

무인선의 무선통신환경에 관한 연구

홍신표* · 정종원* · 이치원* · 이호식* · 최한우* · 박인홍*

*(주)지엠비 기술연구소

A Study on the Environment of USV Wireless Communication

Sinpyo Hong*, Jong Won Jeong*, Chi Won Lee*, Ho Sik Lee*, Han-Woo Choi* and In-Hong Park*

*R and D Center, General Marine Business Inc., Ulsan, Korea

KEY WORDS: Wireless communication 무선통신, Unmanned surface vehicle 무인선

ABSTRACT: Unmanned surface vehicles (USVs) conduct various missions while exchanging information with control centers. Maritime security, coastal surveillance, and sea surface and undersea inspections are included in the important missions of USVs. To carry out these missions, large amounts of information are required from sensors, such as cameras, radars, and sonars. High bandwidth wireless communication is necessary to send this information to the control center in real time. In general, USVs are made using small boats. The motions of small boats are easily influenced by sea waves and the magnitude of changes in the attitude is large and the period of the changes is short in comparison with large ships. Thus, the direction of an antenna beam pattern for a wireless communication system in a USV can change rapidly, and with a large magnitude. In addition, since the reflection of electromagnetic waves on the sea surface is not negligible, the effect of multipath noises on the wireless communication system must be considered carefully. There are also several other elements that negatively affect wireless communication systems in USVs. This paper presents the wireless communication environment to be considered in the design and implementation of wide bandwidth communication systems for USVs. Short test results for wireless communication on the sea are also given.

1. 서 론

위험하거나 불편한 해상작업은 유인선보다는 무인선이 수행하는 것이 적합할 경우가 많다. 특히, 해상조난구조 작업이나 장기간에 걸친 해상경계 및 관측 작업 등은 무인선을 적용할 수 있는 좋은 예이다. 그러나 무인선을 민간분야에서 실용화하기 위해서는 무인선의 운용에 관한 입법조치가 먼저 취해져야 한다. 따라서 무인선의 민간분야에서의 많은 적용 가능성에도 불구하고 현재는 응용사례가 드물다.

반면에 무인선은 군사 분야에서 활발히 연구 개발되고 있으며 실전에도 적용되고 있다. 무인선을 비롯한 무인기, 무인차 등으로 구성된 무인체계는 임무수행에 있어 부상, 생포, 또는 사망의 위험을 줄이고 병력의 효율을 높일 수 있다. 또한, 지뢰 및 기뢰 탐지, 정보수집, 목표물 정밀지정, 생화학 방사능 등 위험물질 탐색, 통신 및 정보중계 등 군사적으로 여러 가지 역할을 수행할 수 있다.

최근 첨단 기술의 발달에 따라, 인명피해를 줄이고 다양한 작전을 수행할 수 있는 무인체계에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 무인체계의 현황과 앞으로의 개발 방향을 알아 보기위해, 군용 무인체계개발에 있어 세계적으로 가장 앞선 미국의 예를 살펴본다. 미국은 2006년 10월 현재 이라크 전쟁에서, 무인 항공기가 작전지원을 위하여 약 40만 비행시간을 기록하였고, 무

인차량은 일반 천회 이상 급조폭발장치(Improvised explosive device: IED)에 대처하였으며, 무인해양시스템(무인 잠수정 및 무인선)은 항구의 보안을 담당하였다(Office of the Secretary of Defense, 2007).

이러한 무인체계의 성공적인 임무수행의 결과에 따라, 미군은 2007년에서부터 2032년까지 향후 25년간의 무인체계의 개발 및 적용을 추진하고 있다. 이에 따라 무인기, 무인차, 무인선 및 무인잠수정 등의 각각의 로드맵과 마스터플랜을 통합미군무인체계 로드맵에 편입하였다. 육·해·공의 무인시스템을 유기적으로 묶은 통합로드맵은 향후 무인체계의 개발과 기술의 우선순위와 재원확보에 관한 계획이며, 무인체계의 가장 시급한 임무로서 정찰 및 감시, 목표물 확인 및 위치지정, 지뢰 및 기뢰 대응, 화생방 위험물 정찰 등 네 가지를 제시하였다.

무인선은 관제소와 정보를 교환하며 여러 종류의 임무를 수행한다. 특히, 해상 경계, 정찰, 그리고 해상 및 해저 지형탐사 등은 무인선의 중요임무에 속하며, 이러한 임무를 수행하기 위해서는 카메라, 레이더 및 소나 등으로부터 얻어지는 대용량의 정보가 필요하다. 이러한 정보를 실시간으로 관제소로 보내기 위해서는 빠른 무선통신속도가 요구된다.

일반적으로 무인선은 크기가 작은 소형선박으로 제작된다. 소형선은 대형선에 비하여 파도의 영향을 크게 받으며 자세의 변화가 심하고, 변화의 주기도 짧다. 따라서 소형선에 설치된 무

교신저자 홍신표: 울산광역시 남구 선암동 586-1, 052-270-3559, sphong@gmbmarine.com

선통신용 안테나의 전자파는 빔패턴의 방향이 급격하고 크게 변할 수 있다. 또한, 해수면은 전자파를 쉽게 반사시키므로, 해상 무선통신시스템에는 다중경로 신호에 대하여 신중하게 고려할 필요가 있다.

이들 이외에도 해상환경은 무인선의 무선통신 시스템에 불리하게 영향을 주는 요소가 여러 가지 있으며, 특히 고속 무선통신 시스템을 설계 및 운영을 할 때에는 많은 주의가 요구된다. 본 논문에서는 소형 무인선의 고속 무선통신 시스템의 구축이나 설계 시에 고려해야 할 무인선의 무선통신환경에 관하여 기술하였다.

2. 무선통신시스템 선정 시 일반적인 고려사항

무선통신시스템을 구축하기 위해서는 고려해야할 사항들이 많이 있지만, 간략하게 다음과 같은 것 들을 들 수 있다.

- 주파수: 통신임무, 통신특성, 통신표준, 통신법 등을 고려하여 주파수와 대역폭을 결정할 필요가 있다.
- 변조 방식: 무선신호의 변조에는 다양한 방법이 있으며, 각각의 변조 방식은 고유한 특성을 갖고 있다. 고속 무선통신에는 Direct sequence spread spectrum(DSSS), Frequency hopping spread spectrum(FHSS), 그리고 Orthogonal frequency division multiplexing(OFDM) 등과 같은 방식이 많이 쓰인다. 통신 환경 및 임무의 특성에 따라 적합한 변조 방식을 취할 필요가 있다.
- 요구 통신 속도: 통신 속도는 주어진 임무와 통신환경, 통신거리, 그리고 통신장비의 실효전송속도를 감안하여 결정할 필요가 있다.
- 통신 프로토콜: 계층별로 다양한 프로토콜이 있으며, 각각의 프로토콜은 고유한 특성을 갖고 있다. 통신환경 및 임무의 특성에 맞는 프로토콜을 선택할 필요가 있다. 무선통신에는 특별히 Hidden node problem과 Exposed node problem (Cast, 2005)을 대처하기 위한 프로토콜도 고려할 필요가 있다.
- 안테나: 무선통신에서 안테나의 역할이 중요하며 안테나의 선정 및 설치 시 고려해야할 사항으로는 다음과 같은 것들이 있다.
 1. 안테나 출력: 무선통신을 위한 안테나 송출전력은, 만약 동일한 통신환경에 있다면, 통신거리와 데이터 전송속도의 영향을 받는다. 안테나의 송출전력도 통신특성, 통신표준, 통신법 등을 고려하여 결정할 필요가 있다.
 2. 안테나 이득: 안테나에서 송출되는 전자파의 집중도를 표시한다. 이득이 높을수록 좁은 범위의 방향으로 전자파가 집중되어 송출된다.
 3. 빔 패턴(복사패턴): 안테나에서 송출되는 전자파의 패턴이다. 안테나 이득이 크면, 빔 패턴은 좁고 긴 모양을 하며 좁은 범위의 공간에서 멀리 나아간다.
 4. 안테나 자세: 안테나의 자세가 변하면 빔 패턴도 함께 변하기 때문에, 송신 안테나의 자세는 전자파가 수신 안테나에 도달할 수 있도록 자세를 정해야 한다.
 5. 안테나 높이: 안테나의 높이는 크게 세 가지를 고려하여

결정할 필요가 있다. 지구표면의 기울기, 회절에 의한 신호의 약화 (Fresnel zone), 주위환경의 전자파 잡음이나 전자파 반사 등을 고려하여 안테나의 높이를 조정하는 것이 중요하다.

6. 안테나선 손실: 보통의 경우, 안테나선에서는 저항에 의한 손실과 안테나선의 굴곡에 의한 복사손실을 고려할 필요가 있다.
 7. 주위 환경: 안테나의 설치 위치는 가능하면, 잡음이나 반사물이 없는 지역을 선정하는 것이 바람직하다.
- 암호화: 유선통신과는 달리 무선통신에서는 통신신호가 공간에서 자유로이 전파되므로 보안에 유의할 필요가 있다.
 - 통신법규: 무선 주파수는 국가적으로 중요한 자원이며 세계 각국은 용도별로 중심주파수와 대역폭을 할당하고 있다. 할당된 각각의 주파수에 대하여 안테나 송출전력 강도의 상한치도 규정하고 있다. 보통, 무선 통신기를 사용하기 위해서는 정부로부터 허가를 받아야 하지만, 허가받지 않고 사용할 수 있는 무선 통신 주파수도 있다.
 - 통신 표준: 고속무선통신 프로토콜에 관하여는 IEEE 802.11 및 IEEE 802.16 등과 같이 세계적인 표준들이 다양하게 있으며, 출시된 많은 무선통신 제품들은 이러한 표준들에 따르고 있다. 필요한 통신임무에 적합한 표준을 찾아서 여기에 맞는 통신기기를 선정하는 것이 유용한 경우도 많다.

3. 무인선의 무선통신 특성

3.1 무인선의 운동특성

일반적으로 무인선은 소형으로 제작된다. 임무의 종류에 따라 차이가 나지만, 보통 길이가 11m 이하이다(Program Executive Officer for Littoral & Mine Warfare, 2007). 따라서 해상에서 파도의 영향을 크게 받으며, 무인선의 롤(Roll)과 피치(Pitch) 각도가 심하게 변하기 쉽다. 그리 크지 않는 파도에 의해서도 롤 각도는 상하 약 30도 정도로 변할 수 있다. 이럴 경우, 무인선에 설치된 안테나에서 나오는 전자파는 빔 폭이 넓지 않으면 전자파의 진행 방향이 관제소의 수신 안테나를 벗어나 관제소에 도달하지 못할 수도 있다. 일반적으로, 안테나에서 송출되는 전자파의 빔 폭을 키우기 위해서는 안테나 이득이 작아야한다. 이 경우, 안테나의 송출 전력을 높이지 않으면 전자파의 도달거리가 짧아지게 된다. 따라서 무인선에서 장거리 무선통신을 하려면 송신 무선모뎀의 송출전력을 크게 할 필요가 있다.

무인선에서 송신모뎀의 전력을 높이지 않고 장거리 무선통신을 할 수 있는 방안의 하나로 안테나를 자세 안정장치(Stabilizer) 위에 설치하는 것을 생각해 볼 수 있다. 이럴 경우, 자세 안정장치는 무인선의 롤과 피치운동에 대응하여 안테나의 자세가 수직이 되도록 한다. 따라서 안테나에서 송출되는 전자파는 원하는 방향으로 나아가게 된다. 전자파의 방향변화의 크기는 자세 안정장치의 성능에 의하여 좌우된다. 자세 안정장치의 응답속도가 빠르고 정확도가 높으면 전자파의 방향변화도 작게 된다. 따라서 안테나에서 송출되는 전자파 빔의 폭이 좁아도 되며 안테나의 이득도 크게 할 수 있다.

일반적으로 무인선은 RIB(Rigid inflatable boat)형태로 많이 만들어 진다. RIB 형태는 조파저항이 작고 안정성이 높아 소형 고속선박에 적합하다. RIB 보트는 활주형이기 때문에 고속운항을 할 때에는 수면 위로 떠오르게 된다. 따라서 해상에서 RIB 보트가 고속운항을 하면 파도와 부딪치면서 큰 충격을 자주 그리고 지속적으로 받게 된다. 이러한 상황에서 안테나 자세의 변화를 작게 하고 일정하게 유지시키는 안정장치를 제작하는 것에는 많은 어려움이 따를 수 있다.

3.2 해상환경

무인선은 수면 위에서 운용되기 때문에 무선통신을 할 때에는 수면에 의한 전자파의 반사를 고려해야 한다. 수상 무선통신에서, 수신 안테나에서 감지하는 전파는 송신 안테나로부터 직접 전송되는 전자파, 송신 안테나로부터 나온 후 수면에서 반사되어 온 전자파, 그리고 잡음 등으로 나눌 수 있다. 수면에서 반사되어 수신된 전자파는 송신 안테나로부터 직접 수신된 전자파를 왜곡시키며(다중경로왜곡, Multipath distortion) 무선통신에 심각한 장애가 될 수도 있다. 전자파 반사는 수면뿐 만 아니라 안테나 주위의 시설이나 장비에 의해서도 일어날 수 있다.

다중경로왜곡에 대한 대처법으로 크게 세 가지를 고려해볼 수 있다. 먼저 안테나의 위치를 다중경로왜곡이 작은 곳으로 정하는 것이다. 다음으로는, 송수신 안테나 사이에 구조물을 설치하여 전자파의 반사경로를 차단하는 것이다. 마지막으로, 다중경로왜곡에 강인한 변조방법을 채택하여 통신하는 것이다. 다중경로오차는 안테나 주위환경의 영향을 많이 받는다. 따라서 다중경로오차에 효과적으로 대처하기 위해서는 안테나 주위환경의 특성을 잘 파악하는 것이 중요하다.

3.3 경로계산

무선통신가능 거리를 계산하기 위하여 경로계산(Link budget analysis)을 많이 이용한다. 경로계산에서는 무선통신 수신기가 감지할 수 있는 전자파의 최소 크기보다 수신되는 전자파의 세기가 얼마나 큰지를 계산한다. 경로계산에는 일반적으로 안테나 송출전력, 안테나 이득, 통신거리, 반송파 주파수, 안테나 수신감도, 그리고 기타 케이블 및 통신부품에서 발생하는 RF(Radio frequency)신호의 감쇄 등이 고려된다.

무인선은 파도에 의하여 자세가 크게 변할 수 있으며, 무인선에서 송출된 전자파는 수신 안테나와 다른 방향으로 전파될 수 있다. 따라서 무인선의 무선통신에 대한 경로계산에서는 안테나의 정렬오차도 신중하게 고려하는 것이 좋다. 안테나 이득이 크면 전자파 패턴은 좁고 긴 형상을 가지게 된다. 따라서 무인선의 자세가 조금만 변하여도 관제소에 수신되는 전파의 세기는 크게 변할 수 있다. 따라서 무인선에 설치되는 안테나의 이득은 크기에 제한이 있으며 장거리 통신에 불리하다. 정렬오차 이외에도 안개나 비에 의한 전자파의 감쇄, 그리고 안테나 자세 변화에 의한 전자파의 편광오차 등을 추가로 고려할 필요가 있다.

3.4 변조방식

고속무선통신에는 DSSS, FHSS 그리고 OFDM 변조 방식들이

많이 사용되고 있다. 이들 중에서 DSSS와 FHSS 방식은 spread spectrum 기법을 사용하고 있어 통신 보안에 유리한 측면이 있지만, DSSS 방식은 The global positioning system(GPS)의 수신기에서와 마찬가지로 반사파에 민감하며, 특히 해상에서는 해수표면에 의한 반사파에 대한 신중한 고려가 필요하다. FHSS 방식이나 OFDM 방식은 해수면 반사파의 영향에 비교적 덜 민감하다. OFDM 방식을 채택하는 통신표준으로는 IEEE 802.11(Wi-Fi: Wireless fidelity)과 IEEE 802.16(WiMAX: Worldwide interoperability for microwave access) 등이 있지만, 각각의 표준에는 세부 하위 표준들이 있으며 주파수, 주파수 대역폭, 심볼 간의 보호구간(Guard interval) 등 여러 가지 부문에서 차이를 가지고 있다. 장거리 통신을 위해서는 변조방식 뿐만 아니라, 주파수 대역폭과 보호구간 등도 신중하게 고려되어야 한다. 특히, IEEE 802.11은 단거리 통신을 위하여 제정된 표준이며 장거리 통신에서는 유의할 필요가 있다. 연구소에서 수행한 해상 실험에 의하면, 장거리 해상통신에는 OFDM 방식을 채택한 WiMAX 통신기들이 우수한 통신 결과를 보였다. 이러한 실험결과는 해외의 해상 무선통신에 관한 연구사례(Marvin, 2005)와 유사하였다.

3.5 영상전송

해상 경계 및 정찰과 해저 및 수중탐사 등의 임무를 수행하기 위해서는 카메라, 레이더 및 소나 등으로부터 얻어진 고속 대용량의 정보를 관제소로 무선통신을 이용하여 실시간으로 보내야 할 경우가 많다. 하지만 파도 등의 영향으로 인하여 무인선의 자세가 심하게 변하며 무선통신이 원활하지 못할 경우가 발생할 수 있다. 따라서 이러한 정보의 전달에는 무선통신이 간헐적으로 끊겨도 정보가 실시간으로 연속적으로 흐르는 것이 중요하다. 이러한 종류의 통신에는 데이터 압축과 통신 프로토콜의 선정에 주의 할 필요가 있다.

영상정보의 경우, 데이터양을 줄이기 위하여 코덱을 사용하며 실시간으로 영상정보를 압축 및 해제하고, 중간에 영상정보가 끊기거나 오류가 있어도 전달된 영상이 끊임없이 화면에 전시되도록 오류내성(Error resilience)을 갖는 것이 중요하다. 또한 송신측에서는 정보를 일방적으로 수신측으로 보내지만, 정보의 수신 상태를 간헐적으로 확인하며 송신 속도를 조절할 수 있는 통신 프로토콜을 사용하는 것이 실시간 통신에 중요하다. 한가지의 예로서 인터넷에서 UDP(User datagram protocol)/RTP(Real time protocol)/IP(Internet protocol) 프로토콜을 많이 사용한다(Perkins, 2008).

4. 무선 통신망(Wireless Network)

현재의 무인선 통신은 주로 무인선과 관제소 사이에서 일어나며 폐회로를 이룬다. 하지만, 미래의 통신체계는 다수의 무인선, 무인기, 무인차 및 관제소로 이루어진 통합무인체계를 위하여 구성된 통신망이 중심이 되며(Office of the Secretary of Defense, 2007), 무인선은 통신망의 한 마디(Node)에 속하게 된다. 통신망 중심의 무인체계를 구축하기 위해서는 먼저, 인터넷

기반의 통신망에 대한 연결(Interface)과 라우팅이 다수의 무인체계, 관제소, 글로벌 통신망 사이에 이루어져야 한다. 따라서 관제소 뿐 만 아니라 통신망의 임의의 마디도 무인체계와 연동이 가능해진다. 다음으로, 무인체계는 두 개 이상의 통신망 마디에 직접 연결 되어야 한다. 이와 같이 구성되면, 무인체계의 통신부하가 작을 때에 라우터의 역할을 수행하여 통신망 전체의 통신 속도를 향상시킬 수 있다.

무인체계의 통신망은 특성상 구성요소의 이동이 빈번하고, 구성요소의 입장과 퇴장이 자유로우며, 또한 대규모의 네트워크에서는 분산형으로 구성되는 것이 바람직하다. 여기에 적합한 것이 무선 그물형 망(Wireless mesh network, WMN)이다. WMN은 여러개의 구성요소(Node)로 이루어져 있으며, 이들은 각자가 필요한 데이터를 송수신하면서도 다른 구성요소에게 데이터를 전달해주는 라우터의 역할도 한다. WMN에서는 전자파의 세기를 작게 조절하여 가까운 구성요소에 데이터를 전송한다. 이러한 방식을 채용하면, 데이터를 멀리 보낼 때는 중간의 여러 구성요소를 거치는 멀티홉 통신(Multi-hop communication)이 된다. WMN은 통신 속도가 빠르며, 통신 효율이 높고, 통신망을 자동적으로 구성하며(Automated network configuration), 경로회복(Route recovery)에 의하여 강인성(Robustness)이 크다(Aoki et al., 2006; Akyildiz et al., 2004).

그러나 현재의 무선통신기술로는 통신 속도에 제약이 크며, 통신망의 크기가 증가하면 멀티홉 통신은 통신 속도가 현저히 저하될 수 있다. 또한, 통신망 위상(Network topology)을 고려한 매체접근제어(Media access control, MAC) 및 라우팅 프로토콜을 개발하여 구성요소 사이의 연결성을 향상시킬 필요가 있다. 이들 외에도, WMN은 여러 종류의 다른 통신망과의 연결성과 연동성, 보안문제, 사용의 편의성 등에 있어서 아직 보완해야 할 점들이 많다.

5. 해상시험 결과

무인선의 해상 무선통신 특성을 파악하기 위하여 해상통신시험을 수행하였다. 해상시험에는 한국해양연구원 해양시스템 안



Fig. 1 Photograph of test boat

전연구소에서 제작한 선박을 이용하였다. 실험에 이용된 선박은 RHIB(Rigid hull inflated boat)형이며 길이 9.6m, 폭 3.3m, 최대속도 35knots 이상이고, 추진장치는 Diesel engine과 Waterjet으로 구성되어 있어 무인선으로 이용되기에 적합한 형상을 가졌다. Fig. 1은 해상시험에 사용된 RHIB보트의 실물사진이다.

선박의 무선통신시험에는 FHSS, DSSS, 그리고 OFDM의 변조방식들이 사용되었다. FHSS 변조방식을 가진 통신기는 100 kbps급의 통신속도를 가지며 선박의 데이터 통신에 적합하다. DSSS 변조방식을 가진 통신기는 IEEE 802.11b의 표준에 따르며, OFDM 변조방식을 가진 통신기는 WiMAX 표준을 따른다. DSSS와 OFDM 변조방식의 통신기들은 Mbps급의 통신 속도를 가지며, 코덱을 이용하면 카메라의 영상도 전송이 가능하다.

경로계산에서 안테나 정렬오차는 송수신측 모두 3dB를 적용하였으며 편광오차도 3dB로 하였다. 안테나선과 커넥터에서 발생하는 손실은 송수신측 모두 1dB로 하였다. 통신성능 측정을 위해서 Iperf 소프트웨어를 이용하여 TCP/IP(Transmission control protocol/Internet protocol) 통신의 속도를 측정하였다. 통신 시험당시의 해상상태는 파고가 1미터 이하였다. FHSS 변조방식의 통신시험에는 16dB의 페이드 마진(Fade margin)에서 평균 통신속도 0.13Mbps를 얻었다. OFDM 변조방식의 통신시험에서는 9.5dB의 페이드 마진에서 평균속도 0.95Mbps를 얻었다. DSSS 변조방식의 통신시험에서는 페이드 마진이 20dB 이상에서도 통신이 되지 않았다.

선박이 주행 중일 때는 선체의 자세 변화가 비교적 작지만, 엔진을 정지시킨 상태로 해상에 떠 있을 때는 파도의 영향을 크게 받아 선체의 롤과 피치의 변화가 상대적으로 컸다. 해상 무선통신속도는 선박의 직진운동에는 변화를 거의 받지 않고 자세변화의 영향을 많이 받았다. 파고가 3미터나 되는 다소 거친 해상에서, 엔진이 정지된 선박에서는 OFDM 통신에서 평균 0.80Mbps의 통신속도가 나왔지만, 20knots로 주행 중일 때는 평균 0.85kbps의 통신속도를 얻었다. 따라서, 선박의 자세 변화가 무선통신에 큰 영향을 미치는 것을 실험을 통하여 알 수 있었다.

6. 결 론

본 논문에서는 무인선 무선통신환경의 특수성에 관하여 기술하였다. 무인선은 파도의 영향을 크게 받으며 고속으로 주행할 때에는 선박의 자세가 급격하고 크게 변할 수 있다. 이러한 경우 무인선의 안테나에서 송출되는 전자파는 관제소의 안테나와 다른 방향으로 전파 될 수 있다. 이것에 대한 대책으로는 이득이 작고 방사되는 전자파의 빔 폭이 넓은 안테나를 사용할 수 있다. 이 경우, 안테나 송출전력을 증대시키지 않으면 통신 거리가 짧아지는 단점이 있다.

또한, 해수면에 의한 전자파의 반사로 인하여 수신된 신호에 다중경로왜곡이 일어나기 쉽다. 다중경로왜곡은 신호의 수신에 큰 어려움을 줄 수 있으며, 이것에 대한 대책으로 무선신호 송수신 안테나 사이에 반사파를 차단하는 물체를 설치하거나, 다

중경로왜곡에 강인한 변조방식을 반송파에 적용하는 것을 고려해 볼 수 있다. 해상실험을 수행한 결과, FHSS이나 OFDM 변조방식이 해상통신에 비교적 적합한 것으로 밝혀졌다. 또한, 무인선이 주행할 때 보다는, 엔진이 정지한 상태로 해상에서 정지해 있을 때가 무선통신에 더 불리하다는 것도 밝혀졌다.

무인선의 무선통신에서는 파도의 영향으로 데이터가 전달되지 않거나 잘못 전달되는 경우가 종종 발생한다. 이 경우 무인선에서 얻는 영상정보를 실시간으로 관제소로 전달하기 위해서는 오류내성이 좋은 코덱과, 확실한 정보의 전달보다는 실시간 정보전달에 유리한 통신 프로토콜을 사용하는 것이 바람직하다.

후 기

본 논문의 내용은 민·군겸용 기술사업(Dual Use Technology Program) 지원과제의 일부로 수행된 것입니다. 또한, 해상통신 시험에 사용된 무인선을 제공한 한국해양연구원 해양시스템 안전연구소에 감사드립니다.

참 고 문 헌

Akyildiz, I.F., Wang, X. and Wang, W. (2005). "Wireless Mesh Networks: A Survey", *Computer Networks*, Vol 47, pp

445-487.

Aoki, H., Takeda, S., Yagyu, K. and Yamada, A. (2006). "IEEE 802.11s Wireless LAN Mesh Network Technology", *NTT DoCoMo Technical Journal*, Vol 8, No 2, pp 13-21.

Gast, M.S. (2005). *802.11 Wireless Networks*, 2nd Ed., O'Reilly, Tokyo.

Marvin, C.E. (2005). *802.16 OFDM Rapidly Developed Network for Near-real-time Collaboration of Expert Services in Maritime Security Operations*, M. S. Thesis of Naval Postgraduate School.

Office of the Secretary of Defense (2007). *Unmanned Systems Roadmap 2007~2032*, Department of Defense of the United States.

Perkins, C. (2008). *RTP Audio and Video for the Internet*, Addison-Wesley, Boston.

Program Executive Officer for Littoral & Mine Warfare (2007). *The Navy Unmanned Surface Vehicle (USV) Master Plan*, United States Navy.

2009년 1월 13일 원고 접수

2009년 4월 1일 최종 수정본 채택