

ECMA-392 기반 선박 내 네트워크에서 Fair QoS 제공을 위한 채널 자원 할당 방안

이 승 범*, 백 종 상*, 박 순 영**, 이 성 로^o

Channel Resource Allocation Scheme Provided for Fair QoS in ECMA-392-Based Ship Area Networks

Seung Beom Lee*, Jong Sang Back*, Soonyoung Park**, Seong Ro Lee^o

요 약

본 논문에서는 선박 내 IT 서비스에 대한 요구에 부응하기 위해 적응적이고 합리적인 무선 주파수를 활용하는 인지무선 기술 중 최초 표준인 ECMA-392 네트워크를 사용한다. 먼저, ECMA-392 기반 네트워크에 대해서 알아 보고, 디바이스에게 채널 할당을 위한 고려사항 및 문제점을 살펴본다. 그리고, ECMA-392 MAC 프로토콜에서 디바이스 그룹들이 요청하는 채널을 효율적으로 보장하기 위한 공평한 채널 자원 할당 방법을 제안한다. 새로운 디바이스 그룹과 기존의 디바이스 그룹들에게 채널 할당 파라미터를 고려하여 공평하게 채널들을 재할당할 수 있는 방법이다. 시뮬레이션 결과는 제안된 방식이 기존의 방식에 비해 데이터 수율을 향상시키고 있음을 나타낸다.

Key Words : ECMA-392, Ship Area Network, Cognitive Radio, Fair 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. First, we learn about ECMA-392-based network and examine the consideration and the problems for assigning channels to the device. And, we propose a fair channel resource allocation to ensure efficiently channel required by device groups in ECMA-392 MAC protocol. This is a method to reallocate the channels fairly with considering the channel assignment parameters to a new device group and existing device groups. The simulation results show that the proposed scheme improves throughputs compared to the existing one.

I. 서 론

최근 조선업계의 최대 관심사는 IT와의 접목이다. 선박은 점차 대형화, 특수화 되고 있고, 승무원 및 승

객들은 육상에서 사용하는 것과 같은 편리한 통신 서비스를 제공 받기를 기대하고 있다. 이렇게 선박에 IT 기술을 융합하면 다양한 요구를 만족 시킬 수 있다. 선박을 이용하는 승무원이나 승객에게 IT 기술을 활

※ 이 논문은 2014년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2009-0093828)과 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 IT융합 고급인력과정 지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA-2014-H0401-14-1009).

※ This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF)funded by the Ministry of Education(2012R1A1A4A01009097)

◆ First Author : Institute Research of Information Science and Engineering, Mokpo National University, rikioh75@gmail.com, 정희원

◦ Corresponding Author : Department of Information & Electronics Engineering, Mokpo National University, srlee@mokpo.ac.kr, 정희원

* Department of Electronics Engineering, Mokpo National University, 083591@mokpo.ac.kr

** Department of Information & Electronics Engineering, Mokpo National University, sypark@mokpo.ac.kr

논문번호 : KICS2014-10-403, Received October 8, 2014; Revised December 4, 2014; Accepted December 4, 2014

용한 맞춤형 정보를 제공하여 미연에 사고방지를 할 수 있고, 근무환경 및 이용환경의 효율 또한 높일 수 있다. 이러한 서비스에 대한 요구가 점차 증대되면서 선박 내에서 사용 가능한 적응적이고 합리적으로 무선 주파수를 활용하는 인지무선(Cognitive Radio) 기술에 대한 연구가 진행되고 있다^{14,6)}.

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 선보였다^{17,8)}. IEEE의 활동과는 별개로 ECMA-International은 개인/휴대기기들을 위한 인지무선 표준을 발표하였다^{19,10)}. 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 기술 표준을 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 DTV로의 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 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 합리적인 무선 주파수를 활용하는 인지무선 기술 중 최초 표준인 ECMA-392 네트워크를 사용한다. 우선, ECMA-392 기반 네트워크에 대해서 알아보고, 디바이스에게 채널 할당을 위한 고려사항 및 문제점을 살펴본다. 또, ECMA-392 MAC 프로토콜에서 디바이스 그룹들이 요청하는 채널을 효율적으로 보장하기 위한 공평한 채널 자원 할당 방법을 제안한다. 새로운 디바이스 그룹과 기존의 디바이스 그룹들에게 채널 할당 파라미터를 고려하여 공평하게 채널들을 재할당할 수 있는 방법이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 ECMA-392 네트워크 구조에 대해 설명하고, 채널 할당을 위한 고려사항 및 문제점을 살펴본다. 3장에서는 공평한 채널 할당을 위한 방법을 제안하고, 4장의 성능 평가를 통해 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 디바이스들과 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 기

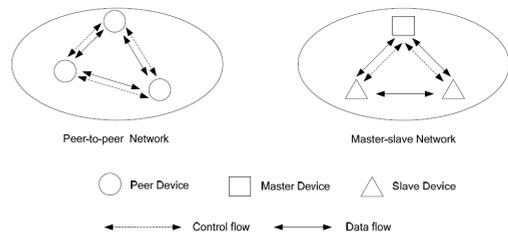


그림 1. ECMA-392 기본 네트워크 구조
Fig. 1. ECMA-392 basic network formation

기들이 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 디바이스를 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 디바이스 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 디바이스만 비콘을 전송하고 다수의 Slave 디바이스

가 Master 디바이스의 제어를 받는 상황에서 Master와 Slave 디바이스 간에 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 채널 자원 할당을 위한 고려사항

다른 디바이스들로부터 채널 관련정보(Channel Measurement Report IE) 신호를 수신 받은 기준 디바이스는 채널 감지 정보를 바탕으로 자신의 통신 가능 채널보다 확장된 범위의 채널 사용 상황을 알 수 있게 된다. 이를 통하여 기준 디바이스는 인지하고 있지 못하나 서비스할 가능성이 있는 주위 디바이스들에 허가된 무선 통신 시스템이나 다른 CR 시스템에 의하여 영향을 받을 수 있는 채널의 선택을 피하도록 할 수 있다. 본 논문에서 제안하는 채널 할당과 관련하여 다음과 같은 사항들을 고려한다.

첫째, 채널의 통신 가능 여부는 SINR이나 RSSI 정보를 통하여 알 수 있으며, 기본적으로 최소 요구 SINR이나 RSSI 값 이상의 채널 상태를 가지고 있다고 가정한다. 둘째, 디바이스 간 통신이 이루어지는 여러 디바이스의 묶음을 디바이스 그룹이라 하고, 디바이스 그룹 내에서 사용하는 채널은 하나만을 사용하는 것을 가정한다. 그림 3은 5개의 디바이스 그룹으로 이루어진 네트워크 구조를 나타낸다. 그룹 1에서부터 그룹 5에서 사용하는 채널은 모두 다르다고 가정하는데, 다른 디바이스 그룹과 같은 채널을 통하여 통신을 하는 경우 충돌이 발생할 가능성이 있기 때문에

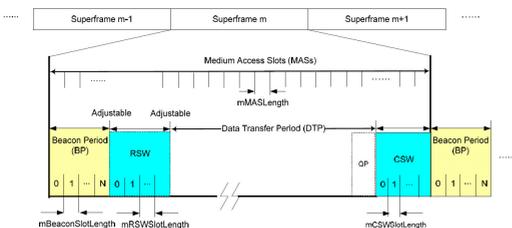


그림 2. ECMA-392 슈퍼프레임 구조
Fig. 2. ECMA-392 superframe structure

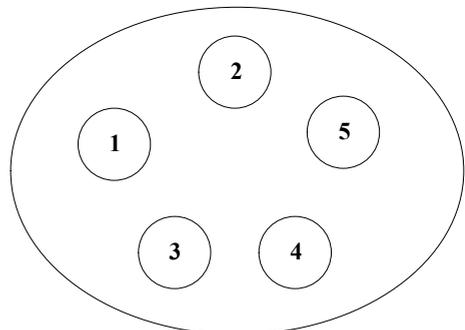


그림 3. 디바이스 그룹 네트워크 구조
Fig. 3. Device groups network formation

각각의 디바이스 그룹은 채널을 중복 사용하지 않는 것을 가정한다.

2.3 ECMA-392 프로토콜에서 채널 자원 할당 시의 문제점

ECMA-392 MAC은 디바이스 이동이나 무선 환경 변화 등이 있을 때, 모든 디바이스 그룹들에게 현재 채널 상태를 고려한 최적의 채널 할당 방법을 제공하지 못하고 있다. 즉, 상대적으로 먼저 채널을 요청하는 디바이스 그룹에게는 최대 채널 할당을 제공하지만, 이후에 채널을 요청하는 디바이스 그룹들에게는 채널의 부족으로 최소 채널도 제공하지 못하게 된다.

이러한 현상은 디바이스 그룹들에게 불공평한 채널 할당을 야기하여 통신에 참여하지 못하는 예상치 못한 상황을 겪게 한다. 즉, 새롭게 통신을 요청하는 디바이스 그룹의 원하는 채널 수를 만족시키기에 현재 할당 가능한 채널이 부족한 경우, 기존의 채널을 점유하고 있는 디바이스 그룹들이 새로운 디바이스 그룹이 원하는 채널 수를 만족시킬 만큼의 채널을 해제할 때까지 기다려야 하기 때문이다. 그러나, 현재 ECMA-392 MAC 프로토콜에는 새롭게 채널을 요청하는 디바이스 그룹의 요청한 채널을 보장하기 위해 기존의 채널을 점유하고 있는 디바이스 그룹들의 채널을 조정하여 모든 디바이스 그룹들의 채널 할당을 공평하게 조정하는 기능을 정의하고 있지 않다. 이러한 공평한 채널 할당의 문제는 QoS가 보장되는 멀티미디어 서비스에서 더욱 중요한 문제가 될 수 있다.

표 1은 그림 3의 5개 디바이스 그룹의 네트워크 구조에서 새로운 디바이스 그룹 6이 추가되는 경우에

표 1. 그림 3에서 추가되는 디바이스 그룹 6에 대한 채널 할당 사례 (전체 채널 개수 : 30 개)
Table 1. Channel assignment case for a new device group 6 in Fig. 3

Device Group	Min. number of channels	Max. number of channels	Provided number of channels	Available number of channels
1	2	4	4	26 (After DG1 is joined)
2	3	6	6	20 (After DG2 is joined)
3	4	8	8	12 (After DG3 is joined)
4	2	5	5	7 (After DG4 is joined)
5	3	7	7	0 (After DG5 is joined)
6	3	6	0	

대한 채널 할당 사례이다. 전체 채널 개수 30개는 미국 채널 기준으로 개인/휴대서비스 기기에서 사용 가능한 채널 개수이다. Min. number of channels는 디바이스 그룹이 통신을 할 때 필요로 하는 최소 채널의 개수이고, Max. number of channels는 디바이스 그룹이 통신을 할 때 필요로 하는 최대 채널의 개수이다. Provided number of channels는 현재 제공되고 있는 채널의 개수이다. 통신을 할 때 채널의 개수가 많을수록 환경에 따른 채널 선택의 폭이 넓어져 상대적으로 고속의 데이터 통신이 가능하게 되고, 멀티미디어 서비스에서 필요로 하는 QoS를 보장할 수 있다. 디바이스 그룹은 1번에서 6번으로 순차적으로 통신이 시작되고, 처음 30개의 채널에서 순차적으로 채널을 할당한다. 앞에서 언급한 바와 같이, 사용하는 채널은 모두 다르다고 가정하는데, 다른 디바이스 그룹과 같은 채널을 사용하여 통신을 하는 경우 충돌이 발생할 가능성이 있기 때문에 각각의 디바이스 그룹은 채널을 중복 사용하지 않는 것을 가정한다. 이러한 가정 하에 초기에 채널 할당을 하면 디바이스 그룹 1-5번에 각각 최대 채널 개수를 할당하게 된다. 이때 새로운 디바이스 그룹 6이 생성되어 채널을 요구하게 되면 가용한 채널이 없기 때문에 통신을 할 수 없게 된다. 그러나 디바이스 그룹 1-5는 충분한 채널을 제공받고 있기 때문에 디바이스 그룹 6에게 채널을 일부 양도할 수 있지만, 현재 ECMA-392 MAC 프로토콜에는 공평한 채널 재할당 방법이 없기 때문에 디바이스 그룹 6에게 채널을 제공하지 못한다. 채널을 제공받지 못한 디바이스 그룹 6은 다른 디바이스 그룹의 통신이 끝나 채널을 사용하지 않게 될 때까지 기다려야 하고, 보장받지 못한 채널로 인해 디바이스 그룹 6은 불이익을 당하게 된다. 특히, 디바이스 그룹의 이동이 자주 일어나는 환경에서는 이러한 상황은 심각한 문제가 될 수 있다.

본 논문에서는 ECMA-392 MAC 프로토콜에서 디바이스 그룹들이 요청하는 채널을 효율적으로 보장하기 위한 공평한 채널 자원 할당 방법을 제안한다. 새로운 디바이스 그룹과 기존의 디바이스 그룹들에게 채널 할당 파라미터를 고려하여 공평하게 채널들을 재할당할 수 있는 방법이다. 또, 새로운 QoS IE 필드를 정의하여 비콘을 통하여 다른 디바이스에게 전송을 통해 알리게 된다.

III. 제안하는 QoD 기반 채널 자원 할당 방법

제안하는 QoD 기반 채널 자원 할당 방법을 설명하

기 전에 제안하는 알고리즘을 위해 정의된 용어들을 표 2에서 설명한다.

K는 디바이스 그룹들이 있는 네트워크에 등록된 디바이스 그룹의 개수를 나타낸다. j는 K개의 디바이스 그룹들 중에서 디바이스 그룹의 색인(Index)을 나타낸다. CH는 일정한 시간에 보유한 채널의 총 개수를 나타낸다. 2. 3절에서 설명한 바와 같이, Min_j 는 디바이스 그룹이 통신을 할 때 필요로 하는 최소 채널의 개수이고, Max_j 는 디바이스 그룹이 통신을 할 때 필요로 하는 최대 채널의 개수이다. $PC_{j,n}$ 는 n번째 시간에서 현재 제공되고 있는 채널의 개수이다. RE_j 는 디바이스 그룹 j로부터 양도된 채널의 개수를 의미한다. $QoD_{j,n}$ 은 n번째 시간에서 디바이스 그룹 j의 디바이스 그룹 QoS를 의미하며, 식 (1)을 통해 도출된다.

$$QoD_{j,n} = \frac{PC_{j,n} - Min_j}{Max_j - Min_j} \begin{cases} QoD_{j,n} = 1, & \text{if } PC_{j,n} = Max_j \\ QoD_{j,n} = 0, & \text{if } PC_{j,n} = Min_j \\ QoD_{j,n} < 0, & \text{if } PC_{j,n} < Min_j \end{cases} \quad (1)$$

QoD 수식에 따르면, QoD값이 1에 가까울수록 PC 값이 높아 디바이스 그룹의 QoS 값이 더 높은 것을 알 수 있다. 제안하는 알고리즘에서는 Fair QoD ($QoD_{F,n}$)를 제공하며, $QoD_{F,n}$ 은 디바이스 그룹의 이동이나 무선 환경 변화 등으로 채널의 변화가 있을 때마다 모든 디바이스 그룹들에 대해서 계산된다. 계산

표 2. 제안하는 알고리즘에서 정의된 용어
Table 2. Terms that are defined in the proposed algorithm

K	Number of device groups registered in a operation system(network)
CH	Total number of channels in a time
n	n th time
$PC_{j,n}$	Number of provided channels of the j device group at the n th time
Min_j	Minimum number of channels of the j device group
Max_j	Maximum number of channels of the j device group
RE_j	Relinquished number of channels from the j device group
$QoD_{j,n}$	Quality of Device group of the j device group at the n th time
$QoD_{F,n}$	Fair Quality of Device group for all device groups serviced at the n th time

된 $QoD_{F,n}$ 값은 비콘을 통해 모든 디바이스 그룹들에게 전달되고, 디바이스 그룹들의 QoS 파라미터를 알 수 있다. 이러한 전달을 위해 우리는 그림 4와 같은 QoS IE를 제안하고 이를 비콘에 담아 전송한다.

그림 4에서 Element ID는 제안하는 QoS IE를 나타내는 고유 값이다. IE(Information Element)를 구별하기 위해 값을 부여하는데, 기존의 Element ID 값과 겹치지 않기 위해 Reserved 값에서 선택한다. Group Index 필드는 디바이스 그룹의 색인(Index)을 나타낸다. Min_j 는 디바이스 그룹이 통신을 할 때 필요로 하는 최소 채널의 개수이고, Max_j 는 디바이스 그룹이 통신을 할 때 필요로 하는 최대 채널의 개수이다. 모든 디바이스 그룹들은 선박 내 네트워크에서 ECMA-392 기반으로 통신을 하고 있기 때문에 제안하는 QoS IE 정보는 선박 내 네트워크에서의 정보다. QoD_F 필드는 선박 네트워크의 모든 디바이스 그룹들의 Fair QoS를 의미하며, 이는 식(1)을 통해 계산된다. 모든 디바이스 그룹들은 디바이스 그룹의 이동이나 무선 환경 변화 등으로 채널의 변화가 있을 때마다 $QoD_{F,n}$ 을 계산하고, 이 값을 QoS IE를 통해 다른 디바이스 그룹들에게 전송한다. QoS IE를 통해 QoD_F 값을 기존의 값과 비교한 후, 기존 디바이스 그룹들이 보유하고 있는 채널의 재할당 방법을 결정하게 된다. 즉, 제안하는 알고리즘을 이용하여 모든 디바이스 그룹들은 동일한 QoD_F 값을 갖게 되고, 이에 맞게 채널을 조정할 수 있다. n-1 번째 시간에서 새로운 디바이스 그룹의 채널 요청이 발생하면 단순히 새로운 디바이스 그룹에 대한 정보를 QoS IE에 포함시킨다. n번째 시간의 비콘 구간에서 다른 이웃 디바이스 그룹들과 비콘 교환한 뒤, n+1번째 시간에 새로운 디바이스 그룹과 기존의 디바이스 그룹들의 공평한 QoS 보장을 위해 모든 디바이스 그룹들은 $QoD_{F,n+1}$ 을 식 (2)를 통해 계산한다.

$$QoD_{F,n+1} = \min \left[\frac{CH - \sum_{j=1}^K Min_j}{\sum_{j=1}^K (Max_j - Min_j)}, 1 \right] \quad (2)$$

Element ID	Group Index	Min_j	Max_j	QoD_F
------------	-------------	---------	---------	---------

그림 4. 제안하는 QoS IE 구조
Fig. 4. Proposed QoS IE structure

만약 $QoD_{F,n+1}$ 이 음수 값을 갖게 되면, n번째 시점에서 더 이상 추가적으로 발생하는 디바이스 그룹의 채널을 수용할 수 없음을 의미한다. 이때 각 디바이스 그룹들은 새로운 디바이스 그룹의 채널 전송 요청을 거절하고, $QoD_{F,n+1}$ 을 이전의 $QoD_{F,n}$ 값으로 설정한다. 반대로 $QoD_{F,n+1}$ 이 양수 값을 가지면 모든 디바이스 그룹들은 새롭게 계산된 $QoD_{F,n+1}$ 값에 따라 자신의 $PC_{j,n}$ 을 $PC_{j,n+1}$ 로 설정하고 RE_j 만큼의 채널들을 새로운 디바이스 그룹에게 양도한다. $PC_{j,n+1}$ 과 RE_j 는 식 (3)으로부터 계산된다.

$$PC_{j,n+1} = QoD_{F,n+1} \times (Max_j - Min_j) + Min_j$$

$$RE_j = PC_{j,n+1} - PC_{j,n} \quad (3)$$

표 3은 제안하는 방식이 적용된 사례를 설명하고 있다. 그림 3의 5개의 디바이스 그룹으로 구성된 네트워크에 QoS를 적용한 것이다. 5개의 디바이스 그룹들은 제공되고 있는 채널의 개수가 최대 채널의 개수와 같아 식 (1)로부터 $QoD_{F,n}$ 은 1이 된다. 그림 3에 새로운 디바이스 그룹 6이 들어오게 되면 추가적인 채널 할당이 필요하고, 기존의 채널을 보유 중인 디바이스 그룹 1-5는 할당된 채널 일부를 디바이스 그룹 6을 위해 제공하게 된다. 표 4는 디바이스 그룹 6을 포함한 6개의 디바이스 그룹들의 공평한 QoS를 제공하는 채널 재할당 결과를 보여주고 있다.

표 3의 디바이스 그룹 1-5의 네트워크 상황에서는 채널 개수가 충분하였기 때문에 각각의 디바이스 그룹에게 최대 가능한 채널 개수를 제공했다. 표 4에서 새로운 디바이스 그룹 6의 추가로 채널의 재조정이

표 3. 그림 3의 네트워크에서 QoS 적용 사례
Table 3. QoS example in the network of Fig. 3

Device Group	Min_j	Max_j	$PC_{j,n}$	$QoD_{F,n}$	Available number of channels
1	2	4	4	1	26 (After DG1 is joined)
2	3	6	6	1	20 (After DG2 is joined)
3	4	8	8	1	12 (After DG3 is joined)
4	2	5	5	1	7 (After DG4 is joined)
5	3	7	7	1	0 (After DG5 is joined)

표 4. 새로운 디바이스 그룹 6의 추가로 6개 전체 디바이스 그룹의 QoD_F 상태의 변화

Table 4. Change of QoD_F in all device groups

Device Group	Min_j	Max_j	$PC_{j,n+1}$	$QoD_{F,n+1}$	RE_j for DG6
1	2	4	3.368	0.684	0.632
2	3	6	5.052	0.684	0.948
3	4	8	6.736	0.684	1.264
4	2	5	4.052	0.684	0.948
5	3	7	5.736	0.684	1.264
6	3	6	5.052	0.684	0.948

필요하게 되면, 기존의 디바이스 그룹들은 자신이 보유하고 있는 채널의 일부분을 디바이스 그룹 6에게 양도한다. 결국 6개 디바이스 그룹들의 채널 개수는 $PC_{j,n+1}$ 로 재설정된다. 식 (1)~(3)을 이용하여 $QoD_{F,n+1}$ 을 계산하고 $PC_{j,n+1}$ 을 도출하면 디바이스 그룹 6을 위해 양도하는 RE_j 를 계산할 수 있다.

IV. 성능 평가

제안하는 방식의 성능에 대한 평가를 위해, 3가지 QoS 제공 시나리오를 고려한다. 첫 번째는 MQ(Minimum QoS) 방식으로 디바이스 그룹들에게 최소 채널 개수를 제공하는 것이고, 두 번째는 XQ(maximum QoS) 방식으로 디바이스 그룹들에게 최대 채널 개수를 제공하는 것이며, 세 번째는 제안하는 알고리즘을 적용하는 것이다. 그림 5는 3가지 자원 할당 방식들에서 K_{total} 수가 증가함에 따른 K_{cur} 의 변화를 나타낸다. K_{total} 은 한 비콘 그룹에서 전송을

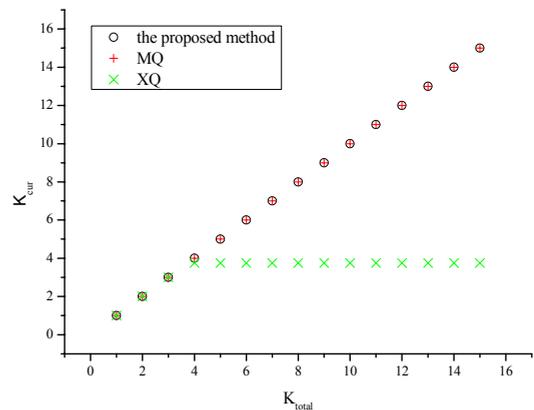


그림 5. K_{total} 디바이스 그룹 수에 따른 K_{cur} 의 변화
Fig. 5. Change of K_{cur} in accordance with K_{total}

요청하는 디바이스 그룹들의 총 개수이고, K_{cur} 은 이번 시간대에서 요청하는 디바이스 그룹의 개수를 의미한다. 모든 디바이스 그룹들의 QoS 파라미터는 동일하다고 가정한다. 표 1로부터 XQ와 MQ 방식에서의 K_{cur} 는 전체 채널 개수 30개를 최대 채널의 개수 8과 최소 채널의 개수 2로 나눔으로써, 각각 3.75와 15의 값을 얻을 수 있다. 이렇게 구해진 최대 K_{cur} 는 그림 5에서 확인할 수 있다. 제안하는 QoD 자원 할당 방식은 주어진 전체 채널 개수에서 최대 허용 가능한 QoS를 각 디바이스 그룹들에게 공평하게 제공하기 때문에 K_{cur} 가 3.75일 때까지 XQ 방식과 같은 디바이스 그룹을 갖는 것을 확인할 수 있다. 그러나 XQ 방식은 K_{total} 이 3.75를 초과한 시점부터 더 이상 디바이스 그룹개수를 늘리지 못하는 반면, QoD는 K_{cur} 가 15에 도달할 때까지 계속해서 디바이스 그룹 개수를 증가시킬 수 있다. K_{cur} 가 15일 때 제안하는 QoD 방식의 디바이스 그룹의 개수는 MQ 방식과 동일함을 알 수 있다.

그림 6은 K_{total} 이 증가함에 따른 K_{cur} 개의 디바이스 그룹에게 할당된 채널 개수의 변화를 나타낸다. 그림 6에서 QoD 방식은 XQ 방식과 동일한 채널 개수를 나타냄을 알 수 있다.

그림 7에서 MQ 방식과 XQ 방식은 고정된 디바이스 그룹 개수 값을 가지며, MQ 방식은 XQ 방식보다 최소 채널 개수를 제공하기 때문에 상대적으로 많은 디바이스 그룹 개수를 가진다. 제안하는 QoD 방식은 QoD_F 알고리즘을 이용하여 공평하게 최대의 채널 개수를 디바이스 그룹에게 제공하기 때문에 K_{total} 이 증

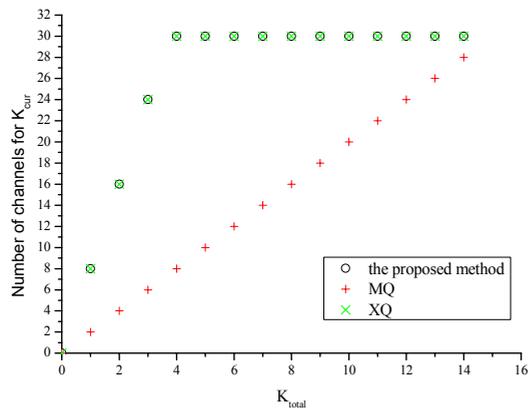


그림 6. K_{total} 에 따른 K_{cur} 채널 개수
Fig. 6. Number of channels for K_{cur} in accordance with K_{total}

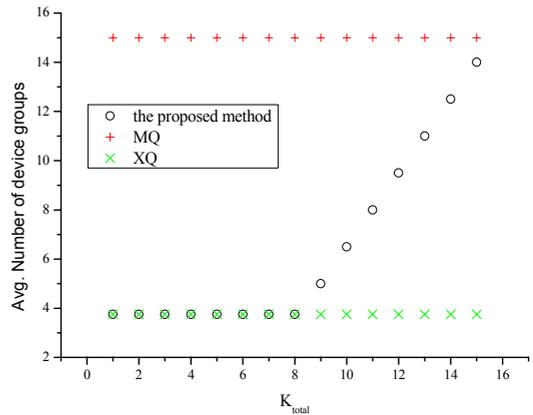


그림 7. K_{total} 에 따른 평균 디바이스 그룹 개수
Fig. 7. Average number of device groups in accordance with K_{total}

가함에 따라 XQ 방식의 채널 개수에서 MQ 방식의 채널 개수로 근접해 감을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 선박 내 IT 서비스에 대한 요구에 부응하기 위해 선박 내에서 사용 가능한 적응적이고 합리적으로 무선 주파수를 활용하는 인지무선 기술 중 최초 표준인 ECMA-392 네트워크를 사용했다. ECMA-392 표준의 대표적인 서비스 모델은 넓은 커버리지를 만족하면서도 고속의 데이터 전송 성능을 보이기 때문에 선박 내에서 사용하기에 적합하다고 볼 수 있다.

그러나, ECMA-392 MAC은 디바이스 이동이나 무선 환경 변화 등이 있을 때, 모든 디바이스 그룹들에게 현재 채널 상태를 고려한 최적의 채널 할당 방법을 제공하지 못하고 있다. 즉, 상대적으로 먼저 채널을 요청하는 디바이스 그룹에게는 최대 채널 할당을 제공하지만, 이후에 채널을 요청하는 디바이스 그룹에게는 채널의 부족으로 최소 채널도 제공하지 못하게 된다. 이러한 현상은 디바이스 그룹들에게 불공평한 채널 할당을 야기하여 통신에 참여하지 못하는 예상치 못한 상황을 겪게 한다.

현재 ECMA-392 MAC 프로토콜에는 새롭게 채널을 요청하는 디바이스 그룹의 요청한 채널을 보장하기 위해 기존의 채널을 점유하고 있는 디바이스 그룹들의 채널을 조정하여 모든 디바이스 그룹들의 채널 할당을 공평하게 조정하는 기능을 정의하고 있지 않다. 이러한 공평한 채널 할당의 문제는 QoS가 보장되는 멀티미디어 서비스에서 더욱 중요한 문제가 될 수

있다.

본 논문에서는 ECMA-392 MAC 프로토콜에서 디바이스 그룹들이 요청하는 채널을 효율적으로 보장하기 위한 공평한 채널 자원 할당 방법을 제안했다. 제안한 방법을 이용하면 새로운 디바이스 그룹과 기존의 디바이스 그룹들에게 채널 할당 파라미터를 고려하여 공평하게 채널들을 재할당할 수 있게 된다. 시뮬레이션 결과는 제안된 방식이 기존의 방식에 비해 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.-j. 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 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

백 종 상 (Jong Sang Back)



2014년 2월 : 목포대학교 정보
전자공학과 공학사(공학인증)
2014년 2월~현재 : 목포대학교
전자공학과 석사과정
<관심분야> 무선네트워크 설
계, 해양무선통신, PLC

박 순 영 (Soonyoung Park)



1982년 연세대학교 전기공학과
학사.

1984년 연세대학교 전자공학과
석사.

1989년 State University of
NewYork 전기및컴퓨터 공학
과 박사.

1990년~현재 목포대학교 정보

전자공학과 교수

<주관심분야: 영상 및 비디오처리, 컴퓨터비전 >

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