

ECMA-392 기반 선박 내 네트워크에서 QoS를 지원하는 CRP 예약 충돌 해결 방안

이성로*, 오주성*, 김범무**, 이연우***, 정민아****, 이승범^o

Resolution Scheme of CRP Reservation Conflicts for Supporting QoS in ECMA-392-Based Ship Area Networks

Seong Ro Lee*, Joo-Seong Oh*, Beom-mu Kim**, Yeonwoo Lee***,
Min-A Jeong****, Seung Beom Lee^o

요 약

본 논문에서는 선박 내 IT 서비스에 대한 요구에 부응하기 위해 인지무선 최초 표준인 ECMA-392 네트워크를 사용한다. ECMA-392 기반 네트워크에서 멀티 홉을 지원하는 장치들의 충돌 문제에 대해 살펴보고, 이를 해결하기 위한 CRP 예약 충돌 해결 방안을 제안한다. 현재의 CRP 예약 기법은 3홉 거리에서 이동하는 ECMA-392 장치들 사이의 CRP 예약 충돌을 해결하지 못한다. 기존의 CRP 예약 충돌 해결 방안은 멀티미디어 스트리밍과 같은 실시간 서비스의 QoS를 보장할 수 없다. 그래서 우리는 새로운 2-hop CRP Availability IE의 제안과 CRP Control 필드의 변경을 통해 새로운 CRP 예약 충돌을 방지하는 방안을 제안한다. 시뮬레이션 결과는 제안된 3홉 CRP 예약 충돌 해결 방식이 디바이스의 데이터 수율을 향상시키고 있음을 나타낸다.

Key Words : ECMA-392, Ship Area Network, Cognitive Radio, 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. And, we investigate about the conflicts of devices that support multi-hop network based on the ECMA-392. Therefore, we propose the resolution scheme of CRP reservation conflicts to solve this. The current CRP reservation approaches does not solve the CRP reservation conflicts of ECMA-392 between devices that move at a distance of three hops. Therefore, it is not possible to guarantee the QoS of real time services such as multimedia streaming. So, we provide a new CRP reservation scheme to avoid conflict through a new 2-hop CRP Availability IE and the change of CRP Control field. From the simulation results, we know that the proposed method of 3 hops CRP reservation conflicts resolution improves the throughput of device.

※ 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 : Department of Information Electronics Engineering, Mokpo National University, srlee@mokpo.ac.kr, 정회원

◦ Corresponding Author : Institute Research of Information Science and Engineering, Mokpo National University, rikioh75@gmail.com, 정회원

* Department of Computer Engineering, Mokpo National University, ojoos@mokpo.ac.kr

** Department of Electronics Engineering, Mokpo National University, ktiger1907@mokpo.ac.kr

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

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

논문번호 : KICS2014-10-405, October 8, 2014; Revised December 4, 2014; Accepted December 4, 2014

I. 서 론

최근 조선업계는 IT 융합기술에 관심을 갖고 있다. 선박은 대형화, 특수화 되고 내부 공간 설계 및 많은 센서 등을 사용하여 운영의 효율화를 모색하고 있다. 또한, IT 기술을 활용한 맞춤형 정보를 제공함으로써 사고 방지는 물론 근무환경과 이용환경의 효율을 높일 수 있다. 이러한 서비스에 대한 요구가 점차 증대되면서 적응적이고 합리적으로 무선 주파수를 활용하는 인지무선(Cognitive Radio) 기술에 대한 연구가 진행되고 있다¹⁻⁶⁾.

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 선보였다⁷⁻⁸⁾. IEEE의 활동과는 별개로 ECMA-International은 개인/휴대기기들을 위한 인지무선 표준을 발표하였다⁹⁻¹⁰⁾. IEEE 802.22 표준은 고정형 기기를 이용하여 도시 외곽 지역에서 서비스를 제공하는 반면에, ECMA-International 은 고정형 기기와 개인/휴대기기의 혼합형 네트워크를 통한 서비스를 제공한다.

ECMA-International의 TC48-TG1 표준은 가정용 고화질 멀티미디어와 인터넷 접속 등 실내에서 인지 무선 기술을 이용하여 비디오 스트리밍 등을 전송하는 개인/휴대기기를 위한 무선 기술 개발을 목표로 한다. 이 표준은 개인/휴대기기의 MAC(Medium Access Control) 계층과 PHY(Physical) 계층에 대한 기술표준을 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% 수준이다¹¹⁾. 나아가 DTW로의 전환 시기와 맞물려 사용되지 않거나 사용률이 저조한 스펙트럼(white space 라고 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 네

트워크에서 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. 우선, ECMA-392 기반 네트워크에 대해서 알아보고, 이동성 및 트래픽의 QoS와 관련된 멀티홉을 지원하는 장치들의 충돌 문제에 대해 살펴보고 이를 해결하기 위해 CRP 예약 충돌 해결 방안을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 ECMA-392 네트워크 구조에 대해 설명하고, ECMA-392 MAC 프로토콜의 CRP 예약 과정 및 예약 방식의 문제점을 알아본다. 3장에서 CRP 예약 충돌 해결 방안을 제안하고, 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 기기

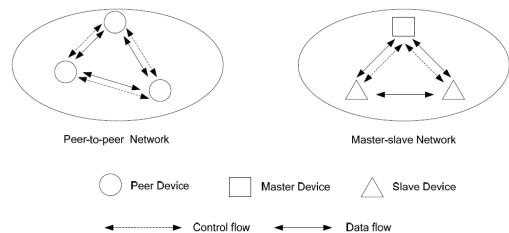


그림 1. ECMA-392 기본 네트워크 구조
Fig. 1. ECMA-392 basic network formation

로 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 디바이스 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 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 디바이스가 비콘을 전송하여 상호간의 네트워크 제어 정보를 전송한다. 제어정보 내에는 이어지는 DTP(Data Transfer Period)의 사용에 대한 각 디바이스간 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 디바이스만 비콘을 전송하고 다수의 Slave 디바이스가 Master 디바이스의 제어를 받는 상황에서 Master와 Slave 디바이스간에 경쟁 없이 제어정보를 전송하는 목적으로 설계되었다. 하지만 각 디바이스가 모두 비콘을 전송하는 Peer모드의 경우에는 RSW는 설정되지 않고, BP가 Peer 디바이스 개수만큼 할당되어 비콘을 통하여 제어정보를 전송한다. CSW는 MAS가 할당되지 않은 디바이스가 경쟁방식으로 초기 접속을 요청하거나, QP(Quiet Period)이후에 센싱 결과를 다른 Peer 디바이스나 Master 디바이스에게 전송하기 위해 사용된다.

2.2 ECMA-392 MAC 프로토콜의 CRP 예약 과정

현재 ECMA-392는 장치들 간의 자원 예약과 제어 정보를 위해 CRP IE와 CRP Availability IE를 사용한다. 장치 간 예약 시 사용되는 CRP IE와 CRP Control 필드 포맷은 그림 3과 같다.

그림 3에서 CRP Control 필드는 예약의 타입 및 전송되는 트래픽을 구분하기 위한 정보와 충돌을 감지하고 해결하기 위한 정보를 포함한다. 예약 협상을 요청하는 장치를 예약 Owner라 하고, 예약 협상을 요청받는 장치를 예약 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 사용하며, 그 설정 값은 표 1과 같다.

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.

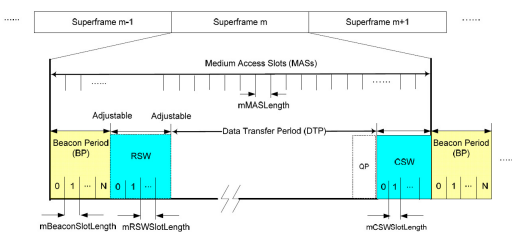


그림 2. ECMA-392 슈퍼프레임 구조
Fig. 2. ECMA-392 superframe structure

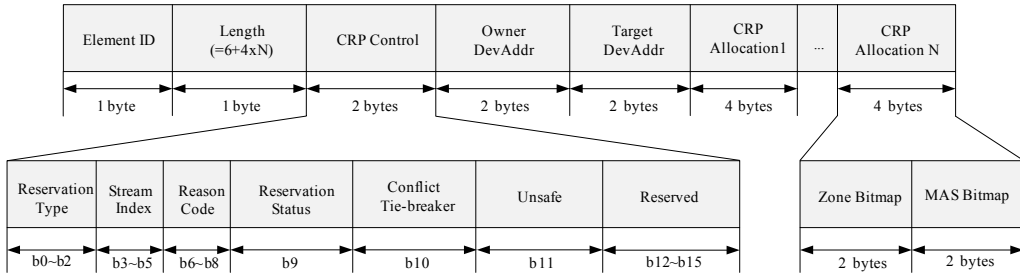


그림 3. CRP IE와 CRP Control 필드 포맷
Fig. 3. CRP IE and CRP Control field format

표 1. Reason Code 필드의 값
Table 1. Reason Code field encoding

Value	Code	Meaning
0	Accepted	The CRP reservation request is granted
1	Conflict	The CRP reservation request or existing reservation is in conflict with one or more existing CRP reservations
2	Pending	The CRP reservation request is being processed
3	Denied	The CRP reservation request is rejected or existing CRP reservation can no longer be accepted
4	Modified	The CRP reservation is still maintained but has been reduced in size or multiple CRP IEs for the same reservation have been combined
5-7	Reserved	Reserved

그림 4는 CRP Availability IE의 포맷을 나타낸다. CRP Availability IE는 현재 슈퍼프레임에서 1홉 거리 이웃 장치들이 사용하고 있는 MAS 슬롯들의 상황을 알려준다. CRP Availability IE의 비트맵 필드는 256 비트의 길이를 갖고, 1 비트는 하나의 MAS 슬롯을 나타낸다. 만약 임의의 MAS 슬롯이 자신의 디바이스로부터 1홉 범위 내에 있는 CRP 예약 가능하면 해당 비트를 1로 설정하며, 그렇지 않으면 0으로 설정한다. 이러한 CRP Availability IE는 자신과 1홉 거리의 모든 이웃 장치들로부터 수신된 CRP IE들을 결합하여 생성한다.

2.3 현재 ECMA-392 MAC 표준에서 CRP 예약 방식의 문제점

현재 ECMA-392 MAC 프로토콜은 CRP Availability IE를 이용하여 2홉 거리 간격을 갖는 장

치들 간에는 CRP 예약 충돌이 없다. 그러나, 3홉 거리 간격을 갖는 디바이스들 간의 CRP 예약 충돌은 고려되어 있지 않다. 그림 5는 이러한 3홉 범위의 CRP 예약 충돌 상황을 설명하고 있다. 그림 5(a)에서 DEV E는 DEV B와 DEV F의 1홉 이웃 디바이스이고, DEV B와 DEV F는 DEV A의 1홉 이웃 디바이스들이다. 따라서 DEV E는 DEV C와 3홉의 거리를 갖고 있다. DEV A와 C는 DEV D와 E에 의해 예약된 CRP 구간과 중첩되는 동일한 MAS를 예약하여 사용할 수 있다. CRP 데이터 전송은 각각 1홉 전송 범위에서 실행되어, DEV A, C와 DEV D, E의 4개 디바이스들은 서로 간섭 없이 데이터 프레임 송수신한다. 그러나, 그림 5(b)에서 DEV E가 DEV A의 1홉 범위로 이동한 경우, CRP 예약 충돌을 겪게 된다. 이러한 3홉 범위의 CRP 충돌이 발생하게 되면, 충돌을 겪는 모든 CRP 예약 구간들 중 하나의 CRP 예약만이 예약된 구간을 유지하고, 나머지 CRP 예약들은 예약이 종료되어, CRP 예약 협상을 다시 시작해야 한다. 이동 디바이스 환경에서 이러한 3홉 범위의 CRP 예약 충돌로 인해 채널 타임 슬롯들을 낭비할 수 있고, 추가적인 송수신 전력을 CRP 예약 재협상 과정에서 소모할 수 있다.

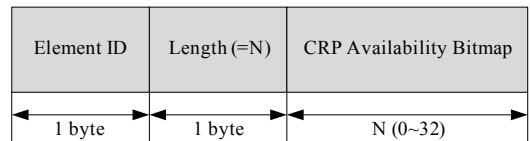
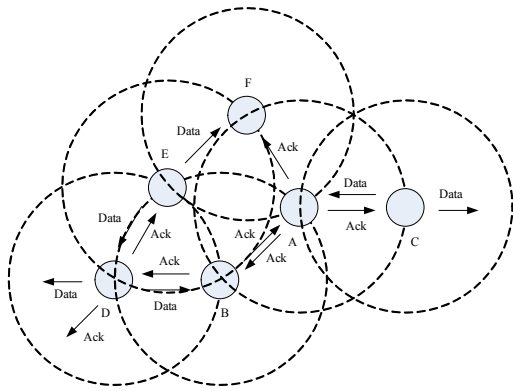


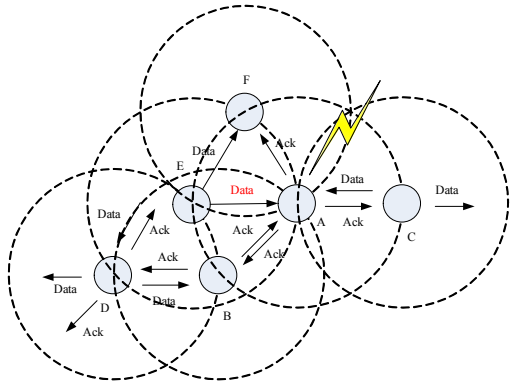
그림 4. CRP Availability IE의 포맷
Fig. 4. CRP Availability IE format

III. 3홉 범위의 CRP 예약 충돌 해결 방안

이번 장에서는 디바이스 이동성으로 인한 3홉 범위



(a) interference-free data transmission during each CRP_{DE} and CRP_{AC}



(b) a 3-hop range CRP conflict due to the mobility of DEV E

그림 5. 디바이스의 이동성으로 인한 3홉 범위 디바이스들 간의 CRP 예약 충돌 현상
Fig. 5. CRP reservation conflicts between the devices of 3-hop range due to mobility

의 CRP 예약 충돌을 해결하는 방안을 제안한다. 3홉 범위의 CRP 충돌이 발생하면 하나의 CRP 예약만이 예약된 구간을 유지하게 되고, 다른 CRP 예약들은 종료되어 예약을 위한 재협상을 시작해야한다. 이러한 3홉 범위의 CRP 예약 충돌은 채널이용효율을 심각하게 악화시킨다. 그러나, 만약 3홉 범위의 CRP 예약 정보를 알 수 있다면 3홉 범위의 중첩된 MAS의 예약을 방지할 수 있다. 추가적으로 장치의 QoS를 고려하여, 어떤 장치가 CRP 예약을 종료해야할지 우선순위를 둘 수 있다.

3.1 2-hop CRP Availability IE

3홉 범위의 CRP 충돌을 방지하기 위해, 그림 6과 같이 새로운 2-hop CRP Availability IE를 제안한다.

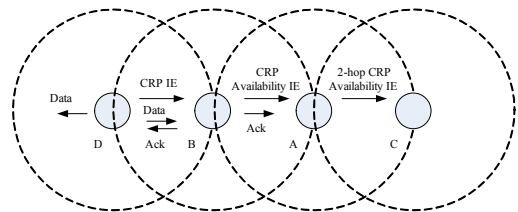
그림 6에서 새로운 2-hop CRP Availability IE는 자신의 모든 1홉 이웃 디바이스들로부터 CRP Availability IE들을 수신하여 결합한다. 2-hop CRP Availability IE는 256 비트 길이의 비트맵 필드를 포함하며, 각 비트는 슈퍼프레임 내의 MAS에 대응한다. 임의의 MAS가 장치로부터 2홉 거리에 위치한 장치들이 CRP 예약이 가능하다면, 해당 MAS에 대응하는 2-hop CRP Availability Bitmap내의 bit를 1로 설정하며, 그렇지 않은 경우 0으로 설정한다. 예약 Owner는 Target으로부터 2-hop CRP Availability IE를 수신한 후, 중복되지 않는 MAS를 선택하여 3홉 거리의 장치가 이동하여 발생 가능한 CRP 예약 충돌을 방지할 수 있다. 제안된 2-hop CRP Availability IE를 사용하여 CRP 예약을 하면, CRP 예약의 종료 순서를 결정할 수 있게 QoS를 고려한 새로운 CRP 예약 과정이 필요하다.

3.2 3홉 범위의 CRP 예약 기법

3홉 범위의 CRP 예약을 시작하기 위해, 예약 Owner는 자신의 비콘에 예약할 CRP 구간에 대한 정보가 있는 CRP IE를 포함시켜 Target 디바이스에게 전송한다. CRP IE를 수신한 Target 디바이스는 다음 슈퍼프레임 구간에서 CRP 예약 요청에 대한 응답을 한다. 자신의 비콘에 CRP Availability IE와 2-hop CRP Availability IE를 포함시켜 Owner 디바이스에

Element ID	Length(=32)	2-hop CRP Availability Bitmap
1 byte	1 byte	0~32 bytes

(a) The format of proposed 2-hop CRP Availability IE



(b) Propagation of 3-hop range CRP_{DB} reservation information from DEV D to DEV C

그림 6. 제안된 2-hop CRP Availability IE의 포맷과 적용 사례
Fig. 6. Proposed 2-hop CRP Availability IE format and an example

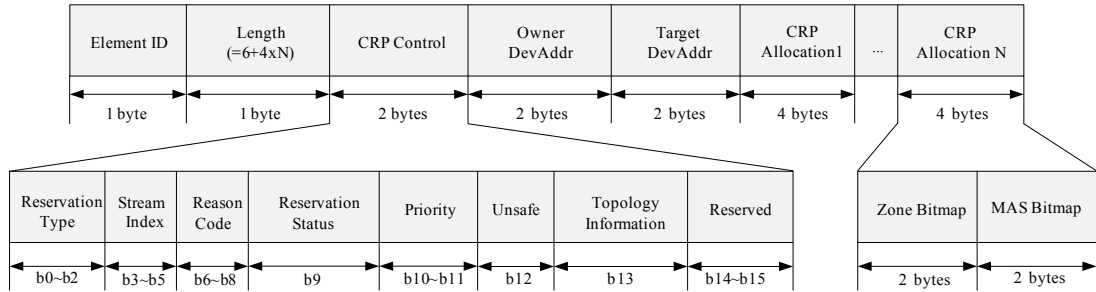


그림 7. 제안하는 CRP IE 포맷
Fig. 7. Proposed CRP IE format

게 응답한다. 만일, 요청받은 CRP 구간이 사용할 수 없는 구간일 경우 Reason Code를 Conflict로 설정한다. CRP Availability IE와 2-hop CRP Availability IE를 수신한 Owner 디바이스는 수신한 IE들로부터 3홉 범위 내의 장치들이 사용하고 있는 MAS에 대한 정보를 확인할 수 있다. Owner 디바이스는 중복되지 않는 MAS를 선택한 후, 자신의 비콘에 새로운 CRP IE를 포함시켜 Target 디바이스에게 전송한다.

3.3 CRP 예약 충돌 해결 방안

CRP 예약 충돌이 발생하는 경우, 충돌이 발생한 모든 CRP 예약들 중 하나의 CRP 예약만이 유지되고 나머지 CRP 예약은 트래픽의 중요도와 관계없이 종료된다. 따라서, 기존의 CRP 예약 충돌 해결 방안은 멀티미디어 스트리밍과 같은 실시간 서비스의 QoS를 보장할 수 없다. 또한, 현재의 예약 충돌 해결 방안은 먼저 CRP 구간을 예약한 장치가 다른 장치들로 인해 자신의 예약구간을 포기할 수도 있다는 문제점도 갖고 있다.

만약 예약 Owner 장치가 3홉 범위 다른 장치들의 CRP 예약 상태와 전송 우선순위를 알 수 있다면, 우선순위를 고려하여 CRP 예약을 종료해야 할지 결정할 수 있다. 이를 위해 우리는 전송 우선순위를 고려한 Priority bit과 CRP 구간을 먼저 예약한 것을 보여주는 Topology Information bit를 추가한 새로운 CRP Control field를 제안한다.

그림 7에서 예약하고자 하는 CRP 구간이 다른 장치에 의해 예약되지 않은 경우, Topology Information bit를 1로 설정한다. 그리고 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 설정했다. 즉, 전송 우선순위가 가장 높은 Voice의

경우는 Priority bit를 3(2진수: 11)로 설정하고, 한 단계 낮은 Video는 2(2진수: 10)으로 설정한다.

제안하는 방안을 사용한다면, CRP충돌이 발생할 경우, 전송 우선순위에 따른 QoS가 보장되어야 하는 장치와 먼저 자원을 선점한 장치에게 CRP 예약의 우선권을 부여할 수 있다. 이를 위한 새로운 CRP 예약 충돌 해소 기법을 그림 8에 설명했다.

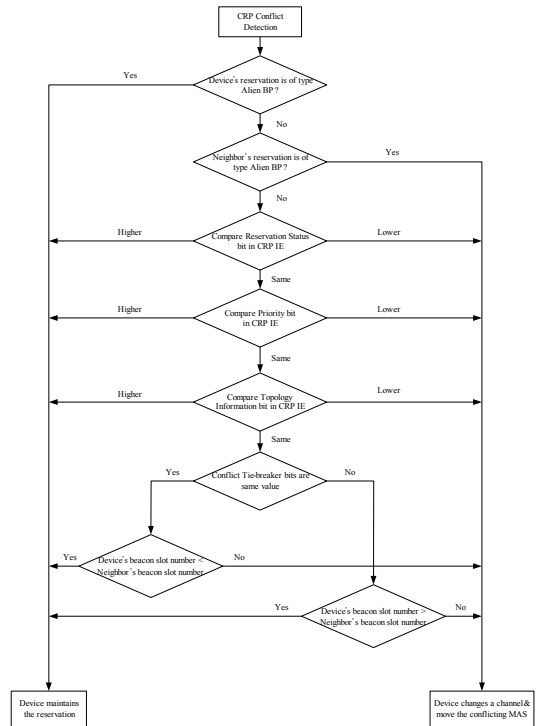


그림 8. CRP 예약 충돌 해결 알고리즘
Fig. 8. Resolution scheme of CRP reservation conflicts

IV. 성능 분석

제안하는 알고리즘의 성능 평가는 ns-2 시뮬레이션을 통해 도출하였다. 표 2는 본 논문에서 사용된 시뮬레이션 파라미터들을 나타낸다. 기준 장치의 CRP 예약을 위해 필요한 MAS의 수를 N_{own} 으로 설정하고, 1홉 범위 내의 이웃 장치들에 의해 CRP 예약된 MAS의 수를 N_{1-hop} 으로 표현하였다. 마찬가지로, 2홉 범위에 있는 장치들에 의해 예약된 MAS의 수는 N_{2-hop} 으로 하고, 3홉 범위에 있는 장치들에 의해 예약된 MAS의 수를 N_{3-hop} 으로 설정하였다.

그리고, 각각의 장치들은 이동성과 확률을 갖는데 m_{in} 으로 표현하였고, 특정장치가 기준 장치로 1홉 범위 더 안쪽으로 들어오는 확률을 의미한다. CRP Availability IE를 사용하고 있는 기존의 장치들은 2홉 범위에서는 CRP 예약 충돌이 없지만 m_{in} 으로 인한 이동으로 3홉 범위에서 2홉 범위로 변경되는 경우, CRP 예약 충돌이 발생할 수 있다.

그림 9는 m_{in} 과 데이터 전송속도에 따른 ECMA-392 장치의 수율을 보여주고 있다. 장치들이 전송하는 프레임의 크기는 4095바이트로 고정시켰다. 그림 9로부터 장치들의 m_{in} 이 증가할수록 ECMA-392

장치의 수율은 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 각각의 장치들이 기준 장치 방향으로 1홉 범위만큼 이동하는 m_{in} 이 증가할수록 3홉 CRP 예약 충돌 확률이 증가하기 때문이다. CRP 예약 충돌이 증가하게 되면 충돌을 겪는 모든 CRP 예약 구간들 중 하나의 CRP 예약만이 예약된 구간을 유지하고, 나머지 CRP 예약들은 예약이 종료된다. 예약이 종료된 나머지 CRP 예약들은 CRP 예약 협상을 다시 시작해야 하고, 이것은 채널 타임 슬롯들을 낭비하고, 추가적인 송수신 전력을 CRP 예약 재협상 과정에서 소모할 수 있다. 본 논문에서 제안한 3홉 CRP 예약 충돌 해결 방안을 적용한 경우, 장치의 이동으로 발생하는 3홉 CRP 예약 충돌을 2-hop CRP Availability IE를 이용하여 해결하기 때문에 다른 경우와 비교하여 ECMA-392 장치의 수율이 가장 좋은 것을 볼 수 있다.

그림 10은 ECMA-392 장치의 전송 프레임 크기와 수율 간의 관계를 나타낸다. ECMA-392 장치의 수율은 전송 프레임의 크기가 특정 값을 넘게 된 후에는 전송 프레임의 크기에 따라 크게 변화하지 않음을 알 수 있다. CRP 예약은 경쟁 없이 전송이 이루어지기 때문에 전송 프레임 크기의 증가가 전송 충돌의 확률을 증가시키지 않기 때문이다. 그러나, m_{in} 확률의 증가는 3홉 CRP 예약 충돌을 발생시키기 때문에 m_{in} 값이 증가함에 따라 ECMA-392 장치의 수율은 비례적으로 크게 감소함을 알 수 있다. 본 논문에서 제안한 3홉 CRP 예약 충돌 해결 방안을 적용한 경우는 프레임 크기에 따라 수율이 증가하다 특정 값을 넘게 된 후에는 크게 변화하지 않는 다른 경우와 비슷한 모습을 보이지만, 3홉 CRP 예약 충돌이 적어지면서 다른 경우와 비교하여 높은 수율을 나타내는 것을 알 수 있다.

표 2. 시뮬레이션 파라미터
Table 2. Simulation parameters

Parameter	Value
N_{own}	20 MASs
N_{1-hop}	30 MASs
N_{2-hop}	30 MASs
N_{3-hop}	20 MASs

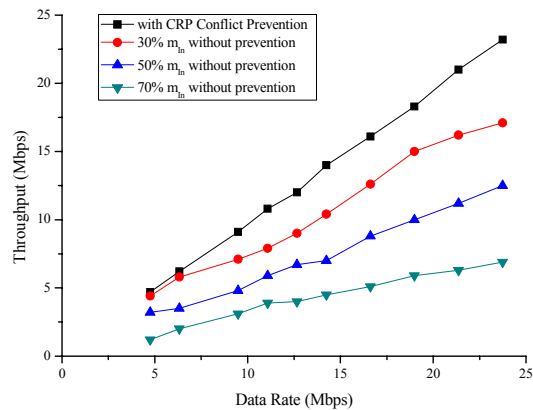


그림 9. 데이터 전송 속도에 따른 ECMA-392 장치의 수율
Fig. 9. Throughput of ECMA-392 devices in accordance with a data rate

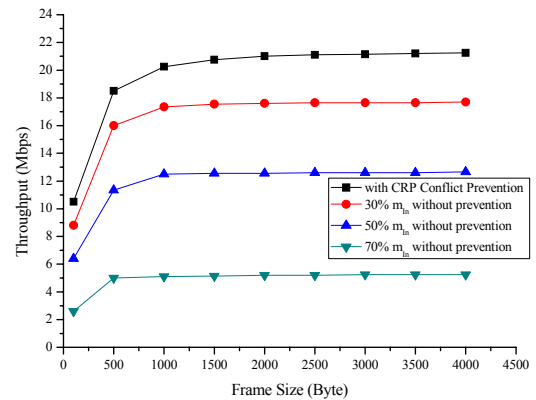


그림 10. 프레임 크기에 따른 ECMA-392 장치의 수율
Fig. 10. Throughput of ECMA-392 devices in accordance with a frame size

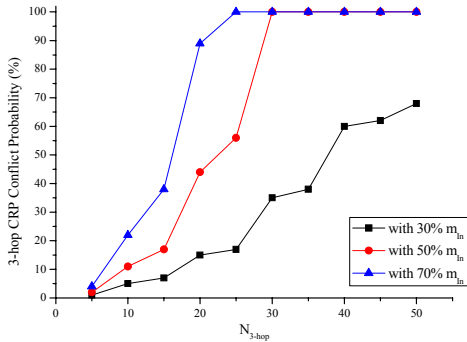


그림 11. N_{3-hop} 크기에 따른 3홉 CRP 예약충돌 확률
 Fig. 11. 3-hop CRP reservation conflicts probability in accordance with N_{3-hop}

그림 11은 N_{3-hop} 양에 따른 3홉 CRP 예약 충돌 확률을 보여준다. 그림 11에서, N_{3-hop} 의 크기가 커지면 3홉 범위에 있는 장치들에 의해 예약된 MAS의 수가 증가하게 되기 때문에 3홉 CRP 예약 충돌 확률이 급격하게 증가하게 된다. m_{in} 확률의 증가는 3홉 CRP 예약 충돌을 가중시키므로 m_{in} 값이 커질수록 3홉 CRP 예약 충돌 확률도 함께 커지게 된다.

V. 결 론

본 논문에서는 선박 내 IT 서비스에 대한 요구에 부응하기 위해 적응적이고 합리적으로 무선 주파수를 활용하는 인지무선 최초 표준인 ECMA-392 네트워크를 사용하였다. ECMA-392 기반 네트워크에서 이동성 및 트래픽의 QoS와 관련된 멀티홉을 지원하는 장치들의 충돌 문제에 대해 살펴보고 이를 해결하기 위해 CRP 예약 충돌 해결 방안을 제안하였다. 현재의 CRP 예약 기법은 3홉 거리에서 이동하는 ECMA-392 장치들 사이의 CRP 예약 충돌을 해결하지 못한다. CRP 예약 충돌이 발생하는 경우, 충돌이 발생한 모든 CRP 예약들 중 하나의 CRP 예약만이 유지되고 나머지 CRP 예약은 트래픽의 중요도와 관계없이 종료된다. 따라서, 기존의 CRP 예약 충돌 해결 방안은 멀티미디어 스트리밍과 같은 실시간 서비스의 QoS를 보장할 수 없다. 그래서, 우리는 새로운 2-hop CRP Availability IE의 제안과 CRP Control 필드의 변경을 통해 새로운 CRP 예약 충돌을 방지하는 방안을 제안하였다. 시뮬레이션 결과는 제안된 3홉 CRP 예약 충돌 해결 방식이 디바이스의 데이터 수율을 향상시키고 있음을 나타내었다.

References

- [1] B. Fette, *Cognitive Radio Technology*, 2nd Ed., Academic Press, 2009.
- [2] J. Mitola, "Cognitive radio for flexible mobile multimedia communications," *Mob. Netw. Appl.*, vol. 6, no. 5, pp. 435-441, 2001.
- [3] 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.
- [4] I. F. Akyildiz, W. Lee, and K. R. Chowdhury, "CRAHNs: Cognitive radio ad hoc networks," *AD hoc networks*, vol. 7, pp. 810-836, 2009.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] Ecma-International, *MAC and PHY for operation in TV white space*, standard

ECMA-392, Dec. 2009.

[11] M. A. McHenry, "NSF spectrum occupancy measurements project summary," *Shared Spectrum Company*, Aug. 2005.

이 성 로 (Seong Ro Lee)



1987년 2월 : 고려대학교 전자공학과 공학사
 1990년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학석사
 1996년 8월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학박사
 1997년 9월~현재 : 목포대학교 공과대학 정보전자공학과 교수

<관심분야> 디지털통신시스템, 이동 및 위성통신시스템, USN/텔레매틱스응용분야, 임베디드시스템

오 주 성 (Joo-Seong Oh)



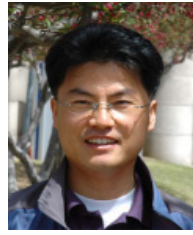
2011년 2월 : 목포대학교 컴퓨터교육과 졸업
 2014년 3월~현재 : 목포대학교 컴퓨터공학과 석사과정
 <관심분야> LBS, 데이터베이스, 빅데이터

김 범 무 (Beom-mu Kim)



2012년 2월 : 목포대학교 정보전자공학과 학사(공학인증)
 2014년 2월 : 목포대학교 전자공학과 석사
 2014년 3월~현재 : 목포대학교 전자공학과 박사과정
 <관심분야> LBS, WSN, IoT

이 연 우 (Yeonwoo Lee)



1994년 2월 : 고려대학교 전자공학과 석사
 2000년 2월 : 고려대학교 전자공학과 박사
 2000년 10월~2003년 12월 : 영국 Edinburgh 대학교 Research Fellow

2004년 1월~2005년 8월 : 삼성중합기술원
 2005년 9월~현재 : 국립목포대학교 공과대학 정보통신공학과, 부교수
 <관심분야> 해상무선통신, e-Navigation, Cognitive Radio, 4G 이동통신

정 민 아 (Min-A Jeong)



1992년 2월 : 전남대학교 이학사
 1994년 2월 : 전남대학교 이학석사
 2002년 2월 : 전남대학교 이학박사
 2002년 4월~2003년 2월 : 광주과학기술원 정보통신공학과 Post-Doc

2003년 4월~2005년 2월 : 전남대학교 전자통신기술연구소 Post-Doc
 2011년 9월~2013년 2월 : Cleveland Clinic Research
 2005년 3월~현재 : 목포대학교 컴퓨터공학과 부교수
 <관심분야> 데이터베이스/데이터마이닝, 생체인식시스템, 무선통신응용분야, 임베디드시스템

이 승 범 (Seung Beom Lee)



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

QoS, Cooperative communication