DBpia

NVIS 통신을 활용한 HF 도약지대 극복가능성 검증

정회원 이 명 노*, 유 재 영**, 종신회원 이 종 명*

Verification of the Possibility for Overcoming HF Skip Zone through NVIS communications

Myung-noh Lee*, Jae-young Yoo** *Regular Members*, Jong-myung Rhee* *Lifelong Member*

요 약

HF 통신은 별도의 중계 없이 근거리 및 장거리 통신이 가능한 방법으로 해외에서는 주/부 통신수단으로 활용되고 있으나, 국내에서는 도약지대 극복 문제와 전리층 변화에 따라 사용가능한 주파수가 변한다는 이유로 사용자 기피 현상이 심화된 상태였다. NVIS 통신은 일반적인 전리층 반사 통신에 비해 잡음이 적고 도약지대를 포함한 근거리내에서도 통신이 가능한 방법으로써, 이번 연구를 통해 HF 통신의 기존 단점들을 극복하고 HF 통신의 활성화를 위해 외국의 NVIS 통신방법에 대해서 실험을 통해 검증해 보았다. 본 논문에서는 NVIS 통신의 개념을 설명하고, 실제 국내의 HF 통신운용 현황을 확인하였다. 이를 바탕으로 NVIS 통신의 도약지대 극복가능성을 검증하였으며, 효율적인 HF 통신을 위한 예측프로그램의 적용가능성도 판단해보았다.

Key Words : NVIS, HF, Skip Zone, Communication, Ionosphere

ABSTRACT

The HF communication method is capable of communicating short and long distances without a separate relaying method and is used as the primary/secondary communication method in other nations. However, the Korean military strongly discouraged the use of the method due to issues regarding the skip zone and the fact that the usable frequency changes according to irregularities in the ionosphere. The NVIS communication is less susceptible to noise than typical communications using ionosphere reflection, and is also able to communicate short distances containing skip zones. In this paper, we inspect the NVIS communication methods of foreign nations in order to facilitate the use of HF communications, as well as provide solutions to the issues mentioned above. This paper explains the concept of NVIS communication, and investigates how the Korean military is implementing HF communications based on actual communications data of military corps. Based on this result, we have verified the possibility of overcoming skip zones through NVIS communications, and have considered the applicability of a prediction program in order to enhance the efficiency of HF communications.

Ⅰ. 서 론

일반적으로 HF(High Frequency) 통신은 3~30MHz 대역의 전파를 이용하여 교신하는 통신을 말하며, 중계 시설 없이 장거리 통신이 가능하여 위성 등 다양한 통신수단이 발달한 지금도 미군 등 해외에서는 이라크 전 등에서 주/보조 통신수단으로 활발히 활용되어지고 있다[1]. 그러나, 국내에서는 전리층 환경에 따라 변하는 주파수 문제 및 HF 통신시 필연적으로 발생하는 도약지대내 통신 제한 등의 문제로 사

* 명지대학교 정보통신공학과(myung7096@hotmail.com, jmr77@mju.ac.kr)
** 육군정보통신학교(kma6454@nate.com)
논문번호 : KICS2011-03-136, 접수일자 : 2011년 3월 3일, 최종논문접수일자 : 2011년 5월 11일

www.dbpia.co.kr

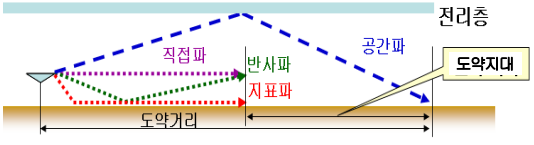
용자 기피 현상이 심화된 수준[2,3]으로 군에서는 '96년 AM 무전기(PRC-950K) 전력화 당시 제시된 통신방법(교육회장에 명시) 외에 추가적인 대안과 교리발전은 전무(全無)한 실정이다.

HF 통신시 가장 문제시 되는 도약지대(skip zone)란 그림 1에서 보는 것처럼 지상파의 최대 통달거리와 공간파의 최소 통달거리 사이의 전파가 도달하지 않는 영역을 말하며, 해외에서는 2차 세계 대전 당시, 고(高)각으로 전파를 방사하여 가까운 거리에서도 전리층 반사파를 통해 통신을 하는 NVIS(Near Vertical Incident Sky-wave : 전리층 수직 반사파)라는 통신방식을 통해 이 문제를 해결하였으며, 현재에도 중요한 주/보조 통신수단의 하나로 활발히 운용하고 있다.

HF 통신의 또 다른 문제는 전리층 변화에 따라 사용가능한 주파수가 변한다는 것이다. 해외에서는 이를 해결하기 위한 HF 통신 예측 프로그램들이 개발되어 있으며, 통신계획 단계에서부터 이를 적극 활용하여 통신의 효율성을 기하고 있다.

우리는 이번 연구를 통하여 NVIS 통신의 도약지대 극복 가능성과 추가로 HF 통신 예측 프로그램의 적용 가능성에 대해 검증함으로써, 국내의 HF 통신 활성화에 기여하고자 한다.

연구는 외국의 사례와 관련 기술자료의 분석을 통한 선행연구, 실기동 실험의 순으로 실시하였으며, 연구 결과를 ADD, 전파연구소, 휴니드 기술연구소 등 전문가들에게 제시하고 의견 수렴을 통해 실험내용을 구체화 하였다. 옥천 등 3개소에서 수평 다이폴 안테나, 해외 수입 NVIS 전용 안테나 등 4종의 안테나를 활용하여 통화가능성 여부를 실험을 통해서 검증하였다. 마지막으로 전리층 환경변화에 따라 주파수가 변하는 HF 통신의 특성상 효율적인 통신운용을 위한 예측 프로그램의 적용 가능성을 전파연구소의 실측자료와 비교를 통해서 오차정도를 확인하였다.



* 지상파 : 직접파, 반사파, 지표파
* 공간파 : 전리층 반사파

그림 1. 도약지대
Fig. 1. Skip zone

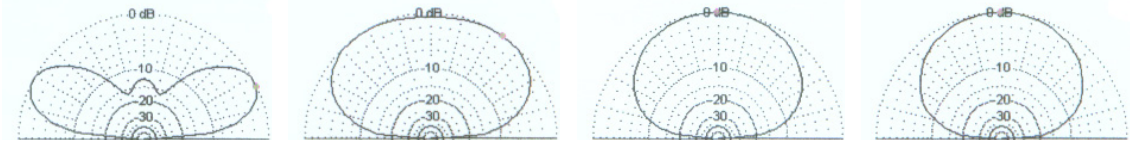
논문의 구성은 1장에서 연구의 배경과 목적, 진행에 대해 설명하였으며, 2장에서는 NVIS 통신의 개념을 설명하고, 3장에서는 국내의 HF 통신운용 현황을 확인하였다. 4장에서는 실기동 실험 결과를 바탕으로 NVIS 통신의 도약지대 극복가능성을 검증하였으며, 5장에서는 효율적인 HF 통신을 위한 예측프로그램의 적용가능성을 판단해보고, 6장에서는 결론으로 마무리 하였다.

Ⅱ. NVIS 통신

NVIS 통신의 개념은 2차 세계대전, 월남전에서부터 최근의 이라크 전에 이르기까지 오랜기간 NVIS 통신을 전력화하여 운용하고 있는 미국의 관련 기술과 실제 실험 자료를 참고하였다. NVIS 통신이란 75° 이상의 고각으로 전파를 방사하여 근거리내에서 전리층 반사파로 통신을 하는 것을 말한다[4]. NVIS에 의한 효과를 얻기 위해서는 해당 장소 및 시간에 전리층 반사가 가능한 주파수를 기준으로 75° 또는 80° 이상의 각에서 전파가 방사되어야 전력의 감쇄 비율이 작아진다[4].

NVIS 통신을 위해서는 특별한 안테나가 필요한 것은 아니며, 안테나의 종류와 관계없이 안테나의 전파 방사 패턴이 75° 이상의 각도를 가지면 가능하다. 안테나의 방사각은 쉽게 안테나의 지상고(지상과의 높이)를 통하여 조절할 수 있다. 즉, 국내에서 NVIS 통신방식을 운용하기 위해서 별도의 안테나 구입을 추가로 할 필요없이 그림 2와 같이 현재 보급된 안테나를 활용하면 운용이 가능하다는 것을 알 수 있다.

NVIS 통신은 거의 수직으로 입사되는 전파의 전리



지상고 λ/2
5MHz : 30m

지상고 λ/4
5MHz : 15m

지상고 λ/8
5MHz : 7.5m

지상고 λ/16
5MHz : 3.75m

그림 2. 안테나 지상고에 따른 전파 방사형태 변화(다이폴 안테나)
Fig. 2. Changes in radiation pattern according to ground height(dipole antenna)

www.dbpia.co.kr

층 반사를 원활하게 하기 위해서 임계주파수 보다 낮은 주파수가 사용된다. 임계주파수란 전리층 반사가 가능한 최대 주파수로, 전리층 반사에는 유리하나 신호 감쇄가 크기 때문에, MUF(Maximum Usable Frequency : 전리층 반사가 가능한 최대 주파수)의 약 85% 수준인 FOT(Frequency of Optimum Traffic : 전리층 반사를 하기 위한 최적 주파수) 이하의 주파수를 사용하는 것이 유리하다. 그러므로, NVIS 통신을 위한 조건은 첫째, 75° 이상의 안테나 전파방사 패턴과 둘째, FOT 이하의 주파수 운용이다.

Ⅲ. 국내 HF 통신 운용

국내의 HF 통신운용 현황을 확인하기 위해서 대표적인 HF 통신을 운용하는 군을 대상으로 약 3개월간의 교신상태와 통신운용 형태 등을 살펴보았다. 분석결과, 그림 3과 같이 주파수 운용면에서는 교신시 FOT 이하의 낮은 주파수를 사용하고 있었으며, 표 1과 같이 안테나 운용면에서도 사용 주파수(3~8MHz) 기준으로 다이폴 안테나의 높이는 0.06λ~0.16λ로써, ADD에서 제시한 군용 다이폴 안테나의 NVIS 전파

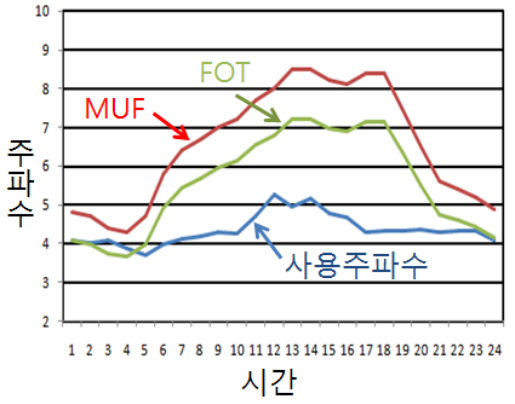


그림 3. MUF/FOT 곡선 및 A통신소 사용주파수
Fig. 3. MUF/FOT curve and frequency used by A node

표 1. 통신소별 안테나 운용
Table 1. Implementation of antennas of each node

구 분	A통신소	B통신소	C통신소
주파수	3 ~ 8 MHz		
높 이	6 m		
설치개수	2개(주1, 야1)	2개(주1, 야1)	2개(주1, 야1)
지상고	0.06λ ~ 0.16λ		
NVIS 판단	0.1λ ~ 0.25λ (ADD)		

방사 패턴 기준인 0.1λ~0.25λ와 많은 부분이 중복됨을 알 수 있었다.

또한 그림 4와 같이 교신자료를 감명도(수화기에서 수신시 전파나 소리를 구별하여 느끼는 정도)와 데이터 전송량으로 구분후 누적값을 그래프로 도식한 것과 예측프로그램을 이용한 해당월의 NVIS 통신 SNR 그래프를 비교시 유사함을 확인할 수 있었다.

위의 분석결과를 NVIS 통신의 개념 기준으로 판단한다면, FOT 이하의 주파수 운용과 75° 이상의 안테나 방사 등 NVIS 통신의 조건을 거의 만족하는 것을 알 수 있었으며, 실험결과를 기준으로 우리군의 HF 통신운용 형태를 판단시 NVIS 통신에 대한 과학적인 이해는 부족하나 다양한 교신 경험을 통해 NVIS 형태의 통신을 이미 운용중인 것으로 확인되었다.

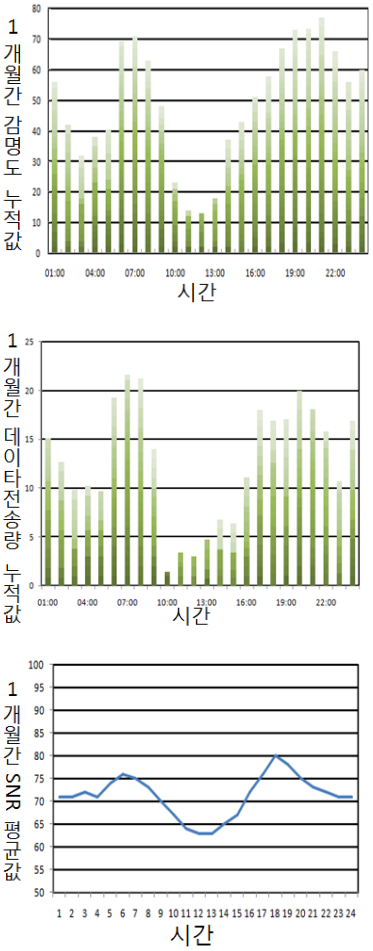


그림 4. 국내 교신자료와 NVIS 통신 SNR
Fig. 4. Communications data and NVIS communication SNR

www.dbpia.co.kr

Ⅳ. 도약지대 극복가능성 검증

실험을 통해 NVIS 통신을 적용시 도약지대 극복여부와 통화가능성 정도를 확인해 보았다. 도약지대의 선정을 위해 실험 당시의 전리층 환경과 실험용 주파수를 기준으로 도약지대를 식별하였는데, 도약지대란 앞서 설명한 바와 같이 지상파의 최대 통달거리와 공간파의 최소 도약거리 사이의 전파가 도달하지 않는 지역을 뜻한다. 먼저, 지상파의 통달거리는 프랑스 ATDI사에서 제작한 전파분석 프로그램인 HTZ warfare를 사용하여 모의한 결과 직접파가 10km 이내, 지표파는 21km 이내의 통달거리를 보여 주었으며, 공간파의 도약거리는 221km 이상의 거리를 보여주었다. 따라서, 실험당시 환경을 기준으로 21~221km 사이의 거리가 도약지대로 형성된 것으로 판단할 수 있다. 실험지역은 표 2와 같이 도약거리내 3개소를 설정하여 3주간 실험하였다.

실험간 정확한 NVIS 통신을 적용하기 위해서 실험기간동안 FOT 이하의 주파수를 운용하였으며, 표 3과 같이 안테나의 전파방사각 역시 84° 이상에서 최대 이득을 가질수 있도록 지상고를 조절하여 운용하였다. 또한 안테나는 그림 5와 같이 여러 안테나별 특징을 비교하기 위해 수평 다이폴, 역 L형, 역 V형 크로스, 그리고 이탈리아에서 현재 NVIS 전용 안테나로 운용중인 D4/230 안테나 등 4종의 안테나를 운용하여 실험하였다.

실험결과 분석을 위한 평가 지표는 신호세기(SNR)에 신호왜곡을 고려한 SINAD(SIgnal to Noise And Distortion ratio : 신호대 잡음 및 왜곡 비율)를 적용하였다. 그리고 평가 기준은 MOS[5] (Mean Opinion Score : 청취자의 평균 점수)로 감명도 3/3이상의 수준을 기준으로 적용하여 음성은 10dB, CW (Continuous Wave : 전신타자)는 3dB(PRC-950K, 20W 기준)를 문턱치(threshold)로 설정하였다.

표 2. 실험 장소별 거리
Table 2. Distance of each experiment area

구 분	대전~옥천	서울~부천	인제~양구
거 리	23km	34km	43km
도약지대	21 ~ 221km		

표 3. 실험 장소별 방사각 (지상고 7.5m)
Table 3. Angle of radiation of each experiment area

구 분	대전~옥천	서울~부천	인제~양구
방사각	87°	86°	85°

실험결과, 기존의 방식으로는 HF 통신이 불가한 도약지대내에서 음성의 경우 229회 중 105회 이상 성공으로 45.8%의 통화성공률과 CW의 경우 229회 중 165회 성공으로 72%의 통화성공률을 볼 수 있었다. 추가적으로 송신출력을 100W로 증가시킨다면, 수신신호의 세기가 7dB 정도 향상되므로 음성의 경우 72%까지 향상될 수 있다.

안테나별 성능비교에서는 모든 안테나가 NVIS 모드로 통신시 통화는 가능하였으나, 주파수별로 각 안테나가 가지는 이득에 따라 차이가 발생하였다. 실험간 사용된 주파수별로 각 안테나가 가지는 SINAD 값을 그림 6과 같이 비교해본 결과, 다이폴 안테나는 대체적으로 3~6MHz 사이에서 고르게 분포 되었고, 4, 5, 6MHz로 설치시 해당 주파수에서 최대 이득을 가지며, 역 L형 안테나는 4MHz에서 최대 이득을 보여

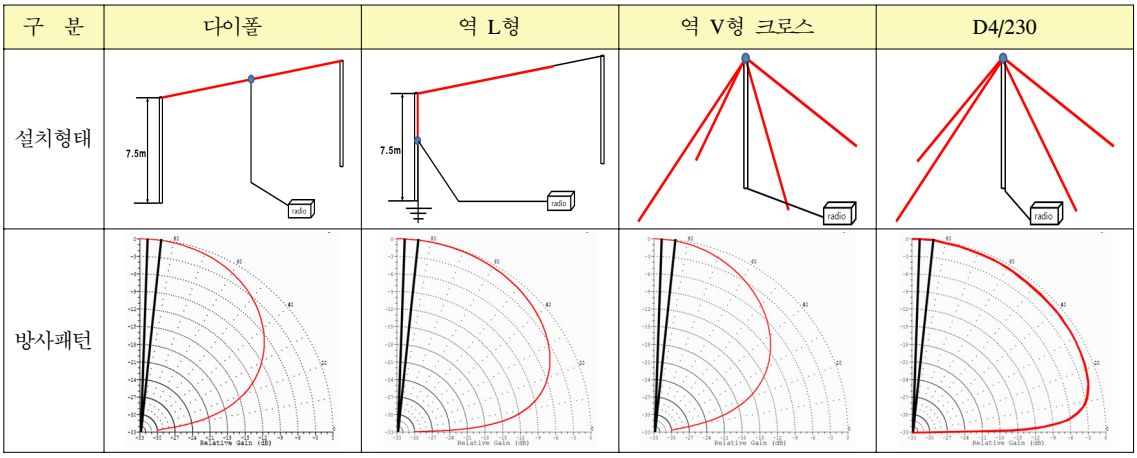


그림 5. 안테나별 설치형태 및 방사패턴
Fig. 5. Installation form and radiation pattern of each antenna

www.dbpia.co.kr

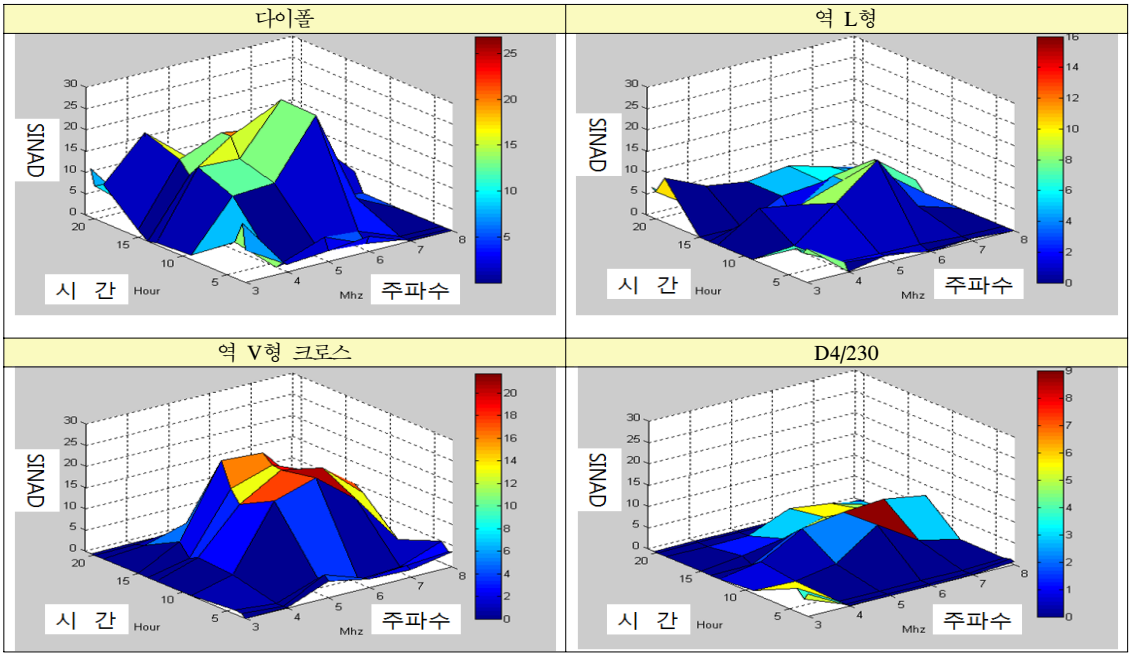


그림 6. 주파수별 안테나별 SINAD 분포
Fig. 6. Comparisons of SINAD of each antenna

주었고, D4/230 안테나의 경우는 길이가 16m로 9MHz에서 최대 이득을 가지도록 제작되었으나, 실험 간 사용가능한 주파수 대역이 3~8MHz로 실험을 진행하여, 가장 저조한 값을 보여주었다. 역 V형 크로스 안테나의 경우는 5~8MHz의 다대역으로 설치하여, 5~8MHz 대역에서는 상대적으로 가장 수신이 양호함을 볼 수 있었다.

V. HF 통신 예측 프로그램의 적용가능성

HF 대역의 통신형태는 지상파를 이용한 직접 통신과 공간파를 이용한 전리층 반사 통신으로 구분된다. 지상파를 이용한 통신의 경우, 전송로 매질의 전도율과 지형지물에 가장 큰 영향을 받으며, 한반도와 같이 산악지형이 많고 도시가 밀집된 특성을 고려한다면 전도율과 장애물이 많아 지상파를 이용한 통신은 제한된다[4]. 공간파를 이용한 전리층 반사 통신은 HF 통신의 가장 큰 특징으로 전리층을 이용하여 근거리 및 원거리 통신이 가능하나, 전리층의 변화에 민감하다는 단점을 가진다. 즉, 전리층의 이온화 정도에 따라 사용가능한 주파수가 수시로 변경된다. 전리층 변화는 태양의 흑점주기인 11년을 주기로 발생하는 년변화, 공전에 따라 1년을 주기로 일어나는 계절변화, 그리고 자전에 의해 발생하는 1일 주기의 일일 변화로 구분할 수 있으며, 이에 따라 해당 지역과 시기에 적합한 주파수를 이용하여야 한다. 이러한 HF 통신의 단점을 극복하고 통신의 효율성을 향상시키기위해서 해외에서는 과거 오랜 관측자료를 기초로 통계학적으로 신뢰성 있는 값을 예측하는 HF 통신 예측 프로그램들을 개발하여 적극 활용하고 있다.

이번 실험에서는 수많은 예측 프로그램들중 VOACAP (Voice Of America Coverage Analysis Program)이라는 프로그램을 사용하여 우리나라 전파연구소에서 실제 관측한 자료와 그 오차 정도를 비교해 보았다. VOACAP은 1993년 미 해군연구소/NTIA/VOA방송국에서 공동으로 개발한 HF 통신관련 예측 프로그램으로써, 현재 전파연구소에서는 민간 사용자를 위한 인터넷 전파예보 시스템에 이 프로그램을 사용하고 있으며, NATO의 기술보고서에서도 관련 프로그램들 중 가장 보편적이며, 신뢰성이 입증된 모델로 평가하고 있다[6].

실험자료는 전파연구소에서 제공하는 관측 자료(F2층의 임계주파수)를 적용하였으며[7], 그림 7과 같이 VOACAP을 통해 같은 일자의 예측 자료를 비교한 결과, MUF를 임계주파수와 동일하다고 가정하면 예측된 MUF와는 최대 1.8MHz 정도의 차이가 있었으나 FOT 주파수와는 약 0.6MHz의 차이가 있었다. 따라서 예측 프로그램의 적용가능성은 충분한 것으로

www.dbpia.co.kr

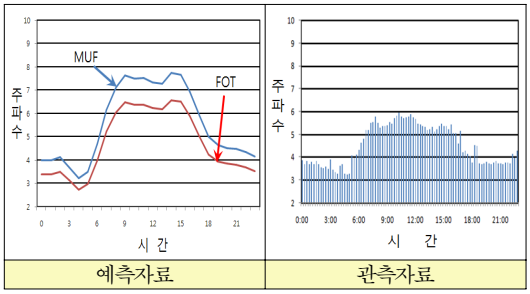


그림 7. 예측자료와 관측자료 비교
Fig. 7. Comparison of predicted data and observed data

판단되며, 다만 전리층의 변화에 능동적으로 대처하고 효율적인 HF 통신운용을 위해 우리 환경에 맞는 예측 프로그램 기반의 탄력적인 주파수 할당 방안에 대한 추가 연구가 뒤따라야 할 것으로 생각된다.

Ⅵ. 결 론

HF 통신은 별도의 중계 없이 근거리 및 장거리 통신이 가능한 방법으로 해외에서는 꾸준히 주/부 통신 수단으로 활용중이나, 국내에서는 도약지대 극복제한 등의 이유로 사용자 기피 현상이 심화된 상태였다. 이번 연구를 통해 단점을 극복하고, HF 통신의 활성화를 위해 외국에서 사용해오던 NVIS 통신방법에 대해 실험을 통해 검증해 보았다.

NVIS 통신은 일반적인 전리층 반사 통신에 비해 잡음이 적고 도약지대를 포함한 근거리내에서도 통신이 가능한 방법이며, 국내는 NVIS 통신의 과학적인 이해는 부족하였지만 경험적으로 이미 NVIS 통신을 운용중인 것으로 확인할 수 있었다. 또한 NVIS 통신을 통하여 HF 도약지대를 극복할 수 있음을 알 수 있었고, HF 통신 예측 프로그램의 자료와 실 관측자료의 차이가 크지 않으므로 적용가능성이 충분하다는 것도 볼 수 있었다.

다양한 통신수단이 발달된 지금도 HF 통신은 현대에서 가장 중요한 주/보조 통신수단중 하나로써 인식되고 있다. 도약지대내 통화 제한 등의 문제로 인한 사용자 기피 현상을 해소하고, HF 통신 활성화를 통한 유사시 통신의 신뢰성 확보를 위해서 NVIS 개념을 적용한 HF 통신운용에 대한 발전방안 연구가 계속적으로 필요하다.

참 고 문 헌

〔1〕 *US Army communicator*, US ARMY, 2000~2007.

〔2〕 "RATT 망 운용 필요성 검토 결과 보고", 합참 지휘통신참모부, 2006.

〔3〕 "적지종심작전부대 첩보보고망 운용 개선방안 검토 결과", 합참 지휘통신참모부, 2006.

〔4〕 "Tactical Single-Channel Radio Communications Techniques APPENDIX M Near-Vertical Incidence Sky-Wave Propagation Concept", *FM 24-18*, US ARMY, 1987.

〔5〕 "Methods for subjective determination of transmission quality", *ITU-T Recommendation P.800*, ITU, 1996.

〔6〕 "RTO Technical Report TR-IST-050", NATO, June 2007.

〔7〕 "전리층 변화측정 자료 : foF2 Variations_RRL (98-07)", 전파연구소, 2008.

이 명 노 (Myung-noh Lee) 정회원

1980년 2월 육군사관학교 전자공학과 졸업
1998년 2월 한양대학교 정보통신과 석사
2009년 3월~현재 명지대학교 정보통신공학과 박사과정
<관심분야> NCW, 군통신, 통신 네트워크

유 재 영 (Jae-young Yoo) 정회원

2005년 2월 연세대학교 전자공학과 석사
2011년 2월 광운대학교 공학박사
2009년 12월~현재 육군정보통신학교
<관심분야> 군사/국방과학, 군통신, 통신 네트워크

www.dbpia.co.kr

이 종 명 (Jong-myung Rhee) 종신회원

1976년 2월 서울대학교 전자공학과 졸업
1978년 2월 서울대학교 전자공학과 석사
1987년 12월 미 North Carolina State University 공학박사
2006년 9월~현재 명지대학교 정보통신공학과 교수
<관심분야> 군통신, 통신 네트워크, 고장복구, 그린 IT

www.dbpia.co.kr