

# 안전한 광대역 해상정보통신망 구축을 위한 WiMAX MMR 확장 프로토콜

이수환<sup>1</sup> · 손주영<sup>†</sup>

(원고접수일 : 2010년 8월 25일, 원고수정일 : 2010년 10월 15일, 심사완료일 : 2010년 11월 4일)

## An Augmented WiMAX MMR Protocol for Establishing Secure Broadband Maritime Data Networks

Su-Hwan Lee<sup>1</sup> · Joo-Young Son<sup>†</sup>

**요약:** 현재 해상통신망에는 고속의 데이터 송수신을 위한 경제적인 통신기술이 요구되고 있다. 해상에서는 무선통신에 전적으로 의존할 수밖에 없는 환경으로 인해 취약한 데이터 통신보안에 대한 해결책도 함께 제시되어야 한다. 이 논문에서는 광대역 해상통신망의 위와 같은 현안들을 해결하기 위하여 다중 홉 자율통신망 형성기술 가운데 하나인 WiMAX MMR 기술을 도입하고, 육상과 달리 기지국이 없는 해상 상황에서 안전한 자율망을 형성하기 위해 확장된 프로토콜을 제안한다.

**주제어:** 광대역 해상통신망, 모바일 애드 hoc 네트워크, WiMAX MMR, 보안, 확장 프로토콜

**Abstract:** Currently economical communication technologies are needed for high speed data exchange at sea. Wireless environments at sea require some special communication security solutions as well. In this paper, an augmented WiMAX MMR protocol is proposed as a solution of the broadband data communications and security at sea environments fundamentally with no base station.

**Key words:** Broadband maritime communication networks, Mobile ad-hoc networks, WiMAX MMR(Mobile Multi-hop Relay), Security, Augmented protocol

### 1. 서 론

육상에서 무선이동통신은 이미 일상생활에서 필수불가결한 상황이다. 여기에 유비쿼터스 통신환경을 구축하기 위하여 여러 가지 새로운 통신기법에 관한 연구와 적용이 활발하게 진행 중에 있다. 그 가운데 MANET(Mobile Ad-hoc Networks), WSN(Wireless Sensor Networks), WMN(Wireless Mesh Networks), VANET(Vehicular Ad-hoc Networks), WiMAX MMR(Mobile Multi-hop Relay) 등이 다중 홉(Multi-hop)을 이용하여 자율적으로 통신망을 생성하여 유선망이 설치되기 힘든 지역 또는 이동

성이 활발한 지역에 적용될 기술들로 주목받고 있다[1].

그러나 현재 해상통신망에서는 육상통신망과 달리 고속의 데이터 송수신을 하기 위해서는 주로 값비싼 위성을 이용해야 하는 것이 현실이다. 때문에 해상에서의 데이터 통신수요에 대응하기 위해서는 새로운 경제성 있는 통신 기법이 크게 요구되고 있다. 그리고 해상에서는 무선에 의한 통신에 전적으로 의존하기 때문에 보안에 대한 취약성이 지상통신망보다 더욱 노정되어 이 문제에 대한 해결책도 동시에 제시되어야 한다.

위와 같은 문제점을 해결하기 위해 이 논문에서

<sup>†</sup> 교신저자 (한국해양대학교 IT공학부 교수 E-mail: mmlab2010@gmail.com, Tel: 051-410-4575)

<sup>1</sup> 한국해양대학교 IT공학부 컴퓨터네트워크 연구실

는 최신 자율망 형성 기술인 WiMAX MMR을 해상통신망에 도입하여 기존 해상통신망의 비용과 전송범위 문제를 해결한다. 그리고 육상을 가정한 기술인 WiMAX MMR을 해상통신망에 적용할 때 발생하는 보안문제를 해결하기 위해 해상환경을 고려하여 기지국 없이 인증을 하기위한 프로토콜을 새롭게 제안한다.

이 논문의 2장에서는 현재 연구되고 있는 멀티 홉에 의해 자율적으로 통신망을 생성하는 기존기술 가운데 해상통신망에 적용가능성이 있는 VANET, WiMAX MMR 기술에 대하여 설명한다. 3장에서는 해상에서의 고속 데이터통신 요구사항을 분석하고 육상을 위한 기존 멀티 홉 자율망 기술의 해상 적용가능성에 대하여 서술한다. 4장에서는 WiMAX MMR을 해상통신망에 적용하는 데 필요한 보안 프로토콜을 새롭게 제안한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 VANET(Vehicular Ad-hoc Network)

VANET은 다중 홉에 의한 자율 통신망 형성기술인 MANET의 한 형태로서 도로에 있는 차량들 사이에 자율통신망을 형성하는 기술이다[2]. 자율 통신망은 도로 위의 차량들이 자체적으로 경로배정과 컴퓨팅을 하여 차량간의 통신 또는 도로 인근에 있는 중계시설인 RSU(Road Side Unit)와 통신하여 자율 통신망을 형성한다. MANET에서 파생된 통신망 체계이지만 운전자의 행동, 움직임의 강제성, 그리고 높은 차량이동속도라는 새로운 특성을 가지며 교통안전 등의 목적을 가지고 설정된 시나리오에서 구성된 점이 기존 MANET과 차별화된다. 따라서 특정상황이 되지 않으면 통신망 구성 자체가 어려운 특징을 가진다. 한편 다른 자율통신망과는 달리 통신단말기가 전력 또는 자원의 제약을 거의 받지 않는다는 특성을 가진다[3].

VANET은 주로 두 가지 용도로 연구되고 있는데 편리함에 관한 응용과 안전함에 관한 응용이 있다. 편리함에 관한 응용에는 승객의 편안함과 교통의 효율 그리고 목적지까지의 최적의 경로제공에 중점을 둔다. 구체적인 예로는 교통정보 시스템, 날씨

시스템, 주유소나 식당의 위치와 가격정보, 인터넷 접속, 음악 다운로드 등이 있다. 그림 1은 편리함에 관한 응용에서 주로 사용되는 RSU를 통한 통신망 형태인 VtoI(Vehicle to Infrastructure)를 나타낸다. 안전함에 관한 응용은 승객의 안전을 확보하기 위한 서비스를 주로하고 차량끼리 서로 정보를 교환하는 것이 필수적이다. 구체적 예로는 비상사태 경고시스템, 차선변경 유도, 교차로 좌표, 교통신호 위반경고 등이 있다. 그림 2는 안전함에 관한 응용에서 주로 사용되는 통신망 형태인 VtoV(Vehicle to Vehicle)를 나타낸다.

VANET에는 세 가지 큰 장점이 있다. 노드끼리의 직접 통신이기 때문에 대기시간이 짧고 멀티 홉으로 인한 네트워크의 확장성을 가지며, 이용요금이 부과되지 않는다는 점이다[4]. 그러나 VANET 모델이 해상통신망에 적용하기 위해서는, 망형성에 있어서 상대적으로 매우 느린 노드(선박)의 이동성

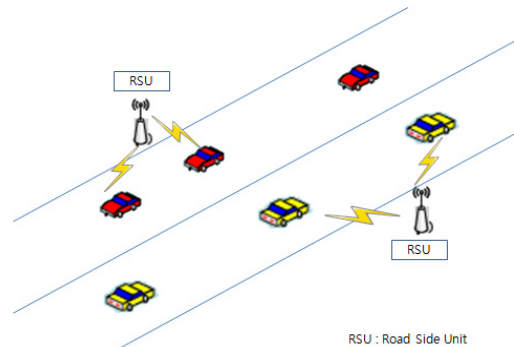


그림 1: VANET의 VtoI(Vehicle to Infrastructure)

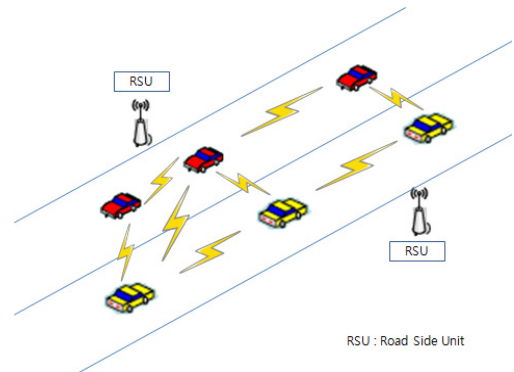


그림 2: VANET의 VtoV(Vehicle to Vehicle)

과 노드의 이동 경로가 육상의 도로와 달리 유연한 점, 노드의 밀집도가 상대적으로 매우 낮은 점, 그리고 RSU와 같은 통신장비를 해상경로에 설치하는 것이 거의 불가능한 해상환경에 대한 고려가 있어야 한다.

## 2.2 WiMAX MMR(Mobile Multi-hop Relay)

WiMAX(IEEE 802.16e 표준) 기술에 다중 홉 통신을 추가한 기술표준이 IEEE 802.16j이다[5]. MMR은 IEEE 802.16j에서 추구하는 스마트 중계기이다. 신호를 중계하는 중계국(RS: Relay Station)을 활용하므로 얻어지는 두 가지 장점은 전송범위 확장과 속도 향상이 있다. 전송범위의 확장은 그림 3에서와 같이 기지국(BS: Base Station)의 전송범위를 넘어선 곳에 있는 단말기(MS: Mobile Station)도 통신할 수 있게 된다. 그리고 RS가 BS과 MS 가운데 위치하여 BS의 신호를 증폭시키고 빠르게 BS과 통신할 수 있는 환경을 만들어줌으로써 전송속도의 향상을 기한다. 기존의 IEEE 802.16 Mesh에서는 RS와 BS가 범위를 공유하지 않지만 MMR에서는 서로 범위를 공유하여 성능향상을 꾀하고 있다[6].

MMR은 활용하는 용도에 따라 고정형, 유목형, 이동형으로 나뉜다. 기본적인 고정형의 경우는 BS의 전송범위를 확장하기 위해 BS의 전송범위 가장 자리에 RS를 설치하여 BS의 전송범위를 확장하는 용도로 사용한다. 유목형은 사용자 필요에 의해 일정기간동안 고정해서 사용한 후 이동하는 형태로 특별한 행사나 전시에 사용되거나 건물 내부에 설치되어 실내 음영을 해소하는 데에 사용한다. 마지막으로 이동형은 차량 철도 등 교통수단에 설치되어 내부의 단말을 외부망에 연결시켜 주는 효과를 얻는 형태이다[7].

MMR에서의 보안은 중앙집중방식과 분산방식으로 행해진다. 중앙집중방식은 모든 보안에 관련된 것이 중간에 있는 RS와 상관없이 BS와 MS 사이에서 이루어진다. 모든 MS와 관련된 키 또한 MS와 BS에서 각각 보관, 유지, 저장되며 MS에 관

여떠한 키도 RS에서는 가지고 있지 않는다. 분산방식의 경우 인증받은 RS가 BS를 대신하여 MS에 관련 키를 관리하고 인증에 관한 정보를 가지게 된다.

BS와 인증받은 RS들은 보안구역(SZ: Security Zone)이라 지칭하고 서로 신뢰성 있는 관계를 유지한다. 새로운 RS가 SZ에 들어가기 위해서는 기존에 SZ 내에 있는 RS에게 인증을 요청하고 요청받은 RS는 BS에 Security Zone Key의 재료를 PKMv2 절차를 이용해 전달한 후 새로운 RS를 SZ에 합류시키게 된다. SZ 안에서의 통신은 이미 신뢰성 있는 관계가 유지되기 때문에 별도의 인증 없이 데이터 송수신이 가능하게 된다[8]. WiMAX MMR 기술을 해상통신망에 적용하기 위해서는 보안방식에서 기본적으로 BS를 중심으로 RS나 MS를 인증하는 체제를 해상환경의 고유의 특성상 고정된 BS가 존재하기 어려운 상황에 맞게 수정되어야 한다.

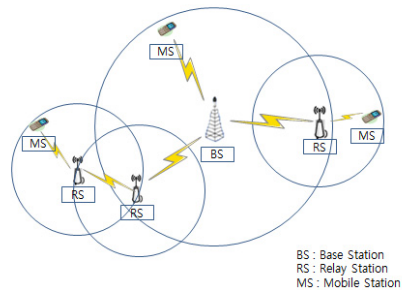


그림 3: WiMAX MMR(Mobile Multi-hop Relay)

## 3. 해상통신의 요구사항

아래의 표 1에서 육상자동차(VANET)와 해상선박의 통신환경에 대해서 서로 비교하였다. 서로 비슷한 특징들은 첫째, 노드 자원이 풍부하여 전력, 처리능력 등에 있어서 육상의 일반 통신노드와 별 차이가 없는 점이다[9]. 둘째, 주로 상호 전달되는 메시지가 도로나 해상에서 인적, 물적 사고나 천재지변에 관한 안전에 관련된 메시지가기 때문에 높은 신뢰성을 요구하므로 보안을 필수적으로 유지하여야 한다[10]. 셋째, GPS나 위성통신을 이용하여 노드의 위치를 획득하는 방법이 동일하다. 그리고 타 노드의 위치를 파악할 수 있는 방법을 갖추고 있다는 점도 유사한 점이다.

서로 다른 점은 첫째, 육상자동차 통신환경은 운전자의 성향이나 도로의 환경에 따라 노드의 이동 경로가 쉽게 바뀔 수 있지만 해상통신의 경우에는 이동시간과 연료의 경제성 때문에 이동경로가 거의 정해져 있다는 점이다. 둘째, 차량은 대체적으로 노드간의 간격이 좁고 밀도가 높기 때문에 낮은 전송 범위로도 지율망 형성이 가능하지만 해상에서는 선박의 위치(항구, 앞바다 또는 먼바다)에 따라 다른 길 하나 상대적으로 노드간의 간격이 넓고 밀도가 낮기 때문에 더 넓은 전송범위가 요구된다.

표 1: 육상과 해상 통신환경 특징비교

구 분	육상자동차 통신환경	해상 선박 통신환경
노드 이동성	고속 (~200km/h)	중속 (~80km/h)
노드 생산 단가	고가	고가
네트워크 토폴로지 변화	빠름	느림
노드의 밀도	높고 변화가 빠름	낮고 변화가 느림
노드의 전송 범위	1km(802.11p)	42km(VHF)
전력 자원	고 용 량 의 전 원 사용	고 용 량 의 전 원 사용
노드의 생명주기	차 량 의 상 태 에 의 존	선 박 의 상 태 에 의 존
컴퓨팅 능력	32bit 이상의 고속	32bit 이상의 고속
메시지의 전송과 내용에 대한 신뢰성 요구도	매 우 높 음 (주 로 안 전 과 관 련 된 메 시 지)	매 우 높 음 (주 로 안 전 과 관 련 된 메 시 지)
노드의 위치 획득 방법	GPS	GPS
노드의 이동 패턴	도 로 를 따 라 정 해 진 이 동 경 로 를 가 짐	항 로 에 따 라 정 해 진 이 동 경 로 를 가 짐

표 2: 해상통신의 요구사항

고려사항	내 용
보안이 취약한 무선통신	무선통신에 전적으로 의존하기 때문에 가로채기 도청에 특히 취약함. 다중 홉 연결시 더욱 그러함.
높은 외부 기간망 연결 비용	광대역 외부 인프라(위성, 육상 WiBro, WiMAX 등)와 연결에 드는 비용이 높음.
넓은 통신망의 규모	노드의 밀도가 상대적으로 낮아 자율망을 형성하기 위해서 넓은 전송범위가 필요함.

위와 같이 육상자동차 통신망(VANET) 환경과 서로 비교해 본 결과 고속의 해상통신을 하기 위해서는 표 2와 같은 사항이 요구됨을 알 수 있다.

#### 4. WiMAX MMR 확장 프로토콜

3장에서 제시했던 해상통신의 요구사항 3가지 가운데 통신비용 문제와 전송범위 문제를 WiMAX MMR 기술을 적용하여 해결하고자한다. 우선 해상통신은 이동하는 노드(선박) 내부에 있는 여러 단말 기기들이 서로 통신하는 상황이므로 WiMAX MMR의 이동형 서비스와 매우 흡사하다. WiMAX 자체의 넓은 전송범위(약 40~50 Km)는 노드의 밀집도가 낮은 해상통신망에 매우 적합하며, 이동하는 선박이 RS가 됨으로써 멀티 홉에 의한 망의 확장도 피할 수 있다. 그러나 기존 WiMAX MMR에서는 보안처리를 위한 프로토콜에서 연결되는 RS나 MS를 BS를 통해서만 인증이 가능하지만 해상통신망에 적용할 때는 망망대해에 BS를 설치하기가 매우 어렵기 때문에 보안을 위한 인증 프로토콜로 위의 BS를 통한 방식은 적용이 불가능하다. 따라서 해상통신망을 위해 확장된 WiMAX MMR 프로토콜을 새롭게 제안하고 4.1 절로부터 4.6 절에서 구체적인 예를 통해 제시한다.

이때 모든 노드(선박)들은 자신을 인증할 수 있는 AK(Authorization Key)를 출항 전 항구에서 기존의 육상 AS(인증서버)로부터 배정받는다는 점을 가정한다. 이 논문에서 제안하는 프로토콜에서 중심이 되는 대체-BS는 기존 육상의 BS 기능을 대신하기 하는 노드로서 하나의 SZ에서 육상의 AS와의 통신 성능이 가장 좋은 선박으로 설정된다. 무선통신매체(위성, WiBro, WiMAX 등)를 통해 육상의 AS와 연결되어 자율망의 형성, 참여, 탈퇴, 통합, 그리고 분리 등의 프로토콜을 수행할 때 각 노드에 대한 인증과 관리 기능을 수행한다. 마지막으로, 대체-BS와 육상의 AS와 통신할 때 사용되는 매체로 위성, WiBro, WiMAX, wLAN, 또는 VHF 등을 이용할 수 있으나, 먼 바다에서 사용 가능한 고속 데이터 전송 매체가 위성인 점을 감안하여 위성을 사용하는 것으로 가정한다.

4.1 최초 자율망 형성(create)

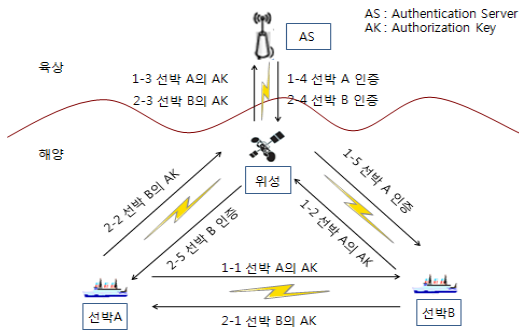


그림 4: 최초 자율망 형성과정

그림 4와 같이 RS가 되려는 선박이 인증과정 시도할 때, 선박 A는 선박 B에게 자신이 가지고 있는 인증키를 전송한다. 선박B는 위성 통신을 통하여 육상에 있는 AS에게 선박 A의 인증키를 전송한다. AS는 선박 A의 인증키를 가지고 안전한 선박인지 확인 후 확인 메시지를 선박 B에 전송한다. 이때 선박 B도 선박 A와 같은 방법으로 상대방의 선박을 인증한다. 인증이 완료된 두 선박은 각 선박의 위성통신과의 지연시간, 전송률, 에러율 등을 비교해 성능이 좋은 선박이 '대체-BS'(육상의 BS 기능을 대행하는 노드)로 설정된다. 설정된 대체-BS는 상대방 선박에게 설정된 확인 메시지를 전달하고 상대방 선박은 수신된 대체-BS 정보를 저장한다. 이 정보는 새로운 선박의 인증 요구 시 인증키를 AS에게 전송할 때 이용한다. 이렇게 함으로써 선박 A와 선박 B는 최초로 형성되는 WiMAX MMR 자율망의 SZ가 된다.

4.2 자율망 참여(join)

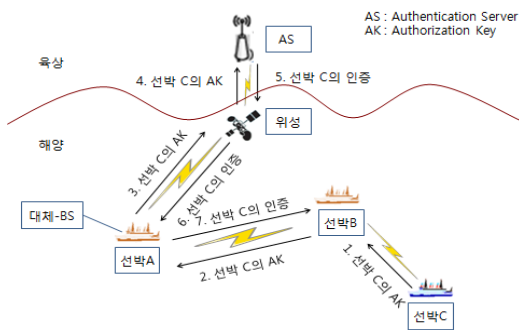


그림 5: 구축된 WiMAX MMR 망에 참여

그림 5와 같이 구축된 WiMAX MMR망에 새로운 선박이 참여하기 위하여 다음과 같은 과정을 거친다. 새로운 선박 C는 이미 WiMAX MMR의 SZ에 속한 선박 B에게 자신의 인증키를 전송하고 선박 B는 멀티 홉을 통하여 대체-BS에게 선박 C의 인증키를 전송한다. 대체-BS는 위성통신을 이용하여 육상의 AS를 통해 인증키를 확인하고 인증이 되면 선박 B에 확인 메시지를 보내어 SZ에 선박 C를 추가한다. 이 때 대체-BS인 선박 A와 새로 선택된 선박 C를 비교하여 육상의 AS와 통신 성능이 더 좋은 선박을 대체-BS로 선정한다. 새로 가입된 선박 C의 정보는 SZ에 속한 모든 선박에게 전달되어 경로배정 및 데이터 전송을 위해 사용된다.

4.3 자율망 탈퇴(leave)

선박은 주기적으로 자신의 위치와 진행방향, 속도, 자율망의 범위 등을 판단하여 특정 자율망에서 탈퇴할 것인지를 결정한다. 자율망에서 탈퇴하기로 결정되면 선박은 동일 자율망 SZ 내에서 가장 인근에 있는 선박에게 탈퇴 메시지를 전송한다. 탈퇴 메시지를 전달받은 선박은 멀티 홉을 통하여 대체-BS에 그 메시지를 전달하고 대체-BS로부터 확인 메시지를 다시 전달받아 탈퇴 선박에게 전송하고 SZ안의 모든 선박에게 탈퇴한 선박의 정보를 전달함으로써 탈퇴과정을 마친다. 이때 탈퇴 선박이 대체-BS인 경우 위성과의 지연시간, 전송률, 에러율이 가장 좋은 선박을 선정하여 대체-BS로 대체한다.

4.4 자율망 통합(merge)

그림 6과 같이 이미 구성된 다른 두 WiMAX MMR SZ에 속해 있는 두 선박B와 선박D가 전송 범위 안에 들어 왔을 경우 다음과 같은 과정을 통해 두 자율망을 통합한다. 선박B는 선박D에게 자신의 인증키를 전송하고 선박D는 선박B의 인증키를 Ad-hoc을 통하여 대체-BS를 거쳐 AS에 전달한다. AS는 선박D의 인증키를 통해 안전한 선박인지 확인 후 확인 메시지를 대체-BS를 통해 선박D에게 전송한다. 이 때 선박D도 같은 절차로 선박C를 인증하고 인증이 확인되면 두 WiMAX MMR SZ는

하나로 통합된다. 통합된 망에 대한 정보는 모든 선박에게 전달되어야 한다. 이때 두 대체-BS는 서로의 위성과의 응답시간, 전송율, 에러율 등을 측정해 성능이 더 좋은 대체-BS가 새로운 WiMAX MMR SZ의 인증관리를 하게 된다. 대체-BS가 새로이 설정되면 브로드 캐스팅을 통해 네트워크 전체에 대체-BS로 설정된 선박을 알린다.

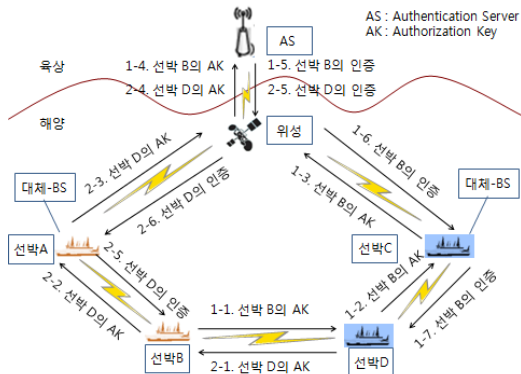


그림 6: 두 WiMAX MMR 자율망의 통합

4.5 자율망 분리(divide)

선박 한 척이 자율망에서 탈퇴하는 경우 그 선박이 자율망의 가장자리(edge)에 있는 경우 4.3의 자율망 탈퇴 과정을 거치지만 자율망의 내부(core)에 있는 경우 그 선박이 탈퇴할 때 자율망이 두 개로 분리될 수도 있다. 그림 7과 같은 자율망이 두 개로 분리될 때 자율망 가운데 대체-BS가 존재하고 있는 자율망은 그대로 유지되고 대체-BS가 속하지 않은 자율망의 경우는 4.3에서 언급한 대체-BS를

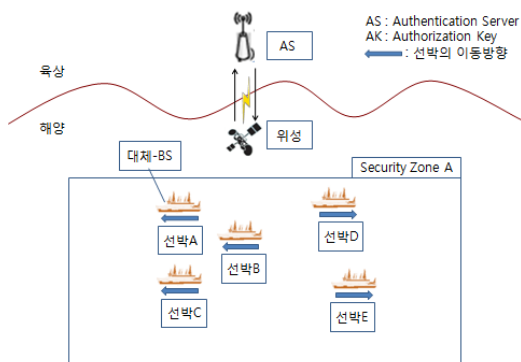


그림 7: 분리되기 이전 자율망

선정하는 방법을 통하여 새로운 대체-BS를 선정하고 그림 8과 같이 새로운 자율망을 형성한다. 각각 두 개로 분리된 자율망에 대한 정보는 소속되어 있는 모든 선박에게 알려져야 한다.

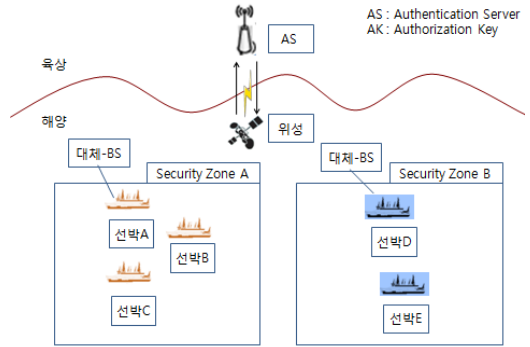


그림 8: 분리된 후 자율망

4.6 알고리즘

4.1~4.5절의 프로토콜을 정밀하게 표현하는 알고리즘을 아래의 그림 9와 같이 제시한다.

```
// 자율망의 생성, 통합
createAndJoinAndMerge(Nodelist NL)
{
    //NL은 가까운 거리순으로 정렬된 이웃 Nodelist
    for(전송범위안의 노드리스트 NL)
        NearNode = NL(i);
        if(NearNode.SZ == NULL) //이웃노드가 소속없음
            if(this.SZ == NULL)
                //이웃과 자신이 소속이 없음으로 Create
                send(NearNode, AKmessage); //인증키 전송
                if(send(AS, receive(NearNode), AKmessage))
                    send(NearNode, true);
                if(receive(NearNode))
                    if(this.comm > NearNode.comm)
                        //대체BS를 정하기 위한 성능비교
                        SZ = New SecurityZone();
                        SZ.대체_BS = this;
                        SZ.insert(NearNode);
                        mylink.insert(NearNode);
                        send(NearNode, SZ);
                        send(NearNode, this);
                    else
                        SecurityZone = receive(NearNode);
                        mylink.insert(receive(NearNode));
                else
                    send(NearNode, false); //인증 실패
            else //이웃은 소속없고 자신은 있을 때 Join
                if(sz.대체_BS == this)
                    bool apply = send(AS,
                        receive(NearNode), AKmessage);
                else
                    bool apply = send(SZ.대체_BS,
                        receive(NearNode), AKmessage);
                if(apply)
                    send(NearNode, true);
                    if(this.comm > NearNode.comm)
                        SZ.insert(NearNode);
                        mylink.insert(NearNode);
                        send(NearNode, this);
                        broadcast(SZ.list, SZ);
                    else // 새로운 Node가 대체_BS가 되는 경우
                        SZ.insert(NearNode);
                        SZ.대체_BS = NearNode;
                        mylink.insert(NearNode);
}
```

```

        send(NearNode, this):
        broadcast(SZ.list, SZ):
    else
        send(NearNode, false):
    else //이웃노드가 소속이 있는 경우
    if(this.SZ == NULL) //자신은 소속이 없으면
        send(NearNode, AKmessage):
        if( receive(NearNode) )
            SZ = receive(NearNode):
            mylink.insert(receive(NearNode)):
    else //이웃과 자신이 모두 소속이 있는 경우 Merge
        send(NearNode, AKmessageForMerge):
        if(SZ.대체_BS == this)
            bool apply = send(AS.receive(NearNode),
                AKmessage):
        else
            bool apply = send(SZ.대체_BS,
                receive(NearNode), AKmessage):
    if(apply)
        send(NearNode, merge):
        if(receive(NearNode))
            if( SZ.comm > R.SZ.comm)
                // 대체_BS가 있는 SZ로 통합
                R.SZ = receive(NearNode):
                SZ.insert(R.SZ):
            send(NearNode, this):
            mylink.insert(receive(NearNode)):
            broadcast(SZ.list, SZ):
        else // SZ의 정보만 업데이트
            send(NearNode, SZ):
            send(NearNode, this):
            mylink.insert(receive(NearNode)):
            SZ = receive(NearNode):
    }
// 자율망의 탈퇴, 분리, 소멸
leaveAndDivide()
{
for(SZ 내에 있는 각 노드에 대해)
if( SZ[i].gap < 노드전송범위 )
NearNode = SZ[i]:
if(NearNode.NoneBeaconCount > 3)
//beacon 메시지가 3회이상 없을시 leave
mylink.delete(NearNode):
if(NearNode.link <= 0)
SZ.delete(NearNode): //노드의 자율망 탈퇴
if(NearNode == SZ.대체_BS)
//사라지는 노드가 대체_BS인 경우 망 분리
SZ.대체_BS = SZ(0):
for(j = 0 to SZ.count)
if(SZ.comm < SZ(j).comm)
SZ.대체_BS = SZ(j):
broadcast(SZ.list, SZ):
if(this.linkCount == 0)
delete SZ: // 연결된 노드가 없으므로 SZ에서 탈퇴
}

```

그림 9: WiMAX MMR 확장 프로토콜

4.7 데이터의 전송(send/recv)

대체-BS는 위성을 통해 육상과 가장 성능이 좋은 상태에서 통신이 가능하지만 이 한 선박만을 통해 자율망의 모든 선박들이 외부망과 데이터 통신을 하려고 한다면 병목현상이 일어날 것이고 비용문제도 만만치 않을 것이다. 따라서 대체-BS는 오직 자율망 관리를 위한 인증에 관련된 데이터를 육상의 AS와 주고받을 때만 사용되게 한다.

대부분의 선박간의 데이터 통신은 선박간의 로컬 라우팅을 통해 이루어진다. 선박간에 송수신되는 데이터는 자율망 프로토콜 수행을 위한 데이터와 실제 정보를 담는 데이터로 나뉜다. 프로토콜을

위한 데이터와 실제 데이터를 구별하기 위해서 WiMAX MMR의 PDU 헤더부분에 1bit의 ‘응급’ 필드(Urgent field)를 추가한다. 이 필드가 0일 경우는 실제 데이터를 전송하고 1일 경우에는 위의 절차에 따라 인증을 위한 프로토콜을 진행하는 것을 표현한다. 이렇게 필드를 추가함으로써 자율망에서는 데이터 전송과 인증 처리를 동시에 진행할 수 있게 된다.

5. 결 론

이 논문에서는 광대역 해상통신망 구축을 위해 육상의 다중 홉 통신망을 적용했을 때 요구조건을 분석하고, 이에 가장 적절한 WiMAX MMR 기술을 적용하기 위한 확장 프로토콜을 제안하였다. WiMAX MMR을 적용하였을 때 생겨나는 문제점인 고정된 BS가 없는 해상 환경에 대한 해결방안으로 위성 통신을 이용한 대체-BS 설정으로 자율망 형성 등 관리 기능을 수행하는 프로토콜을 제시하였고, 여기에는 안전한 자율망 데이터 전송을 위한 인증 또한 대체-BS를 통해 같이 해결하였다.

후 기

본 논문은 한국해양수산기술진흥원(KIMST) 해양과학기술연구개발사업으로 수행된 연구결과임.

참고문헌

- [1] 문성미, 손주영, “이동 다중 홉 무선망 모델에 기반한 해양통신망을 위한 경로배정 보안 연구”한국마린엔지니어링학회, 한국마린엔지니어링학회지, 제33권 제1호, pp. 120-130, 2009.1
- [2] Yi Qian, Kejie Lu, and Nader Moayeri, “A Secure VANET MAC protocol for DSRC applications”, Proceedings of IEEE Globecom 2008, New Orleans, LA, 2008.
- [3] Jeremy J. Blum, Azim Eskandarian, and Lance J. Hoffman, “Challenges of Intervehicle ad hoc networks”, IEEE Transactions on Intelligent



Transportation Systems, vol. 5, no.4, 2004.

- [4] Saleh Yousefi, Mahmoud Siadat Mousavi, and Mahmood Fathy, "Vehicular ad hoc networks (VANETs) : Challenges and perspectives", 6th International Conference on ITS Telecommunications Proceedings, pp. 761-766, 2006.
- [5] Steven W. Peters and Robert W. Heath, JR., "The Future of WiMAX: Multihop Relaying with IEEE 802.16j", Communications Magazine, IEEE vol. 47, no. 1, pp. 104-111, 2009.
- [6] 이성춘, "Mobile multihop relay network", KRnet 2006, The 14th Korea Internet Conference, 2006.
- [7] 이용, 이구연, "IEEE 802.16j기반의 모바일 멀티 홉 릴레이에서의 혼합형 인증 기법에 대한 연구", 전자공학회 논문지 제 44권 TC편 제10호, 2007.
- [8] IEEE Standard, "IEEE Standard for Local and metropolitan area networks Part 16: Air Interface for Broadband Wireless Access Systems Amendment 1: Multiple Relay Specification", IEEE Std 802.16jTM 2009.
- [9] 심인보, 이재용, "센서 네트워크에서 무선채널 환경을 고려한 위치기반라우팅기법", 한국통신학회논문지 제34권 제7호(네트워크 및 서비스) pp. 649-758, 2009.
- [10] 광동용, 이소연, 윤현정, "V2X 네트워킹 기술 표준화 동향", TTA저널 2009권 124호 pp. 70-74, 2009.

## 저 자 소 개



### 손주영(孫周永)

1981년~1985년 서울대학교 계산통계학과 졸업, 1991년~1993년 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업 공학석사, 1993년~1997년 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업 공학박사, 1985년~1998년 LG전자(주) 미디어통신연구소 책임연구원, 1998년~현재 한국해양대학교 IT공학부 정교수. 관심분야: 고속 해양통신망 프로토콜, e-Navigation, MANET, VANET, WMN, WIMAX MMR.



### 이수환(李秀桓)

2004년~현재 한국해양대학교 IT공학부 컴퓨터정보공학전공 재학. 관심분야: MANET, VANET, WIMAX MMR