(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년07월01일
(11) 등록번호 10-2828466
(24) 등록일자 2025년06월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04J 3/16 (2006.01) *H04L 67/12* (2022.01)
(52) CPC특허분류
H04J 3/1694 (2013.01)
H04L 67/12 (2022.05)
(21) 출원번호 10-2024-0007556
(22) 출원일자 2024년01월17일
심사청구일자 2024년01월17일
(56) 선행기술조사문헌
CN113115455 A

(73) 특허권자
한림대학교 산학협력단
강원도 춘천시 한림대학길 1, 한림대학교(옥천동)
(72) 발명자
김의직
경기도 남양주시 다산중앙로146번길 7, 2204동 1902호(다산동,다산롯데캐슬)
이솔비
강원특별자치도 춘천시 후석로326번길 31, 303동 501호(후평동, 현대아파트)
권정혁
강원특별자치도 춘천시 남춘로5번길 14-1, 301호 (퇴계동)
(74) 대리인
특허법인본

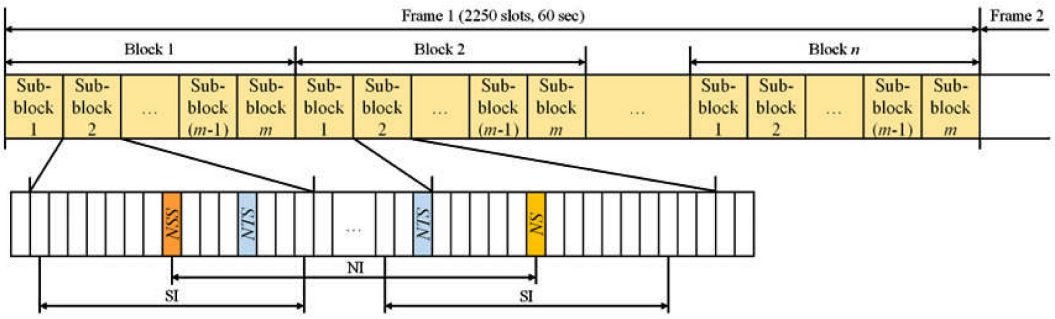
전체 청구항 수 : 총 9 항 심사관 : 장진환

(54) 발명의 명칭 **BSO-TDMA를 기초로 해상 통신을 수행하는 선박의 통신 방법**

(57) 요 약

선박의 통신 방법이 개시된다. 본 통신 방법은, 통신 범위 내 주변 네트워크에 대한 모니터링을 수행하여, 인접한 각 스테이션과 관련하여 프레임 내에 할당된 슬롯에 대한 슬롯 사용 정보가 포함된 프레임 맵을 구성하는 단계, 선박의 RI(Reporting Interval)를 기초로 프레임 맵의 프레임을 복수의 블록으로 구분하는 단계, 복수의 블록 중 하나의 블록을 선택하고, 선택된 블록 내에 포함된 복수의 서브 블록 중 인접한 스테이션의 NSS(Nominal Start Slot) 또는 NS(Nominal Slot)에 해당하는 슬롯이 가장 적게 할당된 적어도 하나의 서브 블록을 선택하는 단계, 선택된 서브 블록 내에서 비어 있는 적어도 하나의 슬롯을 선택하여 선박의 NSS를 할당하는 단계, 할당된 선박의 NSS를 중심으로 선박의 NTS(Nominal Transmission Slot)를 할당하기 위한 후보 슬롯 집합을 식별하는 단계, 후보 슬롯 집합 내에서 비어 있는 하나의 슬롯을 임의로 선택하여 NTS를 할당하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도4



(52) CPC특허분류
B63B 2203/00 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

선박 단말의 통신 방법에 있어서,

통신 범위 내 주변 네트워크에 대한 모니터링을 수행하여, 인접한 각 스테이션과 관련하여 프레임 내에 할당된 슬롯에 대한 슬롯 사용 정보가 포함된 프레임 맵을 구성하는 단계;

상기 선박 단말의 RI(Reporting Interval)를 기초로 상기 프레임 맵의 프레임을 복수의 블록으로 구분하는 단계;

상기 복수의 블록 중 하나의 블록을 선택하고, 상기 선택된 블록 내에 포함된 복수의 서브 블록 중 인접한 스테이션의 NSS(Nominal Start Slot) 또는 NS(Nominal Slot)에 해당하는 슬롯이 가장 적게 할당된 적어도 하나의 서브 블록을 선택하는 단계;

상기 선택된 서브 블록 내에서 비어 있는 적어도 하나의 슬롯을 선택하여 상기 선박 단말의 NSS를 할당하는 단계;

상기 할당된 상기 선박 단말의 NSS를 중심으로 상기 선박의 NTS(Nominal Transmission Slot)를 할당하기 위한 후보 슬롯 집합을 식별하는 단계; 및

상기 후보 슬롯 집합 내에서 비어 있는 하나의 슬롯을 임의로 선택하여 NTS를 할당하는 단계;를 포함하는, 선박 단말의 통신 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 선박 단말의 통신 방법은,

상기 선택된 블록 내에 할당된 NSS 및 NTS를 통해 AIS 메시지를 전송하는 단계; 및

상기 선택된 블록 내에서 NSS 또는 NTS에 해당하지 않는 슬롯을 통해 인접 스테이션의 AIS 메시지를 수신하는 단계;를 포함하는, 선박 단말의 통신 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 선박 단말의 통신 방법은,

상기 수신된 AIS 메시지를 기초로 새로운 슬롯 할당 또는 할당 해제에 대한 정보가 획득되면, 상기 획득된 정보를 기초로 프레임 맵과 각 서브 블록의 상태 정보를 업데이트하는 단계;를 포함하는, 선박 단말의 통신 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 선박 단말의 통신 방법은,

NSS를 통해 AIS 메시지를 전송하기 전에 상기 선택된 서브 블록에 할당된 NSS 및 NS의 수가 증가된 경우, NSS 및 NTS를 재할당하는 단계;를 포함하는, 선박 단말의 통신 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 프레임을 복수의 블록으로 구분하는 단계는,

상기 프레임을 Rr(Report Rate) = 60/RI 에 해당하는 수의 블록들로 구분하고,

각 블록의 길이는 NS(Nominal Slot) 간의 간격에 해당하는 NI(Nominal Increment) = 프레임 길이/Rr 에 매칭되며,

각 블록은 각각 길이가 SI = 0.2×NI 에 해당하는 서브 블록들로 구성되는, 선박 단말의 통신 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 후보 슬롯 집합을 식별하는 단계는,

상기 할당된 NSS를 기초로 이하 수학식에 따라 후보 슬롯 집합(CS_{nss})을 식별하며,

$$\mathbf{CS}_{nss} = \left[cs_{nss,1}, cs_{nss,2}, \cdots, cs_{nss,k} \right]$$

상기 후보 슬롯 집합(CS_{nss}) 내에서 이하 수학식에 따라 각 후보 슬롯(i번째)의 인덱스를 식별하는,

$$cs_{nss,i} = i + (nss - 1) - \left(\frac{SI - 1}{2} \right)$$

선박 단말의 통신 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 선박 단말의 통신 방법은,

상기 할당된 NTS에서, 다음 NS 및 다음 블록에 할당될 다음 NTS의 슬롯 인덱스를 설정하는 단계; 및

상기 할당된 NTS에서, 상기 설정된 다음 NTS의 슬롯 인덱스가 포함된 AIS 메시지를 전송하는 단계;를 포함하고,

상기 다음 NS 및 다음 블록에 할당될 다음 NTS의 슬롯 인덱스를 설정하는 단계는,

상기 NTS의 슬롯 인덱스에 NI를 더하여 상기 다음 NS의 슬롯 인덱스를 산출하고,

상기 다음 NS의 슬롯 인덱스를 기준으로 이하 수학식에 따라 후보 슬롯 집합(CS_{nextNS})을 식별하고,

$$\mathbf{CS}_{nextNS} = \left[cs_{nextNS,1}, cs_{nextNS,2}, \cdots, cs_{nextNS,k} \right]$$

상기 후보 슬롯 집합(CS_{nextNS}) 내에서 이하 수학식에 따라 각 후보 슬롯(i번째)의 인덱스를 식별하고,

$$cs_{nextNS,i} = i + (ns_{next} - 1) - \left(\frac{SI - 1}{2} \right)$$

상기 후보 슬롯 집합(CS_{nextNS}) 내에서 비어 있는 후보 슬롯을 무작위로 선택하여 다음 NTS로 설정하는, 선박 단말의 통신 방법.

청구항 8

선박에 설치된 통신용 전자 장치에 있어서,

적어도 하나의 인스트럭션이 저장된 메모리;

통신 범위 내 적어도 하나의 외부 장치와 통신을 수행하기 위한 통신부; 및

상기 메모리 및 상기 통신부와 연결된 프로세서;를 포함하고,

상기 프로세서는,

상기 인스트럭션을 실행하여 제1항의 통신 방법을 수행하는, 전자 장치.

청구항 9

선박에 설치된 통신용 전자 장치의 프로세서에 의해 실행되어, 상기 전자 장치로 하여금 제1항의 통신 방법을 수행하도록 하는, 적어도 하나의 인스트럭션이 저장된 컴퓨터 판독 가능 매체.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 개시는 BSO-TDMA(Block-based Self-Organizing Time Division Multiple Access) 프로토콜을 기초로 동작하는 선박(선박 단말)의 통신 방법을 제안한다.

배 경 기 술

[0002] 해양시스템과 해상통신 기술의 발전으로 해상에서 선박 주변을 인식, 관리, 운용할 수 있는 자율항해시스템(Autonomous Navigation System)이 등장하게 되었다. 특히, 선박 수, 국제 교역량, 다양한 해양 서비스(해상항행, 환경보호, 항해안전, 보안, 물류, 구조 등)에 대한 수요가 증가함에 따라 해양 관측소(예: 선박, 해안 관측소, 위성 등) 간의 다양한 데이터 처리 및 교류가 가능한 자율항해시스템이 큰 주목을 받고 있다.

[0003] 초고주파(VHF) 데이터 교환 시스템(VDES)은 VHF 주파수 대역에서 해상국 간 데이터 송수신을 지원하므로 현재 해상통신 및 서비스에 활용되고 있다.

[0004] VDES는 AIS(Automatic Identification System), ASM(Application Specific Message), VDE(VHF Data Exchange)의 세 가지 구성 요소로 구성된다. VDES는 이러한 구성 요소를 사용하여 해상 환경에서 선박 대 선박, 선박 대 해안, 해안 대 선박, 선박 대 위성 및 위성 대 선박 통신을 지원한다.

[0005] AIS는 선박 간 충돌 방지를 위해 선박의 식별자, 위치, 속도 및 항로와 같은 정보를 방송하는 VDES의 중요한 구성 요소이다. ASM은 해양안전, 항로관리, 보안, 환경과 관련된 특정 정보를 송수신하여 다양한 해양서비스를 지원한다.

[0006] VDE는 VHF 지상 데이터 교환(VDE-TER) 및 VHF 데이터 교환 위성(VDE-SAT) 구성 요소를 사용하여 AIS 및 ASM이 지원할 수 없는 다양한 형식의 대용량 데이터 전송을 지원한다. VDE-TER는 해안 근처에 위치한 기지국(base station)을 활용하고, VDE-SAT는 저궤도 위성을 활용한다. AIS는 해상 네트워크 구축을 위해 필수적인 정보를 상호 교환한다. 이에 따라 AIS를 안정적으로 지원하는 기술이 해상통신의 중요한 이슈로 폭넓게 논의되고 있다.

[0007] AIS를 활용한 해상통신에서는 고정 스테이션(즉, 해안 스테이션과 위성)의 용도에 따라 네트워크를 인프라 네트워크와 임시 네트워크로 분류한다. 인프라 네트워크에서는 해상 스테이션 간 통신을 위해 고정 스테이션이 중앙집중식 스케줄링을 수행한다.

[0008] 고정 스테이션이 없거나 선박 간 연결이 필요한 경우에는 SANET를 구축하여 활용할 수 있다. SANET에서 각각의 모바일 스테이션(즉, 선박)은 분산 스케줄링을 통해 자체 전송을 위한 채널 자원을 예약한다. 그러나 SANET은 제어국이 부족하고 선박이 이동하기 때문에 구축이 어렵다. 또한, 선박은 주변 환경을 고려한 자체 일정에 따라 채널에 접근을 시도하기 때문에 충돌이 자주 발생할 수 있다. 따라서 AIS를 활용하는 SANET에서는 안정적인 네트워크 구축과 전송되는 메시지 간의 충돌 완화를 위한 메커니즘이 반드시 필요하다.

[0009] SOTDMA(Self-Organized Time Division Multiple Access)는 AIS에 대한 채널 액세스 방식으로 AIS 표준에서 제안되었다. SOTDMA는 TDMA(Time Division Multiple Access) 기반의 MAC(Medium Access Control) 프로토콜을 사용하며 동일한 길이의 여러 슬롯으로 구성된 프레임 구조를 사용한다. 채널 자원 할당을 위해 SOTDMA는 단말의 RI(Reporting Interval)를 고려하여 프레임 내에서 슬롯을 무작위로 선택한다. 결과적으로 인접한 이동 스테이션들이 서로 동일한 슬롯을 할당할 때 발생하는 충돌을 완화시킨다. 그러나, 통신 범위 내의 주변 이동 스테이션의 수가 증가하거나, 주변 이동 스테이션이 전송할 메시지가 많은 경우, 이동 스테이션은 잦은 충돌로 인해 채널 자원 할당에 어려움을 겪을 수 있다.

[0010] 이러한 문제를 해결하기 위해 다양한 MAC 프로토콜이 제안되었다. 예를 들어, Y. F. Jiang et al. 은 DR-MAC(Ad-hoc 네트워크 예약기반 분산 MAC 프로토콜)을 제안하였다. DR-MAC은 제어 슬롯과 여러 개의 데이터 슬롯으로 구성된 프레임 구조를 사용한다. 이를 통해 선박은 충돌을 방지하기 위해 제어 슬롯에서 제어 패킷(즉, RTS, CTS 및 ACK)을 교환하여 데이터 전송을 위한 전용 데이터 슬롯을 할당할 수 있다. 그러나 제어 슬롯에서의

충돌을 줄일 수 없고 추가적인 제어 패킷을 전송해야 하므로 상당한 오버헤드가 발생할 수 있다.

[0011] C. Yun et al.은 SANET을 위한 Ad-hoc SOTDMA(ASO-TDMA) 프로토콜을 제안하였다. ASO-TDMA는 여러 개의 서브프레임으로 구성된 프레임 구조를 활용한다. ASO-TDMA를 사용하는 선박은 기지국과의 거리에 따라 해상 영역을 다중 홉으로 나누고 자신이 속한 홉에 해당하는 서브프레임을 선택한다. 그러나 ASO-TDMA에서는 선박이 홉에 해당하는 서브프레임 내의 슬롯만 할당할 수 있다. 따라서 동일한 홉에 여러 선박이 존재할 경우 심각한 충돌이 발생할 수 있다. 그렇지 않은 경우, 채널 활용도가 감소할 수 있다.

[0012] 이러한 ASO-TDMA 문제를 해결하기 위해, C. Yun et al. 은 향상된 ASO-TDMA(EASO-TDMA)를 제안하였다. EASO-TDMA는 홉 내선박 수에 따라 서브프레임 길이를 적응적으로 조정하여 ASO-TDMA에서 발생할 수 있는 충돌을 완화한다. 그러나 EASO-TDMA에서는 선박이 해당 서브프레임 내에서 슬롯을 무작위로 선택한다. 따라서 서브프레임 내에서 할당을 위해 여러 슬롯을 사용할 수 있더라도 선박이 동일한 슬롯을 선택하여 충돌이 발생할 수 있다. 또한 EASO-TDMA에서 서브프레임 길이를 업데이트하고 슬롯을 재할당하는 프로세스는 구현 복잡성이 높기 때문에 효율성이 낮다.

[0013] X. Hu et al. 은 선박 간 정보 전송 시 전송 충돌을 방지하기 위해 피드백 기반의 TDMA(FBTDMA) 프로토콜을 제안하였다. FBTDMA는 모든 전송 충돌에 대한 피드백을 위해 AIS의 향상된 시간 슬롯 구조를 사용한다. 개선된 시간 슬롯 구조의 데이터 필드는 상태 플래그, 메시지, 피드백의 세 가지 필드로 구분된다. 두 척 이상의 선박이 슬롯 예약을 시도할 때 충돌을 감지한 선박은 충돌이 발생한 시간대를 충돌 시간 슬롯으로 표시하고 충돌된 시간 슬롯의 식별자(ID)를 자신의 VDES 장치에 기록한다. 그리고 다음 프레임에서 이 선박은 피드백 필드에 이전 프레임에서 충돌된 시간 슬롯의 ID를 포함시켜 자신의 전송 슬롯에 있는 메시지를 브로드캐스팅한다. 결과적으로 FBTDMA는 AIS에서 전송 충돌을 완화할 수 있다. 그러나 데이터 패킷에 상태 플래그와 피드백 필드를 추가함으로써 추가 오버헤드가 발생한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0014] 본 개시는 SANET의 VDES를 위한BSO-TDMA(Block-based Self-Organizing Time Division Multiple Access) 프로토콜을 기초로 동작하는 선박 내지 시스템의 통신 방법을 제안한다. BSO-TDMA는 선박이 프레임 내에서 슬롯을 균일하게 할당할 수 있도록 하여 충돌을 줄이는 것을 목표로 한다.

[0015] 본 개시의 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 본 개시의 다른 목적 및 장점들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있고, 본 개시의 실시 예에 의해 보다 분명하게 이해될 것이다. 또한, 본 개시의 목적 및 장점들은 특허 청구 범위에 나타낸 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 쉽게 알 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0016] 본 개시의 일 실시 예에 따른 선박 단말의 통신 방법은, 통신 범위 내 주변 네트워크에 대한 모니터링을 수행하여, 인접한 각 스테이션과 관련하여 프레임 내에 할당된 슬롯에 대한 슬롯 사용 정보가 포함된 프레임 맵을 구성하는 단계, 상기 선박 단말의 RI(Reporting Interval)를 기초로 상기 프레임 맵의 프레임을 복수의 블록으로 구분하는 단계, 상기 복수의 블록 중 하나의 블록을 선택하고, 상기 선택된 블록 내에 포함된 복수의 서브 블록 중 인접한 스테이션의 NSS(Nominal Start Slot) 또는 NS(Nominal Slot)에 해당하는 슬롯이 가장 적게 할당된 적어도 하나의 서브 블록을 선택하는 단계, 상기 선택된 서브 블록 내에서 비어 있는 적어도 하나의 슬롯을 선택하여 상기 선박 단말의 NSS를 할당하는 단계, 상기 할당된 상기 선박 단말의 NSS를 중심으로 상기 선박의 NTS(Nominal Transmission Slot)를 할당하기 위한 후보 슬롯 집합을 식별하는 단계, 상기 후보 슬롯 집합 내에서 비어 있는 하나의 슬롯을 임의로 선택하여 NTS를 할당하는 단계를 포함한다.

[0017] 상기 선박 단말의 통신 방법은, 상기 선택된 블록 내에 할당된 NSS 및 NTS를 통해 AIS 메시지를 전송하는 단계, 상기 선택된 블록 내에서 NSS 또는 NTS에 해당하지 않는 슬롯을 통해 인접 스테이션의 AIS 메시지를 수신하는 단계를 포함할 수 있다.

[0018] 이 경우, 상기 선박 단말의 통신 방법은, 상기 수신된 AIS 메시지를 기초로 새로운 슬롯 할당 또는 할당 해제에 대한 정보가 획득되면, 상기 획득된 정보를 기초로 프레임 맵과 각 서브 블록의 상태 정보를 업데이트하는 단계를 포함할 수 있다.

[0019] 또한, 상기 선박 단말의 통신 방법은, NSS를 통해 AIS 메시지를 전송하기 전에 상기 선택된 서브 블록에 할당된 NSS 및 NS의 수가 증가된 경우, NSS 및 NTS를 재할당하는 단계를 포함할 수 있다.

[0020] 한편, 상기 프레임을 복수의 블록으로 구분하는 단계는, 상기 프레임을 Rr(Report Rate) = 60/RI 에 해당하는 수의 블록들로 구분하고, 각 블록의 길이는 NS(Nominal Slot) 간의 간격에 해당하는 NI(Nominal Increment) = 프레임 길이/Rr 에 매칭되며, 각 블록은 각각 길이가 SI = 0.2×NI 에 해당하는 서브 블록들로 구성될 수 있다.

[0021] 이때, 상기 후보 슬롯 집합을 식별하는 단계는, 상기 할당된 NSS를 기초로 이하 수학식에 따라 후보 슬롯 집합(CS_{nss})을 식별하며, $\mathbf{CS}_{nss}=\left[cs_{nss,1},cs_{nss,2},\cdots,cs_{nss,k}\right]$, 상기 후보 슬롯 집합($CS_{nss}$) 내에서 이하 수학식에 따라 각 후보 슬롯(i번째)의 인덱스를 식별할 수 있다. $cs_{nss,i}=i+(nss-1)-\left(\frac{SI-1}{2}\right)$

[0022] 상기 선박 단말의 통신 방법은, 상기 할당된 NTS에서, 다음 NS 및 다음 블록에 할당될 다음 NTS의 슬롯 인덱스를 설정하는 단계, 상기 할당된 NTS에서, 상기 설정된 다음 NTS의 슬롯 인덱스가 포함된 AIS 메시지를 전송하는 단계를 포함할 수 있다. 이 경우, 상기 다음 NS 및 다음 블록에 할당될 다음 NTS의 슬롯 인덱스를 설정하는 단계는, 상기 NTS의 슬롯 인덱스에 NI를 더하여 상기 다음 NS의 슬롯 인덱스를 산출하고, 상기 다음 NS의 슬롯 인덱스를 기준으로 이하 수학식에 따라 후보 슬롯 집합(CS_{nextNS})을 식별하고, $\mathbf{CS}_{nextNS}=\left[cs_{nextNS,1},cs_{nextNS,2},\cdots,cs_{nextNS,k}\right]$, 상기 후보 슬롯 집합($CS_{nextNS}$) 내에서 이하 수학식에 따라 각 후보 슬롯(i번째)의 인덱스를 식별하고, $cs_{nextNS,i}=i+(ns_{next}-1)-\left(\frac{SI-1}{2}\right)$, 상기 후보 슬롯 집합($CS_{nextNS}$) 내에서 비어 있는 후보 슬롯을 무작위로 선택하여 다음 NTS로 설정할 수 있다.

[0023] 본 개시의 일 실시 예에 따라 선박에 설치된 통신용 전자 장치는, 적어도 하나의 인스트럭션이 저장된 메모리, 통신 범위 내 적어도 하나의 외부 장치와 통신을 수행하기 위한 통신부, 상기 메모리 및 상기 통신부와 연결된 프로세서를 포함한다. 상기 프로세서는, 상기 인스트럭션을 실행하여, 통신 범위 내 주변 네트워크에 대한 모니터링을 수행하여, 인접한 각 스테이션과 관련하여 프레임 내에 할당된 슬롯에 대한 슬롯 사용 정보가 포함된 프레임 맵을 구성하는 단계, 상기 선박 단말의 RI(Reporting Interval)를 기초로 상기 프레임 맵의 프레임을 복수의 블록으로 구분하는 단계, 상기 복수의 블록 중 하나의 블록을 선택하고, 상기 선택된 블록 내에 포함된 복수의 서브 블록 중 인접한 스테이션의 NSS(Nominal Start Slot) 또는 NS(Nominal Slot)에 해당하는 슬롯이 가장 적게 할당된 적어도 하나의 서브 블록을 선택하는 단계, 상기 선택된 서브 블록 내에서 비어 있는 적어도 하나의 슬롯을 선택하여 상기 선박 단말의 NSS를 할당하는 단계, 상기 할당된 상기 선박 단말의 NSS를 중심으로 상기 선박의 NTS(Nominal Transmission Slot)를 할당하기 위한 후보 슬롯 집합을 식별하는 단계, 상기 후보 슬롯 집합 내에서 비어 있는 하나의 슬롯을 임의로 선택하여 NTS를 할당하는 단계를 포함하는 동작을 수행할 수 있다.

발명의 효과

[0024] 본 개시에 따른 BSO-TDMA는 선박이 프레임 내에서 서로 다른 시간 슬롯을 할당할 수 있도록 함으로써 AIS를 사용하는 해상 통신에서 충돌을 완화하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 해상통신망의 일반적인 시스템 아키텍처를 설명하기 위한 도면,

도 2는 AIS의 프레임 구조의 예시를 설명하기 위한 도면,

도 3은 프레임 맵의 예시를 설명하기 위한 도면,

도 4는 본 개시에 따른 BSO-TDMA의 프레임 구조의 예시를 설명하기 위한 도면,

도 5a 내지 도 5b는 본 개시에 따른 BSO-TDMA와 종래의 SOTDMA의 처리량을 비교한 그래프들,

도 6a 내지 도 6b는 본 개시에 따른 BSO-TDMA와 종래의 SOTDMA의 PDR(Packet Delivery Ratio)을 비교한 그래프들,

도 7a 내지 도 7b는 본 개시에 따른 BSO-TDMA와 종래의 SOTDMA의 충돌 평균 횟수를 비교한 그래프들,

도 8a 내지 도 8b는 본 개시에 따른 BSO-TDMA와 종래의 SOTDMA의 평균 채널 활용도를 비교한 그래프들, 그리고

도 9는 본 개시의 일 실시 예에 따라 선박 내에 설치되어 BSO-TDMA에 따른 해상 통신을 수행하는 선박 단말의 구성을 설명하기 위한 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 먼저, 본 명세서 및 청구범위에서 사용되는 용어는 본 개시의 다양한 실시 예들에서의 기능을 고려하여 일반적인 용어들을 선택하였다. 하지만, 이러한 용어들은 당해 기술 분야에 종사하는 기술자의 의도나 법률적 또는 기술적 해석 및 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 또한, 일부 용어는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있다. 이러한 용어에 대해서는 본 명세서에서 정의된 의미로 해석될 수 있으며, 구체적인 용어 정의가 없으면 본 명세서의 전반적인 내용 및 당해 기술 분야의 통상적인 기술 상식을 토대로 해석될 수도 있다.

[0027] 또한, 본 명세서에 첨부된 각 도면에 기재된 동일한 참조번호 또는 부호는 실질적으로 동일한 기능을 수행하는 부품 또는 구성요소를 나타낸다. 설명 및 이해의 편의를 위해서 서로 다른 실시 예들에서도 동일한 참조번호 또는 부호를 사용하여 설명한다. 즉, 복수의 도면에서 동일한 참조 번호를 가지는 구성요소를 모두 도시되어 있다고 하더라도, 복수의 도면들이 하나의 실시 예를 의미하는 것은 아니다.

[0028] 또한, 본 명세서 및 청구범위에서는 구성요소들 간의 구별을 위하여 "제1", "제2" 등과 같이 서수를 포함하는 용어가 사용될 수 있다. 이러한 서수는 동일 또는 유사한 구성요소들을 서로 구별하기 위하여 사용하는 것이며 이러한 서수 사용으로 인하여 용어의 의미가 한정 해석되어서는 안 된다. 일 예로, 이러한 서수와 결합된 구성요소는 그 숫자에 의해 사용 순서나 배치 순서 등이 제한되어서는 안 된다. 필요에 따라서는, 각 서수들은 서로 교체되어 사용될 수도 있다.

[0029] 본 명세서에서 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "구성되다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0030] 본 개시의 실시 예에서 "모듈", "유닛", "부(part)" 등과 같은 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 수행하는 구성요소를 지칭하기 위한 용어이며, 이러한 구성요소는 하드웨어 또는 소프트웨어로 구현되거나 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다. 또한, 복수의 "모듈", "유닛", "부(part)" 등은 각각이 개별적인 특정한 하드웨어로 구현될 필요가 있는 경우를 제외하고는, 적어도 하나의 모듈이나 칩으로 일체화되어 적어도 하나의 프로세서로 구현될 수 있다.

[0031] 또한, 본 개시의 실시 예에서, 어떤 부분이 다른 부분과 연결되어 있다고 할 때, 이는 직접적인 연결뿐 아니라, 다른 매체를 통한 간접적인 연결의 경우도 포함한다. 또한, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 포함한다는 의미는, 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0032] 이하에서, 첨부된 도면을 이용하여 본 발명의 다양한 실시 예들에 대하여 구체적으로 설명한다.

[0033] AIS는 해상에서 선박 간 충돌을 방지하고 해상 안전을 보장하는 데 중요한 역할을 하는 VDES의 핵심 구성 요소이다. AIS는 MMSI(Maritime Mobile Service Identity), 위치, 속도, 침로, 선박 제원 등의 정보를 주기적으로 방송해 해양국이 자율적으로 해상통신망을 구축할 수 있도록 해준다. 또한 해상 스테이션 간 데이터 전송도 지원한다.

[0034] 도 1은 다양한 해상 스테이션으로 구성된 일반적인 해상통신망의 시스템 구조를 보여준다. 해상통신망에서는 스테이션들이 Ad-hoc 네트워크나 인프라 네트워크를 구성하고 AIS를 이용해 서로 메시지를 교환한다.

[0035] AIS는 VHF 해상 이동 대역에서 AIS 1(채널 87B, 161.975MHz)과 AIS 2(채널 88B, 162.025MHz)로 정의된 두 채널을 교대로 사용한다. 장거리 AIS의 경우 채널 75와 76이 사용된다.

[0036] 일 예로, AIS는 도 2와 같이 채널 액세스를 위해 프레임 구조를 사용한다. 프레임은 60초와 동일하며 동일한 길이의 2250개 슬롯으로 구성될 수 있다. 따라서 각 슬롯의 길이는 26.67ms이다. 프레임의 각 슬롯은 인덱스(0~2249)로 식별되며 각 슬롯에서 최대 256비트를 전송할 수 있다. 스테이션 간 동기화를 위해 각 스테이션의

프레임은 UTC(협정 세계시) 분 경계에 맞춰 정렬된다. 스테이션은 슬롯 시작 부분에서 채널에 액세스할 수 있다.

[0037] AIS에서는 스테이션의 슬롯 할당을 위해 SOTDMA, RATDMA(Random Access TDMA), ITDMA(Incremental TDMA) 및 FATDMA(Fixed Access TDMA)가 사용된다. SOTDMA는 예약된 반복 전송을 위한 슬롯 할당에 사용된다. RATDMA는 첫 번째 프레임에서 특정 구간 앞의 스테이션의 첫 번째 전송 슬롯을 무작위로 할당하는 데 사용된다. ITDMA는 주기적으로 전송해야 하는 메시지의 전송 주기를 일시적으로 변경하고 안전 관련 메시지 전송을 위한 슬롯을 할당하는 데 사용된다. FATDMA는 기지국의 반복적인 메시지 전송을 위한 슬롯 할당에만 사용된다. 이러한 TDMA 기반의 MAC 프로토콜은 단말의 동작 모드에 따라 다르게 사용된다.

[0038] AIS는 자율(autonomous), 할당(assigned), 폴링(polled)의 세 가지 작동 모드를 지원한다. 스테이션은 기본적으로 자율 및 연속 모드로 작동하며 전송 일정을 결정한다. 할당 모드로 동작하는 단말은 기지국이나 관할 기관이 할당한 슬롯을 고려하여 전송 스케줄을 조정한다. 폴링 모드로 동작하는 스테이션은 다른 모드의 동작과 충돌하지 않아야 하며, 다른 스테이션의 질의 메시지에 자동으로 응답해야 한다.

[0039] AIS에서는 선박(선박 단말)이 SOTDMA를 이용하여 선박의 위치, 속도, 항로 등의 정보(즉, 위치 보고)를 주기적으로 방송하기 위해 채널 자원 할당을 수행한다. 선박은 네트워크에 합류하기 전 채널 자원 할당에 필요한 파라미터(RI(Report Interval), Rr(Report Rate), NI(Nominal Increment), SI(Selection Interval))를 결정한 후 1분간 채널 모니터링을 수행한다. RI는 선박이 위치, 항해 및 안전 관련 메시지를 전송하는 기간을 나타낸다. 표 1에서 볼 수 있듯이 RI는 선박의 속도와 침로 변경(즉, 선박의 동적 조건)에 따라 달라진다. Rr은 한 프레임 내에서 전송되어야 하는 위치 보고의 수를 나타낸다. NI는 NS 사이의 간격을 나타낸다. SI는 각 NS 주변의 슬롯 집합을 나타낸다.

표 1

[0040]

Ship's dynamic conditions	RI (sec)
Ship at anchor or moored and not moving faster than 3 knots	180
Ship at anchor or moored and moving faster than 3 knots	10
Ship moving at 0–14 knots	10
Ship moving at 0–14 knots and changing course	10/3
Ship moving at 14–23 knots	6
Ship moving at 14–23 knots and changing course	2
Ship moving at >23 knots	2
Ship moving at >23 knots and changing course	2

[0041] Rr, NI, SI는 각각 이하 수학식 1 내지 3에 의해 계산된다.

수학식 1

[0042] $$Rr = 60 / RI$$

수학식 2

[0043] $$NI = 2250 / Rr$$

수학식 3

[0044] $$SI = 0.2 \times NI$$

[0045] 선박은 기존 네트워크에 참여하고 있는 선박과 기지국의 존재 여부, 채널 모니터링을 통해 얻은 채널 활동(즉, 슬롯 할당 정보) 등의 정보를 반영하여 프레임 맵을 구성한다. 프레임 맵에는 모든 인접 스테이션(즉, 선박 및

기지국)에 대해 프레임 내 할당된 슬롯(NSS, NS 및 NTS)을 나타내는 슬롯 사용 정보가 포함된다. 채널 모니터링 후, 선박은 첫 번째 프레임의 앞 부분(0~149 슬롯)에서 비어 있는 슬롯을 무작위로 선택하여 NSS를 할당한 후, NSS를 중심으로 하는 SI 내의 슬롯을 무작위로 선택하여 NTS를 할당한다. 각 NTS에는 3~7 범위 내에서 무작위로 선택되는 슬롯 타임아웃이 있으며, 이는 프레임이 경과할 때마다 1씩 감소한다. 할당된 NTS는 슬롯 시간 제한이 0에 도달할 때까지 여러 프레임 동안 계속 유지되며, 이 시점에서 새 NTS를 선택해야 한다. 모든 NTS(즉, 현재 NTS)에 대해 선박은 다음 NS에 해당하는 다음 NTS를 할당한다. 구체적으로, 선박은 다음 NS를 중심으로 SI 내의 슬롯을 무작위로 선택하여 다음 NTS로 할당한다. 선박은 NSS, NS 및 NTS를 할당할 때마다 프레임 맵을 업데이트 한다. 도 3은 프레임 맵의 예를 보여준다. 그림에서 패턴화된 슬롯은 이전에 이웃 스테이션이 점유했던 슬롯을 나타내고, 음영 처리된 슬롯은 선박 자체에서 할당한 NSS, NS, NTS를 나타낸다.

[0046] 이하 내용을 통해, 본 개시에 따른 선박 단말의 통신 과정에 대한 구체적인 실시 예들을 순차적으로 설명한다. 선박 단말은, 선박 내에서 통신을 수행하는 단말 기기 내지 전자 장치에 해당하며, 본 개시에서 설명되는 선박의 동작들은 선박에 설치된 선박 단말의 동작으로 이해될 수 있다.

[0047] 본 개시의 일 실시 예에 따른 BSO-TDMA는, 선박(선박 단말)이 프레임 내에서 서로 다른 시간 슬롯을 할당할 수 있도록 함으로써 AIS를 사용하는 해상 통신에서 충돌을 완화하도록 설계될 수 있다. BSO-TDMA에서는 선박이 네트워크에 합류하기 전 1분간 채널 모니터링을 수행하며, 통신 범위 내 모든 주변 스테이션의 슬롯 사용 정보를 포함하는 프레임 맵을 구축하고 유지할 수 있다.

[0048] 채널 자원 할당을 위해, 선박은 채널 모니터링 후 또는 RI가 변경될 때마다 프레임을 자신의 RI에 따라 여러 블록으로 논리적으로 분할되는 블록 단위 프레임으로 정의할 수 있다. 또한 블록 정보와 프레임 맵을 기반으로 메시지 전송을 위한 슬롯(즉, NSS, NS, NTS)을 할당한다. 구체적으로 선박은 (1) 프레임 구성과 (2) 슬롯 할당을 순차적으로 수행하여 채널 자원을 할당할 수 있다.

[0049] 프레임 구성은 블록 분할과 블록 선택으로 구성된다. 블록 분할에서는 프레임이 여러 블록으로 분할된다. 도 4는 본 개시의 일 실시 예에 따른 BSO-TDMA의 프레임 구조를 보여준다. 표시된 대로 BSO-TDMA의 프레임 길이는 2250 슬롯(60초)일 수 있으며, 기존 SOTDMA와 동일할 수 있다. 그러나 기존 SOTDMA를 사용하는 선박과 달리 BSO-TDMA를 사용하는 선박은 채널 모니터링이나 RI 변경 이후의 첫 번째 프레임을 논리적으로 n개의 블록으로 나눌 수 있다. 따라서, 선박은 프레임 내에서 슬롯을 균일하게 할당할 수 있다. 프레임 내의 블록 수는 Rr과 같고, 각 블록의 길이는 NI와 같다. 각 블록은 길이가 SI인 m개의 서브 블록으로 구성될 수 있다. Rr, NI, SI는 각각 상술한 수학식 1 내지 3에 의해 계산될 수 있다. 프레임 내 블록들의 집합(**BL**)과 각 블록 내 서브 블록들의 집합(**SBL**)은 각각 이하 수학식 4와 5로 표현될 수 있다.

수학식 4

[0050] $$\mathbf{BL}=[bl_1,bl_2,\cdots,bl_n]=[1,2,\cdots,n]$$

수학식 5

[0051] $$\mathbf{SBL}=[sbl_1,sbl_2,\cdots,sbl_m]=[1,2,\cdots,m]$$

[0052] 여기서 bl_n은 프레임 내 n번째 블록의 인덱스를 나타내고, sbl_m은 각 블록 내 m번째 서브 블록의 인덱스를 나타낸다.

[0053] 블록 분할이 완료된 후 선박은 블록 선택을 수행하고 선택된 블록 내에서 NSS가 할당될 서브 블록을 선택할 수 있다. 먼저 선박은 블록 인덱스 bl_1을 설정할 수 있다. 프레임 시작부터 NI가 경과할 때마다 다음 블록 인덱스가 선택될 수 있다. 블록 인덱스는 각 프레임의 시작 부분에서 bl_1으로 초기화될 수 있다. 이후 선박은 각 서브 블록에 할당된 이웃 스테이션의 NSS 및 NS 수를 계산하고 슬롯 수가 가장 적은 서브 블록(즉, NSS 및 NS) 중 하나를 무작위로 선택할 수 있다. 이를 위해 선박은 이하 수학식 6으로 표현되는 각 서브 블록(**BCC**) 내 할당된 NSS의 수와 NS의 목록을 유지할 수 있다.

수학식 6

[0054] $$\mathbf{BCC} = [bcc_1, bcc_2, \cdots, bcc_m]$$

[0055] 여기서 bcc_m은 m번째 서브 블록 내에 할당된 NSS 및 NS의 수를 나타낼 수 있다. 선박은 자체 NSS 및 NS를 할당하거나 이웃 스테이션으로부터 새로운 NSS 및 NS 할당 정보를 수신할 때 이를 업데이트할 수 있다. 예를 들어, 선박이 i번째 서브 블록 내에서 자체 NSS를 할당하면 bcc_i는 1만큼 증가할 수 있다.

[0056] 슬롯 할당에서는 선박이 선택된 서브 블록 내 비어 있는 슬롯 중 임의의 슬롯을 선택하여 NSS를 할당할 수 있다. NSS 할당이 완료된 후 선박은 NTS 할당(CS_{nss})을 위한 후보 슬롯 집합을 구성할 수 있다. CS_{nss}는 할당된 NSS를 중심으로 슬롯으로 구성되며 이하 수학식 7로 표현될 수 있다.

수학식 7

[0057] $$\mathbf{CS}_{nss} = \left[cs_{nss,1}, cs_{nss,2}, \cdots, cs_{nss,k} \right]$$

[0058] 여기서 $cs_{nss,k}$는 할당된 NSS와 연관된 k번째 후보 슬롯의 슬롯 인덱스를 나타내고, k는 SI와 같다. 할당된 NSS에 대한 i번째 후보 슬롯의 슬롯 인덱스는 이하 수학식 8과 같이 계산될 수 있다.

수학식 8

[0059] $$cs_{nss,i} = i + (nss - 1) - \left(\frac{SI - 1}{2} \right)$$

[0060] 여기서 nss는 할당된 NSS의 슬롯 인덱스를 나타낸다.

[0061] 이후 선박은 프레임 맵을 참조하여 $\mathbf{CS}_{nss}$의 비어 있는 후보 슬롯 중 하나를 무작위로 선택하여 자신의 NTS로 할당할 수 있다. 할당된 NTS는 여러 프레임 동안 지속적으로 유지될 수 있다. 이를 위해 선박은 3~7 범위 내에서 슬롯 타임아웃을 무작위로 결정하여 이를 NTS에 할당할 수 있다. 슬롯 타임아웃은 프레임 인덱스가 1 증가할 때마다 1씩 감소할 수 있다. 슬롯 타임아웃이 0이 되면 선박은 NTS를 재할당할 수 있다.

[0062] 이후 선박은 선택한 블록 내에 할당된 NSS 및 NTS로 AIS 메시지를 전송할 수 있다. 선박은 선택한 블록 내에서 NSS 및 NTS를 제외한 슬롯에서 이웃 스테이션의 AIS 메시지를 수신할 수 있다. 새로운 슬롯 할당 및 할당 해제 정보가 이웃 스테이션의 AIS 메시지에서 획득되면 선박은 프레임 맵과 **BCC**를 업데이트할 수 있다. NSS에서 AIS 메시지를 전송하기 전에 선택한 서브 블록의 bcc가 증가하면 선박은 NSS와 NTS를 재할당할 수 있다. 즉, 선박은 업데이트된 프레임 맵과 **BCC**를 이용하여 다시 블록 선택 및 슬롯 할당을 수행할 수 있다. NSS와 NTS가 현재 프레임 내에서 성공적으로 할당될 때까지 이러한 작업이 반복될 수 있다. 현재 프레임의 마지막 블록에서도 슬롯 할당에 실패하면 선박은 블록의 서브 블록 중 하나를 무작위로 선택하여 NSS와 NTS를 할당한 후 다음 프레임을 시작할 수 있다.

[0063] 각 NTS에서 선박은 다음 NS와 다음 블록에 할당될 다음 NTS의 슬롯 인덱스를 결정하고 슬롯 인덱스가 포함된 AIS 메시지를 브로드캐스트할 수 있다. 다음 NS의 슬롯 인덱스는 현재 NTS와 연관된 NS의 슬롯 인덱스에 NI를 더하여 계산될 수 있다. 현재 NS가 첫 번째 NS라면 현재 NS의 슬롯 인덱스는 nss이다. 다음 NTS의 슬롯 인덱스는 선박이 다음 NS에 해당하는 후보 슬롯 집합($\mathbf{CS}_{nextNS}$) 내에서 비어 있는 후보 슬롯을 무작위로 선택하여 결정될 수 있다. $\mathbf{CS}_{nextNS}$는 이하 수학식 9로 표현되며, k는 SI와 같다. $\mathbf{CS}_{nextNS}$의 i번째 후보 슬롯($cs_{nextNS,i}$)의 슬롯 인덱스는 이하 수학식 10에 따라 산출될 수 있다.

수학식 9

[0064] $$\mathbf{CS}_{nextNS} = \left[cs_{nextNS,1}, cs_{nextNS,2}, \cdots, cs_{nextNS,k} \right]$$

수학식 10

[0065] $$cs_{nextNS,i} = i + \left(ns_{next} - 1 \right) - \left(\frac{SI - 1}{2} \right)$$

[0067] 본 개시에 따른 BSO-TDMA의 성능을 평가하기 위해 MATLAB 시뮬레이터를 사용하여 실험적 시뮬레이션을 수행했다. BSO-TDMA의 시뮬레이션 결과를 기존 SOTDMA의 시뮬레이션 결과와 비교하여 BSO-TDMA의 우수성을 검증하였다.

[0068] 시뮬레이션에서 동일한 고정 속도(즉, 고정된 보고 간격)로 항해하는 여러 선박으로 구성된 임시 네트워크가 적용되었다. 네트워크의 모든 선박은 20해리(NM)로 설정된 동일한 통신 범위 내에서 무작위로 배치된다고 가정한다. 네트워크의 모든 선박은 항상 전송할 AIS 메시지(즉, 포화 상태)를 가지고 있다고 가정한다.

[0069] 시뮬레이션에서 선박의 수와 RI는 각각 10 ~ 100개, 2 ~ 6으로 다양하다. BSO-TDMA의 성능은 처리량, PDR, 평균 충돌 횟수 측면에서 기존 SOTDMA의 성능과 비교되었다. 시뮬레이션은 200번 반복되었다. 자세한 시뮬레이션 매개변수는 표 2에 나열되어 있다.

표 2

[0070]

Parameter	Value	Parameter	Value
Number of ships	10–100	*RI*	2, 6
Communication range	20 NM	*Rr*	30, 10
Packet size	256 bits	*NI*	75, 225
Data rate	9,600 bps	*SI*	15, 45
Frame length	2,250 slots	*n*	30, 10
Slot length	26.67 ms	*m*	5

[0071] 도 5a와 5b는 각각 RI가 2와 6일 때 처리량의 변화를 보여준다. 선박의 RI 및 네트워크 내 선박 수에 관계없이 BSO-TDMA의 처리량은 SOTDMA의 처리량보다 높은 것으로 확인되었다. 본 개시의 BSO-TDMA는 프레임 구성을 통해 동일한 슬롯을 선택하는 선박을 줄여주기 때문이다.

[0072] 도 5a와 5b에서 BSO-TDMA와 SOTDMA의 처리량은 각각 선박 수가 40척과 100척이 될 때까지 증가한다. 이는 선박의 수가 증가함에 따라 프레임 내에서 선박이 전송을 위해 할당된 슬롯의 수와 네트워크 내에서 전송되는 AIS 메시지의 수가 증가하기 때문이다. 그러나 도 5a에서 선박 수가 40척을 초과하는 경우 선박 별로 할당된 슬롯의 중복 증가로 인해 전송되는 AIS 메시지 간의 충돌이 증가하여 BSO-TDMA 및 SOTDMA의 처리량이 감소하였다. 또한, 선박 수가 80척이 될 때까지는 RI가 6인 경우보다 2인 경우 BSO-TDMA 및 SOTDMA의 처리량이 더 높다. 또한, 채널 자원 할당 방식에 관계없이, RI가 2인 선박으로 구성된 네트워크의 처리량은 RI가 6인 선박으로 구성된 네트워크의 처리량보다 높다. RI가 작을수록 선박은 프레임 내에서 더 짧은 간격으로 할당된 슬롯에 AIS 메시지를 더 자주 전송한다. 정량적으로 RI가 2와 6인 경우 BSO-TDMA의 처리량은 SOTDMA보다 각각 6.58% 및 17.07% 더 높았다.

[0073] 도 6a와 6b는 각각 RI가 2와 6일 때 PDR의 변화를 보여준다. PDR은 송신 선박이 전송한 전체 AIS 메시지 대비 수신 선박이 수신한 AIS 메시지 수의 비율로 정의될 수 있다. BSO-TDMA와 SOTDMA의 PDR은 AIS 메시지 간의 충돌 증가로 인해 선박 수가 증가함에 따라 감소하는 경향이 있었다. 선박 수에 관계없이 선박의 RI가 증가하면 BSO-TDMA와 SOTDMA의 PDR이 모두 증가하였다. 이는 RI가 증가하면 프레임 내 할당되는 슬롯 수가 감소하고 NTS를 선택하는 데 고려되는 후보 슬롯 수가 증가하기 때문이다. 결과적으로 메시지 전송을 위해 서로 동일한 슬롯을 선택하는 선박이 줄어든다.

[0074] 한편, BSO-TDMA의 PDR은 SOTDMA의 PDR에 비해 선박 수 및 RI 수에 관계없이 더 높았다. 이는 BSO-TDMA를 사용하는 선박은 자신의 프레임맵과 BCC를 고려하여 다른 선박의 NSS가 할당되지 않은 서브 블록 중 하나를 무작위로 선택하여 자신의 NSS를 할당하기 때문이다. 따라서 BSO-TDMA에서는 선박 간 동일한 NSS 선택과 각 NS를 중심으로 한 SI 간의 중첩이 SOTDMA보다 적으므로 더 많은 AIS 메시지가 성공적으로 전송된다. SOTDMA를 사용하는 선박은 프레임 내 150개 슬롯으로 제한된 간격에서 NSS를 무작위로 선택하기 때문에 BSO-TDMA를 사용하는 선박보다 더 많은 슬롯이 중복된다. 이로 인해 선박에서 전송되는 AIS 메시지 간에 충돌이 자주 발생하였다. 정량적으로 RI가 2와 6인 경우 BSO-TDMA의 PDR은 SOTDMA의 PDR에 비해 각각 12.78% 및 13.98% 더 높았다.

[0075] 도 7a와 7b는 각각 RI가 2와 6일 때 평균 충돌 횟수의 변화를 보여준다. BSO-TDMA와 SOTDMA의 평균 충돌 횟수는 프레임 내 할당해야 하는 슬롯 수가 증가함에 따라, 선박 수가 증가함에 따라 증가한다. 따라서, 채널 자원 할당 방식에 관계없이 선박이 선택한 각 NS를 중심으로 SI 간의 중복이 공통적으로 증가한다. 또한, SI 간의 중복은 선박이 서로 동일한 NTS를 선택하게 하여 네트워크 충돌을 증가시킨다.

[0076] 반면, RI가 증가함에 따라 BSO-TDMA 및 SOTDMA의 평균 충돌 횟수는 감소하였다. 이는 RI가 증가하면 프레임 내에 할당되는 슬롯 수가 줄어들어 네트워크의 선박 수가 감소하는 것과 유사한 효과가 나타나기 때문이다. 또한 RI와 상관없이 BSO-TDMA의 평균 충돌 횟수는 SOTDMA보다 낮았다. BSO-TDMA는 BCC를 사용하여 선박이 프레임 내의 특정 범위에 집중하지 않고 분산하여 슬롯을 할당할 수 있도록 하여 충돌을 줄이기 때문이다. 정량적으로 RI가 2와 6인 경우 BSO-TDMA의 평균 충돌 횟수는 SOTDMA에 비해 각각 21.32%, 52.83% 낮았다.

[0077] 도 8a와 8b는 각각 RI가 2와 6일 때 평균 채널 활용도의 변화를 보여준다. 채널 활용은 프레임 내 총 슬롯 수에 대한 프레임 내 선박의 전송을 위해 할당된 슬롯 수의 비율로 정의될 수 있다. 도 8a에서 선박 수가 증가함에 따라 BSO-TDMA와 SOTDMA의 평균 채널 이용률은 각각 60척과 70척까지 증가하는 경향을 보였으나 그 이후에는 증가하지 않았다. 이는 프레임 내에서 할당해야 하는 슬롯의 수가 증가하더라도, 프레임 내에서 할당할 수 있는 슬롯 수는 제한되어 있기 때문이다. 또한, 선박이 할당해야 하는 총 슬롯 수가 프레임 길이를 초과하더라도 선박의 무작위 슬롯 할당으로 인해 프레임 내에 빈 슬롯이 남아 있다. 따라서 BSO-TDMA와 SOTDMA의 평균 채널 활용도는 100%에 도달하지 않는 경우가 많다.

[0078] BSO-TDMA의 평균 채널 활용도는 선박 수 및 RI에 관계없이 SOTDMA보다 높았다. BSO-TDMA에서는 선박이 BCC를 참조하여 슬롯 할당을 수행할 수 있다. 따라서 선박 전송용 슬롯이 프레임 내의 특정 범위에 집중적으로 또는 중복되어 할당되는 상황이 감소될 수 있다. 한편, 프레임 내에서 할당되는 선박의 슬롯 수가 프레임 길이를 크게 초과하는 경우 BSO-TDMA와 SOTDMA의 평균 채널 사용률은 거의 비슷해졌다. 이는 프레임 내에 할당된 NS와 각 NS를 중심으로 한 SI 간의 중복으로 인해 대부분의 후보 슬롯이 NTS로 할당되기 때문이다. 정량적으로 RI가 2와 6인 경우 BSO-TDMA의 평균 채널 사용률은 SOTDMA보다 각각 2.89%, 8.58% 더 높았다.

[0080] 도 9는 본 개시의 일 실시 예에 따라 선박 내에 설치되어 해상 통신을 수행하는 선박 단말의 구성을 설명하기 위한 블록도이다. 각 선박 내에는 하나 이상의 선박 단말이 설치되어 상술한 동작들을 수행할 수 있다.

[0081] 도 9를 참조하면, 선박 단말(100)은 해상 통신의 일 주체가 되는 스테이션의 역할을 수행하며, 메모리(110), 통신부(120), 프로세서(130) 등을 포함할 수 있다.

[0082] 메모리(110)는 선박 단말(100)에 해당하는 전자 장치의 구성요소들의 전반적인 동작을 제어하기 위한 운영체제(OS: Operating System) 및/또는 적어도 하나의 인스트럭션 또는 데이터를 저장하기 위한 구성이다.

[0083] 메모리(110)는 ROM, 플래시 메모리 등의 비휘발성 메모리를 포함할 수 있으며, DRAM 등으로 구성된 휘발성 메모리를 포함할 수 있다. 또한, 메모리(110)는 하드 디스크, SSD(Solid state drive) 등을 포함할 수도 있다.

[0084] 프로세서(120)는 전자 장치(100)를 전반적으로 제어하기 위한 구성이다. 구체적으로, 프로세서(120)는 메모리(110)와 연결되는 한편 메모리(110)에 저장된 적어도 하나의 인스트럭션을 실행함으로써 본 개시에 따른 BSO-TDMA에 따라 상술한 동작들을 수행할 수 있다.

[0085] 프로세서(120)는 CPU, AP, DSP(Digital Signal Processor) 등과 같은 범용 프로세서, GPU, VPU(Vision Processing Unit) 등과 같은 그래픽 전용 프로세서 또는 NPU와 같은 인공지능 전용 프로세서 등을 포함할 수 있다. 인공지능 전용 프로세서는, 특정 인공지능 모델의 훈련 내지는 이용에 특화된 하드웨어 구조로 설계될 수 있다.

[0086] 통신부(130)는 다양한 무선 통신방식으로 적어도 하나의 외부 스테이션(외부 선박, 해안 스테이션, 기지국, 인공위성 등)과 통신을 수행하기 위한 회로, 모듈, 칩 등을 포함할 수 있다.

[0087] 일 예로, 통신부(130)는 해상에서 고주파수의 신호(ex. VHF 라디오 주파수 대역)를 송수신하기 위한 하나 이상의 안테나 내지 AIS 송수신기를 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.

[0088] 한편, 이상에서 설명된 다양한 실시 예들은 서로 저촉되지 않는 한 둘 이상의 실시 예가 함께 구현될 수 있다.

[0089] 한편, 이상에서 설명된 다양한 실시 예들은 소프트웨어(Software), 하드웨어(Hardware) 또는 이들의 조합된 것을 이용하여 컴퓨터 또는 이와 유사한 장치로 읽을 수 있는 기록 매체 내에서 구현될 수 있다.

[0090] 하드웨어적인 구현에 의하면, 본 개시에서 설명되는 실시 예들은 ASICs(Application Specific Integrated Circuits), DSPs(Digital Signal Processors), DSPDs(Digital Signal Processing Devices), PLDs(Programmable Logic Devices), FPGAs(Field Programmable Gate Arrays), 프로세서(Processor), 제어기(Controller), 마이크로 컨트롤러(Micro-controllers), 마이크로 프로세서(Microprocessor), 기타 기능 수행을 위한 전기적인 유닛(Unit) 중 적어도 하나를 이용하여 구현될 수 있다.

[0091] 일부의 경우에 본 명세서에서 설명되는 실시 예들이 프로세서 자체로 구현될 수 있다. 소프트웨어적인 구현에 의하면 본 명세서에서 설명되는 절차 및 기능과 같은 실시 예들은 별도의 소프트웨어 모듈들로 구현될 수 있다. 상술한 소프트웨어 모듈들 각각은 본 명세서에서 설명되는 하나 이상의 기능 및 작동을 수행할 수 있다.

[0092] 한편, 상술한 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 전자 장치(ex. 선박 단말, 해상 스테이션, 기지국 등)의 처리 동작을 수행하기 위한 컴퓨터 명령어(Computer Instructions)는 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체(Non-transitory computer-readable medium)에 저장될 수 있다. 이러한 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체에 저장된 컴퓨터 명령어는 특정 기기의 프로세서에 의해 실행되었을 때 상술한 다양한 실시 예에 따른 전자 장치의 처리 동작을 상술한 기기가 수행하도록 한다.

[0093] 비일시적 판독 가능 매체란 레지스터, 캐쉬, 메모리 등과 같이 짧은 순간 동안 데이터를 저장하는 매체가 아니라 반영구적으로 데이터를 저장하며, 기기에 의해 판독(Reading)이 가능한 매체를 의미한다. 구체적으로는, 상술한 다양한 어플리케이션 또는 프로그램들은 CD, DVD, 하드 디스크, 블루레이 디스크, USB, 메모리카드, ROM 등과 같은 비일시적 판독 가능 매체에 저장되어 제공될 수 있다.

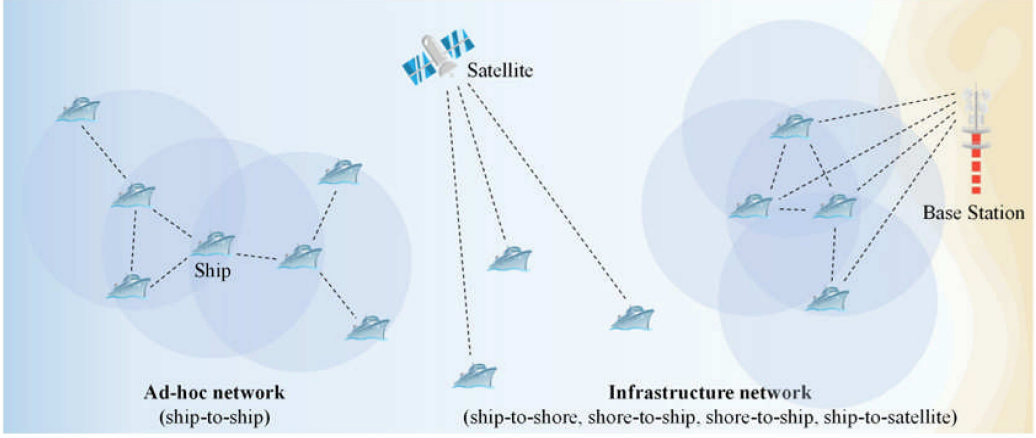
[0094] 또한, 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시 예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 본 발명은 상술한 특정의 실시 예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형실시들은 본 발명의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해돼서는 안 될 것이다.

부호의 설명

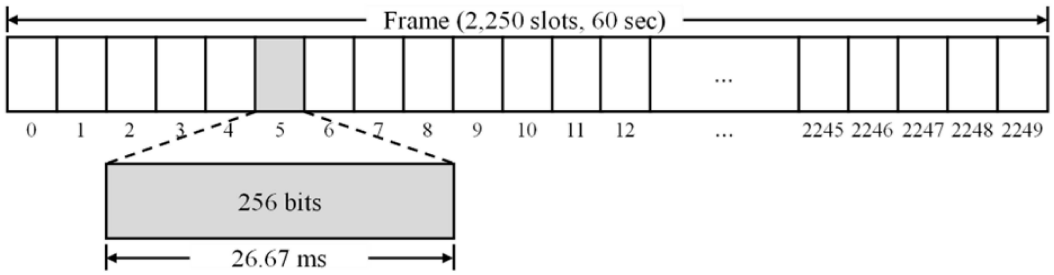
[0095] 100: 선박 단말

도면

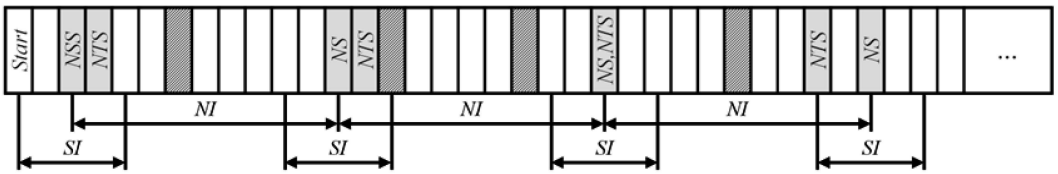
도면1



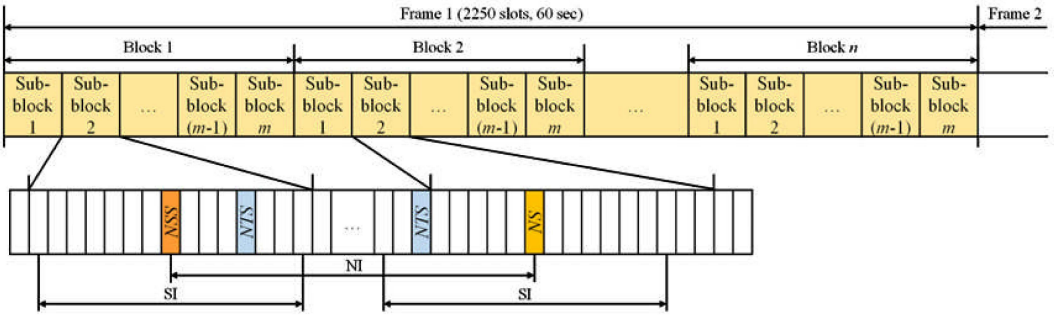
도면2


Frame (2,250 slots, 60 sec)
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 ... 2245 2246 2247 2248 2249
256 bits
26.67 ms

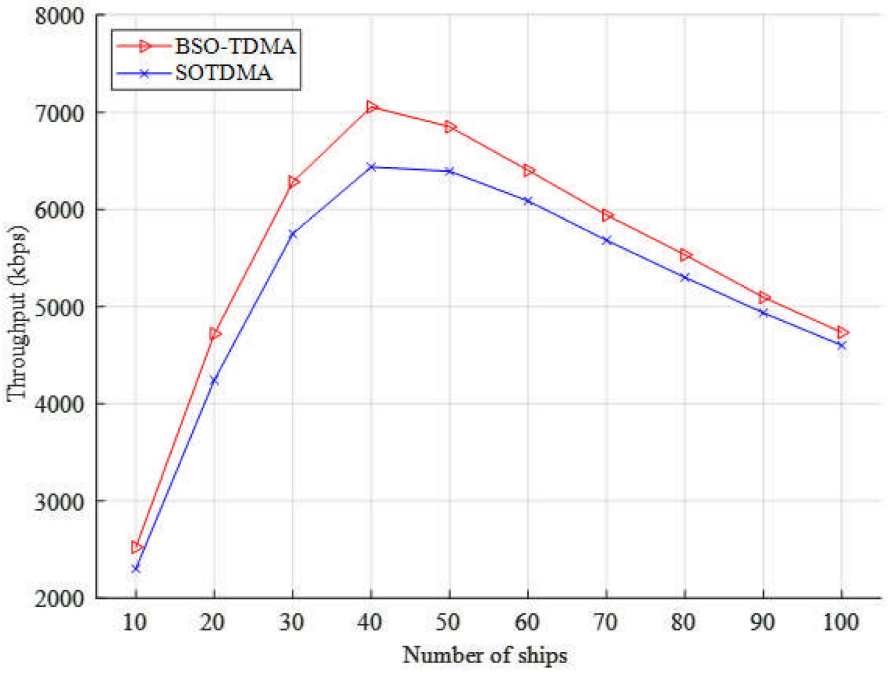
도면3


Start
NSS
NTS
NS
NS,NTS
SI
NI

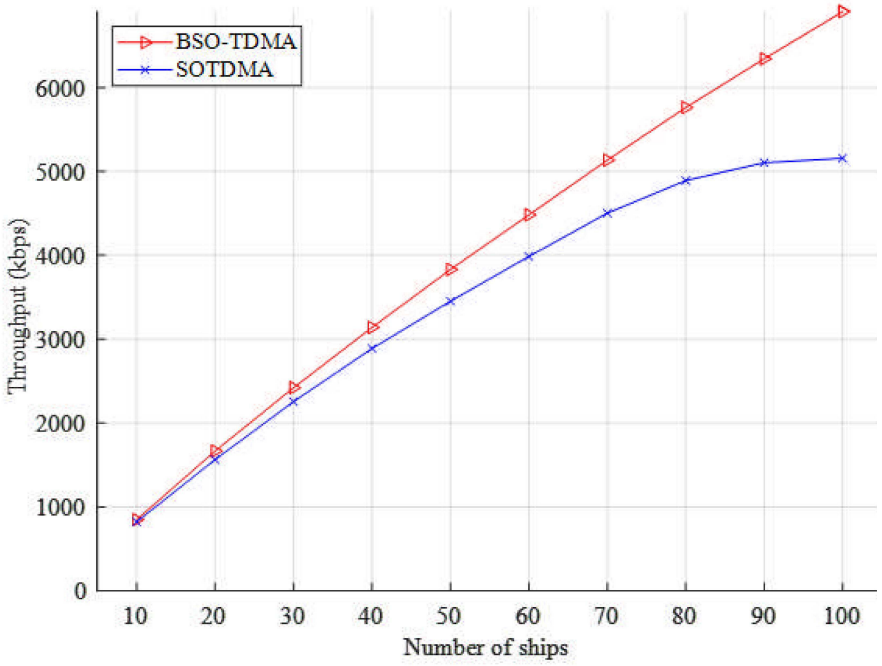
도면4


Frame 1 (2250 slots, 60 sec)
Frame 2
Block 1
Block 2
Block n
Sub-block 1
Sub-block 2
Sub-block (m-1)
Sub-block m
NSS
NTS
NS
SI
NI

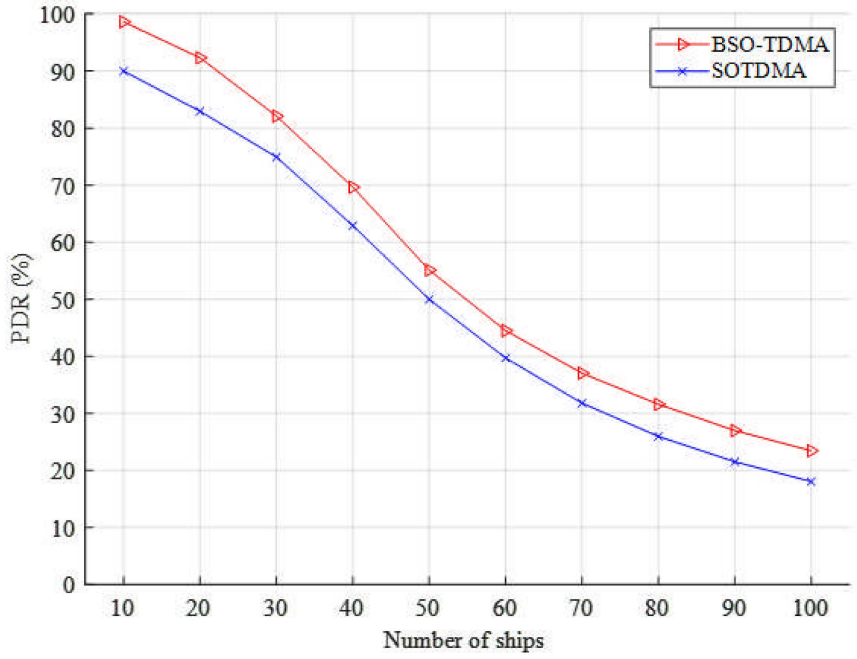
도면5a


BSO-TDMA
SOTDMA
Throughput (kbps)
Number of ships
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100

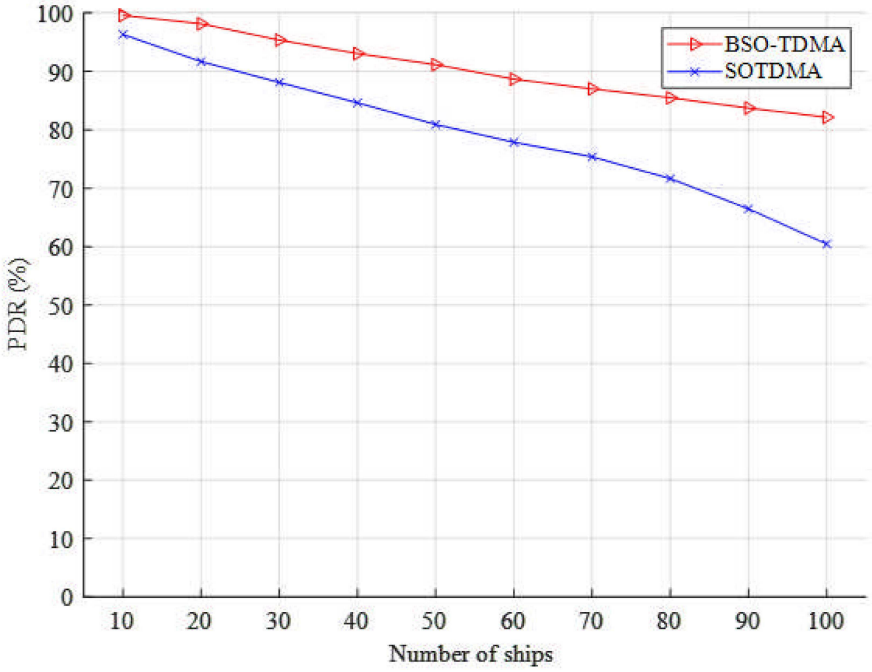
도면5b


BSO-TDMA
SOTDMA
Throughput (kbps)
Number of ships
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100

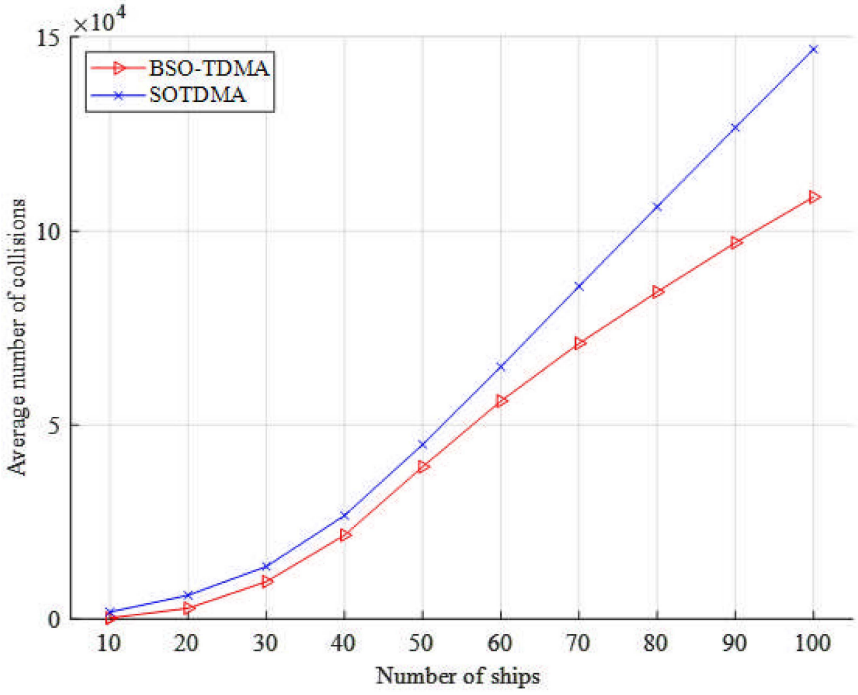
도면6a


BSO-TDMA
SOTDMA
PDR (%)
Number of ships
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100

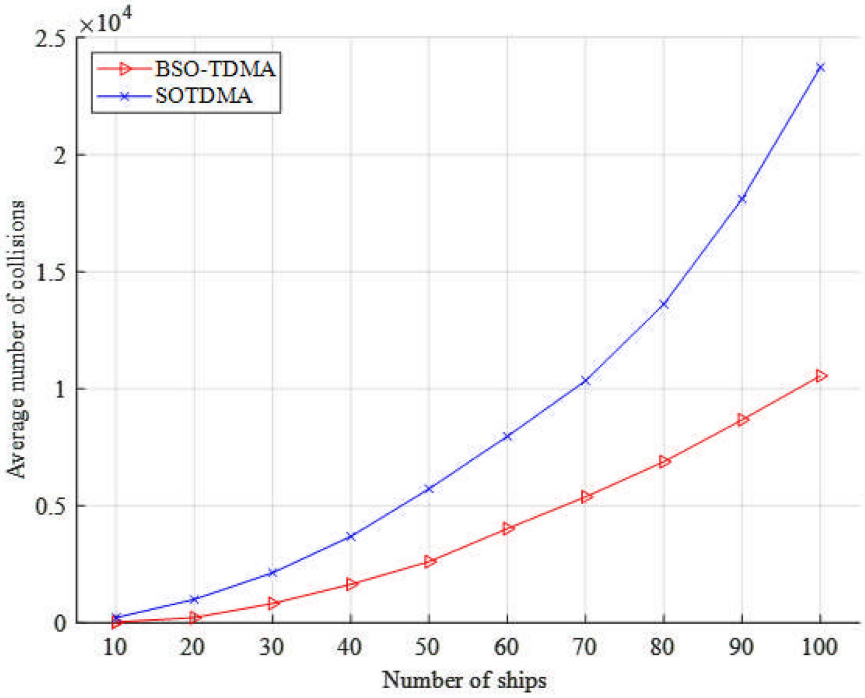
도면6b


BSO-TDMA
SOTDMA
PDR (%)
Number of ships
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100

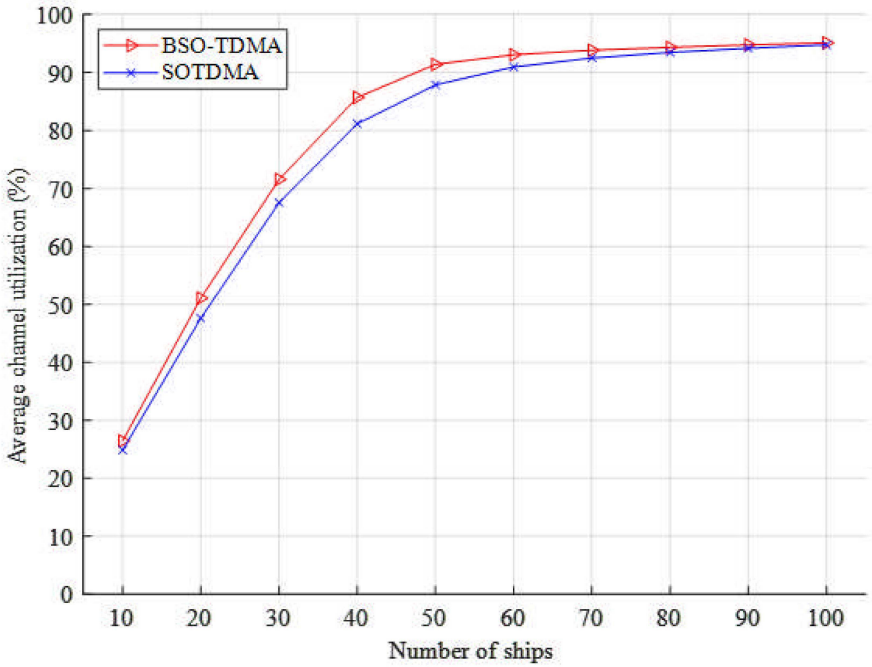
도면7a


×10^4
15
10
5
0
BSO-TDMA
SOTDMA
Average number of collisions
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Number of ships

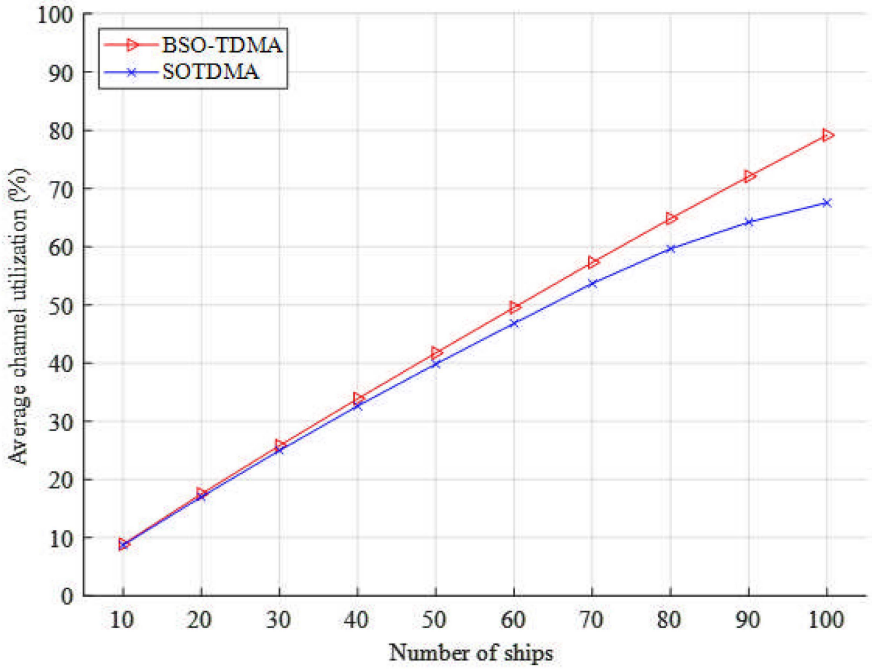
도면7b


×10^4
2.5
2
1.5
1
0.5
0
BSO-TDMA
SOTDMA
Average number of collisions
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Number of ships

도면8a


BSO-TDMA
SOTDMA
Average channel utilization (%)
Number of ships
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100

도면8b


BSO-TDMA
SOTDMA
Average channel utilization (%)
Number of ships
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100

도면9

