
선박용 애드혹 네트워크를 위한 Ship Ad-hoc Communication 프로토콜

윤창호* · 김승근** · 박종원*** · 임용곤**

Ship Ad-hoc Communication (SAC) Protocol for SANETs

Changho Yun* · Seung-Gun Kim** · Jong-won Park*** · Yong-kon Lim**

이 논문은 2011~2012년도 국토해양부 연구비를 지원받았음

요 약

Ship Ad-hoc Network (SANET)은 고비용의 위성 통신을 대체하여 선박에 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 선박 간 애드혹 네트워크이다. 현재 SANET의 물리계층은 해상 VHF 대역 디지털 통신의 표준인 ITU-R M. 1842-1을 반영할 수 있으나, 상위 계층은 명확한 표준화가 진행되지 않고 있다. 본 논문에서는 육상 애드혹 네트워크에 적용되는 매체접속제어와 라우팅 프로토콜을 기반으로, 해상 통신환경에 맞는 SANET용 네트워크 프로토콜인 Ship Ad-hoc Communication (SAC) 프로토콜을 제안한다. SAC 프로토콜은 매체접속제어와 라우팅을 하나의 알고리즘에서 수행하는 크로스 레이어 프로토콜로써, 이웃 선박의 유무, 목적지까지의 경로 설정 여부, 열악한 통신 환경 시 통신 모드 전환 등을 다양한 해상 환경을 반영한다.

ABSTRACT

A ship ad-hoc network (SANET) can provide ships with diverse multimedia services by replacing expensive satellite communications. While ITU-R M. 1842-1, standards for maritime VHF band digital communications, can be used as the specifications of physical layer for SANETs, no standards are specified for higher layers of SANETs. In this paper, we propose a ship ad-hoc communication (SAC) protocol for SANETs, based on medium access control (MAC) and routing protocols for terrestrial ad-hoc networks. SAC protocol is a cross-layer protocol which combines MAC and routing into one algorithm and considers maritime environments, including the existence of neighboring ships, the possibility of routing to a destination, and changing the communication mode in case of VHF channel failure.

키워드

선박 통신, 매체접속제어, 통신경로 설정, 프로토콜, 네트워크

Key word

Maritime communications, MAC, routing , protocol, networks

* 정회원 : 한국해양연구원 (교신저자, sgn0178@gmail.com)

접수일자 : 2012. 02. 02

** 종신회원 : 한국해양연구원

심사완료일자 : 2012. 02. 21

*** 정회원 : 한국해양연구원

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2012.16.5.906>

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서 론

GMDSS(global maritime distress and safety system), AIS(automatic identification system)와 같은 해양 통신 서비스는 주로 선박의 안전, 위치 추적, 식별, 수색·감시에 제한되었다 [1][2]. 비록 선박에서 NBDP(narrow band direct printing), NAVTEX(navigational telex)와 같은 단문 메시지 전송 서비스도 사용되고 있지만, 해양 무선 통신은 육상 무선 통신에 비해 서비스의 다양성이 떨어진다 [3][4].

오늘날, 육상 무선 통신 서비스의 급격한 발전에 따라, 연안이나 근해에 항해 중인 선박에서도 다양한 멀티미디어 서비스의 제공이 요구되고 있다. 즉, 선박에서도 육상 네트워크 인프라에 접속하여, 육상에서와 같이 양방향 디지털 데이터 전송, 비디오, 인터넷 접속 등과 같은 다양한 멀티미디어 서비스들이 요구된다. 이를 위해, 기존의 WLAN을 해안에 적용하여 선박에 서비스를 제공할 수 있으나, 1km 내의 짧은 통신 거리로 통신 제약이 크다. 이에 반해, 위성 통신은 특유의 광범위한 통신 거리와 높은 데이터율(data rate)을 보장할 수 있어, 다양한 선박 멀티미디어 서비스를 제공하는데 유력한 후보라 할 수 있다. 하지만, 위성 통신은 육상과 같이 빈번하게 멀티미디어 서비스를 선박에 제공하기에는 서비스 비용이 부담스러운 단점이 있다.

현재 해상 디지털 통신을 위해, ITU-R M.1842-1에서 VHF 대역 해상 디지털 통신을 표준화하고 있고, 이 표준에 따르면 VHF 대역 통신으로 약 100kbps 이상의 데이터율을 지원 가능하다 [5]. VHF 통신 대역의 전송거리가 수십 킬로미터임을 감안하면, VHF 대역 해상 디지털 통신은 위성 통신을 대체하여 선박들에게 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있다.

VHF 대역에서 애드혹(ad-hoc) 통신 방식을 사용하여 선박에 멀티미디어 서비스를 제공하고자 [6]에서는 육상의 MANET, VANET과 대응할 수 있는 Ship Ad-hoc NETWORK (SANET)의 개념을 제안하였다. SANET을 구현할 때, ITU-R M.1842-1에서 제시하는 물리계층에 대한 스펙은 참고할 수 있으나, 그 상위 계층에 대한 스펙들은 현재 뚜렷한 표준화가 되지 않고 있다 [5]. 따라서, 본 논문에서는 SANET을 위한 프로토콜 설계에 집중을 한다.

SANET을 위한 네트워크 프로토콜은 육상 이동 애드혹 네트워크, mobile ad-hoc network (MANET)을 위해 개발된 프로토콜을 기반으로 설계할 수 있다. 하지만, 육상 애드혹 네트워크 프로토콜을 해상 통신에 적용하기 위해서는 이웃 선박의 유무, 목적지까지의 경로 설정 여부, 열악한 통신 환경 시 통신 모드 전환 등의 해상에서 발생 가능한 다양한 상황들을 반영하여야 한다. 본 논문에서는 이러한 해상 통신 환경을 고려하고, 라우팅(routing)과 매체접속제어(media access control; MAC)를 하나의 알고리즘에서 수행하는 크로스 레이어 (cross-layer) 프로토콜인 Ship Ad-hoc Communication (SAC) 프로토콜을 제안한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 제 2장에서는 SANET 구조를 소개하고, 제 3장에서는 SAC 프로토콜을 설명한다. 제 4장에서는 향후 연구 계획과 함께 논문을 마무리 짓는다.

II. SANET 구조

본 장에서는 SANET의 구조에 대해 설명한다. 그림 1에서 보는 것과 같이, SANET은 다수의 선박과 육상 기지국으로 구성되어 있다. 육상 기지국은 다양한 멀티미디어 서비스를 선박들에게 제공해주기 위해 육상의 백본 네트워크와 연결되어 있다. 선박들은 육상 기지국에 접속하여 다양한 멀티미디어를 제공받게 된다.

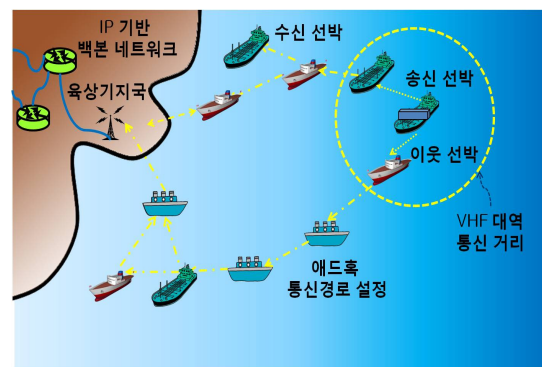


그림 1. SANET 구조
Fig. 1 An Architecture of SANET

선박들은 자신의 목적지에 따라서 다양한 경로로 움직이므로, SANET의 구조는 고정되어 있지 않고, 일정한 패턴을 가지지 않는 fully distributed하고 infrastructure-less한 구조를 가진다. VHF 대역의 통신거리는 수십 킬로미터 정도이므로 [7], 육상 기지국으로부터 통신 거리 이상으로 벗어난 선박은 원홉(one-hop)으로 육상 기지국에 접속하기 힘들다. 따라서 선박들은 멀티홉(multi-hop) 애드혹 통신을 시도한다.

그림 1에서 육상 기지국에 접속하여 서비스를 이용하려는 선박을 송신(source) 선박이라고 하자. 만약 이 송신 선박이 자신의 통신 거리 내에 다수의 이웃 선박이 존재하면, 이 이웃 선박들은 송신 선박이 전송하는 메시지들을 자신들의 이웃 선박에게 애드혹 통신을 통해 전달하고, 이는 최종적으로 육상 기지국 또는 수신(destination) 선박에 도착하게 된다. 만약 송신 선박이 주변에 이웃 선박들을 발견하지 못한다면, 서비스의 연속성을 추구하기 위해, 다른 가용한 통신 시스템으로 통신 모드를 전환하게 된다.

III. SAC 프로토콜

본 장에서는 SAC 프로토콜을 설명한다. SAC 프로토콜은 매체접속제어와 라우팅이 하나의 알고리즘에서 수행하는 크로스 레이어 프로토콜이다. 앞서 설명했듯이, SAC의 매체접속제어와 라우팅은 육상 애드혹 네트워크에서 사용하고 있는 프로토콜들을 기반으로 한다. 매체접속제어 프로토콜은 IEEE 802.11의 carrier sensing multiple access/ collision avoidance (CSMA/CA)을 적용한다 [8]. SAC 프로토콜의 라우팅을 결정하기 위해, 애드혹 네트워크를 위한 대표적인 라우팅인 ad-hoc on-demand distance vector (AODV)와 dynamic source routing (DSR)을 고려하였다 [9][10]. 두 라우팅 프로토콜 중 CSMA/CA의 request-to-send (RTS), clear-to-send (CTS)의 메시지 교환과 연동하여 사용할 때, 메시지 오버헤드가 작은 AODV를 고려한다 [11].

SAC 프로토콜의 특징은 아래와 같다.

- 캐리어 센싱을 통한 이웃 선박 탐지 및 이웃 선박 테이블 유지

- 수정된 RTS-CTS 메시지 교환을 통한 라우팅과 데이터 전송
- 원홉 acknowledgement (ACK)/ non-acknowledgement (NACK)
- 메시지 종류에 따른 다른 백오프 (back-off) 시간
- 패킷 트레인 (packet train) 전송

이상의 특징을 가지는 SAC 프로토콜은 주로 RTS와 CTS 메시지 헤더 값에 의해 백오프 시간, 메시지 전달, 또는 대기 등의 주요 결정이 이루어진다. 따라서, SAC 프로토콜의 세부 기능들을 설명하기 전에 SAC 프로토콜을 수행하기 위해 설계된 RTS와 CTS 메시지 헤더들을 우선적으로 소개하고, 각각의 세부 기능들을 이어서 설명한다.

3.1. 수정된 RTS-CTS 메시지

RTS-CTS 메시지는 아래와 같이 공통적으로 다양한 헤더들을 포함하고 있다. 본 논문에서 헤더의 길이와 구체적인 표현방법은 구체적으로 기술하지 않는다. 메시지의 헤더들은 SAC 프로토콜을 설명하기 위해 헤더의 기능 위주로 설명한다.

- 메시지 타입 (MT; message type)
- 이어서 올 메시지 타입 (FMT; following message type)
- 선박 ID (SI; Ship' ID)
- 목표 선박 ID (TI; Target ship's ID)
- 데이터 패킷의 수 (M)
- 라우팅 경로 홉의 수 (H)
- 남은 홉의 수 (N)

메시지 타입은 현재 보내는 메시지 타입이며 RTS 메시지일 경우 'MT=RTS'로, CTS의 경우 'MT=CTS'로 나타낸다. 이어서 올 메시지 타입 FMT는 RTS-CTS 메시지 교환을 통해 전송하고자 하는 메시지 타입을 말하며, FMT에는 route reply(RREP), 데이터, non-acknowledgement (NACK)이 있다. 라우팅에서 route request (RREQ)는 브로드캐스팅되므로 RTS-CTS 메시지 교환을 할 필요가 없으므로 RREP만 고려한다 [11]. 데이터 전송에서는 보내려는 데이터와 그 데이터를 제대로 수신하지 못

했을 때 automatic repeat request (ARQ)를 위해 보내는 NACK을 고려한다. ARQ에 대한 자세한 내용은 III. 4장에서 설명한다. 선박 ID, SI는 보내는 선박의 ID를 나타내며, 목표 선박 ID, TI는 보내고자하는 선박의 ID를 나타낸다. 라우팅 경로 홉의 수 H 는 RREP 메시지에만 사용하는 헤더이다. 즉, RREP 메시지를 전송하기 전에 RTS 메시지를 보낼 때, 주위 이웃 선박들에게 라우팅 경로 멀티 홉의 수를 알려 백오프 시간을 설정하도록 하기 위한 헤더이다. 데이터 패킷의 수 M 과 남은 홉의 수 N 은 'FMT=DATA' 또는 'FMT=NACK'일 때 사용한다. M 은 메시지 즉 패킷을 연속해서 여러 개를 보내는 패킷 트레인을 적용하기 위해 사용된다. 즉, 이웃 선박들이 RTS 또는 CTS 메시지를 수신할 때, M 의 값을 확인하여 백오프 시간을 계산할 수 있다. SANET은 멀티홉 애드혹 통신을 통하여 라우팅 및 데이터 전송을 하는데, 이때 송신 선박에서 수신 선박 사이의 멀티 홉 수가 N 이다. 이웃 선박들이 RTS 또는 CTS를 수신할 때, 백오프 시간을 계산할 수 있도록 N 값을 사용한다.

3.2. 이웃 선박 탐지

선박이 장비를 켜면, 네트워크에 진입하기 위해 캐리어 센싱을 한다. 선박은 수신 메시지에서 SI정보를 보고, 현재 자신의 이웃 선박이 아니면, 이웃 선박 테이블에 추가한다. 또한, 수신한 메시지의 종류에 따라, 메시지 헤더 정보를 이용하여 백오프 시간을 계산할 수 있다.

그림 2에서와 같이, 만약 채널이 가용하지 않으면 메시지에 종류에 따라 백오프 시간을 결정한다. 백오프 시간 동안 대기하고, 다시 캐리어 센싱을 통해 네트워크 진입을 시도한다. 반대로 채널이 가용하면, 이웃 선박의 유무에 따라 메시지를 전송한다. 이때, 이웃 선박들이 존재하지 않으면, 네트워크 실패 메시지를 브로드캐스팅하고 위성 또는 HF/MF 통신 장비로 통신 모드를 전환한다. 통신 모드 전환은 데이터 링크 계층 logical link control (LLC)에서 수행되며, 구체적인 통신 모드 전환 방법은 [6][12]에서 제안한 방법을 따른다.

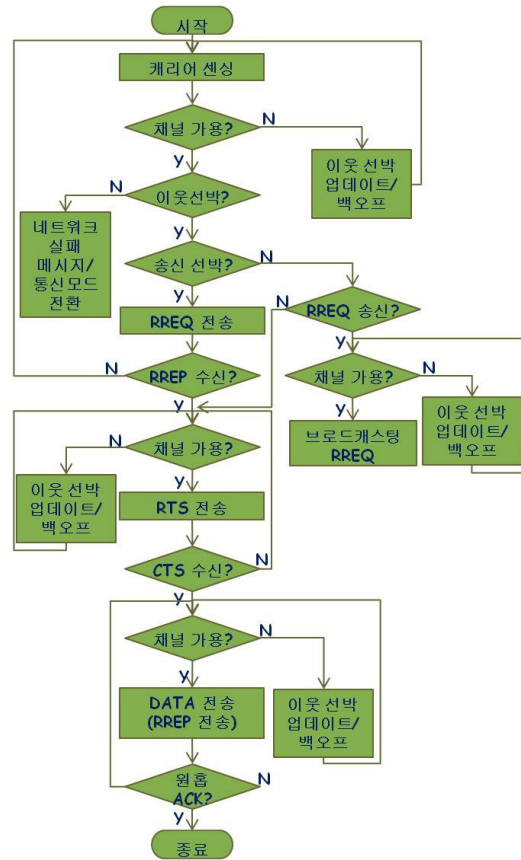


그림 2. SAC 프로토콜 알고리즘
Fig. 2 An algorithm of SAC protocol

3.3. 백오프

SAC 백오프 시간은 수신하는 메시지에 따라 달라진다. 기본적으로 대부분의 백오프 시간은 binary exponential backoff (BOB)를 따른다 [13]. 하지만, 자신에게 해당되지 않는 RTS-CTS 메시지를 수신할 경우, FMT의 종류에 따라 백오프 시간을 결정하게 된다. 따라서 SAC 프로토콜은 아래와 같이 네 종류의 백오프를 가진다.

- BOB
- 'FMT=RREP'인 백오프
- 'FMT=데이터'인 백오프
- 'FMT=NACK'인 백오프

‘FMT=RREP’인 백오프는 선박이 RREP를 송·수신 하기 위한 RTS 또는 CTS 메시지를 수신할 경우 자신의 주소가 TI와 일치하지 않을 경우이다. 이때 백오프 시간은 수신한 메시지의 H값에 따라 RREP가 H홉을 거쳐 송신 선박까지 전달될 때까지의 RTS-CTS-RREP 전송을 고려한 시간이다.

‘FMT=데이터’인 백오프는 데이터를 송·수신 하기 위한 RTS 또는 CTS 메시지를 수신할 경우 자신의 주소가 TI와 일치하지 않을 경우이다. 이때 백오프 시간은 수신한 메시지의 M, N에 따라 데이터가 H홉을 거쳐 송신 선박까지 전달될 때까지의 RTS-CTS-DATA-원홉 ACK 전송을 고려하는 시간이다. 같은 방법으로, ‘FMT=NACK’에서도 백오프 시간은 수신한 메시지의 M, N에 따라 ‘FMT=데이터’와 동일하게 결정된다.

3.4. 라우팅과 데이터 전송

한 선박이 송신 선박으로써 수신 선박에게 멀티홉으로 데이터를 전송하려면, 우선 채널 가용여부와 이웃 선박 여부를 그림 2에서와 같이 확인해야 한다. 채널과 이웃 선박이 모두 가용하면, 송신 선박은 RREQ 메시지를 브로드캐스팅한다. RREQ 메시지는 RREP, 데이터, NACK 메시지들과 달리 RTS-CTS 메시지 교환이 아닌 브로드캐스팅하여 전파한다. AODV의 라우팅 경로 설정 방법 [9]에 의해 수신 선박은 송신 선박의 RREQ 메시지를 수신하고, RREP 메시지를 송신할 준비를 한다. RREQ 메시지를 수신 선박까지 전송할 때, RREQ 메시지를 받은 선박들은 BOB 백오프 시간만큼 대기하고 채널 상태를 확인한 후, RREQ 메시지를 다시 브로드캐스팅한다.

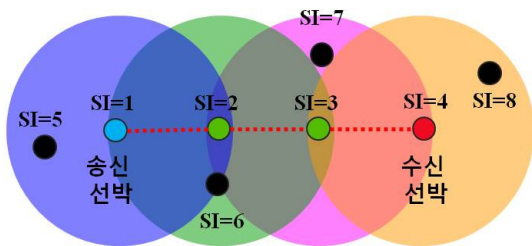


그림 3. 경로 설정 및 데이터 전송
Fig. 3 An illustration of route determination and data transfer

수신 선박에서 RREP 메시지를 보내기 위해서는 RREQ 메시지와는 달리 RTS-CTS 메시지 교환을 우선적으로 하여 채널을 점유하여야 한다. 수신 선박은 채널 상태를 확인한 후 RTS 메시지를 전송한다. 채널이 사용 중이면 BOB를 하고 다시 시도한다. 그림 3에서, 송신 선박(SI=1)과 수신 선박(SI=4)의 예를 들면, 이때, 경로는 SI가 1-2-3-4로 (H=3) 결정된다. 수신 선박이 RREP 메시지를 전송하기 위한 RTS 메시지를 보낼 때, TI는 3이 되는 것이다. 수신 선박의 이웃 선박 중에 수신한 RTS 메시지의 TI가 자신이 아니면 (SI=8인 선박), 그 RTS 메시지를 무시하고, H의 값을 고려하여 송신 선박이 ‘FMT=RREP’인 백오프 시간을 계산하여 대기한다. H 값을 반영한 백오프를 통해, 수신 선박이 송신 선박까지 RREP를 전달하는데 이웃 선박과의 충돌이 발생하지 않는다. SI=3인 선박은 RTS 메시지를 받은 후 채널 상태를 확인하고, CTS 메시지를 송신하고, 이 CTS 메시지를 수신한 수신 선박은 RREP 메시지를 송신한다. SI=3 선박은 RREP 메시지에 표시된 라우팅 리스트 (1-2-3-4)를 참고하여, 다음 전달 선박(SI=2)에게 같은 방법으로 RTS-CTS 메시지 교환을 통하여 RREP 메시지를 전달한다. 이때, H의 값을 하나 줄여서 (H=2) RTS 메시지를 전송한다. 이는 이웃 선박들의 (SI=7) RTS 메시지에 의한 백오프 시간을 줄이기 위함이다. 이러한 방법으로 송신 선박에 최종적으로 RREP 메시지가 전달되어 통신 경로가 설정된다.

송신 선박이 RREP 메시지를 받으면, 데이터를 전송하기 위해, 채널 상태를 확인한 후 라우팅 리스트에서 자신의 다음 홉 선박(SI=2)에게 RTS 메시지를 보낸다. 이때, 채널 상태가 가용하지 않으면 BOB를 하고 다시 시도한다. 이 RTS 메시지를 수신한 이웃 선박들은 (SI=6) RTS 메시지의 헤더 정보 M, N (N=H=3)을 확인하여 ‘FMT=데이터’인 백오프를 수행한다. SI=2인 선박이 RTS 메시지를 받은 후, CTS 메시지를 보내면 송신 선박은 채널 상태를 확인 후 가용하면, 데이터를 전송한다.

ARQ를 위해, SI=2인 선박은 데이터의 에러 체크를 하여 에러가 검출되면, 채널 상태를 확인한 후, 송신 선박에게 NACK 전송을 위한 RTS 메시지를 전송한다. 이웃 선박들이 (SI=6) NACK을 보내기 위한 RTS-CTS 메시지를 수신하였다면 ‘FMT=NACK’인 백오프를 수행한다. 만약 에러가 검출되지 않았다면, SI=2인 선박은 라우팅 리스트의 다음 홉 선박에게 (SI=3) 채널 상태를 확인 후 RTS 메시지를 전송하고, 송신 선박은 (SI=1) 이 RTS 메

시지를 원홉 ACK로 간주한다. SI=2인 선박은 RTS 메시지를 송신할 때, N (N=2)을 하나 줄여서 RTS 메시지를 보낸다. 이는 이웃 선박의 (SI=6) RTS 메시지에 의한 백오프 시간을 줄이기 위함이다. 이리 방법으로 송신 선박이 보낸 데이터는 최종적으로 RTS-CTS 메시지 교환을 통해 수신 선박에 도착하게 된다.

IV. 결 론

본 논문에서는 해상 선박용 애드혹 네트워크인 SANET을 위한 프로토콜로써 Ship Ad-hoc Communication (SAC) 프로토콜을 제안하였다. SAC 프로토콜은 매체접속 제어와 라우팅을 하나의 알고리즘에서 수행하고, 이웃 선박이 잘 탐지되지 않을 때, 통신 모드를 전환하는 등의 해상 통신 환경을 반영하였다. 본 연구는 해양 멀티밴드 대역 통신 시스템 및 네트워크 개발의 결과로써, 향후 시뮬레이션을 통해 SAC 프로토콜의 성능 분석을 수행할 예정이다. 또한, 차기 연구로써, SAC 프로토콜은 개발된 해상 멀티대역 통신 시스템에 구현하여, 실해역 프로토콜의 성능 검증을 수행한다.

감사의 글

본 연구는 2012년도 국토해양부의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사 드립니다 (No. 1615001812).

참고문헌

- [1] IMO IC970E, 4th edition, 2007, "GMDSS manual".
- [2] Rec. ITU-R M.1371-1, "Technical characteristics for a universal ship borne automatic identification system using time division multiple access in the VHF maritime mobile band".
- [3] A. Sarolic, "A review of maritime navigation and radio communication equipment and systems standardization," *Int. Symposium Electronics in Marin, ELMAR 2004*, pp. 380-383, Jun. 2004.
- [4] IEC61097-2, 2nd edition, 2005, "GMDSS-Part6: Narrowband direct-printing telegraph equipment for the reception of navigational and meteorological warnings and urgent information to ship (NAVTEX)".
- [5] Rec. ITU-R M. 1842-1, "Characteristics of VHF radio systems and equipment for the exchange of data and electronic mail in the maritime mobile service RR Appendix 15 channels".
- [6] C. Yun, A. Cho, S. Kim, J. Park, and Y. Lim, "Design of multiband maritime network for ships and its applications," *Int. J. of KIMCS*, vol. 7, no. 3, pp. 314-322, Sept. 2009.
- [7] <http://en.wikipedia.org/wiki/VHF>.
- [8] IEEE 802.11, "Wireless LAN MAC and physical layer specifications," June 1997.
- [9] C. E. Perkins and E. M. Royer, "Ad-hoc on-demand distance vector routing, mobile computing systems and application," *Proceedings of WMCSA*, pp. 90-100, 1999.
- [10] D. B. Johnson and D. A. Maltz, "Dynamic source routing in ad hoc wireless networks," *Mobile computing*, 1996.
- [11] 김현창, 이재용, "다중경로 라우팅 기반 ad-hoc networks에서 IEEE 802.11 RTS/CTS 핸드셰이크 오버헤드 분석," *전자공학회*, 제45권, 6호, pp. 1-13, 2008.
- [12] A-Ra Cho, Changho Yun, Jong-Won Park, Hanna Chung, and Yong-Kon Lim, "Design of a multi-network selector for multiband maritime networks", *J. of KICS*, vol. 9, no. 5, pp. 523-529, Oct. 2011.
- [13] http://wikipedia.org/wiki/Exponential_backoff.

저자소개



윤창호(Yun, Changho)

1999년 창원대학교 전자공학과
학사
2004년 광주과학기술원
정보통신공학과 석사

2007년 광주과학기술원 정보통신공학과 박사
2007년 ~ 2008년 NCSU 박사후 연구원
2008년 ~ 한국해양연구원 선임연구원
2009년 ~ 현재 과학기술연합대학원대학교
해양정보통신공학과 조교수

※ 관심분야: 수중통신 네트워크, 해양 네트워크



임용곤(Lim, Yong-Kon)

1979년 충남대학교 전기공학과
학사
1984년 충남대학교 전기공학과
석사

1994년 아주대학교 전자공학 박사
1980년 ~ 현재 한국해양연구원 책임연구원
2004년 ~ 현재 과학기술연합대학원대학교
해양정보통신공학과 정교수/겸임교수
※ 관심분야: 수중음향 통신 시스템 및 네트워크,
네트워크 프로토콜

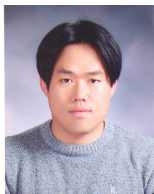


김승근(Kim, Seung-Gun)

1995년 인하대학교 전자공학과
학사
1997년 광주과학기술원
정보통신공학과 석사

2002년 8월 광주과학기술원 정보통신공학과 공학박사
2002년 ~ 한국해양연구원 책임연구원
2006년 ~ 현재 과학기술연합대학원대학교
해양정보통신공학과 조교수

※ 관심분야: 해상디지털 통신 시스템 설계 및 구현,
수중무선통신시스템 설계 및 구현



박종원(Park, Jong-Won)

1995년 아주대학교 전자공학과
학사
1997년 아주대학교 전자공학과
석사

2006년 아주대학교 전자공학과 박사
1997년 ~ 현재 한국해양연구원 선임연구원
2006년 ~ 현재 과학기술연합대학원대학교
해양정보통신공학과 조교수

※ 관심분야: 수중음향통신 및 네트워크, 선박 IT-융합
시스템, 합정 자동화 체계