기파 통신과 달리 수중 터블런스, 배, 수온 등의 다양한 원인들로 인해 빈번한 송수신 실패가 발생하고, 링크 에러가 일정 시간 동안 비트 단위의 에러 발생이 아닌 패킷 전체가 해석할 수 없는 왜곡된 신호가 수신(ON-OFF 상태)되는 경우이다.
- [0009] **수중 음향 네트워크 시스템**
- [0010] 도 1은 일반적인 수중 음향 네트워크 시스템에 대한 대략적인 구성도이다.
- [0011] 도 1을 참조하여 일반적인 수중 음향 네트워크 시스템의 동작을 설명하면 다음과 같다.

- [0012] 도 1에 나타낸 바와 같이, 수중 음향 네트워크(Underwater acoustic networks, UANets)는 다수의 수중 노드들(underwater node, 110), 다수의 마스터 노드들(master node, 120), 중앙 명령 선박(130), 육상국(140) 및 위성(150)으로 구성된다.
- [0013] 다수의 수중 노드들(110)은 슬레이브 노드들로서, 잠수부, 잠수함, 자율 수중 차량(Autonomous Underwater Vehicles, AUV) 등으로서, 수중에서 이동성을 가진다.
- [0014] 다수의 마스터 노드들(120)은 부표(buoy)와 같이 물 표면에 위치하면서 수중 노드들(110)로부터의 데이터를 다수의 다른 마스터 노드들, 육상국(140), 또는 중앙 명령 선박(130)으로 중계한다.
- [0015] 중앙 명령 선박(130)은 수면에서의 이동 노드로서, 수중 임무를 명령하고, 다수의 마스터 노드들(120)에서 수집된 데이터를 육상국(140) 및 위성(150)으로 전송한다.
- [0016] 육상국(land station, 140)은 수중으로부터의 각종 데이터를 다른 네트워크 영역으로 전송하기 위하여 지상 백본 네트워크에 연결된다.
- [0017] 즉, 중앙 명령 선박(130)은 일차적으로 수중 노드들(110)로부터 해양 데이터를 얻기 위하여 마스터 노드(MN<sub>i</sub>)에 명령하면, 마스터 노드(MN<sub>i</sub>)는 수중 노드들(110)에 음향 초기화 신호를 브로드캐스트(broadcast)하기 시작한다.
- [0018] 수중 노드들(110) 중 소정의 수중 노드(UN<sub>i</sub>)는 신호를 수신 한 후에, 데이터 전송을 위해 마스터 노드(MN<sub>i</sub>)로부터 데이터 전송 기회를 획득하고, 주어진 매개 접근 제어(media access control, MAC) 프로토콜 하에서 마스터 노드(MN<sub>i</sub>)에 데이터를 전송한다.
- [0019] 마스터 노드(MN<sub>i</sub>)는 데이터를 수신 한 후에, 중앙 명령 선박(130)으로 정보를 전달하고, 중앙 명령 선박(130)은 육상국(140)으로 데이터를 중계한다.
- [0020] 마지막으로, 육상국(140)은 지상과 백본 네트워크를 통해 많은 인터넷 가입자에게 데이터를 전송한다.
- [0021] 이와 같은 수중 노드들 간에 통신 네트워크를 구성하는데 있어서, 네트워크의 매체 접속 제어 방식에 따라 정규 과정을 진행하기 전에 네트워크 초기화 과정이 선행되어야 하는데, 다음과 같은 경우에 네트워크 초기화 과정은 필수적이라 할 수 있다.
- [0022] 즉, 최초 네트워크 구성 셋업시(위치 인식, 네비게이션, 전송 스케줄링, 제어 등), 새로운 노드가 네트워크를 진입하거나, 기존의 노드가 네트워크를 이탈시, 빈번한 네트워크 실패로 인한 새로운 네트워크 구성 셋업시 네트워크 초기화 과정이 반드시 필요하다.
- [0023] 한편, 수중 네트워크 초기화 프로토콜에 대한 연구 역시 활발히 진행되고 있으며, 각종 수중 네트워크 환경에 따라 초기화 프로토콜이 현재 다양하게 연구 개발되고 있다.
- [0024] 분산형 구조에 따른 초기화 프로토콜에 대한 연구로는 슬롯을 할당한 노드가 싱크(SYNC)를 전송한 이후, 모든 이웃으로부터 어싱크(ASYNK)를 수신할 때까지 초기화 과정을 수행하는 방식, 리더 노드가 메시지를 방송하고 대기하면 나머지는 노드는 ALOHA를 이용하여 응답하는 방식, 쇼트 파일럿 메시지(short pilot message)를 전체 서브 캐리어를 이용하여 이웃 노드들에게 방송하는 방식 등이 있다.
- [0025] 그런데, 육상 네트워크 또는 기존 수중 프로토콜 연구에서 무 오류(error-free) 가정에서의 간단한 초기화와 다르게, 수중의 열악한 통신 환경으로 인해 한 번에 모든 네트워크의 초기화가 완료될 확률이 극히 낮은 한계가 있었다.
- [0026] 즉, 초기화 과정의 반복(iteration) 횟수가 네트워크의 성능의 주요 변수가 될 수 있는데, 초기화 반복과 관련하여, 기존 수중 프로토콜 연구에서는 한번만 수행하거나 모든 노드들이 초기화 완료시까지 수행하는 것으로 가정함에 따라, 채널 환경(링크 상태)을 고려한 초기화 과정의 시도(initialization iteration) 횟수 조정에 대한 연구가 부재한 상황이다.
- [0027] 따라서, 전체 완료 초기화시 채널 환경이 나쁠 때, 초기화 과정이 종료되지 않고 계속 시도되어 초기화 무한 루프를 초래하므로, 에너지 효율(energy efficiency)이 감소하는 문제점이 있었다.
- [0028] 또한, 부분 완료 초기화시 네트워크 초기화 과정을 수행하는 횟수인 반복 횟수가 유한한 경우, 일부의 노드들은 정규화 과정으로 진입하지만, 초기화에 실패한 노드들은 정규화 과정에 진입하지 못하고 계속 시도해야 하는 문

제점이 있었다.

[0029] 이는 일정 부분의 네트워크 리소스를 네트워크 엔트리(network entry)에 지속적으로 할당해서 자원 활용도(resource utilization)이 떨어질 수 있는 문제점이 있었다.

[0030] 그러므로 이와 같이 다양한 수중 네트워크 환경을 고려하여 초기화 반복 횟수의 조정이 필요하고, 수중에서는 빈번한 네트워크 실패가 발생하여 정규화 과정 진행 중에도 다시 초기화 과정으로 회귀해야 할 상황이 빈번하므로, 가급적 에너지 소모가 낮고 간단하게 네트워크의 노드들의 상태를 확인할 수 있는 초기화 프로토콜이 절실한 상황이다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0031] (특허문헌 0001) KR 10-1320336 B1

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0032] 본 발명은 수중의 열악한 채널 환경을 고려하여 접근 스케줄링이 동기화가 필요 없고 적응적으로 초기화 횟수 및 시간을 결정하는 단일 홉 중앙 집중식 마스터-슬레이브 구조의 수중 음파 통신용 제한적 다수 반복 초기화 프로토콜 방법을 제공하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0033] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 수중 음파 통신용 제한적 다수 반복 초기화 프로토콜 방법은 수중의 마스터 노드와 슬레이브 노드인 수중 노드들 간 수중 통신을 위한 프로토콜 방법에 있어서, (a) 초기화 프로토콜의 폴링 메시지 및 응답 메시지가 정규화 과정의 최대 전송 단위 값과 다르게 정의되는 단계; (b) 소정의 네트워크 조건 및 채널 상태에서 수행된 모의 시험을 통해 상기 초기화 프로토콜의 파라미터가 설정되는 단계; 및 (c) 상기 마스터 노드가 상기 폴링 메시지를 송신하고, 상기 슬레이브 노드가 상기 응답 메시지를 송신하여 상기 초기화 프로토콜의 진행 여부를 결정하는 단계;를 포함하고, 상기 프로토콜 방법은 원 홉 통신으로서, 상기 수중 노드들은 상기 마스터 노드의 통신 반경 내에 위치하는 것을 특징으로 한다.

[0034] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 수중 음파 통신용 제한적 다수 반복 초기화 프로토콜 방법의 상기 (a) 단계는 상기 슬레이브 노드 수에 소정 비트가 가산되어 상기 폴링 메시지가 정의되는 단계; 상기 마스터 노드가 다음 주기의 폴링 메시지에서 초기화 성공 여부를 복수개의 슬레이브 노드에게 통지하는 단계; 및 상기 폴링 메시지보다 비트수가 작은 상기 소정 비트로 상기 응답 메시지가 정의되는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0035] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 수중 음파 통신용 제한적 다수 반복 초기화 프로토콜 방법의 상기 (c) 단계는 (c-1) 상기 마스터 노드가 네트워크 조건에 따라 메시지 교환 반복 사이클 주기 및 최대 반복수에 대한 초기화 프로토콜 파라미터를 설정하는 단계; (c-2) 상기 마스터 노드가 상기 메시지 교환 반복 사이클 주기로 하나의 반복 폴링 메시지를 브로드캐스트 방식으로 송신하는 단계; (c-3) 상기 마스터 노드가 상기 복수개의 슬레이브 노드로부터 상기 응답 메시지 수신을 대기하는 단계; (c-4) 상기 반복 폴링 메시지를 수신한 슬레이브 노드가 상기 응답 메시지를 생성하는 단계; (c-5) 상기 응답 메시지를 생성한 슬레이브 노드가 해당 슬레이브 노드의 랜덤 대기 시간 이후에 유니캐스트 방식으로 상기 응답 메시지를 송신하는 단계; (c-6)  $k$  번째 반복에서 상기 응답 메시지를 수신한 마스터 노드가 상기  $k$  번째 반복에서의 초기화 성공률 값을 계산하여 초기화 성공률의 임계값과 비교하는 단계; 및 (c-7) 상기 응답 메시지를 수신한 마스터 노드가 반복 인덱스( $k$ )를 확인하여 초기화 성공률 및 반복 인덱스의 크기에 따라 상기 초기화 프로토콜의 진행 여부를 결정하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0036] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 수중 음파 통신용 제한적 다수 반복 초기화 프로토콜 방법은 상기 (c-7) 단계 이후에 최대 반복 회수( $K$ )까지 초기화에 성공하지 못한 슬레이브 노드가 정규 과정의 네트워크 엔트리

방법에 따라 네트워크에 진입하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

- [0037] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 수중 음파 통신용 제한적 다수 반복 초기화 프로토콜 방법의 상기 (c-7) 단계는 상기 계산된 반복에서의 초기화 성공률 값이 초기화 성공률의 임계값 미만인 경우, 상기 반복 인덱스( $k$ )를 하나 증가시키는 단계; 상기 반복 인덱스( $k$ ) 값과 상기 최대 반복 회수( $K$ )를 비교하는 단계; 및 상기 반복 인덱스( $k$ ) 값이 상기 최대 반복 회수( $K$ ) 이하인 경우, 상기 (c-2) 단계로 회귀하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0038] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 수중 음파 통신용 제한적 다수 반복 초기화 프로토콜 방법의 상기 (c-7) 단계는 상기 계산된 반복에서의 초기화 성공률 값이 초기화 성공률의 임계값 이상인 경우 및 상기 반복 인덱스( $k$ ) 값이 상기 최대 반복 회수( $K$ ) 초과인 경우, 초기화를 종료하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0039] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 수중 음파 통신용 제한적 다수 반복 초기화 프로토콜 방법의 상기 (b) 단계는 (b-1) 상기 마스터 노드의 최대 통신 반경을 고려한 최대 전파 지연 및 전송 지연을 이용하여 최대 라운드 트립 시간이 산출되는 단계; (b-2) 상기 산출된 최대 라운드 트립 시간의 배수로 메시지 교환 반복 사이클을 설정하기 위해 슬레이브 노드의 랜덤 대기 시간이 산출되는 단계; (b-3) 상기 산출된 슬레이브 노드의 랜덤 대기 시간을 고려하여 상기 산출된 최대 라운드 트립 시간과 (최대 대기 시간 계수+1)의 승산으로 상기 메시지 교환 반복 사이클이 산출되는 단계; (b-4) 최소값을 상기 슬레이브 노드의 수로 설정하여 상기 최대 대기 시간 계수 값과 반비례하도록 최대 반복 수가 산출되는 단계; (b-5) 상기  $k$  번째 반복에서 상기 응답 메시지를 생성한 슬레이브 노드가 상기 응답 메시지 전송시, 메시지 송신 충돌 없이 전송할 확률을 이용하여 초기화 성공률이 산출되는 단계; (b-6) 상기 산출된 메시지 교환 반복 사이클과 초기화 과정 종료시 반복 인덱스의 승산으로 초기화 과정 수행 시간이 산출되는 단계; 및 (b-7) 상기 네트워크 조건에서의 초기화 과정 종료시 초기화 성공률 및 초기화 과정 수행 시간에 대한 평균값들을 이용하여 초기화 과정 종료시 최대 대기 시간 계수가 산출되는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0040] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 수중 음파 통신용 제한적 다수 반복 초기화 프로토콜 방법의 상기 (b-7) 단계는 상기 네트워크 기반 초기화 과정 종료시 초기화 성공률 및 상기 네트워크 기반 초기화 과정 수행 시간이 산출되는 단계; 특정 최대 대기 시간 계수에서 모든 링크 상태에 대한 초기화 과정 종료시 초기화 성공률 및 초기화 과정 수행 시간 값들의 평균값들이 저장되는 단계; 상기 저장된 초기화 과정 종료시 초기화 성공률 평균값들을 내림차순으로 정렬하여 최대값을 찾는 단계; 및 상기 저장된 초기화 과정 수행 시간 평균값들을 오름차순으로 정렬하여 최소값을 찾는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0041] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 수중 음파 통신용 제한적 다수 반복 초기화 프로토콜 방법의 상기 네트워크 조건은, 최대 네트워크 반경, 슬레이브 노드의 수, 데이터율 및 초기화 성공률의 임계값을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0042] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 수중 음파 통신용 제한적 다수 반복 초기화 프로토콜 방법은 수중의 마스터 노드와 슬레이브 노드인 수중 노드들 간 수중 통신을 위한 프로토콜 방법에 있어서, (a) 초기화 프로토콜의 폴링 메시지 및 응답 메시지가 정규화 과정의 최대 전송 단위 값과 다르게 정의되는 단계; (b) 소정의 네트워크 조건 및 채널 상태에서 수행된 모의 시험을 통해 상기 초기화 프로토콜의 파라미터가 설정되는 단계; 및 (c) 상기 마스터 노드가 상기 폴링 메시지를 송신하고, 상기 슬레이브 노드가 상기 응답 메시지를 송신하여 상기 초기화 프로토콜의 진행 여부를 결정하는 단계;를 포함하고, 상기 프로토콜 방법은 싱글 캐리어 방식으로서, 전-방향성 안테나를 사용하는 것을 특징으로 한다.
- [0043] 기타 실시예의 구체적인 사항은 "발명을 실시하기 위한 구체적인 내용" 및 첨부 "도면"에 포함되어 있다.
- [0044] 본 발명의 이점 및/또는 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 각종 실시예를 참조하면 명확해질 것이다.
- [0045] 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 각 실시예의 구성만으로 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수도 있으며, 단지 본 명세서에서 개시한 각각의 실시예는 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구범위의 각 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐임을 알아야 한다.

**발명의 효과**

- [0046] 본 발명에 의한 경우, 수중의 열악한 환경으로 다중 홉에 의해 발생하는 지연, 경로 설정 오버헤드 등을 회피하면서, 보다 안정적으로 수중 데이터를 수상-육상으로 전달이 가능하다.
- [0047] 또한, 초기화 과정에 특화된 절차 및 메시지가 정의되어 초기화 시간이 단축되고 메시지의 충돌 발생이 억제된다.

**도면의 간단한 설명**

- [0048] 도 1은 일반적인 수중 음향 네트워크 시스템에 대한 대략적인 구성도이다.
- 도 2는 본 발명에 따른 수중 음파 통신용 제한적 다수 반복 초기화 프로토콜 방법의 전반적인 동작을 나타내는 순서도이다.
- 도 3은 본 발명의 초기화 프로토콜 방법에 사용되는 파라미터들과 그에 대한 정의를 기재한 표이다.
- 도 4는 도 2에 도시된 초기화 프로토콜 방법 중 단계(S100)에서 정의되는 폴링 메시지의 헤더와 그에 대한 설명을 기재한 표이다.
- 도 5는 도 2에 도시된 초기화 프로토콜 방법 중 단계(S100)에서 정의되는 응답 메시지의 헤더와 그에 대한 설명을 기재한 표이다.
- 도 6은 도 2에 도시된 초기화 프로토콜 방법 중 단계(S200)의 부분 동작을 나타내는 순서도이다.
- 도 7은 도 6에 도시된 초기화 프로토콜 방법 중 단계(S270)의 부분 동작을 나타내는 순서도이다.
- 도 8은 도 2에 도시된 초기화 프로토콜 방법 중 단계(S300 내지 S500)의 부분 동작을 나타내는 순서도이다.
- 도 9는 도 8에 도시된 초기화 프로토콜 방법 중 단계(S520)의 부분 동작을 나타내는 순서도이다.
- 도 10은 본 발명의 초기화 프로토콜 방법에서 마스터 노트와 슬레이브 노트 간 송수신되는 초기화 메시지들을 시간의 흐름에 따라 개략적으로 도시한 도면이다.
- 도 11은 본 발명의 초기화 프로토콜 방법을 검증하기 위하여 모의 시험한 결과에 대한 그래프이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0049] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [0050] 본 발명을 상세하게 설명하기 전에, 본 명세서에서 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 무조건 한정하여 해석되어서는 아니되며, 본 발명의 발명자가 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해서 각종 용어의 개념을 적절하게 정의하여 사용할 수 있고, 더 나아가 이들 용어나 단어는 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야 함을 알아야 한다.
- [0051] 즉, 본 명세서에서 사용된 용어는 본 발명의 바람직한 실시예를 설명하기 위해서 사용되는 것일 뿐이고, 본 발명의 내용을 구체적으로 한정하려는 의도로 사용된 것이 아니며, 이들 용어는 본 발명의 여러 가지 가능성을 고려하여 정의된 용어임을 알아야 한다.
- [0052] 또한, 본 명세서에 있어서, 단수의 표현은 문맥상 명확하게 다른 의미로 지시하지 않는 이상, 복수의 표현을 포함할 수 있으며, 유사하게 복수로 표현되어 있다고 하더라도 단수의 의미를 포함할 수 있음을 알아야 한다.
- [0053] 본 명세서의 전체에 걸쳐서 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소를 "포함"한다고 기재하는 경우에는, 특별히 반대되는 의미의 기재가 없는 한 임의의 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 임의의 다른 구성 요소를 더 포함할 수도 있다는 것을 의미할 수 있다.
- [0054] 더 나아가서, 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소의 "내부에 존재하거나, 연결되어 설치된다"고 기재한 경우에는, 이 구성 요소가 다른 구성 요소와 직접적으로 연결되어 있거나 접촉하여 설치되어 있을 수 있고, 일정한 거리를 두고 이격되어 설치되어 있을 수도 있으며, 일정한 거리를 두고 이격되어 설치되어 있는 경우에 대해서는 해당 구성 요소를 다른 구성 요소에 고정 내지 연결시키기 위한 제 3의 구성 요소 또는 수단이 존재할 수 있으며, 이 제 3의 구성 요소 또는 수단에 대한 설명은 생략될 수도 있음을 알아야 한다.

- [0055] 반면에, 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 "직접 연결"되어 있다거나, 또는 "직접 접속"되어 있다고 기재되는 경우에는, 제 3의 구성 요소 또는 수단이 존재하지 않는 것으로 이해하여야 한다.
- [0056] 마찬가지로, 각 구성 요소 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 " ~ 사이에"와 "바로 ~ 사이에", 또는 " ~ 에 이웃하는"과 " ~ 에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 취지를 가지고 있는 것으로 해석되어야 한다.
- [0057] 또한, 본 명세서에 있어서 "일면", "타면", "일측", "타측", "제 1", "제 2" 등의 용어는, 사용된다면, 하나의 구성 요소에 대해서 이 하나의 구성 요소가 다른 구성 요소로부터 명확하게 구별될 수 있도록 하기 위해서 사용되며, 이와 같은 용어에 의해서 해당 구성 요소의 의미가 제한적으로 사용되는 것은 아님을 알아야 한다.
- [0058] 또한, 본 명세서에서 "상", "하", "좌", "우" 등의 위치와 관련된 용어는, 사용된다면, 해당 구성 요소에 대해서 해당 도면에서의 상대적인 위치를 나타내고 있는 것으로 이해하여야 하며, 이들의 위치에 대해서 절대적인 위치를 특정하지 않는 이상은, 이들 위치 관련 용어가 절대적인 위치를 언급하고 있는 것으로 이해하여서는 아니된다.
- [0059] 더욱이, 본 발명의 명세서에서는, "...부", "...기", "모듈", "장치" 등의 용어는, 사용된다면, 하나 이상의 기능이나 동작을 처리할 수 있는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 또는 소프트웨어, 또는 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있음을 알아야 한다.
- [0060] 또한, 본 명세서에서는 각 도면의 각 구성 요소에 대해서 그 도면 부호를 명기함에 있어서, 동일한 구성 요소에 대해서는 이 구성 요소가 비록 다른 도면에 표시되더라도 동일한 도면 부호를 가지고 있도록, 즉 명세서 전체에 걸쳐 동일한 참조 부호는 동일한 구성 요소를 지시하고 있다.
- [0061] 본 명세서에 첨부된 도면에서 본 발명을 구성하는 각 구성 요소의 크기, 위치, 결합 관계 등은 본 발명의 사상을 충분히 명확하게 전달할 수 있도록 하기 위해서 또는 설명의 편의를 위해서 일부 과장 또는 축소되거나 생략되어 기술되어 있을 수 있고, 따라서 그 비례나 축척은 엄밀하지 않을 수 있다.
- [0062] 또한, 이하에서, 본 발명을 설명함에 있어서, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 구성, 예를 들어, 종래 기술을 포함하는 공지 기술에 대한 상세한 설명은 생략될 수도 있다.
- [0063] 도 2는 본 발명에 따른 수중 음파 통신용 제한적 다수 반복 초기화 프로토콜 방법의 전반적인 동작을 나타내는 순서도이다.
- [0064] 도 1 및 도 2를 참조하여 본 발명에 따른 수중 음파 통신용 제한적 다수 반복 초기화 프로토콜 방법의 전반적인 동작을 개략적으로 설명하면 다음과 같다.
- [0065] 수중의 마스터 노드와 슬레이브 노드인 수중 노드들 간 수중 음파 통신을 위한 프로토콜 방법에 있어서, 초기화 프로토콜의 폴링 메시지 및 응답 메시지가 정규화 과정의 최대 전송 단위 값과 다르게 정의된다(S100).
- [0066] 소정의 네트워크 조건 및 채널 상태에서 수행된 모의 시험을 통해 수중 통신용 제한적 다수 반복 초기화 프로토콜의 파라미터가 설정된다(S200).
- [0067] 마스터 노드가 폴링 메시지를 송신하고(S300), 슬레이브 노드가 응답 메시지를 송신하여(S400) 초기화 프로토콜의 진행 여부를 결정한다(S500).
- [0068] 본 발명에 따른 수중 음파 통신용 제한적 다수 반복 초기화 프로토콜 방법의 세부적인 동작 설명에 대해서는 후술하도록 한다.
- [0069] 도 3은 본 발명의 초기화 프로토콜 방법에 사용되는 파라미터들과 그에 대한 정의를 기재한 표이다.
- [0070] 도 4는 도 2에 도시된 초기화 프로토콜 방법 중 단계(S100)에서 정의되는 폴링 메시지의 헤더와 그에 대한 설명을 기재한 표이다.
- [0071] 도 5는 도 2에 도시된 초기화 프로토콜 방법 중 단계(S100)에서 정의되는 응답 메시지의 헤더와 그에 대한 설명을 기재한 표이다.
- [0072] 도 6은 도 2에 도시된 초기화 프로토콜 방법 중 단계(S200)의 부분 동작을 나타내는 순서도이다.
- [0073] 도 7은 도 6에 도시된 초기화 프로토콜 방법 중 단계(S270)의 부분 동작을 나타내는 순서도이다.
- [0074] 도 8은 도 2에 도시된 초기화 프로토콜 방법 중 단계(S300 내지 S500)의 부분 동작을 나타내는 순서도이다.

- [0075] 도 9는 도 8에 도시된 초기화 프로토콜 방법 중 단계(S520)의 부분 동작을 나타내는 순서도이다.
- [0076] 도 10은 본 발명의 초기화 프로토콜 방법에서 마스터 노트와 슬레이브 노트 간 송수신되는 초기화 메시지들을 시간의 흐름에 따라 개략적으로 도시한 도면이다.
- [0077] 먼저, 본 발명의 초기화 프로토콜 방법은 원 홉(hop) 통신으로서, 슬레이브 노트들은 마스터 노트의 통신 반경 내에 위치하고, 마스터 노트는 슬레이브들의 수를 알고 있다고 가정한다.
- [0078] 또한, 싱글 캐리어 방식으로서, 전-방향성(omni-directional) 안테나를 사용하고, 초기화 과정 이후 정규 과정을 통해 주어진 매체접속제어 프로토콜을 이용하여 데이터 송수신을 위한 스케줄링 정보를 전송한다고 가정한다.
- [0079] 초기화 프로토콜 메시지는 링크 계층 프로토콜 메시지로서, 초기화 과정과 정규화 과정에서 전송하는 메시지를 최대 한도로 설정할 수 있는 단위 값인 최대 전송 단위(Maximum Transmission Unit; MTU) 값을 다르게 설정한다.
- [0080] 이는 수중에서의 전파 지연 시간을 줄이고, 슬레이브 노트들 간에 전송되는 데이터의 충돌을 최소화시키기 위함이다.
- [0081] 폴링(polling) 메시지의 크기는 슬레이브 노트 수( $N$ )+17 비트로서, 슬레이브 노트들의 수에 의해 결정이 되며, 도 4와 같이 정의된다.
- [0082] 도 4에서 초기화 과정 소요 시간을 단축시키고, 메시지 오버헤드 감소를 통한 에너지 효율을 증가시키기 위해, 마스터 노트는 다음 주기의 폴링(polling) 메시지에서 초기화 성공 또는 실패 여부를 폴링(polling) 메시지를 이용하여 슬레이브 노트들에게 통지한다.
- [0083] 이때, ID가  $i$ 인 슬레이브 노트는  $i$ 번째 비트 값을 확인하여 초기화 성공 및 실패를 판단한다.
- [0084] 또한, 응답(response) 메시지의 크기는 폴링(polling) 메시지보다 비트수가 작은 고정값인 17 비트로서, 도 5와 같이 정의된다.
- [0085] 현실적으로 수중에서 슬레이브 노트의 수를 100 이상 설치 및 운용하기 어려우므로, 초기화 과정 최대 전송 단위(MTU)의 길이는 100 bits 이하로 설계해야 한다.
- [0086] 다음으로, 제한적 다수 반복 초기화 프로토콜 파라미터를 최대 라운드 트립 시간( $RTT_{max}$ ) → 슬레이브 노트의 랜덤 대기 시간( $w_{ik}$ ) → 메시지 교환 반복 사이클( $T_{poll}$ ) → 최대 반복 수( $k$ ) → 초기화 성공률( $SR$ ) → 초기화 과정 수행 시간( $T_i$ ) → 초기화 과정 종료시 최대 대기 시간 계수( $l_{FIN}$ ) 순으로 다음과 같이 설정한다.
- [0087] 최대 라운드 트립 시간( $RTT_{max}$ )은 최대 전파 지연( $D_{PROPmax}$ )과 전송 지연( $D_{TRANS}$ )을 이용하여 산출하는데 (S210), 최대 전파 지연( $D_{PROPmax}$ )은 마스터 노트의 최대 통신 반경( $L_{max}$  m)을 고려하고, 평균 음속을 1500 mps 로 가정하여  $D_{PROPmax} \approx 0.7 \times L_{max}$  ms 와 같이 구한다.
- [0088] 전송 지연( $D_{TRANS}$ )은 최대 전송 단위(MTU)가  $MTU=100$  bits 이고, 전송율이  $R$  bps 일 때  $D_{TRANS} = R^{-1} \times 10^5$  ms 와 같이 구한다.
- [0089] 따라서, 프로세싱 지연을 배제할 때 최대 라운드 트립 시간( $RTT_{max}$ )은  $RTT_{max} = 2 \times (D_{PROPmax} + D_{TRANS})$  ms 로 산출된다.
- [0090] 슬레이브 노트의 랜덤 대기 시간( $w_{ik}$ )은  $k$ 번째 반복시 마스터 노트에서 데이터 송신 충돌을 감소시키기 위한 것으로서, 메시지 교환 반복 사이클( $T_{poll}$ )을  $RTT_{max}$ 의 배수로 설정하기 위해  $w_{ik} = l_{ik} \times RTT_{max}$  로 산출된다 (S220).
- [0091] 이때,  $k$ 번째 반복에서 슬레이브 노트  $i$ 의 대기 시간 계수( $l_{ik}$ )값은  $[0, 1]$  사이에서 랜덤하게 선택하고, 최대 대기 시간 계수( $l$ )은 최대 대기 시간 계수(maximum waiting time coefficient)이며, 최대 대기 시간 계수( $l$ )의 값

이 클수록 슬레이브 노드의 랜덤 대기 시간( $w_{ik}$ )의 범위가 커져 충돌의 확률이 감소된다.

[0092] 메시지 교환 반복 사이클( $T_{poll}$ )은 슬레이브 노드의 최대 대기 시간( $w_{ik} = l \times RTT_{max}$ )을 고려하여  $T_{poll} = (l + 1) \times RTT_{max}$ 로 설정한다(S230).

[0093] 즉, 최대 라운드 트립 시간( $RTT_{max}$ )은 주어진 네트워크 조건( $L_{max}, N, R$ )에 따라 고정적으로 결정되며, 최대 대기 시간 계수( $l$ )의 값은 가변 파라미터로서, 제한적 다수 반복 초기화 프로토콜의 성능에 영향을 줄 수 있다.

[0094] 최대 대기 시간 계수( $l$ )의 값이 클수록 슬레이브 노드들간의 응답(response) 메시지의 송신 충돌이 감소하여 초기화 시간이 감소한다.

[0095] 라운드-로빈(Round-robin) 방식을 고려하여 최대 대기 시간 계수( $l$ ) 값의 범위를 설정한다.

[0096] 라운드-로빈 방식에서의 한 사이클의 값( $T_{cycle}$ )은 메시지의 충돌을 배제하기 위해 마스터-슬레이브 폴링(polling) 메시지:응답(response) 메시지를 1:1로 교환한다고 가정할 때  $T_{cycle} = N \times RTT_{max}$ 로 산출된다.

[0097] 이때, 최대 대기 시간을 반영한 메시지 교환 반복 사이클( $T_{poll}$ )의 값이 라운드-로빈 방식에서의 한 사이클을 초과하지 않도록 설정해야 한다.

[0098] 즉,  $(l + 1) \times RTT_{max} \leq N \times RTT_{max} \rightarrow l \leq N - 1 \rightarrow l = 0 : 1 : N - 1$ 으로 설정한다.

[0099] 최대 반복 수( $K$ )는 최대 대기 시간 계수( $l$ )의 값과 반비례하도록 설정하면 초기화에 발생하는 시간을 단축할 수 있다(S240).

[0100] 즉, 최대 대기 시간 계수( $l$ )의 값이 클수록 슬레이브 노드의 랜덤 대기 시간( $w_{ik}$ )의 범위가 커져 마스터 노드에서 슬레이브 노드들의 응답(response) 메시지 송신 충돌이 발생하는 확률이 감소하므로, 초기화 최대 반복 수( $K$ )의 값 역시 감소된다.

[0101] 하지만, 최소한 슬레이브 노드들의 수만큼 반복 횟수를 보장해 주기 위해, 최대 반복 수( $K$ )의 최소값은 슬레이브 노드의 수( $N$ )로 설정한다.

[0102] 상기 내용과 최대 대기 시간 계수( $l$ )의 범위를 반영하여 최대 반복 수( $K$ )값과 최대 대기 시간 계수( $l$ ) 값이 반비례하도록 최대 반복 수( $K$ )를  $K = N \times \left\lfloor \frac{N}{l+1} \right\rfloor$ ,  $N \leq K \leq N^2$ 과 같이 설정한다.

[0103] 초기화 성공률( $SR$ )은  $k$ 번째 반복에서 슬레이브 노드  $i$ 가 응답(response) 메시지를 전송했을 때, 다른 슬레이브

노드  $j$ 와 메시지 송신 충돌 없이 마스터 노드에게 전송할 확률로서,  $P_{ik} = \prod_{j=1, j \neq i}^N p_{ijk}$ 로 산출된다(S250).

[0104] 여기에서,  $P_{ijk}$ 는 온-오프 확률(on-off probability)로서,  $p_{ijk} = \begin{cases} 1, & T_{M1k} > T_{M2k} \text{ or } T_{M2k} < T_{M1k} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$ 로 구해지고,  $T_{M1k}$  및  $T_{M2k}$ 는 슬레이브 노드의 이동으로 상향 및 하향 비대칭 전파 지연을 고려하여  $T_{M1k} = D_{DL-PROPk} + D_{UL-PROPk} + 3D_T + w_{ik}$ ,  $T_{M2k} = T_{M1k} + D_T$ 로 구해진다.

[0105] 수중에서의 불안정한 링크 상태로 인하여 반복마다 폴링(polling) 메시지 및 응답(response) 메시지 교환을 성공한 슬레이브 노드들을 반영하여,  $k$ 번째 반복에서의 마스터 노드에서의 초기화 성공률( $SR_k$ )은  $SR_k = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_{ik}$ 로 산출된다.

[0106] 또한, 마스터 노드에서 계산된 평균 초기화 성공률이 초기화 성공률의 임계값( $SR_{TH}$ )보다 같거나 클 때의

$k = k_{FIN} (k_{FIN} \leq K)$  에서 마스터 노드에서의 초기화 성공률, 즉 초기화 과정 종료시 초기화 성공률( $SR_{FIN}$ )은

$$SR_{FIN} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_{ik_{FIN}}$$

로 산출된다.

- [0107] 초기화 과정 수행시간( $T_I$ )은  $T_I = k_{FIN} \times T_{poll}$  로 산출된다(S260).
- [0108] 초기화 과정 종료시 최대 대기 시간 계수( $l_{FIN}$ )의 결정 방법(S270)은 다음과 같다.
- [0109] 최대 네트워크 반경( $L_{max}$ ), 데이터율( $R$ ), 슬레이브 노드의 수( $N$ ), 초기화 성공률의 임계값( $SR_{TH}$ ) 등의 네트워크 조건에서 최대 대기 시간 계수( $l$ )와 링크 상태 확률( $p_{link}$ )을 가변하여 수행한 모의 시험을 통해(S271) 네트워크 기반 초기화 과정 종료시 초기화 성공률( $SR_{FIN}(l, p_{link})$ ), 네트워크 기반 초기화 과정 수행 시간( $T_I(l, p_{link})$ )을 산출한다(S272).
- [0110] 여기에서, 링크 상태 확률( $p_{link}$ )은 반복을 수행할 때 링크 상태가 시변(time-varying)되어, 반복할 때마다 슬레이브 노드의 링크 상태가 변경되어 폴링(polling) 메시지와 응답(response) 메시지 교환이 성공하지 못하는 경우를 반영하기 위해 고려되는 확률이다.
- [0111] 예를 들어, 링크 상태 확률  $p_{link} = 0.8$  인 경우는 한 반복에서 임의의 두 개의 슬레이브 노드들과 마스터 노드간에 링크 상태가 좋지 않아 패킷 교환을 할 수 없는 확률로서, 슬레이브 노드가 마스터 노드로부터 폴링(polling) 메시지를 수신하지 못해 응답(response) 메시지를 송신하지 않는 경우를 의미한다.
- [0112] 채널 상태에 따른 성능의 평균값을 반영하기 위해, 특정 최대 대기 시간 계수( $l$ )에서 모든 링크 상태( $p_{link}$ )에 대한 초기화 과정 종료시 초기화 성공률( $SR_{FIN}(l, :)$ )과 초기화 과정 수행 시간( $T_I(l, :)$ ) 값들의 평균값들을 저장한다(S273).
- [0113] 초기화 과정 종료시 초기화 성공률( $SR_{FIN}(l, :)$ ) 값을 내림차순으로 정렬하여 평균값들 중 최대값을 찾고(S274), 초기화 과정 수행 시간( $T_I(l, :)$ ) 값들을 오름차순으로 정렬하여 평균값들 중 최소값을 찾는다(S275).
- [0114] 목표 성능에 따른 가중치(weight)를  $w_{SR}, w_T, w_{SR} + w_T = 1.0$  로 설정하는데, 초기화 성공률을 중심으로 하는 경우에는  $w_{SR} > w_T$  이고, 에너지 효율을 중심으로 하는 경우에는 수중 IoT의 경우  $w_{SR} < w_T$ 이다.
- [0115] 특정 최대 대기 시간 계수( $l$ )에 대해 초기화 과정 종료시 초기화 성공률( $SR_{FIN}(l, :)$ )과 초기화 과정 수행 시간( $T_I(l, :)$ )의 정렬 등수에 각각 성능 가중치를 곱해서 ( $w_{SR}, w_T$ )를 그 값들과 각각 합산하여 그 값이 최소인 초기화 과정 종료시 최대 대기 시간 계수( $l_{FIN}$ )을 선택한다.
- [0116]  $w_{SR} > w_T$  인 조건에서 동일한 정렬 등수가 나온 경우의 처리는 다음과 같다.
- [0117] 초기화 과정 종료시 초기화 성공률( $SR_{FIN}(l, :)$ )에서 최대값이 가장 큰 최대 대기 시간 계수( $l$ )을 선택하고, 초기화 과정 종료시 초기화 성공률( $SR_{FIN}(l, :)$ )의 최대값도 동일한 경우, 초기화 과정 수행 시간( $T_I(l, :)$ )이 최소값을 가지는 최대 대기 시간 계수( $l$ )을 선택한다.
- [0118] 만일, 초기화 과정 종료시 초기화 성공률( $SR_{FIN}(l, :)$ )의 최대값과 초기화 과정 수행 시간( $T_I(l, :)$ )의 최소값 값이 동일한 경우 랜덤하게 최대 대기 시간 계수( $l$ )을 선택한다.
- [0119]  $w_T > w_{SR}$  인 조건에서 동일한 정렬 등수가 나온 경우의 처리는 다음과 같다.
- [0120] 초기화 과정 수행 시간( $T_I(l, :)$ )의 최대값이 가장 큰 최대 대기 시간 계수( $l$ )을 선택하고, 초기화 과정 수행 시간( $T_I(l, :)$ )의 최대값도 동일한 경우, 초기화 과정 종료시 초기화 성공률( $SR_{FIN}(l, :)$ )이 최소값을 가지는 최대 대기 시간 계수( $l$ )을 선택한다.

- [0121] 마찬가지로, 초기화 과정 종료시 초기화 성공률( $SR_{FIR}(l,:)$ )의 최대값과 초기화 과정 수행 시간( $T_l(l,:)$ )의 최소값이 동일한 경우 랜덤하게 최대 대기 시간 계수( $l$ )을 선택한다.
- [0122] 제한적 다수 반복(Limited-Multiple Iteration, LMI) 초기화 프로토콜에서 각 노드가 수행하는 동작은 다음과 같다.
- [0123] 우선, 마스터 노드는 네트워크 조건( $L_{max}, N, R, SR_{TH}$ )에 따라 메시지 교환 반복 사이클 주기 및 최대 반복수에 대한 초기화 프로토콜 파라미터( $T_{poll}, K$ )를 설정한다(S310).
- [0124] 마스터 노드는 메시지 교환 반복 사이클( $T_{poll}$ ) 주기로 하나의 반복 폴링(polling) 메시지를 브로드캐스트 방식으로 송신하고(S320), 슬레이브 노드들로부터 응답(response) 메시지 수신을 대기한다(S330).
- [0125] 또한, 반복 폴링(polling) 메시지를 수신한 슬레이브 노드는 응답(response) 메시지를 생성하여(S410) 슬레이브 노드  $i$ 의 랜덤 대기 시간( $w_{ik}$ ) 이후에 유니캐스트 방식으로 송신한다(S420).
- [0126]  $k$ 번째 반복에서 응답(response) 메시지를 수신한 마스터 노드는  $k$ 번째 반복에서의 초기화 성공률( $SR_k$ ) 값을 계산하여 초기화 성공률의 임계값( $SR_{TH}$ )과 비교하고(S510), 현재 반복 인덱스( $k$ )를 확인하여 초기화 성공률 및 반복 인덱스의 크기에 따라 초기화 프로토콜을 진행할지 또는 종료할지를 결정한다(S520).
- [0127] 즉, 도 9에서 보는 바와 같이,  $SR_k < SR_{TH}$  이면(S521) 반복 인덱스( $k$ )를 하나 증가시킨 후에(S522), 반복 인덱스( $k$ ) 값과 최대 반복 횟수( $K$ )를 비교하고(S523),  $SR_k \geq SR_{TH}$  이면 초기화를 종료한다.
- [0128] 만일, 반복 인덱스( $k$ )가 최대 반복 횟수( $K$ ) 이하이면 도 8의 단계(S320)로 회귀하여 이후 동작 반복 실행하고, 반복 인덱스( $k$ )가 최대 반복 횟수( $K$ ) 초과이면 초기화를 종료한다(S524).
- [0129] 최대  $k$ 번까지의 반복에서 초기화를 성공하지 못한 슬레이브 노드들은 정규 과정의 네트워크 엔트리 방법에 따라 네트워크에 진입하고, 이후의 과정은 네트워크의 정규과정 매체접속제어 방식에 따라 진행한다.
- [0130] 도 11은 본 발명의 초기화 프로토콜 방법을 검증하기 위하여 모의 시뮬한 결과에 대한 그래프로서, 초기화 성공률 가중치( $w_{SR}$ )의 변화에 따른 초기화 과정 종료시 최대 대기 시간 계수( $l_{FIR}$ )의 변화를 나타낸다.
- [0131] 본 실시예에서는 최대 네트워크 반경( $L_{max}$ )이 1000 m, 데이터율( $R$ )이 1000 bps, 슬레이브 노드의 수( $N$ )가 10개, 초기화 성공률의 임계값( $SR_{TH}$ )이 0.2인 네트워크 조건에서 최대 대기 시간 계수( $l$ )와 링크 상태 확률( $p_{link}$ )을 가변한 경우의 결과이다.
- [0132] 도 11에서 보는 바와 같이, 초기화 성공률 가중치( $w_{SR}$ ) 값이 증가할수록 초기화 과정 종료시 최대 대기 시간 계수( $l_{FIR}$ )을 선택할 때, 초기화 성공률의 임계값( $SR_{TH}$ )이 증가하도록 초기화 과정 종료시 최대 대기 시간 계수( $l_{FIR}$ )이 증가하므로, 초기화 과정 종료시 초기화 성공률( $SR_{FIR}$ )의 영향을 많이 받는 것을 확인 할 수 있다.
- [0133] 반면, 초기화 성공률 가중치( $w_{SR}$ ) 값이 감소할수록 초기화 과정 종료시 최대 대기 시간 계수( $l_{FIR}$ )을 선택할 때, 초기화 과정 수행시간( $T_l$ ) 값이 감소하도록 초기화 과정 종료시 최대 대기 시간 계수( $l_{FIR}$ )이 감소하므로, 초기화 과정 수행시간( $T_l$ )의 영향을 많이 받는 것을 확인 할 수 있다.
- [0134] 즉, 초기화 성공률 가중치( $w_{SR}$ )값에 대해 초기화 과정 종료시 최대 대기 시간 계수( $l_{FIR}$ )의 상계(upper bound) 및 하계(lower bound)를 알 수 있다.
- [0135] 이와 같이, 본 발명은 수중의 열악한 채널 환경을 고려하여 접근 스케줄링이 동기화가 필요 없고 적응적으로 초기화 횟수 및 시간을 결정하는 단일 홉 중앙 집중식 마스터-슬레이브 구조의 수중 음파 통신용 제한적 다수 반복 초기화 프로토콜 방법을 제공한다.
- [0136] 이를 통하여, 수중의 열악한 환경으로 다중 홉에 의해 발생하는 지연, 경로 설정 오버헤드 등을 회피하면서, 보

다 안정적으로 수중 데이터를 수상-육상으로 전달이 가능하다.

[0137] 또한, 초기화 과정에 특화된 절차 및 메시지가 정의되어 초기화 시간이 단축되고 메시지의 충돌 발생이 억제된다.

[0138] 이상, 일부 예를 들어서 본 발명의 바람직한 여러 가지 실시예에 대해서 설명하였지만, 본 "발명을 실시하기 위한 구체적인 내용" 항목에 기재된 여러 가지 다양한 실시예에 관한 설명은 예시적인 것에 불과한 것이며, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이상의 설명으로부터 본 발명을 다양하게 변형하여 실시하거나 본 발명과 균등한 실시를 행할 수 있다는 점을 잘 이해하고 있을 것이다.

[0139] 또한, 본 발명은 다른 다양한 형태로 구현될 수 있기 때문에 본 발명은 상술한 설명에 의해서 한정되는 것이 아니며, 이상의 설명은 본 발명의 개시 내용이 완전해지도록 하기 위한 것으로 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것일 뿐이며, 본 발명은 청구범위의 각 청구항에 의해서 정의될 뿐임을 알아야 한다.

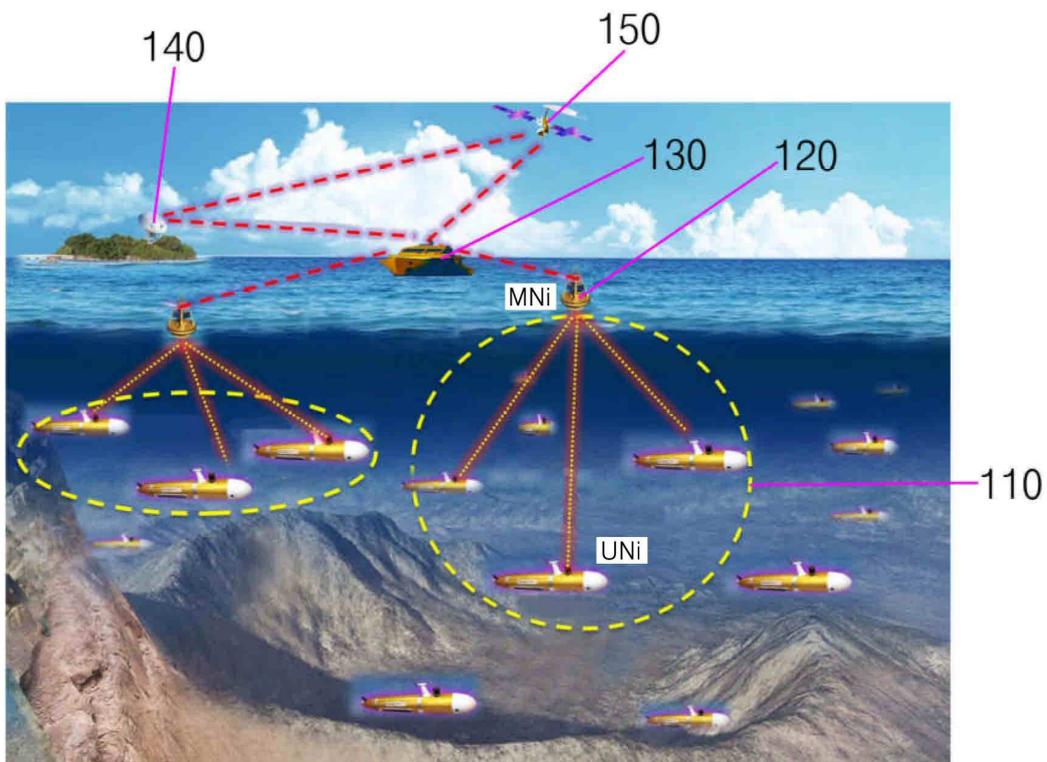
**부호의 설명**

[0140] MN<sub>i</sub>: 마스터 노드

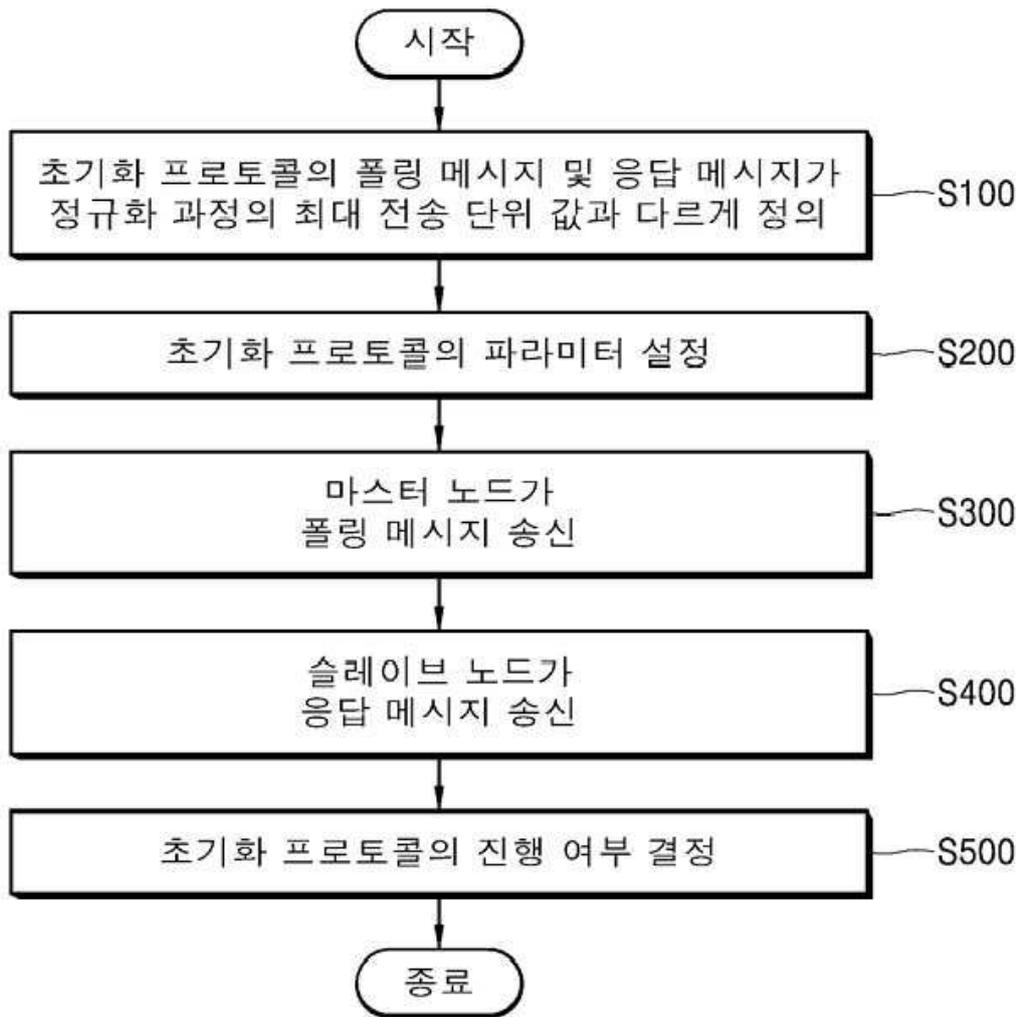
UN<sub>i</sub>: 슬레이브 노드(수중 노드들)

**도면**

**도면1**



도면2



도면3

파라미터	정의
$N$	슬레이브 노드의 수
$i$	슬레이브 노드 인덱스 ( $1 \leq i \leq N$ )
$L_{max}$	최대 네트워크 반경
$R$	데이터율
$T_{poll}$	Poll-response 메시지 교환 iteration cycle
$T_i$	초기화 과정 수행시간, 성능 파라미터
$k$	iteration 인덱스 ( $1 \leq k \leq K$ )
$K$	최대 iteration 수
$SR_k$	$k$ 번째 iteration에서의 초기화 성공률, ( $0 \leq SR_k \leq 1.0$ )
$SR_{TH}$	초기화 성공률의 임계값, application-specific parameter
$SR_{FIN}$	초기화 과정 종료 시 초기화 성공률, 성능 파라미터, $SR_{FIN} \leq SR_{TH}$
$D_{PROPmax}$	최대 전파지연시간 ( $L_{max}$ 를 고려했을 때의 전파지연)
$D_{TRANS}$	전송지연시간
$RTT_{max}$	최대 round-trip-time
$w_{ik}$	$k$ 번째 iteration에서 Poll 메시지를 수신 후, Response 메시지 전송 전까지 슬레이브 노드 $i$ 의 랜덤 대기 시간
$l$	최대 대기 시간 계수 (max. waiting time coefficient)
$l_{ik}$	$k$ 번째 iteration에서 슬레이브 노드 $i$ 의 대기 시간 계수, $0 \leq l_{ik} \leq l$
$P_{link}$	링크 상태 확률

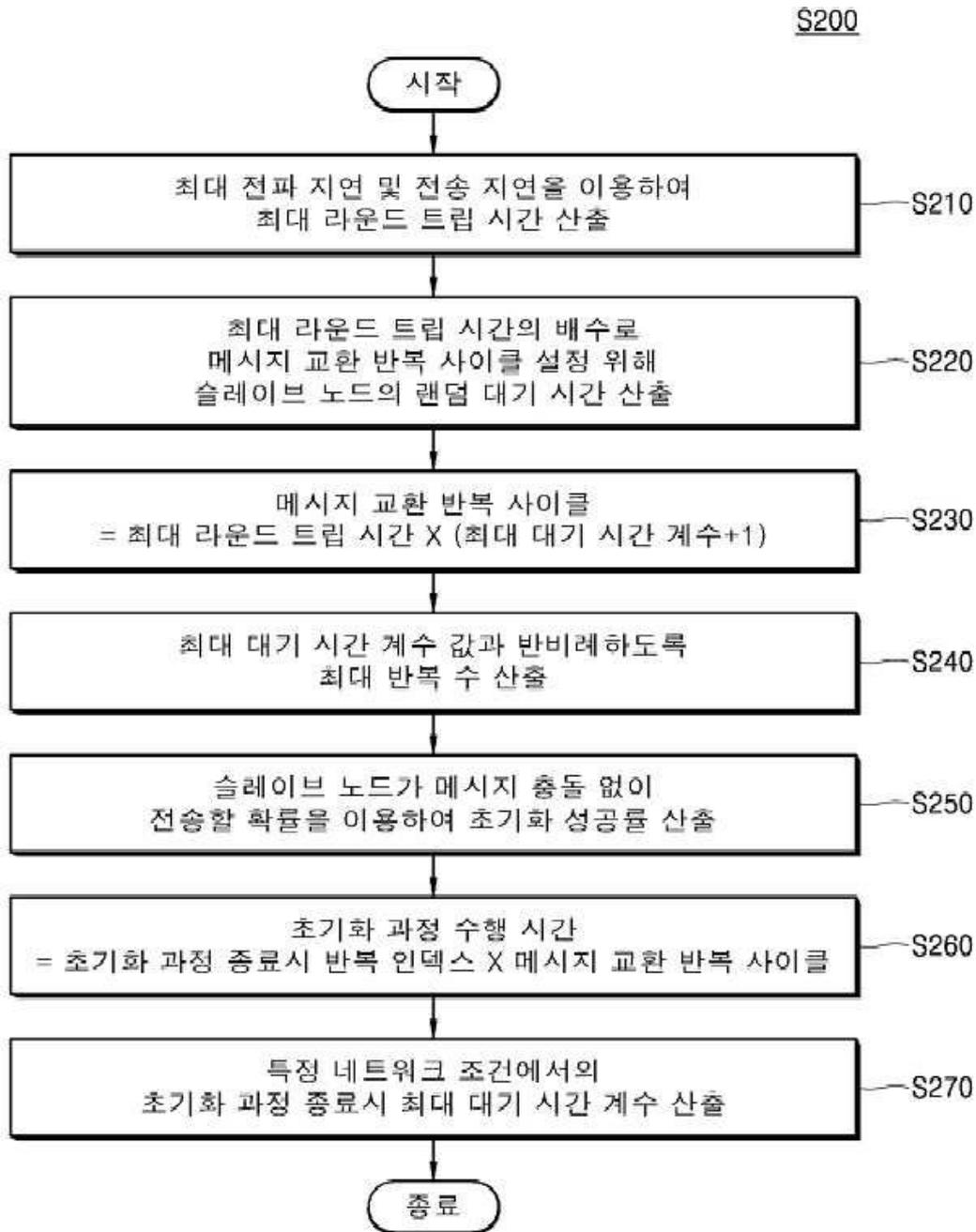
도면4

헤더	설명	크기 (bits)
Start	Start flag	8bits
Type	패킷 타입	1bits
UN_SET	슬레이브 노드들의 초기화 성공 유무	$N$
End	End flag	8bits

도면5

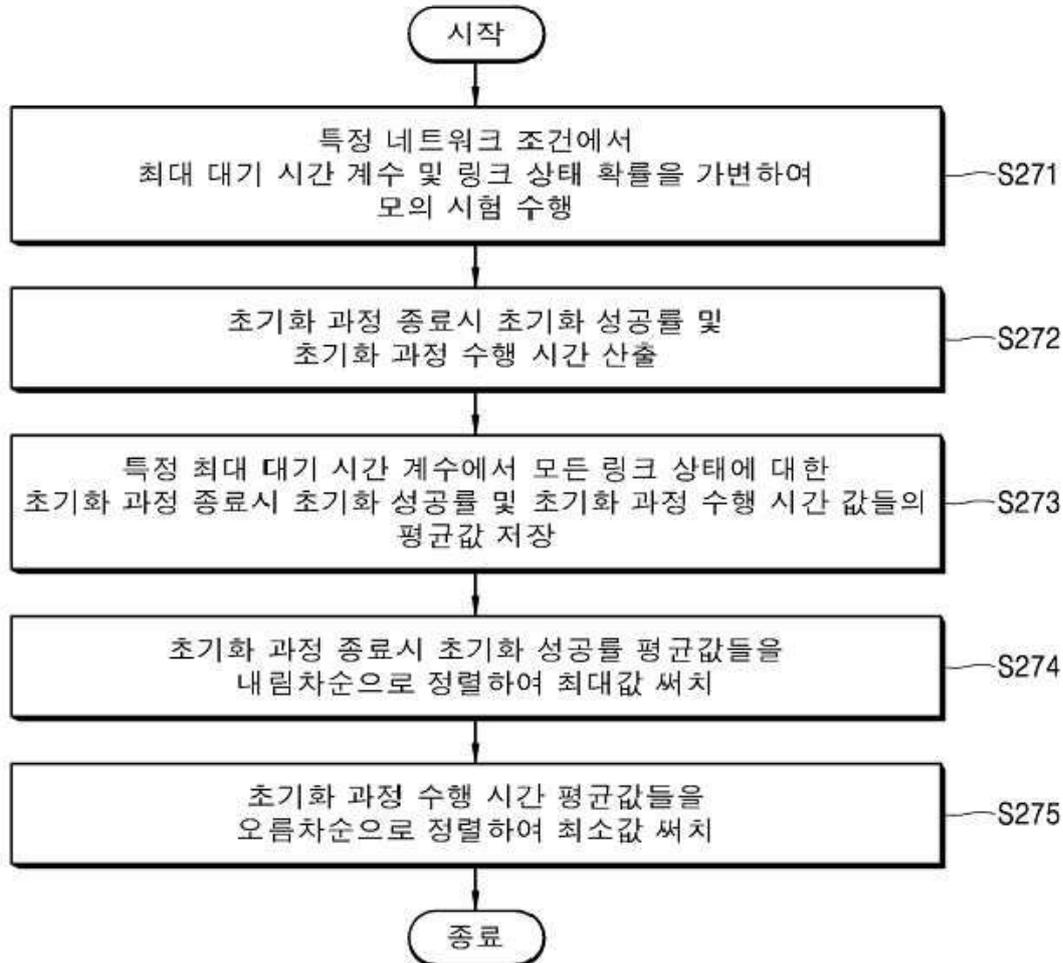
헤더	설명	크기 (bits)
Start	Start flag	8bits
Type	패킷 타입	1bits
End	End flag	8bits

도면6



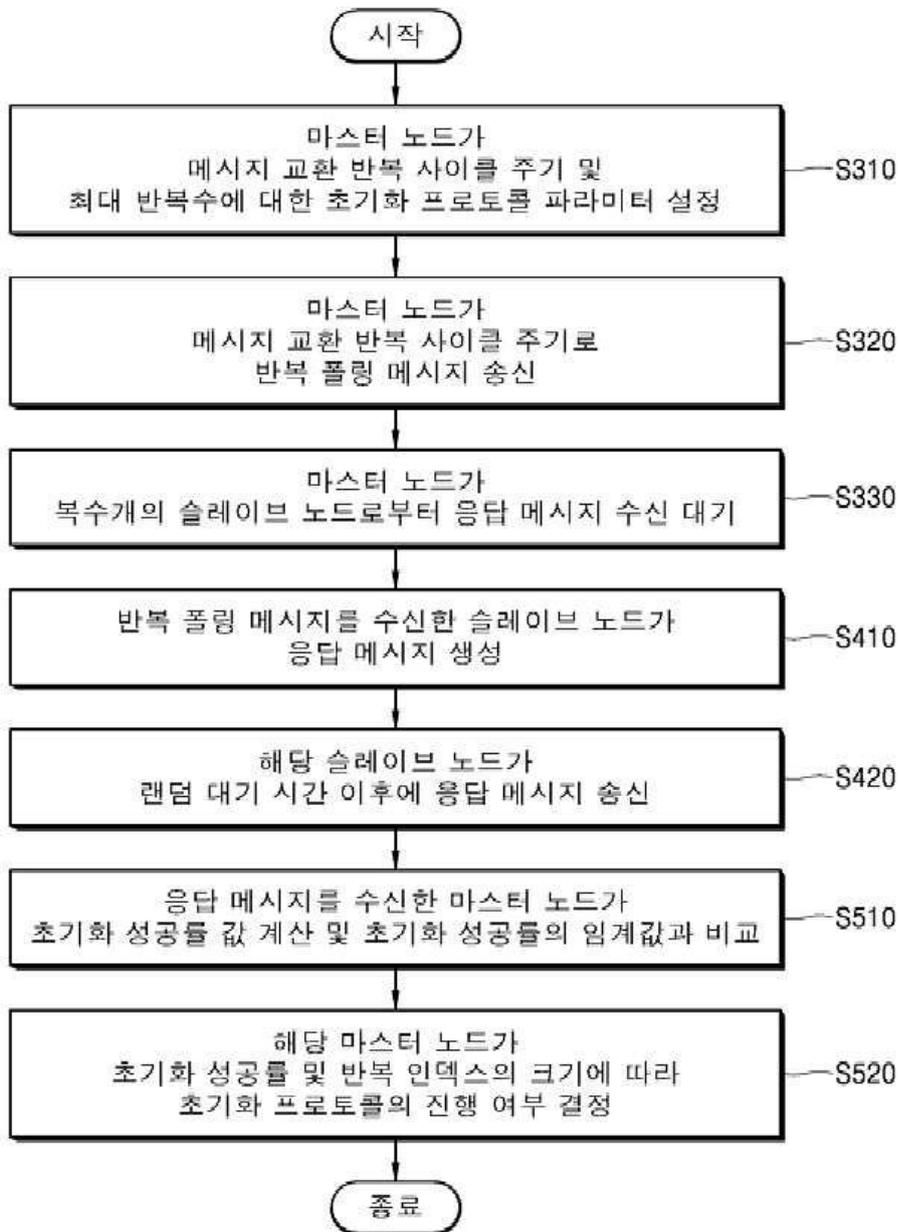
도면7

S270



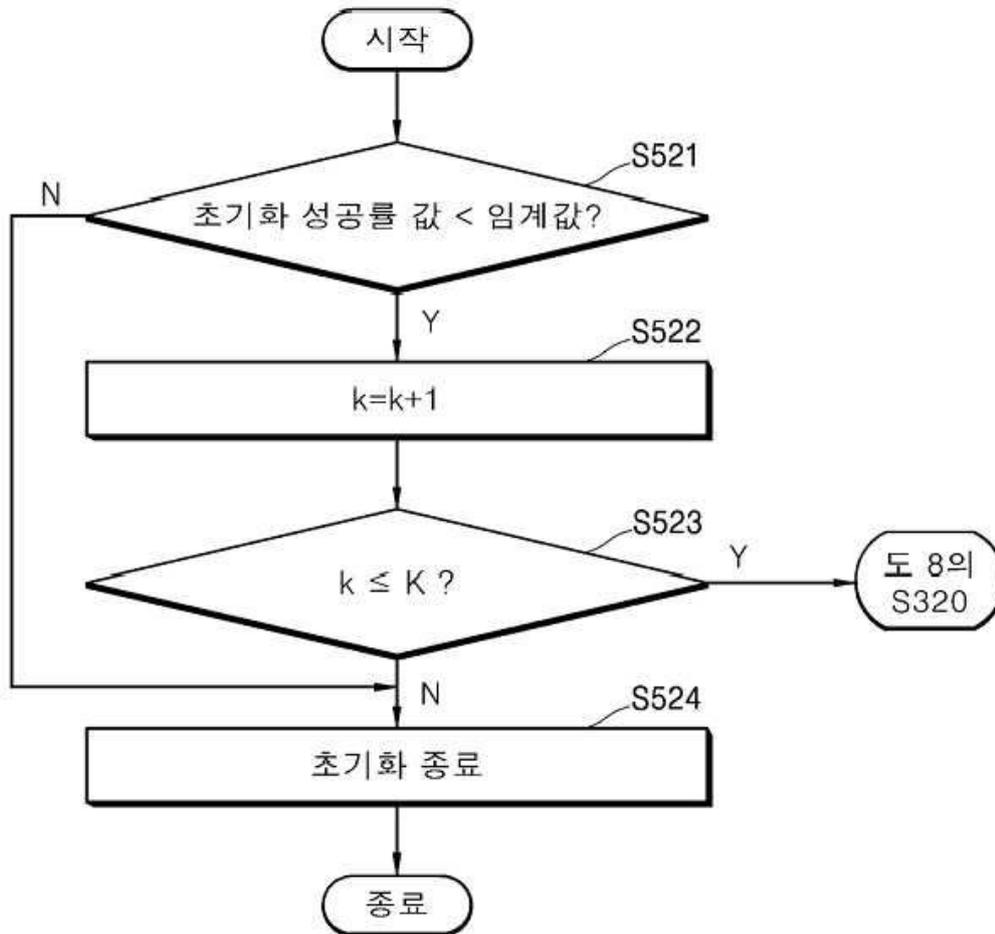
도면8

S300 - S500

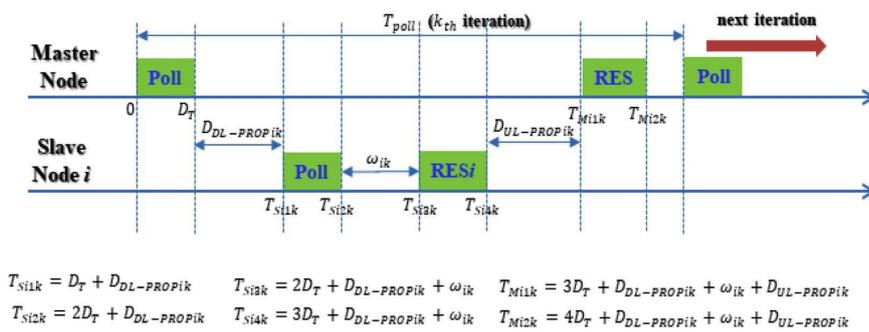


도면9

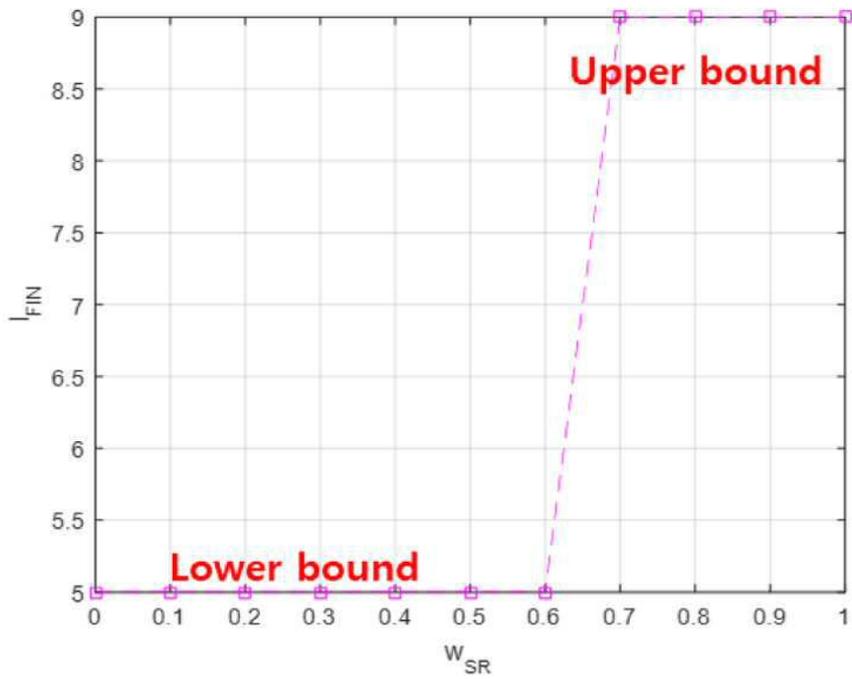
S520



도면10



도면11



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 제 8 항

【변경전】

상기 네트워크 기반 초기화 과정 종료시 초기화 성공률

【변경후】

네트워크 기반 초기화 과정 종료시 초기화 성공률