

차량용 무선통신기술(WAVE)의 해상적용에 관한 연구

강원식* · 전순배** · 김영두***†

*, ***, 선박안전기술공단, ** (주)이씨스

A Study on Marine Application of Wireless Access in Vehicular Environment (WAVE) Communication Technology

Won-Sik Kang* · Soon-Bae Jeon** · Young-Du Kim***†

*, ***, Korea Ship Safety Technology Authority, Se-jong, 30100, Korea

** eSSys Co., Ltd, Incheon, 21999, Korea

요약 : AIS는 상대선박의 식별 및 정보 등의 전송을 담당하는 주요 항해통신설비이지만, 최근 AIS 활용도의 증가로 과부하 문제 등 문제점이 대두되고 있다. 정부는 SMART-Navigation 사업 추진의 일환으로 연안 100 km에 무선 LTE망을 도입하는 계획을 수립 중에 있고 해양사고예방 및 환경보호 등 주요 목표를 달성하기 위해서는 이러한 Platform 위에 이용 가능한 서비스의 지속적인 개발·보급이 필요할 것이다. 본 연구에서는 이러한 서비스 개발의 기반이 될 수 있는 차량용 무선통신기술(WAVE)을 해상에 적용하고자 실선 해상실험을 통해 WAVE 환경성능 평가를 실시하였다. 연구 수행 결과, 도로교통에서는 최대 1 km 내로 서비스가 제한되었지만 해상에서는 약 5마일 정도의 통신범위에서 신뢰성 높은 Data 전송이 가능한 것으로 도출되었다. 이러한 실험 결과에 따라 추가적인 연구를 통해 충돌 회피 및 선박간 해양안전정보 전송 등 해양사고 예방에 WAVE 통신기술이 다양하게 활용 될 것으로 기대된다.

핵심용어 : WAVE, 해상적용, AIS, 해양사고, SMART-Navigation

Abstract : AIS is the most important navigation equipment for the identification of other ships, etc. However, the AIS overload problem has been raised recently due to an increase in AIS equipped vessels. The government is planning to introduce the wireless LTE network at 100 km offshore as part of the SMART-Navigation project. Continuous development and dissemination of the services available through such platforms will be necessary to achieve major goals such as marine accident prevention and environmental protection. In this study, we applied a WAVE communication system, which could be the basis for the development of such services. As a result, reliable data transmission was confirmed for a range of communication of approx. 5 miles, although the service was limited to 1 km in road traffic. Therefore, it is expected that WAVE communication technology will be used to prevent marine accidents through such efforts as collision avoidance and the transfer of marine safety information between ships.

Key Words : WAVE, Application to Marine Environment, AIS, Marine Accident, SMART-Navigation

1. 서론

2015년 선박등록척수는 약 76,000척으로 2006년 선박등록척수 93,000척보다 약 17,000척 감소하는 등 최근 10년 동안 선박등록척수는 꾸준히 감소하고 있으나 해양사고 발생률은 2006년 0.93%에서 2015년 3.09%로 지속적인 증가세를 보이고 있다(KMST, 2016). 해상교통에서는 Radar, ECDIS와 AIS 등의 장비가 항해안전을 위해 주로 활용되고 있으며 그 중

AIS는 상대선박의 식별, 상대선 정보 등의 전송을 담당하는 주요 항해통신설비라고 할 수 있다. 하지만, AIS 탑재선박의 증가, AIS 정보를 활용한 응용서비스 증가 등으로 인해 AIS 통신량이 점점 증대되고 있어 AIS 과부하 문제는 선박의 안전운항에 있어 해결이 필요한 주요 과제로 떠오르고 있다 (Lee et al., 2013).

국제해사기구(IMO)에서는 해양안전확보 및 해양환경보호 등을 위해 수많은 논의를 거쳐 2014년에 e-Navigation 전략이 행계획의 채택을 시작으로 e-Navigation의 도입을 추진하고 있다. 우리나라 정부에서는 국제해사기구(IMO)의 e-Navigation

* First Author : wskang84@kst.or.kr, 044-330-2302

† Corresponding Author : hanbada@kst.or.kr, 044-330-2300

개념에 어선 및 연안 소형선을 대상으로 한 서비스 제공을 추가하여 우리나라 해상환경에 특화된 SMART-Navigation 사업을 추진 중에 있으며, 특히, 100km 연안에 무선 LTE망을 도입하는 등 해상에서의 무선통신환경 구축을 주요 사업으로 추진하고 있다(SMART Navigation Project, 2016). 다만, 기본적으로 제공되는 IMO 필수서비스 및 한국형 e-Navigation 서비스가 있지만 해양사고예방 및 해양환경보호 등을 위해서는 이러한 Platform 위에 이용할 수 있는 서비스를 지속적으로 개발 및 보급하여야 할 것이다. 한편, 도로교통에서는 최근 교통과 IT기술을 융합한 차세대 지능형교통정보시스템(C-ITS) 시범사업을 활발하게 진행하고 있으며 무선통신기술인 ‘차량용 무선통신기술(WAVE)을 기반으로 다양한 서비스 제공을 목표로 하고 있다(Kim, 2015). 철도교통에서도 최근 차량용 무선통신기술(WAVE)의 철도 적용을 위한 성능검증 연구를 시행하는 등 WAVE 무선통신기술에 대한 검토가 이루어지고 있다(Kim et al., 2016). WAVE 통신기술은 LTE와 달리 Device to Device 통신이 가능한 통신기술이며 정보에 대한 보안이 우수하고 기본적으로 차량 등 이동하는 물체에 대한 통신을 대상으로 하고 있어 교통 환경에 적용하기 적합한 통신기술이라고 할 수 있다.

본 연구에서는 도로교통에서 적용하고 있는 차량용 무선통신기술을 대상으로 해상실험 등을 통해 해상 적용 방안에 대한 연구를 수행하였다.

2. 차량용 무선통신기술(WAVE)

차량용 무선통신기술(WAVE, Wireless Access in Vehicular Environments)은 도로교통과 IT 기술의 융합으로 V2V(차량과 차량, Vehicle to Vehicle), V2I(차량과 인프라, Vehicle to Infrastructure) 통신을 지원하여 도로환경 및 차량의 안전을 확보하는 통신서비스이다. 도로 교통에서는 일찍이 도로 안전 향상을 목표로 하는 교통과 IT 기술을 융합한 V2V, V2I간의 통신인 V2X에 주목을 하였으며 미국, 유럽, 일본, 한국 등 V2X 관련 기술을 주요 선진국에서는 프로젝트를 통해 기술의 실효성을 검증해 오고 있다(Korea Communications Agency, 2014).

WAVE 통신기술은 Wi-Fi 기술을 근간으로 하고 있으며 데이터 전송속도를 반으로 줄이는 대신 통신의 신뢰성을 높이고 옥외용 환경에서 정확하게 전달하는 것을 목표로 하는 정확도 높은 통신기술이라 할 수 있다(Lee et al., 2011).

WAVE는 미국이 지능형 교통체계를 국가사업으로 추진하면서 IEEE 그룹에 차량간 통신을 위한 WG(Working Group)을 형성하여 802.11p WG과 1609.x WG이 합쳐져 생긴 명칭이다. WAVE는 고속(120 km/h)으로 주행하는 상황에서 차량간 간

통신 V2V(Vehicle to Vehicle), 차량과 인프라 통신 V2I(Vehicle to Infrastructure)를 통한 실시간 교통정보수집, 교통체증해소, 갑작스러운 기상 악화로 인한 교통통제, 차량의 사고로 인한 사고 전파 서비스, 차량접근, 충돌 가능성 알림 등 다양한 서비스를 운전자에게 제공하는 것이 WAVE 기술의 주된 목표이다(Jang, 2016).

우리나라 “C-ITS(Cooperative-Intelligent Transport System) 차세대 지능형 교통시스템”에서는 도로안전과 교통 환경을 원활하게하기 위한 목적으로 차량과 차량 그리고 차량과 도로변 기지국 사이에 WAVE 단말기를 설치하여 시범사업을 수행 중에 있다.

2.1 WAVE 통신기술의 도로교통 적용

최근에 교통안전과 경로계획, 혼잡회피와 같은 다양한 안전서비스를 지원하기 위한 C-ITS(차세대 지능형교통시스템) 분야에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. C-ITS는 기본적으로 차량, 도로 그리고 무선통신으로 구성되는 체계로서 차량에 설치되는 OBU(On Board Unit), 도로에 설치되는 RSE(Road Side Equipment) 및 차량과 도로가 통신 할 수 있게 해주는 무선통신 WAVE(Wireless Access in Vehicular Environment)로 불리는 3가지 기술이 다양한 서비스를 제공할 수 있는 기반시설의 역할을 수행하게 된다(Hong et al., 2015).

C-ITS의 주요 구성요소가 완성되고 차량과 차량, 차량과 인프라 간의 통신이 가능해지면 이러한 통신 메시지에 대한 표준이 필요하게 될 것이다. 이를 위해서 각국 및 국제기구 등 다양한 조직에서 메시지 표준화를 위한 작업이 이미 진행되고 있다(Kim, 2015).

또한, 최근에는 WAVE 통신기술과 LTE 통신기술의 장점을 병합하여 WAVE 통신+LTE 하이브리드 V2X 형태의 통신 기술을 연구·개발 중에 있어 보다 다양하고 제한 없는 서비스의 제공이 기대되고 있다.

2.2 WAVE 통신기술의 철도 적용

최근 열차사고, 교통 혼잡 등의 문제로 고속 환경에서도 데이터 처리가 끊이지 않고 대용량의 신뢰성이 높은 철도무선통신시스템 구축에 대한 필요성이 대두되고 있다. 철도교통에서의 무선통신은 철도관제사와 기관사 사이의 음성통신이 주로 사용되어 왔으나, 최근에는 열차제어 및 IT 서비스 제공을 위한 데이터 통신시스템이 활발하게 도입되고 있다(Kim, 2013).

최근에는 4세대 이동통신 기술인 LTE를 기반으로 철도에 특화된 다양한 서비스를 제공하는 지능형 철도시스템(IRIS, Intelligent Railway Integrated(LTE-Rail Operation) System)이 개발되었고, 한국철도기술연구원에서는 철도전용 통합무선망 연

구 과제를 통해 Wireless 열차제어시스템 통신 관제용 통합 무선망 개발 등을 추진하였다(Kim et al., 2014).

철도용 무선통신은 통신망의 안전성이 매우 중요하고 패킷 전송시 패킷 손실을 최소화 하여야 한다. 해당 연구에서는 WAVE 통신 기술의 철도분야 적용 가능성을 검토하기 위해 철도시험선 및 전동차에 WAVE 통신시스템을 구축하고 통신성능 시험평가를 수행하였다. 통신성능 평가를 위해서 LTE 기반 철도통신시스템의 통신성능 요구사항을 참조하여 평가를 수행한 결과 설정한 기준치를 대부분 만족하는 것으로 나타나 철도교통 분야에서도 WAVE 통신의 적용이 충분히 가능한 것으로 분석하였다(Kim et al., 2016).

3. WAVE 통신기술의 해상적용 방안

해상에서 항행안전을 위한 보조기기로 ECDIS, Radar 및 AIS 등이 활용되고 있다. 그 중 AIS는 선박과 선박 간, 선박과 연안기지국 간의 항해 관련 데이터 통신을 위한 시스템으로 활용되고 있다. 하지만, 선박이 집중되는 항만에서 종종 통신 과부하로 인한 끊김 현상이 발생하고 있어 이에 대한 해결방안이 요구되고 있다. 최근 정부에서는 국제해사기구(IMO)의 e-Navigation 전략이행 계획 등에 맞춰 한국형 e-Navigation 사업을 추진하고 있고 VTS 정보서비스, 항해지원서비스, 해상 안전정보 서비스 등 IMO에서 규정한 필수서비스와 LTE-M을 바탕으로 사고 취약 선박 모니터링 지원 서비스, 선내시스템 원격 모니터링 서비스 등 한국형 e-Navigation의 주요 서비스를 제공할 예정이다(SMART Navigation Project, 2016).

다만, LTE의 경우 Device to Device 통신이 되지 않고 해상 특성상 섬이나 암초 등이 없을 경우에는 원거리의 연안 기지국을 의존해야하는 한계가 있기 때문에 선박과 선박 간 직접 통신이 필요한 서비스의 경우는 다른 통신 수단을 사용하여 할 수도 있다. LTE 통신환경이 이미 구축된 도로 교통과 C-ITS에서도 WAVE 통신을 주요 통신기술로 활용하고 있는 것은 많은 시사점을 내포한다고 볼 수 있다.

WAVE 통신은 Device to Device 통신이 가능하고, 통신 보안이 우수하며 사용료가 없고 고속이동 통신에 적합하며 전송주기가 100 msec으로 신뢰성 높은 통신이 가능하다는 장점이 있으나 통신거리가 짧다는 단점이 있다. 도로 교통 통신 요건에 따라 통신거리는 최대 약 1 km로 적용하고 있으나 실제 도로 환경에서 최대 전송거리는 약 700 m 정도로 평가된다. 도로와 해상의 가시선(LOS, Line Of Sight) 환경은 상당히 차이가 있고 도로교통에 비해 해상교통에서 장애물이 확실히 적기 때문에 최대 전송거리는 그보다 나올 것으로 판단되지만 환경외력에 따른 선박의 횡요, 수면반사, 습도 및 선박 안테나 간 고도차 등 통신에 방해가 되는 요인들이 존






재하기 때문에 본 연구에서는 실선 실험 등을 통해 WAVE 통신기술의 해상적용 가능성을 검토해 보고자 한다.

3.1 WAVE 통신기술 해상적용 시험 요건

WAVE 통신기술의 해상적용 시험은 선박의 해상 운항 중 수신되는 전파수신레벨 및 통신영역을 확인 하는 것으로 진행된다. 통신영역은 웹상의 해상 지도를 바탕으로 측정 단말기에서 정상 수신된 데이터 지점을 맵에 표시를 하고, 데이터 전송이 성공한 거리를 측정하여 통신가능 거리를 추정하였다.

Table 1은 RSSI Standard의 분류기준이며 RSSI는 Received signal strength indicator의 약자로 IEEE 802.11-20112 standard에 정의되어 있는 기준이다.

Table 1. Classification of RSSI Standard

Classify	RSSI Standard
	0 ~ -87 dBm
	-87 ~ -91 dBm
	-91 ~ -93 dBm
	-93 ~ -97 dBm
	-97 dBm ~

3.2 통신환경 구축

해상 환경에 대한 WAVE 환경 성능 평가를 위해 인천 영흥도와 목포 북항 인근 해역에서 각각 실선 시험을 실시하였으며 Fig. 1은 2차례 실선 실험을 실시한 목포 북항 인근 해역이다.

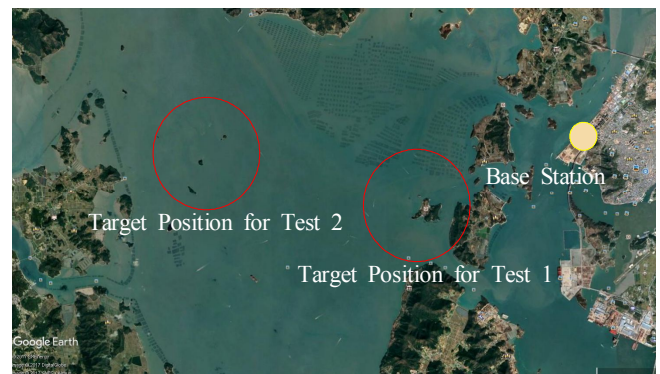


Fig. 1. Test Area: near Mok-po North Port.

일반적으로 도로교통에 적용되는 WAVE 안테나는 차량용 샤크안테나를 사용하고 있으나 해상에 적용하는 안테나는 전방위 옴니 안테나를 사용하여야 하므로 이에 대한 테스트를 병행하여 실시하였다. 해당 지역을 운항하는 선박 2척에 선박간 통신거리 측정을 위한 WAVE 단말기와 옴니 안테나를 장착하였다. Ship to Ship 해상 성능 측정 방법은 운항속도 16 knots 이하에서 통신 영역 판단기준 PER 10% 이상 구간을 기준으로 한다. 거의 모든 통신에서 수신기 신호 감도는 10% PER로 측정되며 이는 패킷의 90% 이상이 수신된다는 것을 의미한다. 본 연구에서는 해상에서 WAVE 통신환경 시험을 위해 이러한 기준을 사용하였다.

Table 2는 이러한 해상실험을 위해 적용한 기본적인 조건들을 나타낸 표이다. 해상 실선 실험을 수행할 당시 풍속은 약 15 kts, 파고는 약 1.0~1.5 m 정도였다.

Table 2. Environmental Conditions of Real Ship Test

Ship	Vessel	A	B
	Ton	9.77 ton	9.77 ton
	Length	14 m	15.1 m
	Type	Fishing Vessel	
	Antenna Height	6 m	5.5 m
	Speed	Max. 16 knots	
Sea	Weather	Cloudy	
	Wind Speed	15 kts	
	Wave	1.0 ~ 1.5 m	
Communication	Antenna Type	9 dBi Omni Antenna	
	Power Level (TX)	20 dBm	

OBU 안테나 장착위치는 Fig. 2와 같이 일반적으로 선박의 항해통신기기 안테나가 위치하는 선박 구조물 최상단으로 하였다.



Fig. 2. Location of the WAVE Antenna.

두 선박 간 최대 통신거리를 측정하기 위해 다음 두 개의 시나리오를 바탕으로 실험을 수행하였다. Fig. 3는 정지하고 있는 선박 A에 선박 B가 접근하고 멀어지는 과정에서 선박 간 최대 통신거리를 측정하는 시나리오를 나타낸다. Fig. 4는 A와 B 선박이 섬 등과 같은 장애물을 사이에 두고 나란히 항해하면서 측정되는 최대 통신거리를 평가하는 시나리오이다.

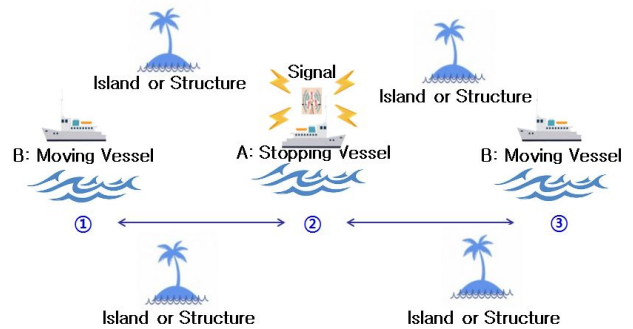


Fig. 3. Scenario of Real Ship Test 1.

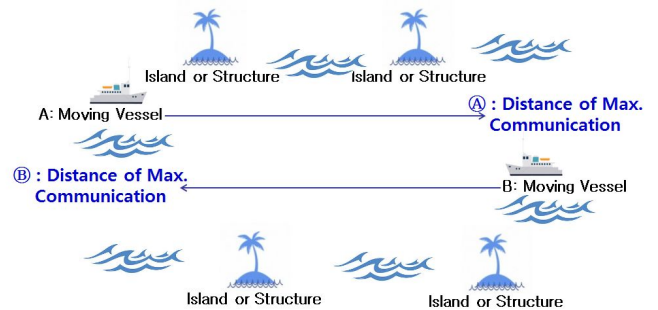


Fig. 4. Scenario of Real Ship Test 2.

4. 평가 결과 분석

4.1 통신거리평가 결과

첫 번째 실험 장소에서 선박 A와 선박 B가 각각 움직이거나 정지하면서 데이터를 전송하고 수신할 때 통신영역 판단 기준 PER 10% 이상 구간에 따른 최대 통신거리를 측정하였고 그 값은 Table 3과 같다. 첫 번째 회차에서 선박 B가 전송한 데이터에 대한 선박 A의 데이터 수신 최대 가능 거리는 약 9,000 m로 나타났다. 두 번째 회차에서는 선박 A가 정지해 있으면서 선박 B에 데이터를 전송하였고 선박 B는 섬 사이로 이동하면서 전송된 데이터를 수신하였다. 섬 사이에 진입하여 NLOS 환경에 처해 있을 때 데이터 수신이 제한되는 것으로 분석되었다.

차량용 무선통신기술(WAVE)의 해상적용에 관한 연구

Table 3. Evaluation Result of Test 1

No.	Condition		①	②	③	④
1	Vessel		8,325 m	8,483 m	9,067 m	8,830 m
	B (TX)	A (RX)				
2	Vessel		3,675 m	3,619 m	- (Data Loss)	
	A (TX)	B (RX)				

두 번째 실험은 두 선박이 같은 지점에서 출발하여 작은 섬을 사이에 두고 점점 멀어지면서 데이터의 수신 최대 가능거리를 측정하였다. Fig. 5는 두 선박 사이의 데이터 수신 결과를 나타내며 왼쪽에서 출발한 A 선박의 수신 데이터에 대해 RSSI Standard 분류에 따라 색깔로 표기하였다.

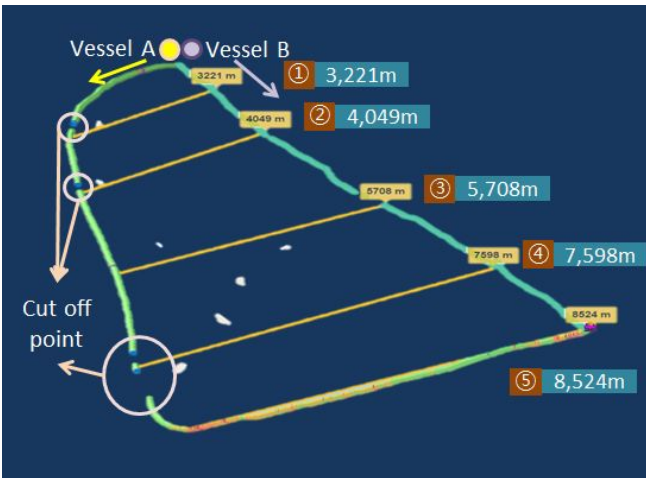


Fig. 5. Evaluation Result of Test 2.

Fig. 5에서 나타내는바와 같이 두 번째 실험에서 두 선박의 데이터 최대 수신 가능 거리는 약 8,500 m로 나타났으나 두 선박 사이에 섬과 같은 장애물이 존재할 때 데이터 수신율은 현저하게 떨어지는 것으로 분석되었다.

4.2 해상적용방안 검토

도로교통에서 적용되는 WAVE 통신은 앞에서 언급한 바와 같이 Device to Device 통신이 가능하고, 통신 보안이 우수하며 사용료가 없고 고속이동 통신에 적합하며 전송주기가 100 msec으로 신뢰성이 높은 통신임에는 틀림이 없으나 해상에 적용하기에는 통신거리가 지나치게 짧다는 단점이 존재하였다. 본 연구에서는 WAVE 통신을 해상에 적용하기 위해 실선실험을 통하여 데이터의 최대 수신 가능 거리를 측정하였고 최대 8~9 km까지 데이터의 전송과 수신 가능한 것으로

평가하였다.

현재 해상에서 항해안전 등에 가장 많이 사용되고 있는 통신수단은 AIS이며 서두에 언급한 바와 같이 과부하 등 산적한 문제가 있기 때문에 개선이 필요한 상황이다. Table 4는 본 연구 결과에 따라 해상에 WAVE 통신을 적용할 경우 전송 가능한 최대 가능 거리를 포함하여 AIS와 WAVE를 비교·분석한 내용이다.

Table 4. A Comparative Analysis of WAVE and AIS

	WAVE	AIS
Frequency	5.8 GHz	161.975 MHz
Power	less than 100 mW	2 ~ 12.5 W
Transmission Period	100 msec.	2 sec. ~ 3 min. (depending on vessel speed)
Transmission Distance	Max. 5 miles	Approx. 50 miles
Security	IEEE 1609.2	-

해상에서 Ship to Ship이 가능하고 약 5마일 정도의 통신범위에서 신뢰성이 높은 Data 전송 수단은 충돌, 좌초, 접촉 등 해양사고의 경보와 충돌 회피 등 다방면으로 활용이 가능할 것으로 판단된다. 또한 e-Navigation의 도입에 따라 해상에 LTE-M 구축이 완료될 경우 다양한 서비스의 적용 등으로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

5. 결 론

최근 10년 동안 선박등록척수 대비 해양사고 발생률은 꾸준히 증가하고 있다. 해상교통에서 다양한 장비가 활용되고 있으나 그 중 AIS는 상대선박의 식별, 상대선 정보 등의 전송을 담당하는 주요 항해통신설비라고 할 수 있다. 하지만, AIS 탑재선박의 증가, AIS 응용서비스 증가 등으로 인해 AIS 과부하 문제가 해결이 필요한 주요 과제로 떠오르고 있다.

국제해사기구(IMO)에서는 e-Navigation의 도입을 추진하고 있으며 우리나라는 우리나라 해상환경에 특화된 SMART-Navigation 사업을 추진 중에 있다. 특히, 100 km 연안에 무선 LTE망을 도입하는 등 해상에서의 무선통신환경 구축을 주요 사업으로 추진하고 있고 해양사고예방 및 해양환경보호 등의 주요 목표를 효과적으로 달성하기 위해서 이러한 Platform 위에 이용 가능한 서비스를 지속적으로 개발·보급하여야 할 것이다.

이에 따라, 본 연구에서는 차세대 지능형교통정보시스템(C-ITS) 등 도로교통에서 오랜 기간 동안 시범사업 등을 거쳐

이미 어느 정도 검증이 완료된 차량용 무선통신기술(WAVE)을 해상환경에서 적용하는 연구를 수행하였다. WAVE 통신 기술은 LTE와 달리 Device to Device 통신이 가능하고 통신보안이 우수하며, 사용료가 없고 고속이동 통신에 적합하며 전송주기가 100 msec으로 신뢰성이 높은 통신기술이다. 다만 도로에 적용되는 전송거리는 최대 약 1km이고 통상적으로 500~700 m 정도로 활용되고 있어 해상에 적용하기가 쉽지 않은 측면이 있다. 하지만, 본 연구에서 WAVE 단말기를 실선에 탑재하여 실선실험을 통해 데이터의 최대 수신 가능 거리를 측정된 결과 최대 8~9km까지 데이터의 안정적인 전송과 수신이 가능한 것으로 평가되었다.

WAVE 통신은 별도의 기지국 없이 Ship to Ship 통신이 가능하고 본 연구 수행 결과, 약 5마일 정도의 통신범위에서 신뢰성이 높은 Data 전송이 가능하기 때문에 충돌, 좌초, 접촉 등 해양사고의 경보와 충돌 회피 등 다방면으로 활용이 가능할 것으로 판단된다. 또한 e-Navigation의 도입에 따라 해상에 LTE-M 구축이 완료될 경우 다양한 서비스의 적용 등으로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

다만, 현재 WAVE 통신은 표준 등이 도로교통에 적합하게 구축되어 있기 때문에 이를 활용하기 위해서는 다양한 실험 등을 통해서 해상에 적합한 표준을 개발하여 적용할 필요가 있을 것으로 판단된다.

후 기

본 논문은 선박안전기술공단 “중소형선박 충돌 예방을 위한 경보시스템 개발” 연구의 일환으로 수행되었습니다.

References

- [1] Hong, I. K., H. S. Lee and Y. D. Sim(2015), C-ITS and Smart Car Technology Trends and Prospects, The Global Network of Korean Scientists & Engineers, Weekly Technical Trend (2015.6.10.), pp. 2-3.
- [2] Jang, S. H.(2016), Network Simulator Engine Design And Implementation of a Communication Environment Suitable for WAVE, The Graduate School of Hanyang University, pp. 4-6.
- [3] Kim, K. B., S. H. Ryu and K. H. Choi(2016), Performance Verification of WAVE Communication Technology for Railway Application, Journal of the Korean Society for Railway, Vol. 19, No. 4, pp. 456-467.
- [4] Kim, S. H.(2013), Railroad Wireless Communication Network Construction: Status of Domestic and Foreign and Implication, Korea Information Society Development Institute, 25(9), pp. 1-39.
- [5] Kim, Y. A.(2015), A Study on Collision Avoidance System based on WAVE Communication, The Graduate School of Korea National University of Transportation, pp. 6-11.
- [6] Kim, Y. K., Y. S. Song, K. H. Kim and S. H. Chang et al.(2014), Wireless Network For Railway (LTE-R) Final Research Report, Korea Railroad Research Institute.
- [7] Korea Communications Agency(2014), V2X Communications, Emerged as a Key Technology in Intelligent Transport System, Trends and Prospects (Trend Focus), Vol. 73, pp. 42-44.
- [8] KMST(2016), Korean Maritime Safety Tribunal, Marine Accident Statistics (2006-2015), www.kmst.go.kr.
- [9] Lee, S. J., J. S. Joeng, M. Y. Kim and G. K. Park(2013), A Study on Real-Time Message Analysis for AIS VDL Load Management, Journal of Korean Institute of Intelligent Systems, Vol. 23, No. 3, pp. 256-261.
- [10] Lee, S. Y., H. G. Jeong, D. K. Shin, K. T. Lim and M. H. Lee(2011), Performance Evaluation of WAVE Communication System for the Next-Generation ITS, Journal of Korea Navigation Institute, Vol. 15, No. 6, pp. 1059-1067.
- [11] SMART Navigation Project(2016), Introduction of SMART-Navigation Project and Project activities etc, www.smartnav.org.

Received : 2018. 04. 11.

Revised : 2018. 05. 28.

Accepted : 2018. 06. 27.