
해상이동통신에서 VHF 데이터링크 프로토콜을 이용한 자동감시시스템

장동원* · 조평동*

A Study on Automatic Surveillance System using VHF Data Link Protocol

Dong-won Jang* · Pyung-dong Cho*

요 약

본 고에서는 현재 해상과 항공 이동통신에서는 자동 감시 및 트래픽 완화를 위해 도입되고 있는 자동 식별장치에 대한 기술적 특성에 대해서 기술하였다. 특히 해상에서는 2002년 7월부터 의무적으로 선박자동식별장치를 설치할 것을 SOLAS(Safety of Life at Sea)조약에서 규정하고 있다.

자동감시시스템인 선박자동식별장치는 디지털 무선링크와 GNSS(Global Navigation Satellite System)를 컴퓨터와 상호 연결해서 효율적으로 선박간의 충돌 회피 및 트래픽 관리를 수행한다. 이를 위해서는 각 장치간에 데이터 링크를 효율적으로 사용해야 하는데 이를 SOTDMA(Self-Organized Time Division Multiple Access)라 부르는 알고리즘이 수행하고 있다. 이 알고리즘은 여러 무선국에 짧은 버스트를 허용해서 정확히 조직화한다. 그러므로 무선국을 설치한 선박이나 항공공간에 충돌은 최소화된다. 본 고에서는 해상 및 항공에서 SOTDMA 알고리즘 동작 및 능력을 분석해서 모델링하여 이 시스템의 throughput을 평가하는 방법을 제시하였다.

ABSTRACT

In this paper, We analysed the technical characteristics of a automatic identification system that will introduce in aviation and marine radio stations. IMO's Marine Safety Committee approved revision of chapter V of the Safety of Life at Sea(SOLAS) Convention in 73rd meeting. According to this, AIS will become a mandatory carriage requirement by 01 July 2002. AIS as a surveillance system continuously receives its own position from the GNSS and then repeatedly broadcasts it on a VHF data link for avoiding traffic conflicts and possible disasters. VHF data link is organized so that a specified number of time slots make up a repeatable frame. Each radio station can autonomously allocate and deallocate slots within the frame using selection algorithm which is called SOTDMA(Self-Organized Time Division Multiple Access). The results can be an aid in the continued of understanding technical characteristics for AIS as a broad surveillance system.

키워드

선박자동식별장치, 국제해사기구, 해상인명안전조약, 무선설비, SOTDMA, AIS, SOLAS

1. 서 론

항공과 해상 업계에서는 다음 세기의 트래픽 수요에 맞는 새로운 기술의 필요성을 알고 있다. 그러므로 이러한 무선 장비에 대한 동작과 사용을 정의하는 표준을 얻기 위하여 매우 많은 노력을 해왔다. ICAO에서는 AMCP에서 표준안을 작업하고 있으며 이를 VDL Mode4라 부른다. IMO에서는 Shipborne Universal AIS에 대한 성능 표준을 작성하였다. 특히 전송 동기화를 위한 TDMA와 VHF 데이터 링크의 공유 및 조직화를 위한 SOTDMA(Self-Organizing Time Division Multiple Access)가 핵심이다.

데이터 링크의 조직화란 무선국이 자신의 전송 스케줄을 선택하고 다른 선박과 연결되며 전송 충돌을 피하고 해결하는 과정을 의미하며 데이터 링크가 여러 독자적인 무선국간에 공유됨을 의미한다.

SOTDMA 기술을 응용한 AIS는 VHF해상이동대역에서 사용하는 broadcast 시스템으로, 선박의 식별, 위치, 항로, 속도 등의 정보를 다른 선박이나 해안국에 송신한다. 또한 빠르게 갱신되는 선박간의 여러 보고서를 신뢰성있고 신속하게 처리한다.

본 고에서는 해상에서 SOTDMA 알고리즘 동작 및 능력을 분석하고 모델링하여 이 시스템의 throughput을 평가하는 방법을 제시하였다.

II. 본 론

AIS에 관련된 요구사항은 여러 표준화기구에서 규정하고 있다. IMO에서는 성능 표준, ITU-R에서는 기술적 규격, 그리고 IEC (International Electrotechnical Commission)에서는 시험 규격에 대해서 각각 규정하고 있다.[1]

2.1 관련 규격

2.1.1 IMO 성능 표준

IMO의 성능 표준(IMO Resolution MSC.74(69))은 사용자나 운용자가 알아야 할 선박간의 동작, 선박과 해안국간의 동작, 자동적이고 연속적인 운용, 정보 메시지 제공, 해상 VHF 채널 사용 등과 같은 운용 관련 요구사항을 규정하고 있다.

2.1.2 ITU-R 기술적 특성[2]

ITU-R 권고 M.1371에서는 AIS에 대한 기술적 특성과 성능 표준의 운용 요구사항을 맞추기 위한 송수신기의 특성, 변조 방식, 데이터 포맷, 메시지 및 패킷화, TDMA, 채널 관리방법 등에 관하여 규정하고 있다.

2.1.3 IEC 시험 표준[3]

IEC의 시험 표준인 61993-1은 AIS에 관한 전기, 전자적인 관련 기술 시험 표준을 규정하고 있으며 이는 SOLAS 조약에서 요구하고 있는 선박 의무 탑재 장비에 대한 시험 규격, 데이터 입출력 표준, 커넥터 표준, BIIT(Built-In Integrity Test)에 대한 상세 등과 같은 기술형식 승인 시험 규격을 포함하고 있다.

2.2 시스템의 기술적 특성

AIS의 기술적인 특성은 ITU-R 권고 M.1371과 IEC 61993-2에서 규정하고 있다. 그림 1은 일반적인 AIS의 구성도이며, 그림 2에서와 같이 M.1371에서는 OSI 7계층 모델에서 1에서 4계층까지의 기술적 특성에 대해서 기술하고 있다.

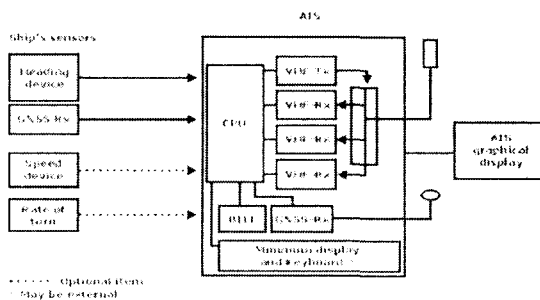


그림 1. AIS 구성
Fig. 1 AIS Configuration

2.2.1 물리 계층

제1계층인 물리계층은 제2계층인 데이터링크계층으로 비트 스트림을 전달해야 한다. 이를 위한 물리계층의 성능 요구사항은 아래와 같다.

- 사용주파수 범위 : 156.025 - 162.025MHz
- 채널 간격 : 12.5/25kHz
- 사용 채널 : AIS1(161.975MHz)/

AIS2(162.025MHz)

- 채널대역폭 : 12.5/25kHz
- 전송 속도 : 9,600bps
- 트레이닝 시퀀스 : 24비트
- 송신기 settling시간 : 1msec 이내
- 송신기 출력 전력 : 2/12.5W
- 변조 방식 : GMSK/FM
- 데이터 엔코딩 : NRZI

2.2.2 데이터링크 계층

2.3.절 참조

2.2.3 네트워크 계층

제3계층인 네트워크 계층은 채널 접속을 성립시키고 유지시키며, 메시지의 우선순위 할당을 관리하며, 채널간에 전송 패킷을 분배하고, 데이터 링크 폭주 문제를 해결해야 한다.

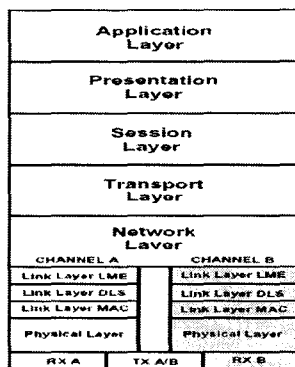


그림 2. OSI 프로토콜 계층
Fig. 2 OSI Protocol Layer

2.2.4 트랜스포트 계층

제4계층인 트랜스포트 계층은 데이터를 정확한 크기의 전송 패킷으로 변환시키고, 데이터 패킷을 순서화하며, 상위 계층에 대한 인터페이스를 제공한다.

AIS는 부가적으로 디지털선택호출장치(DSC), 장거리통신응용, GNSS 수신기, BIIT(Built-In Integrity Test), 표시 및 입출력 등의 기능을 가져야 한다.

2.3 SOTDMA 분석[4]

제2계층인 데이터링크 계층은 데이터 전달시 오류의 검출 및 정정을 위한 패킷화에 대한 역할을 한다. 데이터링크계층은 MAC(Medium Access Control),

DLS(Data Link Service), LME(Link Management Entity)계층으로 세분화(그림 2 참조)된다.

MAC계층은 데이터 전송매체로 액세스를 넘기는 방법을 제공한다. 이를 위해 AIS에서 사용하는 방식은 공통시간표준에 따른 TDMA(Time Division Multiple Access)이다. 동기를 위해서 사용하는 공통 시간표준(common time reference)은 위성을 통해 얻는 UTC(Universal Time Coordinated)이다. AIS에서 1 프레임은 1분의 길이를 가지며 이는 UTC의 분(minute)에 동기화된다. 이 프레임은 2250개의 슬롯으로 세분화된다.

DLS계층에서는 데이터링크 활성화와 해제, 데이터 전달, 그리고 오류 검출 및 제어에 대한 역할을 분담한다. 송신기는 슬롯 시작점에서 RF를 power-on하고 전송을 시작해야 한다. 또한 송신 패킷의 마지막 비트가 송신 유니트에 있을 때 power-off한다. 이러한 이벤트는 자신의 슬롯 내에서 이루어져야 한다. 데이터의 전달은 비트 오리엔티드 프로토콜인 HDLC(High-level Data Link Control)포맷에 따른다.



그림 3. 전송 패킷 포맷
Fig. 3 Packet Format

LME계층은 DLS, MAC, 그리고 물리 계층을 제어한다. 데이터 전달 매체에 대한 액세스를 제어하는 방법은 4가지(SOTDMA, ITDMA (Incremental TDMA), RATDMA(Random Access TDMA), FATDMA(Fixed Access TDMA))가 있으며 응용과 운용 모드는 사용될 액세스 방식을 결정한다.

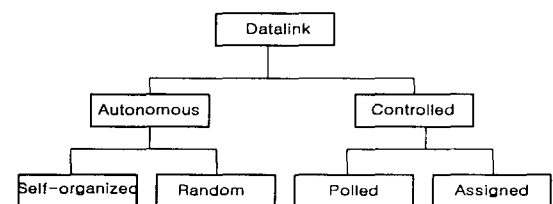


그림 4. 운용모드 분류
Fig. 4 Operating Modes

자동(Autonomous) 운용 모드에서 각 개별 무선국은 조직화에 책임이 있으므로 자체 전송 스케줄을 결정한다. 자동 모드는 두 가지 기술로 분류되는데 self-organized와 random 모드이다. Self-organized 모드는 약간 지능적인 알고리즘에 기초해서 자신의 전송 스케줄을 결정해서 조직화하는 무선국이다. 이 알고리즘은 사전 지식에 기초해서 데이터 링크에서의 미래 행위에 대한 전송을 스케줄한다. 전송 충돌을 피하고 전송 충돌이 일어났을 때 신속하게 충돌을 해결할 수 있도록 전송을 조직화한다. SOTDMA 시스템에서 제1차적인 동작 모드는 self-organized 모드이나 할당모드에서도 적용된다.

2.3.1 동기(Synchronization)

SOTDMA 시스템은 시간을 슬롯으로 분할한 데이터 링크를 공유한다. 위치 보고는 한 개의 슬롯에 들어간다. 슬롯의 조합을 프레임이라고 한다. 프레임의 길이는 1분이다.

데이터 링크를 시간분할다중방식으로 액세스할 수 있도록 다른 무선국들과 정확하게 자신을 일치시키는 과정 동기화를 위한 매우 정확한 소스는 GNSS 수신기로부터 받는 1PPS(pulse per second) 펄스이다. 이외 다른 소스도 사용될 수 있는데 세마포 무선국으로부터 전송에 대해서 클럭을 동기화시켜야 한다. 세마포 무선국은 특정 간격으로 일부 동기화 메시지 전송에 의해서 간단히 타이밍 제공해야 하는 책임이 있다. 세마포 방식은 세마포를 선택하고 동기화를 유지해야 하는 복잡한 알고리즘을 사용한다.

2.3.2 용량(Capacity)

용량이란 시스템이 얼마나 많은 무선국을 처리하고 과부하를 얼마나 잘 처리하는지에 대한 척도로 정의된다. SOTDMA 시스템에서 얼마나 많은 무선국이 동시에 처리될 수 있는지 이에 대한 계산은 매우 쉽다. 각 무선국은 분당 전송에 대한 주어진 보고 속도(RR : Report Rate)를 갖는다고 가정한다. 1분은 슬롯 세트(SL : a set of slots)이다. 가능한 무선국의 수는 SL/RR이다. 하지만 이 식이 절대적이지는 않다. 실제적으로는 매우 복잡하다. 감시 시스템은 최대 무선국 수를 명시하는 제한을 가질 수 없다. 이 시스템은 과부하를 처리할 수 있어야 하며 즉 현재 가능한 것 보다 더 많은 슬롯을 요구한다. 또한 제어

되고 안전한 방법으로 트래픽을 적응시켜야 한다.

2.3.3 시간 프레임 및 시간슬롯

SOTDMA 시스템은 먼저 프레임이 명시되고 시간적으로 통신 채널로 나뉜다. SOTDMA 프레임은 길이가 1분이다. 프레임의 시작은 무선국간에 다양하지만 모든 무선국은 프레임의 시작을 UTC(Coordinated Universal Time)에 맞추어야 한다. 프레임은 시간 슬롯으로 세분된다. 각 슬롯의 시작은 무선국의 송신 시작과 일치한다. 슬롯 시작은 모든 참가 무선국이 동일해야 한다. 현재 시간 슬롯은 현재 무선국이 송신하거나 수신하고 있는 슬롯이다. 그러므로 모든 무선국은 항상 동일한 슬롯에 있다. 비록 프레임 시작이 다르기 때문에 슬롯 번호는 다를 수 있다.

2.3.4 보고 속도

각 무선국은 주어진 시간 간격에서 위치를 송신하게 된다. 보고 속도는 분당 송신된 보고수로 명시된다. 보고 속도는 무선국간에 다를 수 있는데 이는 속도나 항로 변화와 같은 요인에 의존한다. 보고 속도에는 두 종류가 있다. 정상 보고 속도는 무선국에 의해 현재 사용된 보고 속도로 정의된다. 또는 주어진 시간 간격에서 전송 시도이다. 알짜(net) 보고 속도는 수신 무선국에서 경험된 보고 속도 또는 성공적으로 수신된 전송이다. 슬롯 재사용이나 다른 장애에 의해서 무선국은 실제 전송된 것보다 덜 보고를 수신할 수도 있다. 알짜 보고 속도는 정상 보고 속도가 고정되어 있는 반면 변한다.

2.3.5 알짜(Net) Throughput

알짜 throughput이란 수신기에서 동일한 송신기로부터의 정상 보고 속도, 송신기에 의한 출력, 경험된 보고 속도간의 관계로 정의된다. 알짜 throughput은 전송 시도수에 대한 성공적으로 수신된 전송수로 나누어서 구할 수 있다. 이것은 정확히 한번의 전송이 한 슬롯을 차지한다고 가정한다.

2.3.6 SOTDMA(Self-Organized Time Division Multiple Access) 알고리즘

SOTDMA 알고리즘은 self-organized 자동모드 운용을 할 수 있다. 각 무선국은 연속적으로 임의의 시간 슬롯을 차지하는 전송 패킷을 사용해서 위치를

연속적으로 방송하게 된다. 시간 슬롯은 SOTDMA를 사용하도록 선택된다. 위치에 부가해서 전송된 패킷은 통신 상태(Comm. State)를 포함하게 된다. 통신 상태(Comm. State)는 SOTDMA 알고리즘 의도를 설명하는 아래와 같은 정보를 포함한다.

- Slot Time-out : 슬롯이 얼마나 많은 분을 점유하게 될 것인가를 나타낸다.

- Slot Offset : 다음 시간에서 사용될 다음 슬롯에 대한 상대적인 offset, 이 슬롯 오프셋은 slot timeout이 0이지 않는 한 무시된다.

2.3.6.1 초기화 단계(Initialization phase)

먼저 무선국이 power on되면 일분간의 초기화 단계를 시작한다. 이 시간 동안에 무선국은 채널 활동, 다른 참여 무선국, 현재 슬롯 할당 등을 결정하기 위해 데이터 링크를 감시하게 된다. 일분이 지난 후 무선국은 Network Entry 단계로 들어간다.

2.3.6.2 Network Entry 단계

Network Entry 단계 동안에 무선국은 첫번째 전송 슬롯을 선택하고 데이터 링크에서 자신을 나타낼 준비를 한다. 먼저 정상 증가(NI : Nominal Increment)를 결정한다. NI는 분당 슬롯수를 원하는 보고 속도로 나눈 것과 같다. 첫번째 전송 슬롯을 선택하기 위해서 무선국은 NSS(Nominal Start Slot)를 선택한다. NSS는 랜덤하게 현재 슬롯과 이전에 NI 슬롯으로부터 선택된다. 이 후에 SI(Selection Interval)가 결정된다. SI는 항상 NI의 20%이며 NSS가 중간에 위치하도록 한다. 슬롯은 SI 내에서 랜덤하게 선택된다. 이 슬롯은 사용이 가능한지 알기 위하여 점검된다. 만약 그렇지 않다면 왼쪽과 오른쪽에 인접한 슬롯은 점검된다. 이 과정은 유용한 슬롯이 SI 내에서 발견될 때까지 계속된다. 항상 유용한 슬롯셋이 있어야만 한다. 만약 링크가 최대 용량에 근접하면 슬롯은 자신의 위치로부터 가장 원거리에 있는 무선국으로부터 재사용을 한다. 선택된 슬롯은 NTS(Nominal Transmission Slot)이 된다. NTS에 도달하자마자 첫번째 프레임 단계로 들어간다.

2.3.6.3 첫번째 프레임(First frame) 단계

첫번째 프레임 단계 동안에 무선국은 계속해서 정상 전송 슬롯(NTS)을 할당하고 위치를 송신한다. 각

NTS는 4와 8분 사이의 고유 슬롯 timeout을 할당된다. 첫번째 NTS에 도달하자마자 새로운 NS와 NTS는 다음 전송을 위해서 선택된다. NS는 NTS에 NI를 더해서 선택된다. 새로운 SI는 NS 근처에 놓이고 NTS는 앞에서 기술된 대로 할당된다. 이 과정은 일분이 종료될 때까지 계속되며 초기 NSS는 다시 접근한다. 이 단계에서 무선국은 연속 동작 단계로 들어간다.

2.3.6.4 연속동작(Continuous operation) 단계

연속 동작 단계에서 무선국은 할당된 NTS에서 송신되고 슬롯 timeout을 감소시킨다. Timeout이 0에 도달하면 새로운 NTS가 위에서 기술된 대로 SI 내에서 선택된다. 상대 offset은 위치 보고 패킷에 삽입되고 전송되며 수신 무선국은 의도를 깨닫게 된다. 이 단계는 시스템이 종료되거나 할당모드로 바뀌거나 보고 속도가 변화될 때까지 유지된다.

V. 결 론

AIS는 기존에 사용하던 VHF대의 음성 통신 과는 다르게 자동으로 데이터를 송수신해서 주변의 선박 정보를 자동으로 파악할 수 있도록 한다. 이는 컴퓨터에서 해당 프로그램을 수행해서 이루어진다. 이 프로그램은 모든 선박에 설치된 AIS간에 통신이 이루어지도록 해야 하므로 국제적으로 조화된 표준에 따라서 구현되어야 한다. ITU-R 권고 M.1371은 AIS에 대한 기술적 특성을 규정하고 있으며, IMO에서는 이 권고에 의해 제조된 AIS만을 장착하도록 규정하고 있고 이 규정에 적합한 지는 IEC 61993-Part 2 표준에 기술된 시험 방법에 의해 확인한다.

본 고에서는 AIS 관련 국제 표준에 따르는 AIS의 구현 및 성능 분석을 위한 관련 기술적 특성을 분석하였다. 이 결과는 새로운 통신 기술을 이해해서 IMO서 규정하고 있는 성능을 갖춘 AIS를 설계하고 제조하는데 활용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 장동원 외, SOLAS AIS의 기술적 특성 분석 연구, 한국해양정보통신학회 춘계발표회, 2002.
- [2] Recommendation ITU-R M.1371, Technical characteristics for a universal shipborne automatic identification system using time division multiple access in the VHF maritime mobile band, 2000.
- [3] IEC 61993-Part 2, Universal Shipborne Automatic Identification System (AIS) Operational and performance requirements, methods of testing and required test results, 2001.
- [4] Rikard Kjellberg, Capacity and Throughput using a Self-organized Time Division Multiple Access VHF Data Link in Surveillance Applications, Royal Institute of Technology, Sweden, 2000.

저자소개



장동원(Dong-Won Jang)

한국항공대 항공통신공학과 공학사
충남대학교 전파공학과 공학석사
한국전자통신연구원 선임연구원

※ 관심분야: 통신신호처리, 통신프로토콜시험, 통신망측정/분석, 위성통신, 통신간섭분석



조평동(Pyung-Dong Cho)

연세대학교 전자공학과 공학사
한국전자통신연구원 기술기준연구
팀장

※ 관심분야: 정보통신 기술기준, 통신망 생존성, 지능망, 광 전달망