

# 선박 내 멀티 홉 무선 브릿지에서 QoS 보장을 위한 ECMA-392 협력 MAC 프로토콜

이 승 범\*, 정 환 중\*, 정 민 아\*\*, 이 연 우\*\*\*, 이 성 로<sup>o</sup>

## ECMA-392 Cooperative MAC Protocol for QoS Guarantee in Multi-Hop Wireless Bridge in Ship Area

Seung Beom Lee\*, Hwan-jong Jeong\*, Min-A Jeong\*\*, Yeonwoo Lee\*\*\*, Seong Ro Lee<sup>o</sup>

### 요 약

본 논문에서는 선박 내 IT 서비스에 대한 요구에 부응하기 위해 적응적이고 합리적으로 무선 주파수를 활용하는 인지무선 최초 표준인 ECMA-392 네트워크를 사용한다. ECMA-392 네트워크를 이용한 선박 내 멀티 홉 무선 브릿지에서 멀티미디어 서비스를 지원하기 위한 QoS를 보장하는 ECMA-392 협력 MAC 프로토콜을 제안한다. 제안하는 프로토콜은 ECMA-392 장치들 사이의 정보를 바탕으로 효율적인 경로를 선택하여 직접 전송을 하거나 릴레이 전송을 하기 때문에 장치의 QoS를 보장하는 통신을 제공한다. 시뮬레이션 결과는 제안된 협력 MAC 프로토콜이 기존의 방식에 비해 데이터 수율을 향상 시키고 있음을 나타낸다.

**Key Words** : ECMA-392, Ship Area Network, Cognitive Radio, Cooperative, QoS

### ABSTRACT

In this paper, we use the ECMA-392 standard, the first cognitive radio networks to meet the demand for IT services in the ship. We propose a ECMA-392 cooperative MAC protocol to ensure QoS to support multimedia services in the ship area in a multi-hop wireless bridge using ECMA-392 networks. Because the proposed protocol transmits directly or relay transmission by selecting efficient routes based on the information of the ECMA-392 devices, it provides communication to ensure QoS of the device. The simulation results show that the proposed cooperative MAC protocol improves a throughput of devices compared to the existing method.

### I. 서 론

최근 국내에서는 ETRI와 현대중공업이 공동으로 스마트쉽을 만들기 위해 IT기반 선박용 통합모니터링

인프라 기술인 선박 네트워크(Ship Area Network)를 개발하고 있다<sup>1,2</sup>. 선박용 부가 서비스를 지원하는 선박 네트워크 기술은 선박 네트워크에 연결된 기관감 시제어장치, 항해기록저장장치, 통합항해장치 등을 선

\* 이 논문은 2014년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2009-0093828)과 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 IT융합 고급인력과정 지원사업(NIPA-2014-H0401-14-1009) 및 2013년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2011-0029321)

• First Author : Institute Research of Information Science and Engineering, Mokpo National University, rikioh75@gmail.com, 정희원  
o Corresponding Author : Department of Information Electronics Engineering, Mokpo National University, srlee@mokpo.ac.kr, 정희원

\* Department of Electronics Engineering, Mokpo National University, hoho745@mokpo.ac.kr

\*\* Department of Computer Engineering, Mokpo National University, majung@mokpo.ac.kr. 정희원

\*\*\* Department of Information and Communication Engineering, Mokpo National University, ylee@mokpo.ac.kr, 정희원

논문번호 : KICS2014-10-404, Received October 8, 2014; Revised December 4, 2014; Accepted December 4, 2014

박 내에서 통합적으로 모니터링 할 수 있게 한다. 또, 육상에서는 인공위성을 통해 선박 내 IT기자재에 대한 원격제어가 가능하다. 이는 조선산업에 첨단 IT기술을 접목해 선박장치 통합제어를 기반으로 지능화 및 자동화된 항해정보 시스템을 개발하고 광대역 유무선 네트워크 및 각종 센서 연동기술을 기반으로 선박 항해를 실시간으로 모니터링해서 선박의 각종 센서 및 장치들을 원격에서 유지보수하고 제어할 수 있는 기술을 의미한다.

또한 선박의 표준네트워크는 IEC(International Electronics Committee)에서 IEC 61162-1, 2, 3, 4로 규정하고 있다. IEC 61162-1은 NMEA 0183으로서 1980년대부터 주로 선박의 항해장비가 공통적으로 장착한 4,800bps의 single talker, single listener 시리얼 데이터 통신이며, IEC 61162-2는 NMEA 0183 High Speed 버전으로 38.4 kbps의 single talker, multi listener, 전기적신호는 RS422인 직렬통신이다. NMEA 2000은 multi-talk, multi-listen, multi master, PnP이며 물리계층은 CAN 2.0B를 사용하고 IEC 61162-3으로 표준화되어 선박에서는 200m, 250 kbps를 사용한다. NMEA 2000은 SAE J 1939의 single packet과 multi packet 외에 fast packet 프로토콜을 추가하여 선박에서 실시간으로 제어하여야 하는 instrument level network에 맞도록 수정하였다. 또한 IEC 61162-4는 ethernet base의 MiTS(Maritime Information Technology Standards) 프로토콜로서 노르웨이에서 시작한 것으로 shipboard control network의 표준으로 사용하고 있다<sup>3)</sup>.

따라서, 이러한 선박 표준네트워크와 선박 내 네트워크를 통합하는 통합 유무선 네트워크 기술의 연구는 필요한 상황이다. 특히 선박 내 센서들과 장치들의 정보를 수집하여 전송하는 브릿지(bridge) 기능을 수행하는 게이트웨이의 무선화가 필요하다. 무선화 방식으로 다양한 무선통신방식을 고려할 수 있는데, 본 논문에서는 적응적이고 합리적으로 무선 주파수를 활용하는 인지무선(Cognitive Radio) 기술을 이용하여 연구를 진행한다<sup>4,9)</sup>.

IEEE 802.22는 광대역 무선 인터넷 서비스에 인지 무선 기술을 적용하여 54~862 MHz 사이의 TV 주파수 대역에서 WRAN(Wireless Regional Area Network) 서비스를 제공하기 위한 표준을 선보였다<sup>10,11)</sup>. IEEE의 활동과는 별개로 ECMA-International은 개인/휴대기기들을 위한 인지무선 표준을 발표하였다<sup>12,13)</sup>. IEEE 802.22 표준은 고정형 기기를 이용하여 도시 외곽 지역에서 서비스를 제공하는 반면에,

ECMA-International은 고정형 기기와 개인/휴대기기의 혼합형 네트워크를 통한 서비스를 제공한다.

한편, 고속 무선 데이터 서비스에 대한 수요가 급격히 증가하는 반면, 대부분의 스펙트럼은 전혀 사용되지 않고 있거나 사용률이 매우 저조한 것이 현실이다. Shared Spectrum Company의 측정 결과에 의하면 30~3,000 MHz 대역을 기준으로 미국 6개 지역에서 사용되는 비율은 평균 5.2%에 불과하다. 인구 과밀 지역인 뉴욕시의 경우에도 스펙트럼 사용률은 기껏해야 13.1% 수준이다<sup>14)</sup>. 나아가 DTV로의 전환 시기와 맞물려 사용되지 않거나 사용률이 저조한 스펙트럼(white space라고 부름)을 이용하기 좋은 기회라고 할 수 있다.

TV white space의 장점은 높은 주파수 대역에 비해 전파 특성이 우수하여 넓은 커버리지를 확보할 수 있다는 점이다. TV white space의 추가적인 대역으로 인해 ISM(Industrial Scientific and Medical) 대역의 포화 문제를 어느 정도 해결할 수 있을 것으로 예상된다. ECMA-392 표준의 대표적인 서비스 모델은 홈 네트워크에서 고화질 비디오 전송서비스, 빌딩이나 캠퍼스 내에서 무선 데이터 서비스, 소도시에서 넓은 커버리지를 만족하는 무선 인터넷 접속 등이다. 넓은 커버리지를 만족하면서도 고속의 데이터 전송 성능을 보이기 때문에 선박 내에서 사용하기에 적절하다고 볼 수 있다.

본 논문에서는 선박 내 IT 서비스에 대한 요구에 부응하기 위해 적응적이고 합리적으로 무선 주파수를 활용하는 인지무선(CR) 기술 중 최초 표준인 ECMA-392 네트워크를 사용한다. 그리고, 선박 내 멀티 홉 무선 브릿지에서 QoS 보장을 위한 ECMA-392 협력 MAC 프로토콜을 제안한다. 제안하는 프로토콜은 ECMA-392 장치들 사이의 정보를 바탕으로 효율적인 경로를 선택하여 전송하기 때문에 장치의 QoS를 보장하는 통신을 제공한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 ECMA-392 기반 네트워크에 대해 설명하고, ECMA-392 기반 무선 브릿지 구성방식에 대해 살펴본다. 3장에서 선박 내 멀티 홉 무선 브릿지에서 QoS 보장을 위한 ECMA-392 협력 MAC 프로토콜을 제안한다. 4장에서 성능 평가를 하고, 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

### 2.1 ECMA-392 System

ECMA-392 산업표준은 주 기기(Master Device)와

종속 기기(Slave Device), 그리고 동등계층 기기(Peer Device)로 구성된 3가지 형태의 기기들로 구성된 유연한 네트워크를 지원한다. 인지무선 네트워크는 그림 1과 같이 동등 계층 형태나 주/종속 형태로 구성될 수 있다. 동등 계층 형태 네트워크는 여러 대의 동등 계층 기기들로 구성되고, 분산된 방법을 통해 통신 채널에 관한 옵션들을 설정한다. 하나의 동등 계층 기기는 다른 동등 계층 기기들의 통신영역 안에 있는 한 직접적으로 다른 장치들과 통신이 가능하다. 주/종속 관계 네트워크는 하나의 주 기기와 한 개 이상의 종속 기기로 구성되며, 주 기기는 종속 기기들을 대신하여 통신 채널에 관련된 옵션들을 설정한다. 이 세 가지 형식의 기기들의 상호동작이 가능한 이유는 모든 기기들이 같은 비콘 설정(Beaconing)과 채널접속 프로토콜(Channel Access Protocol)을 이용하기 때문이다. 이를 통해 두 개 이상의 다양한 네트워크들이 동일 채널을 공유 할 수 있고, 서로 정보를 공유할 수 있다.

ECMA에서 진행되고 있는 CR 기술의 표준화는 TC48-TG1 그룹에서 2009년 3월부터 Cognitive Networking Alliance(CogNeA)에서 개발해온 기고서를 바탕으로 진행하였으며, 2009년 12월 ECMA-392 표준을 발표하였다. Ultra High Frequency(UHF) TVWS(TV White Space) 대역을 이용하여 인터넷 접속 및 High Definition(HD) 멀티미디어 스트리밍 서비스를 제공하기 위한 저전력 개인 휴대형 장치를 개발하기 위한 것으로, 네트워크 커버리지는 30m를 가정하고 있으나 수백 미터까지 확장하는 것을 고려하고 있다. 기본 전송률은 장치 간 기준으로 19.3 Mbps를 지원한다.

그림 2는 ECMA-392 표준의 슈퍼프레임 구조이다. 한 개의 슈퍼프레임은 256개의 MAS(Medium Access Slot)로 구성되어 있으며 한 개의 MAS는 한 개의 비콘 프레임(Beacon Frame)이 전송될 수 있게 설계되었는데 비콘 프레임이 클 경우에는 두 개의 MAS를 이용하여 전송될 수도 있다. 슈퍼프레임의 맨 앞쪽에는

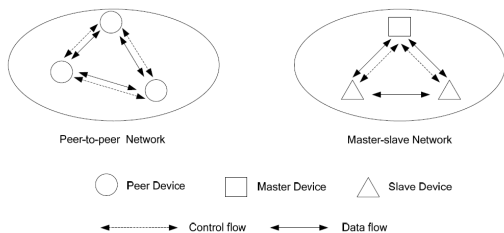


그림 1. ECMA-392 기본 네트워크 구조  
Fig. 1. ECMA-392 basic network formation

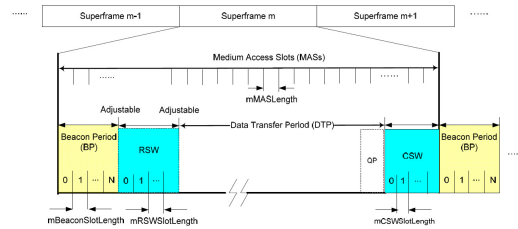


그림 2. ECMA-392 슈퍼프레임 구조  
Fig. 2. ECMA-392 superframe structure

비콘 구간, 이어서 RSW(Reservation-based Signaling Window), Data 전송구간, CSW(Contention-based Signaling Window)로 이루어져 있다. 처음 Beacon Period(BP) 구간 동안에는 네트워크 내에 비콘 전송이 허가된 모든 장치가 비콘을 전송하여 상호간의 네트워크 제어 정보를 전송한다. 제어정보 내에는 이어지는 DTP(Data Transfer Period)의 사용에 대한 각 장치 간 소유권을 협상하며 협상한 결과에 따라서 해당 DTP 구간 내에 MAS를 사용하여 데이터를 전송하는 메커니즘으로 동작된다. ECMA-392는 RSW와 CSW라 불리는 두 개의 Signaling Slot이 정의되어 있는데, RSW는 네트워크가 한 개의 Master 장치만 비콘을 전송하고 다수의 Slave 장치가 Master 장치의 제어를 받는 상황에서 Master와 Slave 장치 간에 경쟁 없이 제어정보를 전송하는 목적으로 설계되었다. 하지만 각 장치가 모두 비콘을 전송하는 Peer모드의 경우에는 RSW는 설정되지 않고, BP가 Peer 장치 개수만큼 할당되어 비콘을 통하여 제어정보를 전송한다. CSW는 MAS가 할당되지 않은 장치가 경쟁방식으로 초기 접속을 요청하거나, QP(Quiet Period)이후에 센싱 결과를 다른 Peer 장치나 Master 장치에게 전송하기 위해 사용된다.

### 2.2 ECMA-392 기반 무선 브릿지 구성방식

기존의 선박 내 유선네트워크와 NMEA 네트워크의 구성은 그림 3과 같이 선박 내 제어 네트워크(이더넷기반의 MiTS)에 게이트웨이가 연결되어있고, 그 하부에는 각 장치들이 연결되어 있는 NMEA 장치네트워크로 구성되어있다. 본 논문에서는 그림 4에 보인 것과 같이 ECMA-392 장치를 게이트웨이 역할을 담당하도록 하는 선박 통합네트워크용 무선 브릿지 구성방식을 사용한다.

그림 4와 같이 ECMA-392 기반 무선 브릿지는 선박 내 네트워크의 게이트웨이 역할을 수행하며, 다른 장치들에 설치된 ECMA-392 장치들과 통신을 하여

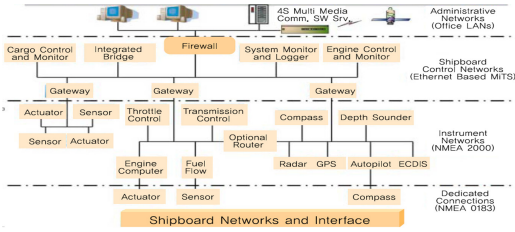


그림 3. 기존의 선내 유선네트워크(MiTS), NMEA 네트워크  
Fig. 3. Existing ship area wired network(MiTS), NMEA network

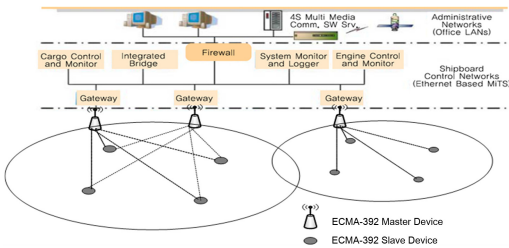


그림 4. ECMA-392 장치를 이용한 선박 내 통합네트워크용 무선 브릿지 구성방식  
Fig. 4. Wireless bridge configuration for integrated network in a ship area using ECMA-392 device

효율적이고 안정적인 네트워킹을 보장한다. ECMA-392 장치는 정보전송이 필요한 장치들로부터 관련 정보를 수집하고 이를 무선 브릿지에 전달한다.

ECMA-392 방식을 활용한 무선 브릿지의 경우, 이에 대한 국제 규격이 별도로 존재하지 않고, 구현 환경에 따라 서로 다른 프로토콜이 적용될 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 기존의 ECMA-392 규격을 활용하여 장치들 간의 QoS를 보장하는 통신을 제공하기 위해 효율적인 경로를 선택하여 전송하는 방법에 대해 알아본다.

### III. QoS 보장을 위한 ECMA-392 협력 MAC 프로토콜

#### 3.1 릴레이 기반 협력통신

릴레이 기반 협력통신의 원리는 그림 5와 같이 예약 주체 노드(S node: Source node)와 예약 대상 노드(T node: Target node) 사이의 채널 상태가 좋지 않은 경우, 예약 주체 노드가 예약 대상 노드와 직접 통신하는 것보다 채널 상태가 상대적으로 양호한 릴레이 노드(R node: Relay node)를 거쳐서 데이터를 송수신하는 것으로, 이러한 릴레이 기반 협력통신은 전송 지연시간 측면과 전력 소비 측면에서 이득을 발생시킨다.

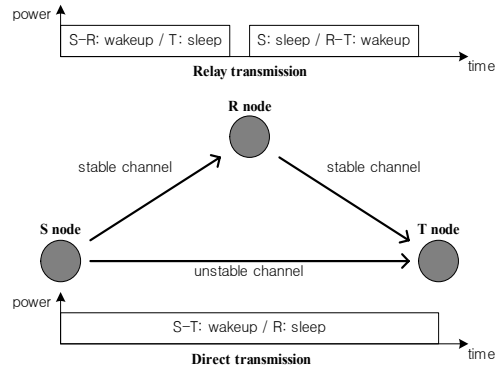


그림 5. 릴레이 기반 협력통신  
Fig. 5. Relay-based cooperative communication

ECMA-392 MAC 프로토콜에는 Link Feedback IE(Information Element)가 정의되어 있다. Link Feedback IE에는 수신 장치가 추천하는 데이터 전송률과 송신 전력 정보가 있어 주변의 송신 장치로 내용이 전달된다. 이러한 내용들이 합쳐져서, 임의의 장치에 대한 모든 링크 피드백 정보는 하나의 Link Feedback IE에 실려 전송될 수 있다. Link Feedback IE의 포맷과 Link 필드 포맷은 그림 6과 같고 데이터 전송률 필드 포맷은 표 1과 같다. Link Feedback IE 내 Link 필드 포맷에서 DevAddr 필드는 피드백을 제공하는 소스 송신 장치의 주소를 나타낸다.

ECMA-392 장치들 간의 링크 피드백 정보를 이용하여 최소의 지연시간과 최대 데이터 전송률을 지원하는 전송 송신 경로를 지능적으로 선택할 수 있다. 이를 이용해 이웃 장치들에 대한 정보를 얻은 후, 최소의 릴레이 전송 시간을 제공하는 최적의 이웃 장치를 결정할 필요가 있다. 이때 이용 가능한 경로인 직접 전송 경로(direct path)와 릴레이 전송 경로(relay path)에서의 전송지연시간을 계산해야 한다. 만약 릴

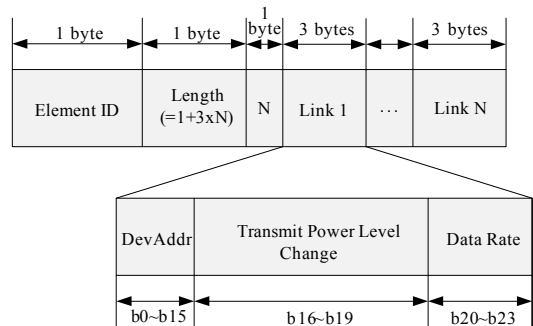


그림 6. Link Feedback IE 포맷  
Fig. 6. Link Feedback IE format

표 1. 데이터 전송률 필드 포맷  
Table 1. Data Rate field format

Value	Data Rate	Value	Data Rate
0	4.75 Mbps	5	14.24 Mbps
1	6.33 Mbps	6	16.62 Mbps
2	9.49 Mbps	7	18.99 Mbps
3	11.08 Mbps	8	21.36 Mbps
4	12.66 Mbps	9	23.74 Mbps

레이 전송시간이 직접 전송시간보다 짧다면, 소스 장치는 수율 극대화 관점에서 릴레이 전송이 적합하다고 판단하여 릴레이 전송을 실행한다. 즉,  $T_{relay} < T_{direct}$  조건을 만족하는 릴레이 노드를 선택하여 릴레이 전송을 한다.

### 3.2 이동성을 고려한 채널 선택

ECMA-392 표준에는 현재 채널의 이용 상태를 알려주는 CRP Availability IE가 있다. CRP Availability IE를 통해 이웃들의 채널 이용에 관한 정보를 얻을 수 있다. 하지만 CRP Availability IE는 통신 범위 내의 이웃 장치에 대한 정보만을 포함하고 있기 때문에, 통신 범위 밖에 존재하는 장치들에 의해 발생하는 이동성을 반영할 수 없다. 이러한 범위 밖의 장치들이 범위 내로 이동하면서 충돌이 발생하게 된다. 이러한 이유로 인접 장치의 이동성을 고려한 새로운 채널 선택 기법이 필요하다. 본 논문에서, 우리는 통신 범위내의 이웃한 모든 장치들로부터 수집한 CRP IE와 CRP Availability IE를 이용하여 생성하는 새로운 2-hop CRP Availability IE를 제안한다. 그림 7의 2-hop CRP Availability IE에서 256비트 길이의 2-hop CRP Availability Bitmap 필드의 각 비트는 슈퍼프레임 내의 MAS에 대응한다. 기준 장치로부터 2홉 거리에 위치한 장치들이 CRP 예약이 가능하다면, 해당 MAS에 대응하는 2-hop CRP Availability Bitmap내의 bit를 1로 설정하며, 그렇지 않은 경우 0으로 설정한다. ECMA-392 장치들은 제안된 2-hop CRP Availability IE를 통해 통신 범위 밖의 자원 이용 정보를 알 수 있기 때문에, 범위 밖 장치들의 이동

으로 발생하는 충돌을 피해 안전한 채널을 선택할 수 있다.

### 3.3 자원 예약

현재 ECMA-392는 장치 간의 자원 예약을 위해 CRP IE를 사용한다. 장치 간 예약 시 사용되는 CRP IE와 CRP Control 필드 포맷은 그림 8과 같다.

그림 8에서 CRP Control 필드는 예약의 타입 및 전송되는 트래픽을 구분하기 위한 정보와 충돌을 감지하고 해결하기 위한 정보를 포함한다. 예약 협상을 요청하는 장치를 Owner라 하고, 예약 협상을 요청받는 장치를 Target이라 한다. CRP 예약을 협상할 때, Owner는 CRP IE 내의 Owner DevAddr 필드를 자신의 DevAddr로 설정하고, Target은 CRP IE 내의 Target DevAddr 필드를 자신의 DevAddr로 설정한다. Reservation Type 필드는 CRP 예약의 타입을 설정하며, Stream Index 필드는 예약된 MAS(Medium Access Slot)로 전송하는 스트림 데이터를 구분할 수 있다. Reason Code 필드는 CRP Target 장치가 CRP 예약 요청이 성공되었는지 여부를 CRP Owner 장치에게 알려주기 위해 사용한다. Reservation Status bit는 CRP 예약 협상 상태를 알려준다. 예약 협상 중이거나 충돌이 발생한 경우, CRP IE 내의 Reservation Status bit는 0으로 설정된다. CRP 예약이 승인되거나 유지되고 있는 장치의 경우 Reservation Status bit를 1로 설정한다. Conflict Tie-breaker bit는 CRP 예약 요청이 들어올 경우, 0이나 1중 랜덤하게 설정한다. 예약이 유효한 이상, 같은 값이 사용된다. 또한 같은 CRP 예약을 갖는 모든 CRP IE는 같은 Conflict Tie-breaker bit 값을 갖는다. Unsafe bit는 CRP Allocation 필드 내의 MAS들이 예약 한계를 초과한다고 판단되면 1로 설정된다.

소스 노드가 직접 전송을 선택하면, 소스 노드는 ECMA-392 표준에 따라 CRP IE를 이용하여 CRP 예약 협상 과정을 수행한다. 하지만, 직접 전송 경로의 채널 상태가 좋지 못해 릴레이 전송을 선택하게 되면, 소스 노드는 릴레이 전송을 하기 위해 본 논문에서 제안하는 RelayCRP IE를 생성한다. 그림 9는 그림8의 CRP IE를 수정하여 릴레이 전송을 가능하게 하는 제안하는 RelayCRP IE의 포맷을 보여주고 있다.

Reservation Type 필드는 예약의 타입을 설정하며, 표 2와 같이 설정된다.

표 2를 보면, 설정 값 0~4는 ECMA-392 표준에 의해 정의되었으며, Reserved로 되어있는 5~7 값 중 릴레이 전송을 위해 5번 값을 Relay Transmission에

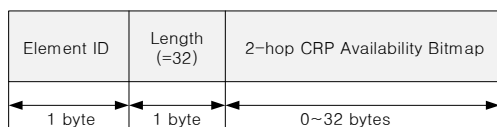


그림 7. 제안된 2-hop CRP Availability IE의 포맷  
Fig. 7. Proposed 2-hop CRP Availability IE format

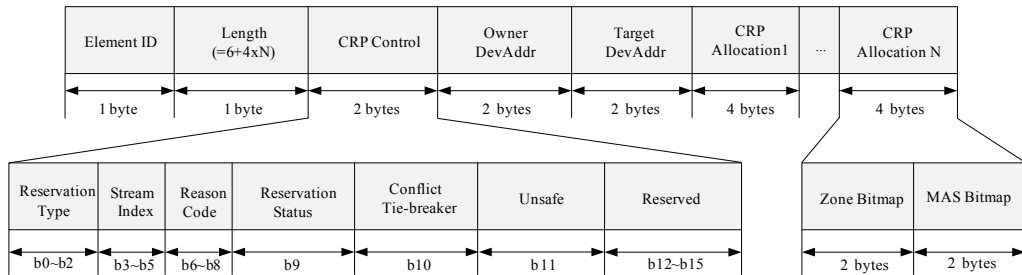


그림 8. CRP IE와 CRP Control 필드 포맷  
Fig. 8. CRP IE and CRP Control field format

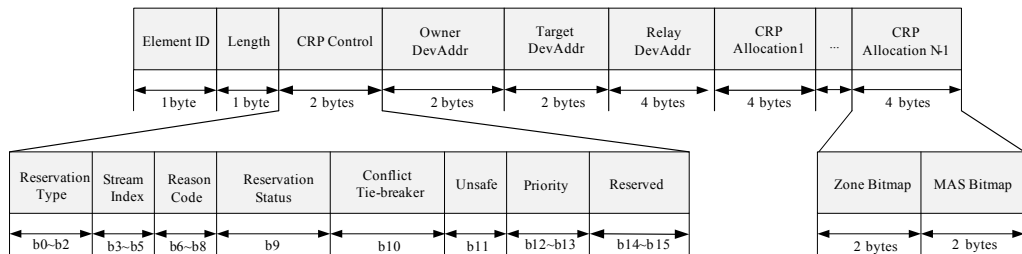


그림 9. RelayCRP IE의 포맷  
Fig. 9. RelayCRP IE format

표 2. 예약 타입 필드 값  
Table 2. Reservation Type field encoding

Value	Reservation Type
0	Alien BP
1	Hard
2	Soft
3	Private
4	PCA
5	Relay Transmission
6-7	Reserved

사용한다. Stream Index는 전송되는 데이터 프레임의 스트림을 가리킨다. Reason Code는 CRP 예약 요청이 성공했는지 여부를 알리기 위해 타겟 장치에 의해 사용된다. Reservation Status는 CRP 예약 협상 상태를 알려준다. 예약 협상 중이거나 충돌이 발생한 경우, CRP IE 내의 Reservation Status는 0으로 설정된다. CRP 예약이 승인되거나 유지되고 있는 장치의 경우는 Reservation Status를 1로 설정한다. Conflict Tie-breaker는 CRP 예약 요청이 들어올 경우, 0이나 1중 랜덤하게 설정한다. 예약이 유효한 이상, 같은 값이 사용된다. 또한 같은 CRP 예약을 갖는 모든 CRP IE는 같은 Conflict Tie-breaker 값을 갖는다. Unsafe는 CRP Allocation 필드 내의 MAS들이 예약 한계를 초

과한다고 판단되면 1로 설정된다.

예약하는 CRP 구간을 멀티미디어 스트리밍과 같은 실시간 서비스를 제공하기 위해 예약할 경우, 전송 우선순위를 고려하기 위해 Priority bit를 변경한다. ECMA-392에서는 Background, Best effort, Video, Voice의 순서로 전송 우선순위가 높도록 설정되어있다. 즉, 전송 우선순위가 가장 높은 Voice의 경우는 Priority bit를 3(2진수: 11)으로 설정하고, 한 단계 낮은 Video는 2(2진수: 10)로 설정한다. Relay DevAddr 필드는 릴레이 노드의 주소를 가리킨다. 전송 기법이 직접 전송인 경우는 Relay DevAddr 필드의 값을 0으로 설정한다. CRP Allocation 필드는 예약된 MAS에 대한 정보를 포함한다.

RelayCRP IE를 생성한 후에 소스 노드는 자신의 비콘에 RelayCRP IE를 포함하여 이웃 노드들에게 브로드 캐스트 한다. RelayCRP IE를 수신한 릴레이 노드와 목적지 노드는 수신한 RelayCRP IE의 Owner DevAddr를 소스 노드의 주소로 설정한다. 만일 다른 노드들이 사용하는 자원과 충돌로 인해 예약을 받아들일 수 없다면, Reservation Status 비트를 0으로 설정하고 Reason Code를 'Conflict'로 설정한다. 소스 노드가 요청한 자원예약이 노드의 범위 밖에 위치한 노드에 의해 사용되는 자원과 중복된다면, 릴레이 노드와 목적지 노드는 CRP Availability IE와 2-hop



CRP Availability IE를 자신의 비콘에 포함시켜 전송한다. RelayCRP IE, CRP Availability IE, 2-hop CRP Availability IE를 수신한 모든 디바이스들은 릴레이 통신과 연관된 노드들에 대한 정보를 인식하고, 예약된 자원을 제외한 나머지 자원들을 사용한다. 소스 노드가 CRP Availability IE와 2-hop CRP Availability IE를 수신하면, 소스 노드는 중복되지 않는 자원을 다시 선택한다. 중복되지 않는 자원을 선택한 후, 소스 노드는 RelayCRP IE를 포함한 비콘을 다시 전송한다. 자원 예약을 확정짓기 위해 소스 노드는 Reservation Status 비트를 1로 설정하여 비콘 프레임에 포함시킨다.

#### IV. 성능 분석

이번 절에서는 제안하는 프로토콜의 성능 분석을 위해 ns-2 시뮬레이션을 사용한다. 시뮬레이션 상에서 소스 노드들은 항상 데이터 패킷을 전송한다고 가정한다. 소스 노드와 목적지 노드의 거리는 20m로 설정하고, 전송하는 노드 쌍은 5로 설정한다. 그림 10은 잠재적인 릴레이 노드 수에 따른 수율을 보여주고 있다. 잠재적인 릴레이 노드 수가 증가하더라도 기존의 ECMA-392 방식을 사용한 통신에서는 수율의 변화가 거의 없음을 알 수 있다. 기존의 방식에서는 릴레이 노드를 사용하지 않기 때문에 잠재적인 릴레이 노드 수가 증가하더라도 통신에 영향을 미치지 않기 때문이다. 하지만 제안하는 릴레이 기반 협력 통신 알고리즘을 사용하여 통신을 하면 잠재적인 릴레이 노드 수의 증가에 따라 기존의 방식보다 성능이 향상되는 것을 알 수 있다. 릴레이 기반 협력 통신은 소스 노드와

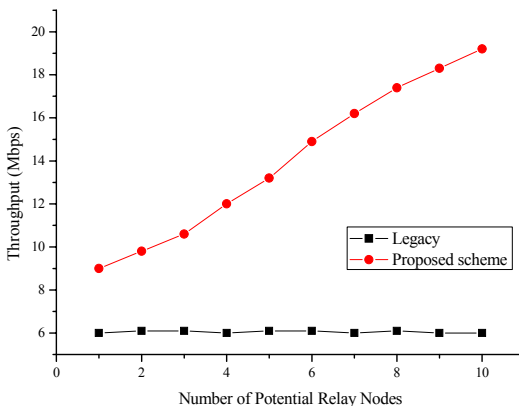


그림 10. 잠재적인 릴레이 노드 수에 따른 네트워크의 수율  
Fig. 10. Throughput in accordance with a number of potential relay nodes

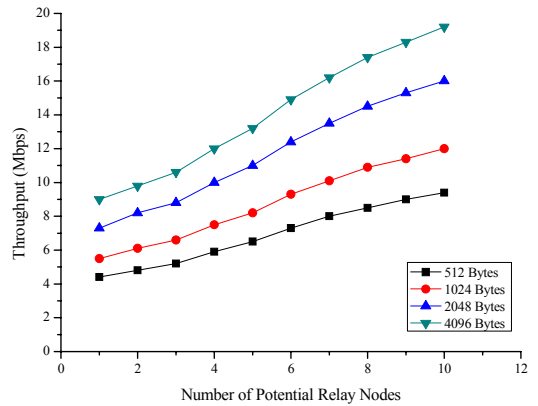


그림 11. 프레임 크기에 따른 수율의 변화  
Fig. 11. Throughput in accordance with a frame size

목적지 노드 사이의 채널 상태가 좋지 않은 경우, 소스 노드가 목적지 노드와 직접 통신하는 것보다 채널 상태가 상대적으로 양호한 릴레이 노드를 거쳐서 데이터를 송수신하는 것이 시간적, 전력 소비 측면에서 이득이 있는 방법이다. 즉, 잠재적인 릴레이 노드 수의 증가는 릴레이 기반 협력 통신의 수율을 증가시킬 수 있는 것이다. 잠재적인 릴레이 노드 수가 2개인 경우 160%의 수율 향상이 있고, 잠재적인 릴레이 노드 수의 증가는 수율의 증가로 이어지면서 잠재적인 릴레이 노드 수가 10개일 경우 320%의 수율 향상으로 까지 이어진다.

그림 11은 잠재적인 릴레이 노드 수에 따른 수율에서, 제안하는 릴레이 기반 협력 통신을 사용할 때 전송 프레임 크기의 변화에 따른 수율의 영향을 나타낸다. 프레임의 크기는 전송 시간과 네트워크 수율에 영향을 준다. 그림 11에서 나타낸 것과 같이, 프레임 크기가 커질수록 수율도 증가한다. 또 잠재적인 릴레이 노드 수의 증가는 전체 수율을 향상시킨다. 낮은 BER에서는 프레임 사이즈가 클수록 더 많은 비트를 전송할 수 있기 때문이다.

#### V. 결론

본 논문에서는 선박 내 IT 서비스에 대한 요구에 부응하기 위해 적응적이고 합리적으로 무선 주파수를 활용하는 인지무선 기술 중 최초 표준인 ECMA-392 네트워크를 사용하였다. 넓은 커버리지를 만족하면서도 고속의 데이터 전송 성능을 보이기 때문에 선박 내에서 사용하기에 적절한 네트워크이다. 선박 내 멀티 홉 무선 브릿지에서 멀티미디어 서비스를 지원하기

위한 QoS를 보장하기 위해 기존의 ECMA-392 규격을 활용한 ECMA-392 협력 MAC 프로토콜을 제안하였다. 제안한 프로토콜은 ECMA-392 장치들 사이의 정보를 바탕으로 효율적인 경로를 선택하여 전송하기 때문에 장치의 QoS를 보장하는 통신을 제공한다. 예약 주체 노드와 예약 대상 노드 사이의 채널 상태가 좋지 않은 경우, 예약 주체 노드가 예약 대상 노드와 직접 통신하는 것보다 채널 상태가 상대적으로 양호한 릴레이 노드를 거쳐서 데이터를 송수신하는 것이 전송지연시간 측면과 전력 소비 측면에서 이득을 발생시키기 때문이다. 릴레이 기반 협력통신을 하기 위해 최소의 전송 시간을 결정하는 방법을 통해 최적의 이웃 장치를 결정한다. ECMA-392 표준은 현재 채널의 이용 상태를 알려주고 통신 범위 내의 이웃 장치에 대한 제어는 가능하지만, 통신 범위 밖의 이웃 장치의 이동으로 인한 충돌은 피할 수 없다. 이러한 이유로 인접 장치의 이동성을 고려한 새로운 채널 선택 기법으로 2-hop CRP Availability IE를 제안했다. 또, 장치 간 예약 시 사용되는 기존의 CRP IE를 수정하여 릴레이 전송을 가능하게 하기 위한 RelayCRP IE를 제안했다. 시뮬레이션 결과는 제안된 협력 MAC 프로토콜이 기존의 방식에 비해 데이터 수율을 향상시키고 있음을 나타내었다.

## References

[1] M. S. Hwang, "IT shipbuilding convergence technology domestic research and development trends," *TTA J.*, Special Report, no. 126, Dec. 2009.

[2] J. M. Kim, "IT-based total solution vessel technology development status and direction," *IT SoC Mag., Ind. Trend*, pp. 40-47, Dec. 2008.

[3] Y. H. Yoo, "Shipbuilding & marine engineering environmental change and systems utilizing semiconductor views," *IT SoC Mag., Ind. Trend*, pp. 32-39, Oct. 2008.

[4] B. Fette, *Cognitive Radio Technology*, 2<sup>nd</sup> Ed., Academic Press, 2009.

[5] J. Mitola, "Cognitive radio for flexible mobile multimedia communications," *Mob. Netw. Appl.*, vol. 6, no. 5, pp. 435-441, 2001.

[6] I. F. AKyildiz, W. Y. Lee, M. C. Vuran, and S. Mohanty, "A survey on spectrum management in cognitive radio networks,"

*IEEE Commun. Mag.*, vol. 46, pp. 40-48, Apr. 2008.

- [7] I. F. Akyildiz, W. Lee, and K. R. Chowdhury, "CRAHNS: Cognitive radio ad hoc networks," *AD hoc networks*, vol. 7, pp. 810-836, 2009.
- [8] J.-S. Kim, J.-H. Choi, M.-J. Shin, J.-S. Lee, and S.-J. Yoo, "An efficient routing algorithm considering packet collisions in cognitive radio ad-hoc network," *J. KICS*, vol. 38B, no. 9, pp. 751-764, Sept. 2013.
- [9] Y. Kim, J. Shim, S. Yoon, Y.-U. Jang, and K. Jeong, "A cyclostationarity-based spectrum sensing scheme for cognitive radio systems in high traffic circumstances," *J. KICS*, vol. 37A, no. 11, pp. 937-942, Nov. 2012.
- [10] IEEE 802.22, *IEEE P802.22/D1.0 draft standard for wireless regional area networks part 22: Cognitive wireless RAN medium access control(MAC) and physical layer(PHY) specifications: Policies and procedures for operation in the TV bands*, Apr. 2008.
- [11] W.-S. Jeong, S. Jang, S. Yong, and J. Kim, "An effective frequency sharing method using spectrum etiquette and genetic algorithm for the coexistence of WRAN and WLAN in TV white space," *J. KICS*, vol. 37A, no. 2, pp. 83-94, Feb. 2012.
- [12] J. Wang, M. S. Song, S. Santhiveeran, K. Lim, S. H. Hwang, M. Ghosh, V. Gaddam, and K. Challapali, *First cognitive radio networking standard for personal / portable devices in TV white spaces*, Ecma / TC48-TG1/2009/132, White paper, 2009.
- [13] Ecma-International, *MAC and PHY for operation in TV white space*, standard ECMA-392, Dec. 2009.
- [14] M. A. McHenry, "NSF spectrum occupancy measurements project summary," *Shared Spectrum Company*, Aug. 2005.



**이 승 범 (Seung Beom Lee)**



2004년 2월 : 고려대학교 전자  
컴퓨터공학과 석사  
2012년 2월 : 고려대학교 전자  
컴퓨터공학과 박사  
2013년 7월~현재 : 목포대학교  
정보산업연구소 연구원  
<관심분야> ECMA-392, MAC,  
QoS, Cooperative communication

**이 연 우 (Yeonwoo Lee)**



1994년 2월 : 고려대학교 전자공  
학과 석사  
2000년 2월 : 고려대학교 전자공  
학과 박사  
2000년 10월~2003년 12월 : 영  
국 Edinburgh 대학교  
Research Fellow  
2004년 1월~2005년 8월 : 삼성

종합기술원

2005년 9월~현재 : 국립목포대학교 공과대학 정보통  
신공학과, 부교수

<관심분야> 해상무선통신, e-Navigation, Cognitive  
Radio, 4G 이동통신

**정 환 증 (Hwan-jong Jeong)**



2014년 2월 : 목포대학교 정보  
전자공학과 공학사(공학인증)  
2014년 2월~현재 : 목포대학교  
전자공학과 석사과정  
<관심분야> 차세대 이동통신,  
디지털 통신, 위치 측위

**이 성 로 (Seong Ro Lee)**



1987년 2월 : 고려대학교 전자공  
학과 공학사

1990년 2월 : 한국과학기술원 전  
기 및 전자공학과 공학석사

1996년 8월 : 한국과학기술원 전  
기 및 전자공학과 공학박사

1997년 9월~현재 : 목포대학교 공  
과대학 정보전자공학과 교수

<관심분야> 디지털통신시스템, 이동 및 위성통신시스  
템, USN/텔레메틱스응용분야, 임베디드시스템

**정 민 아 (Min-A Jeong)**



1992년 2월 : 전남대학교 이학사  
1994년 2월 : 전남대학교 이학  
석사

2002년 2월 : 전남대학교 이학  
박사

2002년 4월~2003년 2월 : 광주  
과학기술원 정보통신공학과  
Post-Doc

2003년 4월~2005년 2월 : 전남대학교 전자통신기술연  
구소 Post-Doc

2011년 9월~2013년 2월 : Cleveland Clinic Research

2005년 3월~현재 : 목포대학교 컴퓨터공학과 부교수

<관심분야> 데이터베이스/데이터마이닝, 생체인식시  
스템, 무선통신응용분야, 임베디드시스템