

기존 전술 무전기를 이용한 전술 데이터 통신 성능 실험

The Performance Experiments on the Tactical Data Communication over the Legacy Radio Systems

심 동 섭^{*,**} 강 경 성^{*} 김 기 형^{**}
Dong-Sub Sim Kyeong-Sung Kang Ki-Hyung Kim

Abstract

The military has been putting great efforts into applying data communication on existing voice communication systems being used in NCW(Network Centric Warfare). Data communication will be an effective choice in one of many effort to yield a minimum kill chain, comparing to legacy voice communications, when tactical units conduct their missions. However, the required budget will be enormous, in case of the replacement of a lot of legacy communication systems with new one. As a cost-effective alternative, the tactical data communication systems using the conventional radio systems instead of the development of new radio systems has been proposed. It is mandatory, though, to ensure QoS while maintaining data communication by making use of legacy radio systems already in use. This paper focuses on the performance issues experimented and analyzed for tactical data communication through the legacy radio systems as the first step towards guaranteed QoS. We have conducted various experiments such as the transmission error rate on certain tactical messages, performance evaluation of redundant transfers, the relationship between the transmission frame size and rate of error, the identification of error points in the transmission frame, and techniques to reduce the errors in both hopping and non-hopping modes. As a result of the performance experiments, The adaptive communication module which decides the redundant transmission or the Forward Error Correction(FEC) technique by analyzing channel status and current transmission status(hopping/non-hopping) of the legacy radio should be designed. the FEC technique in non-hopping, and the redundant transmission technique in hopping mode was recommended from the result of experiment with the frame size is 20bytes in non-hopping and 10Bytes frame size in hopping mode.

Keywords : Quality of Service(QoS), Ultra Mobile Personal Computer(UMPC, 초소형 휴대형 개인 컴퓨터), Tactical Air Control Party(TACP, 전술항공통제반), Air Support Operation Center(ASOC, 항공지원작전본부), Network Centric Warfare(NCW, 네트워크중심전), Closed Air Support(CAS, 근접항공지원작전)

† 2010년 1월 8일 접수~2010년 3월 4일 게재승인

* 공군작전전산소(Operational Computing Center of Air Force Operations Command)

** 아주대학교(Ajou University)

책임저자 : 심동섭(sim319@hanmail.net)

1. 서론

미래전에 있어서 네트워크의 중요성은 매우 크다. 모든 부대와 단위 제대들은 네트워크에 의해 신속하고 효과적인 정보 공유가 가능하고 마치 하나의 신경

시스템처럼 서로 연결된다. 이것은 전투원의 상황 인식을 증가시키고 정밀한 공격을 가능하게 한다. 네트워크 중심전 NCW^[1]의 목적은 지리적으로 분산되어 임무를 수행하고 있는 부대 간의 완전한 네트워크와 실시간의 상황 공유를 통하여 정보의 이점을 전투지역의 이점으로 전환하여 승리를 하기 위한 것이다. 공유된 상황인식은 임무에 투입된 부대의 전략적, 전술적 협조를 강화시키고, 임무의 효과를 극적으로 증가시키기 위한 지휘통제를 신속하게 만들어 주는 촉매제 역할을 한다.

현재 군에서는 네트워크 중심전을 효과적으로 수행하기 위한 준비로 음성위주의 전술통신 체계를 데이터 통신 체계로 전환하기 위한 노력을 진행하고 있다. 또한 저비용으로 데이터 통신 체계를 구축하기 위해 야전에 배치된 기존의 전술 무전기를 교체 없이 그대로 활용하여 데이터통신 체계를 구축하고 있다. 그 이유는 야전에 배치되어 있는 전술부대들이 임무 수행 시 주로 음성위주의 통신으로 전체 킬 체인을 증가시키기 때문이다, 또한 이미 많은 부대에 배치되어 있는 통신장비를 전면적으로 교체하기 위해서는 고 비용이 소요되기 때문이다.

기존의 전술 무전기를 그대로 활용하여 데이터 통신을 하기 위해서는 해결을 해야만 하는 많은 고려요소가 있다. 특히 전술데이터의 유통을 위한 QoS 보장은 중요한 요소이다. 제한된 주파수의 할당 뿐만 아니라 협 대역의 주파수로 운용되고 있는 기존 전술 무전기의 특성을 반영한 데이터 통신 모듈 설계는 필수요소라 할 수 있다.

본 논문은 효율적인 통신 모듈 설계를 위한 선행 연구로써, 기존 전술 무전기를 그대로 활용하여 구축한 전술 데이터 통신 시스템의 통신 성능에 대한 실험과 분석이다. 특성분석을 위하여 현재 데이터 통신에 사용되는 기존 전술 무전기의 일반적인 사항과 운용 사례를 알아보고, 성능 실험은 운용 사례에서 사용되는 전술데이터의 크기를 고려하여 실험 하였다. 실험 내용은 전술 메시지별 전송 에러 실험, 중복전송 성능분석, 전송 프레임크기와 에러율과의 관계, 전송 프레임내의 에러 지점 식별, 도약 방식과 고정주파수 방식에서의 에러 극복 기법에 대한 비교이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 관련연구로 기존 전술 무전기의 일반사항 및 운용사례, 협대역 네트워크에서의 군 요구사항 및 QoS, 그리고 기존 전술 무전기와 관련되어 이루어진 실험들에 대하

여 알아보고 제3장에서는 기존 전술 무전기를 활용한 전술 데이터 통신에 대한 성능 실험, 제4장은 성능 실험에 대한 분석결과 종합, 제5장은 결론이다.

2. 관련 연구사례

가. 기존 전술무전기 일반사항 및 운용사례

현재 항공기에 견고하고 융통성 있는 데이터 통신 능력을 부여하기 위하여 많은 기관과 연구소에서 노력 중에 있다. 야전에 배치되어 운용중인 항공기에는 데이터 통신 능력을 가지고 있는 항공기도 있고 그렇지 않은 항공기도 있다. 전투에 참가하는 플랫폼간의 네트워크 시너지를 충분히 발휘하려면 데이터 통신 능력이 없는 항공기에게 데이터 통신 능력을 갖추게 하는 것이 무엇보다도 필요한 노력이다. 이러한 노력 중의 하나가 바로 UMPC^[2] 전술 데이터 링크 시스템이다. 이것은 기존 전술무전기의 교체 없이 전술 데이터 통신체계를 구축하는 프로젝트이다.

현재 항공기에 일반적으로 운용되고 있는 기존 전술무전기 장비는 주로 UHF 장비이다. 주파수 영역은 약 200MHz대역에서 300MHz 대역을 사용하고 있으며, 0.025MHz 간격으로 7000여개의 채널이 운영되고 있다^[3]. 기존 전술무전기를 활용하여 전술데이터 통신 개념을 정립해 나가는 응용 사례가 바로 UMPC 전술 데이터 링크 시스템이다.

Fig. 1은 UMPC 전술데이터 링크 시스템의 기본 구조를 나타낸 것이다.

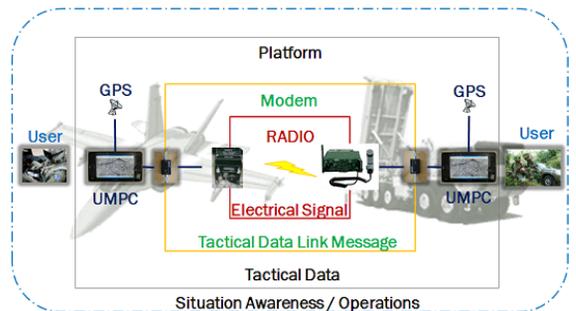


Fig. 1. UMPC 전술데이터 링크 기본 구조

UMPC는 사용자 터미널이다. 이것은 초소형 컴퓨터로 이동성과 휴대가 간편하며, UMPC 전술데이터 링크 체계의 사용자 단말기로 사용된다. UMPC 데이터

링크 시스템은 상용의 정보기술과 군 소프트웨어 개발 기술을 통합한 시스템으로 좁은 주파수 대역으로 운용되는 기존 전술무전기를 고려하여 별도의 메시지 구조와 데이터 유통체계를 구축하고 있다. 특히 공대지 임무인 근접항공지원 임무에 특화되어 전술제대간의 전술데이터를 송수신 할 수가 있다. 참가하는 전술제대는 주로 전투기, 전술항공통제반(TACP), 항공지원 작전본부(ASOC) 이다. Fig. 2는 근접항공지원 임무 개념을 나타낸 것이다.

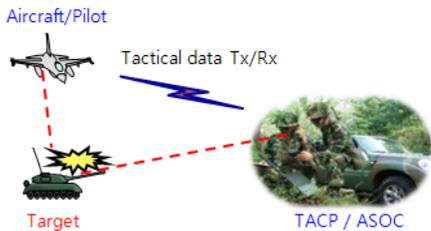


Fig. 2. 근접항공지원 수행 개념

근접항공지원 임무는 지상군을 직접적으로 지원하기 위해 공군의 항공자산을 사용하는 것이다. 근접항공지원 임무는 지상군에 근접한 적의 표적을 공격하는 것이다. 또한 이 임무는 지원받아야 할 지상군에 파견되어 있는 공군 요원에 의해 수행되어 지는 것이다^[4]. Fig. 2는 근접항공지원 임무 개념을 나타내 것으로 지상 통제관인 TACP는 우군의 전방에 표적 출현 시 ASOC로 전투기를 요청한다. ASOC는 요청받은 것을 검토하여 전투기를 할당할 것인가를 결정하고 결정된 사항을 TACP에게 송신한다. 그리고 TACP는 긴급 출동되어 임무지역에 도착한 전투기에게 임무정보를 주고 공격통제를 하여 표적을 공격하도록 유도한다. 전투기는 표적을 공격후 귀환한다. 근접항공지원 임무가 수행 될 시 전술데이터의 송수신은 UMPC 전술데이터 링크 시스템의 기본 구조에서 묘사된 장비를 사용하여 데이터 통신을 하게 되는 것이다.

Fig. 3에서 전투기 및 조종사의 무릎에 장착된 UMPC 단말기를 볼 수 있다.

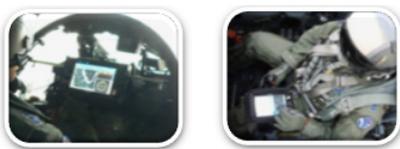


Fig. 3. UMPC 장착 모습

성공적인 근접항공지원 임무를 위하여 상용의 제품과 기술이 사용되었으며 무선모뎀을 전투기와 지상 전술제대에서 현재 사용되고 있는 기존 전술무전기와 연동하여 통합하였으며 군 소프트웨어 기술을 접목하여 임무를 지원하는 좋은 사례이다. 이러한 개념은 데이터 통신능력을 보유하지 못한 전술제대에게 저비용으로 단기간에 데이터 통신 능력을 갖추게 한다.

기존의 통신장비를 그대로 활용하여 효율적인 데이터 통신 체계를 구축하고 전술데이터를 원활히 유통하기 위해서는 해결 해야만 하는 많은 고려요소가 있다. 특히 전술데이터의 유통을 위한 QoS 보장은 중요한 요소이다. 협 대역의 주파수로 운용되고 있는 기존의 무선 Radio 특성을 정확히 알고 특성에 맞는 통신 기술들을 발전 시켜야 할 것이다.

나. 협 대역 네트워크 시스템 요구사항 및 QoS

작전적인 요구사항들은 확정적 이거나 고정적이지가 않다. 하지만 몇몇 가정 사항들은 사용자와 그들의 작전에 근거하여 식별될 수가 있다^[5]. 사용자들은 잠재적인 적군의 전파방해 시나리오에 있는 전술 부대이다. 한 네트워크상에 있는 Radio의 수는 보통 10대에서 30대 정도가 운용된다. 이를 통하여 다수의 인접한 네트워크들이 서로 효과적으로 통신을 할 수가 있다.

가장 중요한 요구사항은 위치 추적과 메시지 전달을 위한 Push to Talk(PTT) 음성 통신과 저속의 데이터에 대한 통신기능을 제공해야 한다. 또한 백그라운드에서의 데이터 통신도 지원해야 한다. 군 사용자들은 일대일 음성통신과 데이터 통신 뿐만 아니라, 하나 이상의 멀티캐스트 그룹에게 데이터의 멀티캐스트 까지 기대한다. 또한, 낮은 우선순위의 데이터 보다 우선순위가 높은 데이터가 먼저 처리되어야 한다는 것을 요구하고 있다. 개인사용자나 그룹사용자들은 그들의 단말기에 무선 침묵 기능을 요구하며, 네트워크는 어느 지형 환경에서도 작동해야 한다는 것을 요구하고 있다.

함정과 비행기간의 정보처리에 있어서 상호운용성이 중요하다. 단말기의 이동성과 사용자들의 이동성을 보장하는 것은 매우 중요한 사항이다. 게다가 단말기들은 이더넷(Ethernet), 블루투스(Blue tooth)나 USB같은 표준 인터페이스가 제공되어야 한다.

군 전술정보의 종류에는 음성, 비디오, 위치추적, 표

적 정보, 전자메일, 지도 정보 등이 있다. 이러한 트래픽 유형들은 네트워크에서 유통시 처리되어야 우선순위 내지는 주어진 시간 내에 처리가 되어야 한다^[6]. 각 노드의 QoS 관리는 시간 지연, 지터, 우선권, 손실 같은 허용 한계에 따라서 처리 우선순위가 정해져야 하고 그 등급에 따라 적절하게 다루어져야 한다.

다. 기존 전술무전기 관련 실험

공중네트워크와 기존 전술무전기와 관련한 최근 실험은 Bold Quest 2007과 Joint Expeditionary Force Experiments(JEJFX) 2006 및 2007이다^[7]. 이 실험들은 기존에 배치되어 있는 장비와 현재의 기술로 공중 네트워크를 구성하기위한 여러 가지 선택 사항들을 평가하기 위한 것이다. 실험 내용은 공중 네트워크 관리 및 견고한 네트워크 구축을 위해 설계된 IP 어플리케이션과 기존 전술무전기 사이의 데이터 유통이다.

Fig. 4는 JEFX 2008 실험을 위한 아키텍처이다.

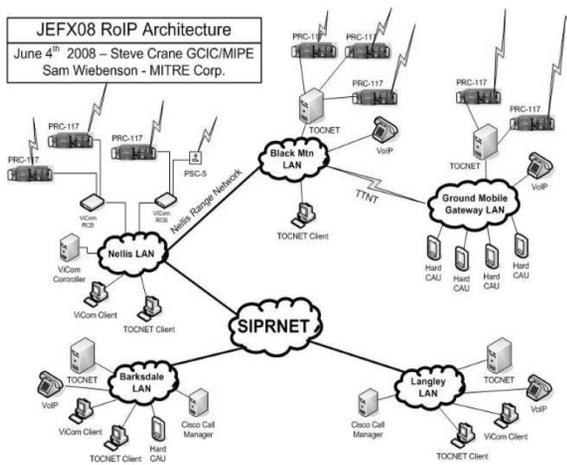


Fig. 4. JEFX 2008 실험 아키텍처(From [7])

Fig. 4에서 보여주는 것처럼 IP 네트워크는 Barksdale LAN, Langly LAN, Nellis LAN, Balck Mtn LAN, ground moblie Gateway LAN으로 구성 되었고 각각의 LAN 들은 SIPERNET, Nellis Range 네트워크 및 TTNT로 연결된 모습을 보여주고 있다. UHF 장비는 PRC-117 전술무전기를 사용하였고 각각의 LAN에는 VICOM 및 TOCNET, Cisco 장비들을 연결하였다. 이것은 지상통제소에서 공중의 항공기에게 원격으로 직접 통신할 수 있도록 해 주었다.

실험에서 공통작전상황도, 가상항적, 임무할당, 채팅

과 같은 트래픽을 주고 받는다. 또한 IP 네트워크를 통한 UHF 기반의 음성통신 거리를 확장하는 실험을 하였다. 이러한 구조 즉, 기존 전술무전기를 이용한 구조는 비록 유통할 메시지의 제한은 있지만, 새로운 J 시리즈 메시지와 같은 고수준의 메시지를 유통시키기 위한 시스템 구축시 기술적 어려움, 고비용, 구축기간의 장기화와 비교시 저비용으로 구축이 가능하며 기술적으로도 위험성이 낮다.

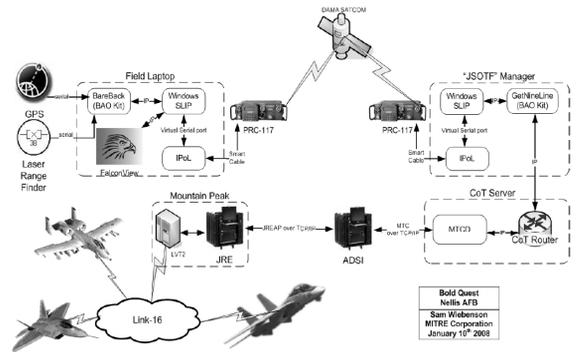


Fig. 5. BOLD Quest 2007 실험 아키텍처(From [7])

Fig. 5는 BOLD Quest 2007 실험을 위한 아키텍처이다. 지상 야전군에는 FalconView 등의 프로그램을 Laptop 컴퓨터에 설치하여 GPS와 레이저 거리측정기를 연결하였다. 공중 네트워크는 LINK-16로 구성하였다. 지상과 공중 간에는 PRC-117장비와 통신위성을 통하여 통신이 가능하도록 구성하였다. 또한 지상과 공중간의 프로토콜 변환을 위하여 실험에서는 JSOTF (Joint Special Operations Task Force) Manager와 CoT 서버를 사용하고 있다.

이 실험은 기존 전술무전기 상에서의 IP네트워크를 운용한 실험이다. IP 어플리케이션들은 기존 전술무전기상에서 운용되며 기존 전술무전기를 통하여 전술데이터를 송수신한다. Link-16의 메시지를 JSOFT의 시스템과 연동하여 기존 전술무전기에서 운용 가능한 메시지로 전환 후 위성을 경유하여 지상의 전술 노드에 전술데이터를 주는 실험을 하였다. 이것은 Link-16을 운용할 수 있는 장비가 없는 노드들에게 Link-16 운용 장비를 갖추고 있는 플랫폼과 텍스트 기반의 전술데이터 통신 능력을 부여하는 것이다.

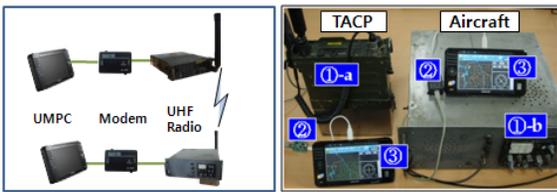
지금까지 기존 전술무전기의 일반사항과 운용사례, 군 요구사항, 관련 실험들을 살펴 보았다. 그러나 관련 실험들에서는 전술 데이터 중심의 통신 성능에 대

한 실험은 없었다. 따라서 본 논문에서는 QoS 보장 및 효율적인 통신 모듈 설계를 위한 선행 연구로써, 기존 전술무전기 시스템을 이용한 전술 데이터 통신에서의 통신 성능에 대한 실험이다.

3. 기존 전술무전기 통신특성 실험 및 분석

가. 실험환경구성

기존 전술무전기의 특성 실험을 위한 환경구성은 실제 임무에 사용되어지는 장비를 실험실에 구성하였다. Fig. 6은 실험 개념도 및 실제장비 그림이다. 전술 무전기는 항공기에서 사용되어지는 UHF 장비 ARC-164(V)와 지상의 GRC-206 장비에 있는 전술 무전기이다. 전술 무전기의 주파수 대역폭은 25Khz이다. 사용자 단말기는 UMPC이며, 이들을 모뎀으로 연결 하였다.



①-a TACP UHF Radio / ①-b Aircraft UHF Radio : 25khz bandwidth
 ② TACP, Aircraft Modem : 1200bps setting
 ③ UMPC(Ultra Mobile Personal Computer) : user Terminal

Fig. 6. 실험 개념도(좌) 및 장비 구성(우)

실험을 위한 데이터는 Fig. 2의 근접항공지원 임무에 사용되어 지는 전술 메시지를 이용하여 실험하였다. 각각의 전술 메시지는 CELL(5bytes), Position report (17bytes), Fighter check in(20bytes), 60-8 briefing(44bytes)이다.

데이터 통신을 위한 모뎀은 전술환경을 고려 1200 bps로 고정하여 실험 하였으며, 전송시 프레임은 최대 64바이트 이다. 주파수 변조방식은 FSK, 실험시 주파수 운영 모드는 주파수도약 방식과 고정주파수 방식을 상호 비교 해 가면서 실험을 하였다. 특성분석을 위한 실험 반복 횟수는 메시지 별, 데이터 크기 별로 500회씩 송수신하였으며 에러율을 산출하기 위하여 에러 프레임에 대한 재 전송 과정은 포함시키지 않았다.

Table 1은 실험에 사용된 프레임 구조는 다음과 같다.

Table 1. 프레임 구조

STX	TXID	RXID	
1byte	1.5byte	1.5byte	
DATA		CRC	ETX
1~58bytes		1byte	1byte

* STX : Start of TXT, TXID : Sender ID,
 RXID : Receiver ID, DATA : Tactical Message,
 CRC : Cyclic Redundant Code, ETX : End of TXT.

STX, ETX를 포함하여 Header는 5bytes, 데이터는 가변적인 구조를 적용하였다.

나. 전술 메시지별 전송 에러율

Fig. 7은 전술 데이터의 종류별 에러율을 나타낸 그림이다. 근접항공지원 임무에 사용 되어지는 전술데이터를 주파수 도약 상태에서 전송하는 주파수도약 방식과 주파수 도약이 없는 고정주파수 방식 모드로 구분하여 실험 하였다. 또한 에러율을 감소시키기 위해 같은 데이터를 송신측에서 6회 중복하였으며 수신측에서 중복된 것을 가지고 에러를 복구하는 방식으로 실험 하였다. 6회를 중복 시킨 이유는 원본포함하면 총 7개의 전술데이터 생성된다. 이는 오류를 효율적으로 정정하기 위해서 홀수개로 의도적으로 만드는 것이다.

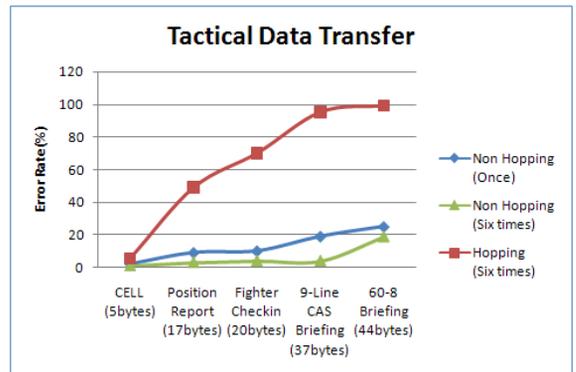


Fig. 7. 전술데이터 전송 에러율

전술데이터의 크기가 증가 함에 따라 전송 에러가 증가한다. 도약방식에서는 데이터를 중복시켜 보내지 않으면 수신이 제대로 이루어 지지 않고 6회 중복 전송으로 에러가 현저히 감소됨을 알 수 있다.

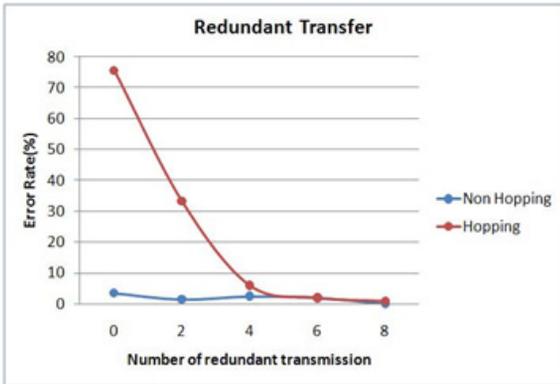


Fig. 8. 중복전송 성능분석

Fig. 8은 Fig. 7에서 중복전송을 6회로 선정한 근거를 나타낸 것으로 6회 이상에서 에러율이 안정적인 모습을 보이고 있으나, 7회 이상에서는 그만큼 전송시간이 낭비되기 때문에 6회를 선정하였다. 프레임 크기는 10바이트로 고정하여 실험을 한 것이다.

전송 성공율을 높이기 위한 방법중 하나인 중복전송 횟수에 따른 도약방식과 고정주파수 방식의 전송 성공율을 비교 실험한 결과 고정주파수 방식은 중복전송 시 약간의 성능 향상이 있으나 중복전송에 소비하는 시간 만큼 성능 향상이 되지 않아 중복전송의 이점을 발휘하지 못하였다. 반면 도약 방식은 6회 중복 전송이 가장 에러율이 낮음을 보였으며, 중복전송을 하지 않으면 에러율이 매우 높아 데이터의 신뢰성에 매우 치명적임을 알 수 있다. 따라서 고정주파수 방식은 중복전송을 적용하지 않는 것이 바람직하며, 도약 방식은 중복전송을 고려해야 한다.

다. 전송 프레임크기와 에러율과의 관계

기존 전술무전기 에서의 전술데이터 송수신시 Fig. 7과 Fig. 8에서 알 수 있듯이 전술 데이터의 크기가 증가함에 따라 에러가 증가함을 알 수 있었다. Fig. 9는 전송 프레임을 일정크기로 증가 시키면서 실험한 결과이다.

도약 방식과 고정주파수 방식 모두에서 전송프레임 크기가 증가시 에러도 증가함을 알 수가 있다. 고정주파수 방식은 전반적으로 전송율이 양호하나 20bytes 이하일때 90%이상의 성공율을 보이므로 고정주파수 방식에서의 최적 프레임 크기는 20bytes가 됨을 고려할 수 있다. 도약 방식은 10bytes가 초과 될시 에러가 증가한다.

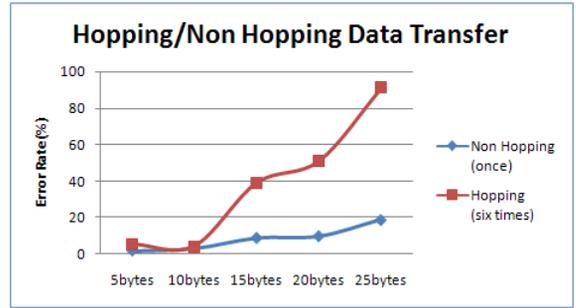


Fig. 9. 프레임 크기별 에러율 변동

에러가 증가하는 원인은 주파대역폭이 적은 전술무전기상에서의 데이터통신 시 전송 중 발생하는 잡음 및 신호의 강도가 에러율에 영향을 미친 것이다. 전술 데이터의 크기가 커지면 그만큼 전송시간이 길어져 에러가 발생 할 수 있는 환경에 더욱 노출되어 에러가 증가한 것으로 판단된다. 특히 도약 방식에서는 주파수 도약이 1초에 여러번을 비주기적으로 도약하기 때문에 도약하는 순간 데이터에 에러가 발생한다. 이런 원인으로 기존 전술무전기를 활용시 도약 방식의 최적 프레임 크기를 10bytes로 송수신 하는 것을 고려해야 될 요소라 판단 된다.

라. 전송 프레임 에러 지점

Fig. 10은 전술데이터 송신시 전송 프레임의 내부를 10개의 구역으로 나누어 에러 지점을 실험한 결과이다.

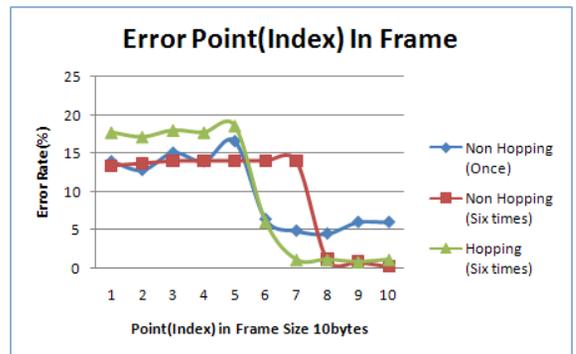


Fig. 10. 전송 프레임내 에러 지점

전반적으로 프레임 후반부에서 에러 발생율이 낮아짐을 보이고 있다. 이와 같은 원인을 기존 전술무전기의 송신발진기의 Initialize 할 시간이 충분하지 않아 발

생되는 것이라 예상하여 Preamble Time 늘어가며 실험 하였다.

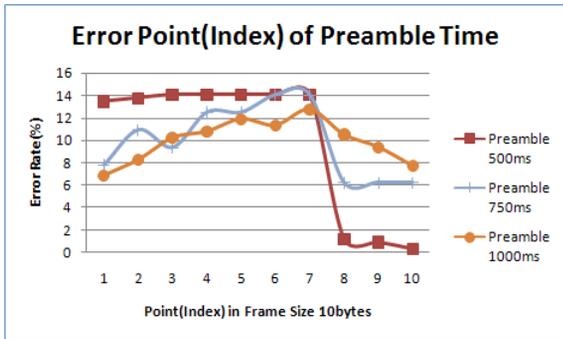


Fig. 11. Preamble Time과 에러 지점과의 관계

Fig. 11은 Preamble Time을 증가 시켜가면서 실험한 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 Preamble Time을 증가 시 초기에는 다소 에러가 감소하였으나 최적의 Preamble Time 시간과 같은 특정한 상관관계는 발견 하지 못하였다.

마. 고정주파수 방식 에러 극복 기법 비교

Fig. 12는 주파수 대역폭이 낮은 상태에서 운용되는 기존 전송무전기에 적용할 수 있는 에러 극복 기법 적용하여 실험한 결과이다. 주파수 도약이 없는 고정주파수 방식에서 에러 극복을 위한 기법은 중복전송과 Forward Error Correction(FEC)^[8] 기법을 비교하여 실험을 하였다.

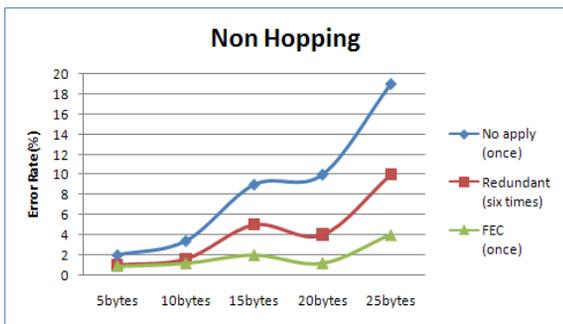


Fig. 12. 에러 극복 기법 에러율 비교

고정주파수 방식에서의 실험결과 에러율이 가장 낮은 것은 FEC이며, 그다음은 중복전송 기법이다. 여기서 고려해야 될 사항은 중복전송과 FEC 적용시 데이

터 길이가 늘어난 다는 것을 인지하고 전송시간 증가와 에러율의 증감을 적절히 선택하여 통신 모듈 설계 및 구현시 적용하여야 할 것이다.

바. 도약 방식 에러 극복 기법 비교

Fig. 13은 Legacy의 주파수 도약이 있는 도약 방식에서 에러 극복을 위한 기법인 중복전송과 FEC 기법을 비교하여 실험을 하였다.

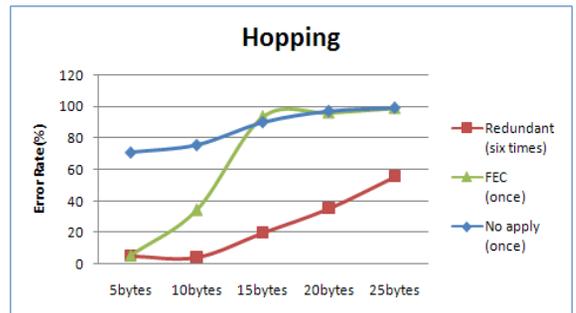


Fig. 13. 에러 정정 기법별 전송율 비교

도약 방식에서의 실험결과 에러율이 가장 낮은 것은 중복전송 기법이었으며, 그다음이 FEC이다. 특이 사항은 고정주파수 방식과 주파수 도약방식에서 중복전송과 FEC의 에러 발생 양상이 바뀌었다는 것이다. 고정주파수 방식에서 에러율이 낮았던 FEC가 도약 방식에서 에러율이 더 증가한 것은 에러정정을 위한 복구비트의 추가가 전체적인 프레임 길이 증가를 가져왔으며, 프레임의 증가 요소가 도약 방식에서 더 영향을 미쳤기 때문이다. 따라서 도약 방식은 중복전송이 더 효과적인 것을 고려하여야 한다.

4. 실험결과

지금까지의 실험결과 전송 메시지 전송 에러율에 영향을 미치는 주된 요소는 소프트웨어적인 요소로는 전송되는 프레임의 크기와 에러 복구 기법이며, 하드웨어적 요소로는 기존 전송 무전기 운용 모드, 즉 도약 방식이나 고정주파수 방식이나 가 주된 요소인 것으로 분석 된다.

첫째로, 전송데이터의 프레임 크기와 전송 무전기의 주파수 운용방식과의 상관관계 실험결과로 도약 방식과 고정주파수 방식 모두에서 전송프레임 크기가 증

가시 에러가 증가함을 알 수가 있다. 고정주파수 방식에서는 전반적으로 전송율이 양호하나 프레임 크기가 20bytes 이하일 때 90%이상의 성공율을 보이고 도약 방식은 10bytes 이하에서 전송 성공률이 높다. 에러가 발생하는 원인은 주파대역폭이 좁은 전술무전기상에서의 데이터통신 시 전송 중 발생하는 잡음 및 신호의 강도가 에러율에 영향을 미친 것이다. 전술데이터의 크기가 커지면 그만큼 전송시간이 길어져 에러가 발생할 수 있는 환경에 더욱 노출되어 에러가 증가한 것으로 판단된다. 특히 도약 방식에서는 주파수 도약이 아주 중요한 에러 발생요소로 식별 되었다. 1초에 여러번을 비주기적으로 주파수가 도약하기 때문에 도약하는 순간 데이터에 에러가 발생한 것이다. 이런 원인으로 기존 전술무전기를 활용한 데이터 통신시 주파수 운영방식에 따라 최적의 전송 프레임 사이즈를 결정하여 통신 모듈을 설계 하여야 한다. 본 실험에서 사용된 전술 무전기의 경우 도약방식에서는 프레임 크기를 10bytes로, 고정주파수 방식에서는 20bytes로 프레임 크기를 사용하는 것이 가장 효율적인 것으로 판단 된다.

둘째로, 전술 무전기의 주파수 운영방식과 에러복구 기법과의 상관관계 실험결과로 고정주파수 방식에서는 FEC 기법이 중복전송 기법보다 효율적임을 알 수 있었고, 이와 반대로 도약 방식에서는 6회의 중복전송을 적용한 중복전송기법이 FEC 기법보다 더욱 효율적인 것으로 나타났다. 고정주파수 방식에서 에러율이 낮았던 FEC가 도약 방식에서 에러율이 더 증가한 것은 에러정정을 위한 복구비트의 추가가 전체적인 길이의 증가를 가져왔으며, 길이의 증가가 도약 방식에서 더 영향을 미쳤기 때문이다. 특히 주파수 도약에서의 길이의 증가는 에러율을 증가시키는 주 원인이 된다. 여기서 고려해야 될 사항은 중복전송과 FEC 적용시 데이터 길이가 증가함을 인지하고 전송시간 증가와 에러율의 증감을 감안하여 적절한 기준을 선정하여 통신 모듈을 설계하고 구현하여야 한다.

이상의 실험결과 분석에서 통신 모듈 설계 방향은 다음과 같이 추천된다. 우선 전술무전기가 고정주파수 방식으로 운용될 시는 프레임의 크기를 20bytes로 하여 FEC 기법을 적용하며, 전술 무전기가 도약 방식으로 운용 될 시는 프레임 크기를 10bytes로 하여 중복 전송 기법을 적용한다. 전술무전기의 상태를 통신 모듈에서 실시간 모니터링하여 운용방식에 따라 동적으로 프레임 크기, 에러 복구 기법을 결정하여 적용함으로써

데이터 통신의 QoS를 보장해야 한다. 물론 이와 같은 방식은 사용되고 있는 전술무전기의 장비 종류에 따라 융통성 있게 적용되어야 할 것으로 판단된다.

5. 결론

기존의 기존 전술무전기를 활용하여 데이터 통신 체계를 구축하기 위해서는 QoS 보장이라는 어려운 문제를 해결하여야 한다. 지금까지 기존 전술무전기 일반 사항 및 운용사례, 협 대역 네트워크에서의 군 요구사항 및 QoS, 그리고 기존 전술무전기와 관련되어 외국에서 이루어진 실험들에 대하여 알아보았고 기존 전술무전기 전술 데이터 통신 성능에 대한 실험과 결과를 분석 하였다. 분석결과, 기존 전술무전기를 활용한 데이터 통신시 전술 메시지의 전송 에러율에 영향을 미치는 주된 요소는 소프트웨어적인 요소로는 전송되는 프레임의 크기와 에러 복구 기법이며, 하드웨어적 요소로는 기존 전술 무전기 운용 모드, 즉 주파수 도약 방식이나 고정주파수 방식이나 가 주된 요소인 것으로 분석 되었다. 전송프레임 크기가 증가시 에러도 증가함에 따라 도약방식에서는 10bytes로, 고정주파수 방식에서는 20bytes로 프레임 크기를 사용하는 것이 가장 효율적인 것으로 분석되었다. 에러복구기법 적용은 고정주파수 방식에서는 FEC 기법이, 주파수 도약 방식에서는 중복전송기법이 더욱 효율적인 것으로 분석되었다. 통신 모듈 설계를 고려한다면, 이것은 전술 무전기의 상태를 통신 모듈에서 실시간 모니터링하여 운용방식에 따라 동적으로 프레임 크기, 에러 복구 기법을 결정하여 적용함으로써 데이터 통신의 QoS를 보장해야 한다는 것이다.

전술 메시지별 전송 에러율, 중복전송 성능분석, 전송 프레임크기와 에러율과의 관계, 전송 프레임내의 에러 지점 식별, 도약 방식과 고정주파수 방식에서의 에러 복구 기법에 대한 비교 실험 및 결과분석을 통해 데이터 통신 모듈 설계 방향과 QoS 개선시 고려하여야 할 요소를 추천하였다. 기대효과로 분석결과는 기존 전술무전기를 활용한 전술데이터 링크 개발시 통신 모듈 설계 및 구현시 좋은 자료로 활용될 수 있을 것이며, 특히 주파수 운용 측면에서의 효율성 및 전술 데이터의 전송 신뢰성을 향상하기 위한 알고리즘을 개발하는데 도움이 될 것이다. 향후 연구과제로 이것을 바탕으로 통신 모듈을 개발하는 것이며,

본 성능 실험중의 하나인 프레임내의 에러 발생지점에 대한 원인 분석을 위하여 추가적인 연구가 필요하다.

References

- [1] David s. Alberts, John J. Garstka, Frederick P. Stein “Network Centric Warfare : Developing and Leveraging Information Superiority” CCRP Publication Series, 2nd Edition, 2000. 2.
- [2] Dong-Sub Sim, Ki-Hyung Kim, “The Design and Implementation of the Data Link System based on the Off-the-shelf Ultra Mobile Personal Computer for Network Centric Warfare”, Journal of KIMST, Vol. 12, No. 2, pp. 175 ~181, 2009. 4.
- [3] <http://www.columbiaelectronics.com/id195.htm> RT-1518 /ARC-164(V) HQ MODEL 2008. 2. 19
- [4] Air Land Application Center, “J-Fire Multi Service Procedures for the Joint Application of Firepower”, FM 90-20, MCRP 3-16.8B, NWP 3-09.2, AFTTP(I) 3-2.6.
- [5] “NBWF Requirements”, NATO Working Paper. AC/322(SC/6-AHWG/2) WP(2007) 0002, Sept. 2007.
- [6] M. D. Street and F. Szczucki, “Wireless Communication Architecture(Land) : Scenario, Requirements and Operational View”, NAYTO C3 Agency, Tech. Note 1246, Dec. 2006.
- [7] Samuel Wiebenson, “A Practical Guide to Modern Airborne Networking”, IEEE., 2008.
- [8] Zhili Sun, “Satellite Networking Principles and Protocols”, John Wiley & Sons, Ltd, 2005.