

네트워크중심작전을 위한 전술데이터링크 기술동향

아주대학교 | 백호기 · 정승명 · 임재성*

1. 전술데이터링크의 개념

과거의 전쟁은 막강한 화력을 기반으로 탱크, 전투기, 함정 등이 전쟁의 승패를 좌우하는 플랫폼 중심의 전쟁이었다. 그러나 현대의 전쟁 수행 개념은 센서 체계, 지휘통제 체계, 타격 체계 등 전장 환경의 모든 요소들이 연계되어 네트워크 정보화를 실현함으로써 적보다 더 나은 상황인식(SA: Situation Awareness)을 통한 정보 우위를 기반으로 전쟁을 수행하는 네트워크중심전(NCW: Network Centric Warfare)으로 빠르게 변화하고 있다. 이러한 패러다임의 변화는 과거에 비해 군사 작전을 위한 전장 정보의 폭발적인 증가와 더불어, 이를 공유하고 전파할 수 있는 정보통신기술의 발전에 따른 결과이다.

NCW는 전술데이터링크(TDL: Tactical Data Link)를 통해 실현된다. 전술데이터링크는 전술을 운용하는데 필요한 데이터와 전술 네트워크를 운용하는데 필

요한 데이터 등을 주고받는데 사용된다. 현대의 작전은 과거에 비해 종류가 다양해졌고, 작전 수행의 범위와 참여 플랫폼이 다양해졌다. 이로 인하여 전술 데이터의 타입이 다양해졌고, 데이터의 양이 크게 증가하였다. 그리고 작전의 성공 여부가 시간에 민감하게 영향을 받게 되었다. 따라서 전술데이터링크는 작전의 실시간 혹은 근실시간성을 보장할 수 있어야 한다. 이러한 요구조건을 만족하는 차세대 전술데이터링크를 구축하는 것이 NCW를 실현하는데 있어서 가장 중요하다고 할 수 있다.

현대의 작전은 과거에 비해 점점 복잡해지고 있고, 그 종류도 소규모 부대의 작전부터 국가 간 연합작전까지 다양해지고 있다. 이와 같이 복잡하고 다양한 형태의 작전을 지원하기 위해서 전술데이터링크 기술 발전이 절실히 필요하다. 전술데이터링크를 주로 운용하는 공군의 경우, 전술데이터링크를 사용하여 공세작전, 전략작전, 대 화력전, 그리고 근접공중지원(CAS: Close Air Support) 등 다양한 작전을 수행할 수 있다. 우군 지·해상 군과 대치하고 있는 적의 목표에 대한 공중공격을 가하여 우군 지·해상 군 작전의 돌파구를 형성하거나 적의 공격을 둔화시킴으로써 지·해상 군 작전의 전투 자유성을 보장하기 위해 수행하는 작전이다. 이 때, 전술데이터링크를 통해 피아식별 정보 외에도 전장의 이미지 정보를 근실시간으로 전달한다면, 공중 지원 시 오폭을 줄이고 효과적인 작전을 수행할 수 있다. 그러나 현재 가장 널리 쓰이는 전술데이터링크인 Link-16은 정적인 TDMA를 기반으로 네트워크를 운용하고 있고, 텍스트나 음성 등 작은 메시지 전송만 지원하기 때문에 고용량의 이미지 전송이 어렵다. 따라서 전술데이터링크에서 이러한 요소들이 개선된다면, 육상 CAS 작전과 유사한 작전들을 보다 더 효과적으로 수행할 수 있을 것으로 기대된다.

전술데이터링크는 다양한 타입의 데이터의 우선순위 보장, 보안성 유지, 저피탐을 통한 노출 최소화, 대용량 데이터 전송, 작전의 근실시간성 보장, 네트워크

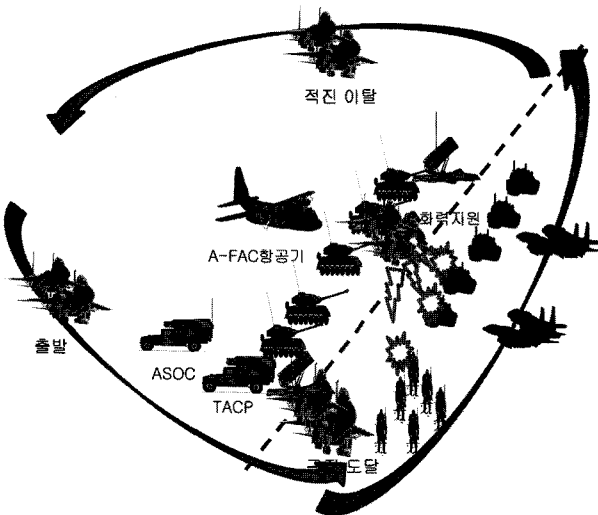


그림 1 CAS 작전 절차

* 중신회원

† 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA-2010-C1090-1021-0011).

의 안정성 향상 등 여러 가지 기능을 지원해야 한다. 군에서 이렇게 다양한 기술을 자체적으로 연구하고 개발하는 것은 시간과 비용적인 측면에서 큰 낭비이다. 그리고 체계 개발에 시간이 많이 지체될 경우, 군 기술이 퇴보할 수 있는 위험까지 도래되기 때문에 현실적으로 불가능하다. 따라서 전술데이터링크 기술은 기존의 상용에서 개발되어 온 COTS(Commercial Off-The-Shelf) 요소를 도입해야 할 필요가 있다. 전술데이터링크를 포함한 국방 IT 기술은 상용의 IT 기술을 도입하여 국방 IT 기술로 융합함으로써 군 기술을 개발하는데 드는 시간과 비용을 절약할 수 있고, 기술적인 향상을 통해 경쟁력을 갖출 수 있다. 상용 IT 기술은 대부분이 표준화가 되어 승인된 기술을 사용하기 때문에 군에서 이를 도입하여 국방 IT로 도입할 경우, 표준화를 통한 군 기술 규격의 통일화와 전술 운용 시 상호운용성 확보가 용이해 진다. 또한 국방 IT 산업을 장려할 수 있어 한국군 국방 IT 기술의 세계 경쟁력을 강화시킬 수 있다. 또한, 국방 IT 기술의 발전을 통해 NCO(Network Centric Operation)나 NCW의 실현을 통해 전투력이 극대화 될 수 있어 국방력이 강화될 수 있다.

2. 전술데이터링크의 종류

전술데이터링크는 작전 정보, 피아식별, 표적위치, 표적할당, 무장 정보 등 다양한 전술 데이터를 무기체계와 지휘통제체계에 제공함으로써 전장의 상황을 공유하고 작전을 수행할 수 있도록 하는 통신 체계이다. 2000년대의 아프가니스탄 전쟁과 이라크 전쟁을 통해 전술데이터링크의 효과가 입증되었고, 특히 2003년의 이라크전에서는 조종사에게 표적사진과 좌표를 동시에 제공하였으며, 상황실에서 지상전투상황을 전시하는 등, 지휘통제가 근실시간으로 이루어졌다. 이처럼 전술데이터링크는 전술정보의 공유라는 측면에서 NCW를 실현하기 위한 핵심 기술이라고 할 수 있다[1]. 전술데이터링크의 종류는 다음과 같다.

2.1 Link-4A

Link-4A는 초기에 항공모함에서 전술항공기 관제를 위해 디지털데이터 전송이 가능한 데이터링크로 설계되었다. Link-4A는 단방향 또는 양방향 데이터링크 체계로 TDMA 방식을 사용하며 통제는 동일 주파수 상에서 4~8대의 항공기를 통제할 수 있다. Link-4A 메시지는 컨트롤 메시지와 항공기 응답 메시지로 구분되며 미군표준 MIL-STD-6004(C)와 나토표준 STANAG 5504(NATO C)에 정의되며 컨트롤 메시지들은 V-시

리즈 메시지로 작성되고 항공기 응답 메시지들은 R-시리즈 메시지를 사용한다. Link-4A의 기능 중 ACLS(Automatic Carrier Landing System) 지원기능을 제외한 대부분이 Link-16에 포함되어 있어, Link-4를 Link-16으로 대체하고 있는 추세이다. Link-4A는 최초 F-4와 F-14 전투기용으로 설계되었으나, 추가로 A-6, A-7, S-3A 및 FA-18에도 장착이 가능하다.

2.2 Link-11

Link-11은 광범위한 지역의 감시, 전술적인 징후 및 경고 등 다양한 임무를 지원하는 전술 데이터링크 체계로서 비행체, 지상, 함정에서 디지털 정보교환을 위한 통신기술과 표준메시지 형식을 정의한 통신체계이다. Link-11은 HF(High Frequency) 또는 UHF(Ultra High Frequency) 대역에서 운영가능하며 HF 대역에서는 1,364 bps, UHF대역에서는 1,364 또는 2,250bps의 전송능력을 보유한다. HF 대역에서는 송신자로부터 전방향성(Omni-directional)으로 300NM 범위까지, UHF 대역에서는 가시권(LOS: Line of Sight) 전방향성으로 함정간은 약 25NM, 함정과 항공기는 150NM까지 전송 가능하다.

Link-11은 미 해군에 의해 대공전(AAW: Anti-Air Warfare) 목적으로 개발되어 1961년부터 사용되고 있으며, 대잠전, 대함전 등에 확장 운용되어 항공모함, 순양함, 구축함, 호위함, 잠수함, 상륙함, 상륙 지휘함, E-2C, S-3, P-3 등에서 사용되고 있다. 미 해병대는 Link-11을 전술항공지휘센터(TACC: Tactical Air Command Center), 전술항공작전센터(TAOC: Tactical Air Operational Center) 등에서 사용하고 있으며, 미 육군은 PATRIOT 및 Bde/TMD(Brigade/Theater Missile Defense) 전술작전센터(TOC: Tactical Operational Center)에서 운용한다. 또한 현재 Link-11을 운용하는 국가는 미국, 영국, 프랑스, 독일, 이탈리아, 네덜란드, 캐나다, 호주, 일본 그리고 한국 등이 있다.

2.3 Link-11B

Link-11B의 운용은 지상기반의 방공작전 및 관제를 위한 정보교환을 위해 주로 사용되며, 다양한 통신매체(유선 케이블, SHF, UHF 등)를 통해 운용이 가능하다. Link-11B 네트워크는 전용의 Point-to-Point 데이터링크 연결구조로 구성되며 전이중 전송방식 송수신이 가능한 방식을 사용하여 디지털 정보를 교환하며 송수신선이 독립되어 있는 유선을 사용하므로 주파수 대역은 해당사항이 없다.

Link-11B는 미군 표준인 MIL-STD-6011B와 나토표

준 STANAG 5511에 정의되어 있는 M-시리즈 메시지를 사용한다. Link-11B는 현재 미 육군(AN/TSQ-73 미사일 통제장비 보유), 미 해병대(TACC와 TAOC), 미 공군 CRC(Control and Reporting Center) 또는 CRP(Control and Reporting Post) 간 및 국가안보국(NSA: National Security Agency) 등에서 운용하며, 한국 공군의 중앙방공통제소(MCRC)에서도 사용하고 있다.

2.4 Link-16과 LET

Link-16은 걸프전 이후 미 국방부가 표준체제로 채택한 전술 데이터링크 체계 J-시리즈 패밀리의 기반을 형성하는 일차적 데이터링크로 C4I 기능을 지원하는 기존의 전술데이터링크 체계 기본개념과 능력을 개선한 형태의 전술데이터링크 체계로서 미군이 합동 및 연합작전에 군간 또는 국가 간 전술 데이터를 서로 교환하고 공유하기 위해 개발되어 1996년부터 미국의 전 군에 배치되기 시작했던 전술 데이터링크 체계다.

Link-16 전술 데이터 링크의 특징은 전술부대의 정보교환 요구사항의 충족과 정찰, 전자전, 임무수행, 무기할당, 통제자료의 교환을 지원하며 다양한 지휘통제 플랫폼과 무기체계 플랫폼 사이에서 정찰 및 지휘통제 정보를 교환하고 다양한 플랫폼에게 다중접속, 고용량, 그리고 전자방해장치 능력을 보유한 디지털 데이터 및 비화음성을 위한 통신, 항법 및 식별 정보 교환능력을 제공한다. 이러한 Link-16은 안정적인 시스템 구조와 항재밍 및 저피탐에 강한 장점을 가지고 있다.

그러나 1980년대에 개발된 만큼 낙후된 요소 기술을 사용하여 고정적인 네트워크 구조 및 낮은 전송률 등의 문제점도 제기되고 있다. Link-16은 주파수 도약과 함께 정적인 TDMA 구조를 사용하기 때문에 제한적인 가변 데이터 전송률을 지원하며, 고속 데이터 전

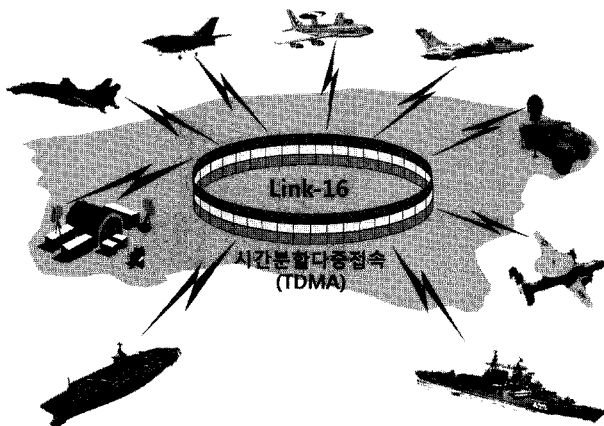


그림 2 Link-16 운용 구조

송에는 한계가 있다. 또한 이러한 구조로 인해 동적인 망 관리가 불가능하며, 합동 작전 시 전술데이터의 실시간 전송이 불가능한 단점이 존재한다. Link-16은 비효율적인 변조방식인 CCSK/MSK(Cyclic Code Shift Keying/Minimum Shift Keying)를 사용하기 때문에 낮은 주파수 효율을 가지며, 고정된 채널 코딩/변조 기법을 사용하기 때문에 채널환경을 고려하지 않아 전송효율이 낮은 단점이 있다. Link-16 자체의 낮은 데이터 전송률로 인해 좌표, 음성, 텍스트 등의 제한적인 서비스만이 지원 가능하며, 이 때문에 IP 기반 서비스의 지원은 불가능하다.

미군은 이러한 Link-16의 단점을 개선하기 위해서 LET(Link-16 Enhanced Throughput) 프로젝트를 진행하였다. LET는 기존의 Link-16에서 큰 추가적인 구현 복잡성 및 비용을 수반하지 않으면서 성능을 향상시키고자 한다. 이러한 LET는 Link-16에 비해 최대 10.25 배 정도의 데이터 전송률을 달성할 수 있는 것으로 알려져 있다.

LET는 Link-16의 기저대역 코딩만 변형하여 구현할 수 있다. 기존의 Reed-Solomon 코드와 CCSK 확산 코드를 사용하는 대신에 새로운 Reed-Solomon/Convolution 연결 코딩 기법을 적용하여 전체 링크의 용량에 요구되는 전송률을 보장하는 것을 목표로 한다. 대역폭 효율을 높이고 고속 데이터 어플리케이션 서비스가 가능한 LET는 trade-off로써 Link-16의 높은 항재밍/저피탐 성능을 보장할 수 없다.

2.5 Link-22

Link-22는 1990년부터 캐나다, 프랑스, 독일, 이탈리아, 네덜란드, 영국 그리고 미국이 함께 설계와 개발에 참여해왔다. Link-22는 초기에 NILE(NATO Improved Link-Eleven)이라는 이름으로 개발되었으며, 구성과 구조는 Link-11과 Link-16의 혼합형이다. Link-22는 Link-11의 성능을 개선할 뿐만 아니라, 해상 환경에서 기존 Link-16으로 지원할 수 없었던 BLOS(Beyond Line Of Sight) 문제를 해결하며 해상 환경에서 문제가 될 수 있는 Link-16 속성을 수정하고 몇 가지

표 1 LET 데이터 전송 속도 옵션[6]

Message types	TADIL J Words/Slot	Relative to P4SP
0	40	× 3.33
1	61	× 5.08
2	93	× 7.75
3	108	× 9.00
4	123	× 10.25

기술요소들을 보완하여 해상환경에서 Link-16에 준하는 전술데이터 링크를 제공하는 것을 목표로 하는 시스템이다.

Link-22 는 HF 대역과 UHF 대역을 통해 데이터를 전송하며, 이 때 대역별 사용 가능한 웨이브폼에 따라 하나의 네트워크에서 HF 대역에서는 최대 4,053Kbps 를 지원하며, UHF 대역에서는 최대 12,667Kbps 전송률을 지원한다. 그리고 각 대역에서 고정 주파수 모드와 주파수 도약 모드를 지원한다. 더 나아가, Link-22 네트워크는 전송률을 향상시키기 위해 사용자가 최대 4개의 Radio를 사용하여 서로 다른 네트워크에 참여할 수 있게 구성하였다.

Link-22 네트워크는 SN(Super Network), NN(NILE Network), 그리고 NU(NILE Unit)으로 구성된다. 하나의 SN에는 최대 125개의 NU가 참여할 수 있다. SN은 최대 8개의 NN로 나누어지고, 하나의 NU는 multiple radio를 사용하여 동시에 최대 4개의 NN에 참여할 수 있다. 이와 같은 경우, NU는 NN으로 메시지를 포워딩 할 수 있다. 그리고 네트워크 구조는 TDMA 구조이다. Link-16의 정적인 TDMA 뿐만 아니라 동적인 TDMA를 지원하여 사용자의 요구량에 따라 타임슬롯을 다르게 할당해 줄 수 있다.

Link-22를 통해 전해지는 메시지는 크게 J-series 표준 메시지와 Link-22 Specific 메시지로 나누어진다. J-series 표준 메시지는 72 비트의 길이로 고정된 포맷이고, 전술 데이터 교환 메시지, 정보 관리 메시지, 무기 조정 및 관리 메시지 등으로 분류된다. 전술 데이터 교환 메시지는 참여 노드의 위치 및 ID, 감시, 전자전, 첩보, 무기 제어, 임무 관리, 참여자의 상태 정보를 교환하는데 사용된다. 정보 관리 메시지는 추적 관리, 업데이트 요청, 상관도, 포인터, 추적 식별, 필터 등의 정보를 교환하는데 사용된다. 그리고 무기 조정 및 관리

메시지는 명령, 교전 상태, 핸드오버, 유닛 제어, 교정과 상태 정보를 교환하는데 사용된다. 그리고 Link-22 specific 메시지는 Link-22에서 사용되는 우선순위 기반의 QoS(Quality of Services)를 제공하는 다양한 특성들을 제공하는데 사용된다.

2.6 VMF(Variable Message Format)

미군은 무기체계 간의 원활한 정보의 유통을 보장하고 상호운용성을 확보하여 NCW를 실현하기 위해서 VMF 전술데이터링크 기술을 개발하였다. 미 합동참모본부(JCS: Joint Chiefs of Staff)는 전술지휘통제체계의 상호운용성을 위해 1978년 3월 7일 JINTACCS (Joint Interoperability of Tactical Command and Control Systems) 프로그램을 수립했다[5]. JINTACCS 프로그램에서 Link-16의 메시지 형식은 FMF(Fixed Message Formats)와 VMF 형태가 표준으로 제시되었다. 그러나 VMF는 미 육군에서만 사용하였고, VMF를 통해 교환되는 정보의 양과 사용자 수가 증가하였다[5]. 그리하여 VMF는 다양한 정보의 양을 지원하고 사용자의 세부적인 요구사항을 만족하면서 상호운용성을 확보할 수 있도록 개발되었다.

VMF는 네트워크에 독립적이지만 주로 CSMA/CA를 기반의 CNR(Combat Net radio) 상위에서 동작하며 물리계층과 링크 계층 표준으로 MIL-STD-188-220C를 사용하고 있다. 그리고 네트워크 계층(Network Layer)에서는 IP(Internet Protocol)과 ICMP(Internet Control Protocol)를 지원한다. 전송 계층(Transport Layer)에서는 TCP(Transmission Control Protocol)와 UDP (User Datagram Protocol)를 지원한다. 그리고 응용 계층(Application Layer)에서는 VMF의 표준인 MIL-STD-6017과 MIL-STD-2045-47001C가 사용된다. 이는 메시지의 암호화 및 핸들링을 담당한다.

2.7 공용데이터링크

2.7.1 CDL

1991년 미국 DoD에서는 이미지/영상 데이터 전송과 Signal Intelligence 확보를 위해서 CDL을 표준으로 채택하였다. 지상플랫폼과 항공기 간 영상신호를 전송할 수 있는 기능을 제공한다. CDL은 보안, 항재밍, 역방향 링크 10개 채널, 200Kbps의 전송속도를 제공하는 역방향 링크(Return Link), 순방향 링크 25개 채널, 10.71Mbps, 137Mbps 또는 274Mbps의 전송속도를 제공하는 순방향 링크(Forward Link)로 구성되어 있다. 사용하는 주파수는 Ku 밴드이고, BLOS를 지원한다. 위성 또는 항공기를 relaying platform으로 활용하며

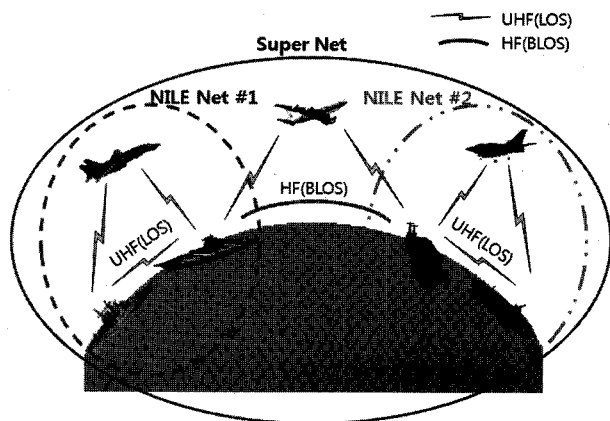


그림 3 Link-22 운용 구조

I/X대역(9.7-10.5GHz), Ku-band(14.5-15.35GHz)를 사용한다. 보안 요소로는 COMSEC(Communications Security)을 사용한다. 그리고 Point-to-Point 방식으로 ISR(Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance) 데이터를 전송하도록 설계되었다. CDL은 네트워킹에 대한 개념이 적용되지 않은 한계점이 있었다. 그리고 중량이 너무 무겁고 고가의 장비여서 다수의 UAV에 장착하는데 부담이 있었다. CDL은 지원하는 고도와 이동 속도에 따라 아래와 같이 5가지 클래스로 나눌 수 있다.

- Class I: 지상 기반 어플리케이션으로 80,000 피트의 고도, 마하 2.3 미만의 속도까지 지원함.
- Class II: 150,000 피트의 고도, 마하 5의 속도까지 지원함.
- Class III: 500,000 피트의 고도, 마하 5의 속도까지 지원함.
- Class IV: 750nm에서 궤도를 선회하는 위성에서 사용되는 터미널.
- Class V: 더 높은 고도에서 동작하는 Relay 위성에서 사용되는 터미널.

2.7.2 TCDL

TCDL은 1997년에 Defense Airborne Reconnaissance Office(DARO)와 Defense Advanced Research Projects Agency(DARPA)에서 획득한 체계이다. 기존 CDL은 고가이고 중량이 무거웠기 때문에 이를 만족하기 위해서 저렴하고 가벼운 TCDL이 개발되었다. TCDL은 광범위한 ISR 체계에 응용이 가능하고, CDL에 비해서 가볍고 저가이며, 기존 CDL과 호환성이 유지된다. 또한 유무인 공중 정찰 플랫폼에서 사용되고, 상호운용성이 뛰어나며, 보안에 강한 특성을 갖는다. TCDL은 Predator UAV(Unmanned Aerial Vehicle)에 사용될 예정으로 개발되었고, 나아가서 P-3 Orion 외에 다른 UAVs(Guardrail, Rivet Joint, Reef point, ARL 및 JSTARS 등) 와도 연동할 예정이다. TCDL은 레이더, 사진, 동

영상, 그리고 다른 여러 가지 센서 정보를 200km의 거리까지 1.544Mbps에서 10.7Mbps의 속도로 전송할 수 있다. 그리고 향후에는 45, 137, 그리고 274Mbps의 속도까지 지원할 예정이다. TCDL은 비디오 압축 MPEG-2를 사용하고, Full-duplex 방식이며, COMSEC 기능이 포함되면 BER(Bit Error Rate)이 10^{-6} 이며, 없으면 BER은 10^{-8} 이다. LOS(Line-Of-Sight) 기반의 Point-to-Point 형태로 전송한다. 전송 밴드는 Ku-band를 사용하여 순방향 링크(Forward Link)는 15.15~15.35GHz 밴드를 사용하고, 역방향 링크(Return Link)는 14.40~14.83GHz 밴드를 사용한다.

2.7.3 SCDL

SCDL은 JSTARS(Joint Surveillance Target Attack Radar System)의 가장 중요한 요소이다. JSTARS는 미 공군과 미 육군의 협업을 제공하는 전투 관리 시스템이다. 미 공군과 미 육군은 JSTARS를 통해 지식과 표적 정보를 확보하고 공유한다. 레이더 시스템은 적의 지상군 또는 낮게 날아가는 비행기나 바다의 배 등을 탐지, 분류, 그리고 추적한다. SCDL은 E-8C JSTARS 비행기와 여러 지상국들 사이에 연결된 안전한 전천후 링크로서, 표적의 정보를 획득하면 SCDL을 통해 정보를 주고받는다. SCDL은 공중 데이터 터미널(Air Data Terminals)과 지상 데이터 터미널(Ground Data Terminals)로 구성된다. 사용되는 대역은 12.4~18GHz이고, 전송률은 1.9Mbps이다. 다중 접근은 TDMA 방식이며, FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum)를 사용한다. SCDL은 정보를 Relay할 수 있고, 같은 영역 내에서 동시에 작동하는 다중 네트워크를 지원한다.

2.7.4 MP-CDL

초기 MP-CDL은 E-8C와 공용 지상국(Common Ground Station) 사이에 데이터를 주고받기 위한 JSTARS SCDL을 대체하는 수단으로써 계획되었다. 광영역 감시(Wide Area Surveillance) 시스템으로 사용되던 MP-RTIP(Multi-

표 2 CDL, TCDL, MP-CDL의 비교

	전송속도		관련 주파수	통신거리 (Km)	연구기관	연구기간
	Uplink	Downlink				
CDL	200Kbps	10.71/45Mbps 137/274Mbps 548/1,096Mbps (지원 예정)	I/X Ku EF/S Plus I/X	24,384 45,720 152,4 1,389	US DoD	"1991년~현재"
TCDL	200Kbps	10.71Mbps	Ku	4.57	DARPA, DARO	"1997년~현재"
MP-CDL	59/500Kbps 45Mbps	45/137/274Mbps	X Ku Ka	12.19	L-3 Communications	현재

Platform Radar Technology Insertion Program) 센서는 방대한 양의 ISR 데이터를 생성하였는데, SCDL은 이를 전송할 수 있는 충분한 전송 속도를 지원하지 못하였다. 그래서 미군에서는 SCDL을 대체할 수 있는 기술인 MP-CDL을 제안하였다. 이에 나아가서 미 공군에서는 MP-CDL을 통해 NCW 능력을 향상시킬 수 있을 것으로 기대하여, Network Centric Collaborative Targeting(NCCT) Advanced Concept Technology Demonstration(ACTD)를 지원하기 위한 방향으로 MP-CDL 재구성하였다. MP-CDL이 사용하는 대역은 X, Ku, 그리고 Ka 밴드를 사용한다. 전송속도는 순방향 링크의 경우에는 45~274Mbps이고, 역방향 링크의 경우에는 59Kbps~45Mbps이다. 최고 30개의 링크 연결이 가능하며 공중과 지상의 링크를 연결한다. 또한 IP 기반이며 노드들 간의 멀티홉(Multi-Hop)과 Multi-point transmission이 가능하다. MP-CDL은 기존 CDL과 TCDL의 Point-to-Point 통신 방식을 Point-to-Multipoint 형태로 확장하였다. 그리고 CDL과 TCDL 보다 네트워킹 기능을 강화하여 공중과 지상의 정보, 감시 및 정찰(ISR) 체계 간의 네트워크 중심 ISR 데이터링크를 제공하는 것이 목표이다. 표 2는 CDL, TCDL, 그리고 MP-CDL을 간단히 비교한 것이다.

2.8 TTNT(Tactical Targeting Network Technology)

TTNT는 미국 DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency)와 AFRL(Air Force Research Laboratory), 그리고 Rockwell Collins가 2001년부터 공동으로 연구, 개발하기 시작하여 2006년 9월 Flight Test를 마친 차세대 전술 데이터 링크 시스템이다.

고속 디지털데이터 전송이 가능한 TTNT는 네트워크 중심의 센서 기술을 통해, 표적의 위치를 정확히 파악하고 센서로부터 슈터까지의 시간(sensor to shooter time)을 단축시켜준다. 또한, TTNT는 IP 프로토콜과 호환되고, 완벽한 애드혹(ad-hoc) 및 독립적 네트워크로 동작한다.

TTNT는 매우 낮은 지연 시간과 고속의 데이터 전송 속도를 갖는데 100nm의 거리에서 2msec의 지연 시간과 2Mbps의 데이터 전송률을 갖는다. 그리고 최소 100nm, 최대 300nm의 거리의 항공기 간에 10Mbps의 네트워크 용량을 가지며, Link-16, JTRS(Joint Tactical Radio System)와 호환 작동하고, 애드혹 네트워크에 합류 시 5초 이내에 합류가 가능하다. 또한 TTNT는 SPMA(Statistical Priority-based Multiple Access)를 통한 동적인 자원할당을 지원하고, 마하 8의 속도까지 동작 등을 지원한다.

표 3 TTNT capability

Total rate	10+Mbit/s	
Single platform rate	2Mbit/s	@ 100nm
	500Kbit/s	@ 200nm
	220Kbit/s	@ 300nm
Latency	2ms	@ 100nm
	6ms	@ 200nm
	30ms	@ 300nm
Number of platforms	> 200	
Platform separation	300nm	
Net join/leave	< 5s	
Management	Fully distributed, real-time; flat net; ease of use	
Flexibility	Completely dynamic	
Link 16	Coexist & fully interoperable	

전술데이터링크로서 TTNT는 LPI/LPD 보장을 위한 channel access 기법을 사용한다. 그리고 전송 범위를 제한하여 멀리 있는 적으로부터의 피탐 확률을 줄일 수 있다. 여기에 멀티 홉 라우팅을 지원할 뿐만 아니라 Silent Node 기능을 지원한다. 또한 TTNT는 LPI/LPD를 보장하기 위하여 Omni Directional 시스템을 사용한다. 이 시스템은 Omni 안테나와 Directional 안테나를 함께 사용하여 일반적인 통신에 Omni 안테나를 사용하고 저피탐 통신을 위해서는 Directional 안테나를 사용한다.

3. 전술데이터링크 기술 요소

3.1 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplex)

OFDM은 기존의 FDM(Frequency Division Multiplex) 기술에 비해서 주파수 효율이 높고, 대용량의 데이터 전송 시 고속 데이터 전송을 지원할 수 있는 기술로서 각광을 받는 기술이다. 주파수 자원은 제한되어 있기 때문에 주파수 효율성이 높고 고속 데이터 전송 지원이 가능한 OFDM 기술을 사용함으로써 전술데이터링크를 통한작전의 성능 향상시킬 수 있다. 전술데이터링크 중에서는 TTNT에서 OFDM을 사용하는 것으로 알려져 있다.

미군의 Link-16은 간단한 전술메시지를 전송하기 위한 전술데이터링크 기술로 고용량의 ISR 정보 전송에는 어려움이 있다. 반면에, OFDM 기반의 웨이브폼을 사용하는 TTNT는 10Mbps까지 속도를 지원하여 ISR 정보를 전송할 수 있도록 설계되었다. OFDM 기술은 간섭과 다중경로 페이딩에 강하기 때문에 전술데이터링크에 적용하여 이동으로 인한 간섭과 다중경로 페이딩을 극복할 수 있을 것으로 예상된다. 또한, OFDM

은 주파수 효율성이 매우 높기 때문에 많은 수의 통신 노드가 작전을 동시에 수행하는 합동 작전에 적합하다고 할 수 있다.

고속의 데이터 전송 외에도 전술 작전 환경에 운용되는 웨이브폼은 항재밍, LPI/LPD 기능 제공과 같은 중요한 요구조건을 갖는다. 합동전술데이터링크는 적군의 재밍 공격을 극복할 수 있어야 한다. 따라서 항재밍 기능을 제공하는 웨이브폼 기술이 반드시 필요하다. 또한, 전술 작전 시 적에게 노출되어서는 안 되기 때문에 LPI/LPD 기능을 제공하는 웨이브폼이 되어야 한다. OFDM은 spread spectrum 기술과의 결합을 통해 항재밍 기능과 LPI/LPD 기능을 제공할 수 있다. 반면에, 합동전술데이터링크에 OFDM 기술을 적용하기 위해 극복해야 하는 문제점들이 있다. OFDM은 이동성이 높고, 도플러 효과가 큰 환경에는 적합하지 않다. 합동전술데이터링크의 경우, 단말기의 이동 속도가 매우 빠르기 때문에 도플러 이동의 영향이 크다.

이러한 OFDM을 이용하여 구축되어진 시스템으로는 대표적으로 WiBro 및 WiMax 시스템이 있으며, HSDPA/HSUPA 시스템 역시 물리계층을 OFDM으로 사용하고 있다. 또한 IEEE 802.11a에서 OFDM을 표준으로 채택하고 있다. 이 중 WiBro의 경우에도 운용되는 환경이 전술데이터링크의 경우가 더 복잡하고 다양하다. 그러므로 전술데이터링크가 운용되는 환경에 적합한 전송 부반송파의 개수, 심볼 간 간섭과 채널 간 간섭을 극복하기 위한 Cyclic Prefix(CP), 필요한 전체 대역폭, 그리고 Symbol time과 같은 OFDM의 파라미터들에 대한 연구가 더 진행되어야 한다.

3.2 FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum)

FHSS와 DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum)는 대표적인 주파수 확산 기법으로 IEEE 802.11의 표준으로 정의되어 있다. DSSS가 802.11의 a/b/g의 표준으로써 실제 무선랜 환경에서 이용되는 반면 FHSS는 802.11 하위 표준에서 구현하지 않고 있으나 Link-16과 Link-22와 같은 군 전술 데이터링크에서 사용된다. 이처럼 전술데이터링크에서는 하나의 채널에 머무르는 시간이 매우 짧은 주파수 도약 방식을 통해서 높은 항재밍, LPI/LPD 성능을 보장한다.

Link-16에서 주파수 도약 패턴은 암호화 되어 있으며, 매우 고속으로 주파수 도약을 실시하므로 신호를 센싱하여 도약 패턴을 쫓아서 재밍하는 것이 현실적으로 불가능하다.

Link-16에서는 5비트의 데이터 심볼이 CCSK(Cyclic Code Shift Keying)에 의해 32칩의 칩으로 확산되어

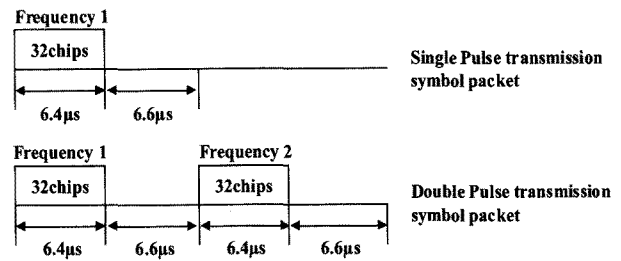


그림 4 Link-16 펄스 전송 방식

전송이 이루어지는데 이 심볼 펄스를 기본으로 주파수 도약을 실시한다. 이 때 주파수 도약 속도는 초당 77,000번이다. 그리고 Link-16에서는 항재밍 성능을 극대화하기 위해 더블 펄스를 운용 가능하며, 더블 펄스란 위의 그림 4와 같이 동일한 데이터를 서로 다른 주파수 채널을 통해 연속으로 전송하는 것이다. 이를 통해 하나의 채널이 재밍이나 잡음을 통해 정보를 수신하지 못하더라도 주파수 다이버시티를 통해 데이터를 복구할 수 있게 된다.

3.3 Channel coding

채널 코딩은 무선 채널에서 발생 가능한 노이즈, 간섭 그리고 페이딩의 영향을 극복하기 위해서 통신 단말에 사용되는 기술이다. 채널 코딩은 기본적으로 원본 데이터에 추가 비트(또는 심볼)를 삽입함으로써 에러 복구 능력을 향상시키는 기술이다. 이는 더 많은 대역폭을 요구하는 기회비용이 있지만, 이를 통해 에러 복구 능력뿐만 아니라 다양한 성능 향상을 도모할 수 있다. 우선 낮은 송신 전력을 사용하게 되므로 단말의 안정성이 향상되며, 동시에 가입자 수용량이 증가하게 된다. 또한 일정 BER을 유지하면서 전송률 향상이 가능하다. 채널 코딩은 에러 복구 능력을 향상시키고 BER과 전력 소모를 낮출 수 있다는 점에서 네트워크의 신뢰성 향상을 위해서 반드시 필요한 기술이며, 전송률과 수용량을 증가시킬 수 있다는 점에서 고속 데이터 전송을 위해서 반드시 필요하다고 할 수 있다. 그 외에, 데이터 수신단에서 에러 복구가 가능하다는 점에서 재전송을 줄일 수 있으므로 링크 효율성을 증가시킬 수 있고, 같은 이유로 인해 시간축으로 볼 때 감청의 위험, 즉 LPI/LPD 성능의 향상도 더불어 가능하다.

이러한 채널 코딩은 디지털 통신에서 FEC(Forward Error Correction)를 위해 많은 연구가 진행되어 왔으며, 현재 다양한 기법들이 개발되어 사용되고 있다. 이러한 채널 코딩의 대표적인 기법들로 Hadamard coding, Erasure coding, Convolution coding, Reed-Solo-

mon coding, 그리고 Turbo coding이 있다. 이 중 Link-16에서는 Reed-Solomon과 Convolution coding이 연접해서 사용되고 있다.

3.4 Spread spectrum coding

확산 스펙트럼이란 주파수 도메인에서 넓은 대역에 걸쳐 신호를 확산시키는 기법이다. 이 기법은 데이터 신호의 세기를 노이즈 레벨 이하로 낮춤으로써 간섭과 재밍에 강한 특성을 가지며, 신호가 감지되는 것을 방지함으로써 LPI/LPD 기능을 제공한다. 특히 군에서 사용하는 통신 스펙트럼은 LPI/LPD 기능이 반드시 제공되어 적에게 노출되지 않도록 해야 하며, 재밍 공격에도 통신이 가능하도록 항재밍 기능을 제공해야 한다. 따라서 군에서는 확산 스펙트럼을 사용하여 이와 같은 기능들을 제공해야 한다. 대표적인 예로써 MLS(Maximum Length Sequence), Gold 코드가 있으며 Link-16은 대표적으로 CCSK를 사용한다.

CCSK 기법은 M-ary 시그널링 형태로 통신채널에서 사용되는 기법으로 확산코드의 correlation에 속성을 이용하여 확산열을 생성한다. 만약, 초기 확산코드를 $b_0 = (b_0(1), b_0(2), \dots, b_0(M-1))T$ 라 가정하면, 이를 cyclic shift하여 새로운 CCSK 확산코드를 생성한다. 따라서 총 생성되는 확산코드의 개수는 M개가 되며, n번 shift하여 생성된 확산코드를 b_n 로 표현할 수 있다. CCSK 기법은 생성된 확산코드에 전송 데이터를 bi-phase modulation을 통해 전송하므로, 결국 전송되는 심볼 당 비트 수는 $N_b = \log_2 M$ 이 된다.

3.5 TDMA(Time Division Multiple Access)

Link-16은 시분할 다중 접속(TDMA)을 사용하고 있으며, 시간은 1초당 128개의 타임슬롯으로 구성된다. 하나의 타임슬롯에서는 하나의 유닛만 정보를 전송하며, 전송 정보를 수신하기 위해서는 시간 동기가 획득되어야 한다. 서로 시간 동기가 맞춰져 있는 모든 유닛들의 집합을 Link-16 네트워크라고 한다. Link-16 네트워크의 생성은 모든 유닛이 자신의 할당된 타임슬롯을 미리 알고 있는 상태에서 시작되며, 이 때 TDMA를 구성하기 위해 NTR(Network Time Reference) 노드에 의해 시간 동기를 획득하게 된다. 한 번 시간 동기를 획득하게 된 유닛은 NTR이 상실되어도 자신의 시간 동기를 몇 시간 동안 유지하면서 정해진 타임슬롯을 통해 작전을 수행하는 것이 가능하다. 이는 Link-16이 중심 노드의 상실이 네트워크의 붕괴를 초래하는 Link-11, Link-4A에 비해 매우 안정적인 네트워크를 구성하게 한다.

Link-22 네트워크는 TDMA를 기반으로 동작한다. 그리고 일정시간이 지난 후에는 DTDMA(Dynamic TDMA)로 동작할 수 있다. NCT(Network Cycle Time)는 프레임이 한번 도는 주기 시간으로, 미니슬롯 단위로 표현된다. NCT는 최대 1024개의 미니슬롯을 구성될 수 있고, NU가 전송하는 전송 슬롯과 인터럽트 슬롯을 포함한다. 그리고 하나의 슬롯 당 2~8개의 F-시리즈 메시지를 전송할 수 있다. NU는 한 번의 NCT 동안 적어도 한번은 전송할 수 있는 기회를 얻는다.

NU에 할당된 assignment slot의 길이는 필요에 따라 동적으로 변화할 수 있다. 예를 들어 특정 NU의 전송 데이터양이 증가할 때 additional capacity를 요구할 수 있다. 이러한 요구를 받은 다른 NU는 자신의 메시지 전송에 문제가 없는 한도에서 자신의 slot을 요청한 NU에게 이양한다.

Link-22의 DTDMA는 처음에는 disabled로 설정되어 네트워크가 가동된다. 네트워크가 시작되고 나서 일정시간이 지난 후 네트워크가 안정된 상태가 되면 NMU(Network Management Unit) operator에 의해 DTDMA가 사용 가능하게 된다. 여기서 안정된 상태는 SN의 connectivity와 congestion level이 알려져 있기 때문에 판단 가능하다. congestion level은 4단계로 나누어지며 NN에 참여한 NU들의 전송량이 평균 level에 도달하면 안정된 상태라고 인식하며 네트워크 시작으로부터 평균 30분의 시간이 소요된다.

3.6 CLIP(Common Link Integration Processor)

전술데이터링크를 탑재한 플랫폼이 증가하고 전술데이터링크를 통해 교환되는 자료의 양이 늘어나면서 전술데이터링크의 구현 및 유지보수 비용이 증가되었다. 이에 따라 플랫폼 별 전술데이터링크 구현 범위가 상이하거나 구현상의 오류로 인해 상호운용성이 제한되는 문제가 제기되었다. 이러한 문제를 해결하기 위해 미군은 전술데이터링크의 공통 소프트웨어 환경인 CLIP을 개발하여 하드웨어 환경의 영향을 최소화하고 전술메시지 구현을 일반화하여 체계 간의 링크 통합 문제를 해결하고자 한다[13].

CLIP은 현재의 Link-16, Link-22, VMF 뿐만 아니라 TTNT, JTRS(Joint Tactical Radio System), WNW(Wideband Networking Waveform) 등의 차기 전술데이터링크에서도 운용될 수 있다[14].

3.7 전술 메시지

Link-16 메시지는 다른 전술 메시지와 같이 특정화 된 포맷이 있다. 이러한 메시지는 필드들의 집합으로

구성되고 각각의 필드들은 미리 정의된 비트로 구성해서 인코딩된다. 구성된 메시지들은 Link-16을 통해 J-시리즈 메시지로 정의된다.

각각의 J-시리즈 메시지는 label과 sublabel로 구성되어 있다. 5비트의 label은 32개의 구체적인 구조를 나타내며 3비트의 sublabel은 8개의 서브구조를 나타낸다. Label과 sublabel을 통합해서 총 256개의 메시지 정의할 수 있다. 이러한 방법으로 정의된 메시지들은 각각의 작전으로 세분화 하여 메시지를 나누어 구분할 수 있다. 메시지의 구성은 전술적 운영으로 크게 13가지의 임무로 구분할 수 있고 주요 전술 메시지는 네트워크 운영 메시지, PPLI (Participant Location and Identification) 메시지, 정찰 및 탐지 메시지, 수중 전장 메시지, 정보 메시지, 그리고 무기의 조절 및 제어 메시지가 있다.

Link-16의 메시지들은 JTIDS 네트워크의 TDMA에 할당된 타임슬롯에서 교환된다. 각각의 메시지는 헤더와 메시지 데이터로 이루어져 있다. 메시지 헤더는 전송자의 항적번호와 데이터 타입을 나타낸다. 메시지의 구조는 Fixed 구조 메시지, Variable 구조 메시지, Free text 메시지 그리고 Round-trip timing 메시지 이렇게 4가지가 있다. Fixed구조는 J-시리즈 메시지가 교환되며 Variable 구조는 어떠한 사용자에게 관계없이 일반적인 메시지 공급하며 이는 미 해군에서는 쓰이지 않는다. Free text 메시지는 음성통신에 쓰이며 Round-trip timing 메시지는 동기화에 쓰인다. 이 메시지들에 들어있는 데이터들은 3 words 블록에 각각의 워드에 225 비트의 고정된 크기를 갖고 있다.

Fixed 구조 메시지는 전술과 주요정보들의 전송을 담당하며, 1개에서 최대 8개까지의 word로 구성되는데 Initial word와 1개 또는 그 이상의 Extension word와 1개 또는 그 이상의 Continuation word로 이루어져 있다. 각각의 1개의 word는 75개의 비트를 갖는다. 75개의 비트 중에 70 비트는 데이터이며 4 비트는 에러 체크에 쓰이며 1 비트는 여유 공간이다. Word를 기능별로 구분하면 Initial word, Extension word, Continuation word로 나눌 수 있다.

만약 전송 블록에 75 비트의 word가 채워지지 않으면 터미널에서 NS(No Statement)로 채운다. 이 메시지들은 일반적으로 J-시리즈로 불리며 미 해군은 J-시리즈의 표준을 Link-16 OS(Operational Specification) 516.1에 정의하고 있다. Fixed 구조 메시지는 에러 체크를 위해 항상 인코딩 되어있다. 그리고 Fixed 구조 메시지의 에러체크와 수정은 Reed-Solomon 인코딩에 의해

이루어진다.

Variable구조 메시지 역시 75개의 비트의 워드로 구성된다. 그러나 Fixed 구조 메시지와 달리 내용과 길이가 다양하다. 메시지에 포함된 Information에 자신의 ID와 메시지의 길이가 저장되어있다. Variable구조 메시지는 미 해군에서는 사용되지 않으며 미 육군의 TADIL-B 통신에 쓰이며 ATDL메시지 교환에 사용된다.

4. 국방 IT 융합의 핵심 전술데이터링크 발전 방향

4.1 IP 기반의 전술데이터링크

네트워크중심전이 고려되면서 기존의 다양한 체계들과 새롭게 개발된 체계들 간의 상호운용성(Interoperability) 확보하는 것이 큰 과제이다. 미군의 경우, GIG (Global Information Grid) 체계로의 통합을 목표로 하고 있다. GIG 체계는 체계 간의 연동을 극대화 하여 하나의 통합된 망을 구성하여 언제 어디서나 필요한 정보를 주고받을 수 있도록 한다. 기존의 체계는 서로 다른 데이터링크 간의 정보를 공유하는데 한계가 있었다. 데이터링크 간의 메시지 형식이 다르고, 사용자 입장에서 필요한 요구사항이 다르기 때문이다. 그러나 IP를 기반으로 한 GIG 체계로 통합이 된다면, 데이터링크 간의 연동과 정보 전달 등의 서비스가 가능해진다. 따라서 데이터링크가 IP를 지원한다면, GIG 체계와의 연동이 용이하고, 통합된 형태의 망을 구성할 수 있다.

현재 한국군에서는 한국형 전술데이터링크 체계를 획득하기 위해서 Link-K는 1단계인 기본형과 2단계인 완성형으로 나누어 개발하고 있다. 한국군에서는 Link-K 완성형을 합동전술데이터링크(JTDLs: Joint Tactical Data Link System)로 사용하는 것을 목표로 개발하고 있다. 한국 영토 내에서 미군 전력은 Link-16을 사용하고, 미연동통제소(JICC)에서 통제를 한다. 이와 연결되어 한국군에서는 합동연동통제소(KICC)에서 통제를 한다. 위성 Link-K와 무선 Link-K는 기존의 Link-11, Link-16, 대형 지상링크, 함정 지상링크, 그리고 링크 중계소 등과 연동되던 모든 플랫폼들을 지원하고, 상호운용성을 높이는 것을 목표로 연구가 진행되고 있다. 플랫폼 간의 메시지 형태가 달라도 서로 간의 통신이 가능하도록 통합된 체계로써 합동전술데이터링크를 구축하는 것이 목표이며 IP가 그 대안이 될 수 있다. 여기에는 상대적인 오버헤드로 작용하는 IP 헤더에 대한 압축 기법 등의 기술적인 이슈와 전술데이터링크 기반의 IP 데이터 전송, IP 기반의 전술 메시지 전송에 대한 연구 등이 요구되고 있다.

4.2 Binary XML 기반의 메시징

미 공군은 네트워크중심전을 달성하기 위해 여러 시스템 간 Seamless한 상호운용성이 필요하다고 인식하였다. 이에 미 공군은 IP, XML, URL(Universal Resource Locator), Web browser, 웹 서비스, SOA(Service Oriented Architecture) 등을 통하여 공군시스템간의 상호운용성을 증진시키기 위한 군 도메인에 XML 사용을 연구 중이다[15]. 하지만 공중 네트워크 대역폭의 제한으로 XML 사용함에 따라 발생하는 오버헤드 감소방안을 구상 중이다. 이에 미 공군은 Binary XML을 오버헤드 감소 등을 통한 메시지 크기를 줄이고자 한다. 그리고 미 공군의 요구사항이 포함된 Binary XML의 표준화를 희망하고 있다.

4.3 Imagery 데이터 지원

앞으로의 네트워크중심전(NCW) 환경에서는 전술데이터링크를 통한 ISR 지원은 필수적이며 대표적인 ISR 데이터로는 이미지 데이터가 있다. 현재 미군에서 Link-16을 통한 이미지 정보 전송을 지원하기 위한 연구와 표준화가 진행 중이다. 많은 군 작전 중에서도 이미지 정보의 가용도가 높은 CAS 작전을 수행할 때 이미지 정보가 제공되는 경우 작전의 능력이 월등하게 증가할 수 있다. 현재 Link-16은 NPG 11을 이미지 전송을 위한 그룹으로 정의하였고, NPG 15~18까지 추가적으로 할당 할 수 있도록 여분을 두고 있다. 이미지 전송을 위한 메시지는 J-시리즈 메시지 J.16을 사용한다. 다만, Link-16의 낮은 데이터 전송률로 인해 좌표, 음성, 텍스트 등의 제한적인 서비스만이 지원 가능하며, 실시간/근실시간 이미지 전송은 불가능하다. 대신에 이미지 데이터를 지원할 수 있는 고속의 전술데이터링크가 개발되고 있다.

Link-16에서 사용할 이미지 압축 기술은 JPEG2000이다. JPEG2000은 progressive 압축을 사용한다. Progressive 압축은 이미지를 여러 계층으로 나누어 압축하는 기술이다. 따라서 이미지 데이터를 수신 시, 채널 환경이 불안정하거나 여타 다른 원인으로 인해 중간에 이미지 데이터를 수신하지 못하더라도, 전체적인 선명도가 조금 낮아질 뿐, 이미지 내용을 확인하는 것이 가능하다.

5. 결론

미래 전쟁의 승패는 NCW 환경 구축 수준에 따라 좌우가 되고, NCW 실현을 위해서는 그 핵심기술로 전술데이터링크가 필수적으로 요구되는데, 본 논문에서

는 기존 데이터링크의 종류와 기술요소를 살펴보고 이를 기반으로 미래 전술데이터링크의 발전방향을 살펴보았다. 미래의 전술데이터링크는 기술적인 측면과 경제적인 측면 모두를 고려하였을 때, 상용의 COTS 요소로 개발된 IT 기술을 최대한 국방 전술작전에 융합시킴으로써 국방 IT와 상용 IT간의 개발비용, 개발기간 등의 측면에서 상호 경쟁력을 갖추어 발전할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] 임재성, "전술데이터링크의 진화방향에 대한 소고", IT신기술분석관리팀 웹진 2009.3
- [2] 박형원, 노홍준, 임재성, "한국형 합동전술데이터링크 구축을 위한 Link-16 PHY/MAC 기술 분석", 한국통신학회지(정보와 통신), Vol. 26, No. 3, pp. 60-68, 2009.2
- [3] 김종성, 김상준, 임만엽, "전술데이터링크 기술 소개 및 개발 동향", 정보과학회지 제25권 제9호 2007.9
- [4] 김한동, 최태봉, "전술데이터링크 기술 표준화 동향", 한국통신학회지(정보와통신) 제24권 제10호 2007.10
- [5] 정재형, 권태환, "한국형 육군 전술데이터링크체계 구현방향 연구", 한국국방경영분석학회지 제30권 제2호 2004.12
- [6] 오행록, 구홍서, "VMF 전술데이터링크 기술", 한국통신학회지 (정보와통신) 제24권 제10호 2007.10
- [7] 노홍준, 박형원, 이지혜, 임재성, 장형준, "Link-16에서 ISR 이미지 전송을 위한 가중치 라운드 로빈 기반 동적 시간 분할 다중 접속 방법", 제12차 통신/전자 학술대회, 2008.10
- [8] 장형준, 박형원, 백호기, 임재성, "Link-16 환경에서 효과적인 전투기 위치 추적을 위한 동적 PPLI 전송주기 운용 기법", 제12차 통신/전자 학술대회, 2008.10
- [9] John Asenstorfer, Thomas Cox and Darren Wilksch, "Tactical Data Link Systems and the Australian Defence Force (ADF) - Technology Developments and Interoperability Issues", Revised February 2004
- [10] Navy Center for Tactical Systems Interoperability, "Understanding Link-16", NCTSI, 2001.9
- [11] A. Kotlowski and S. Grob, "Potential of the Fixed Frequency HF communication medium in the upgrading NATO Tactical Data Link 22", Ionospheric Radio Systems and Techniques 2006, pp. 43-48
- [12] Tactical Targeting Network Technology (TTNT), Rockwell Collins, 2006
- [13] Tactical Targeting Network Technology (TTNT), DARPA/

IXO, 2004

- [14] Andre Kotlowski, "Advanced Modem for Link 22 - Enhancing Tactical Data Link Capability for Improved Allied Interoperability", Naval Forces III/2005
- [15] DOD, MIL-STD-6017, Variable Message Format, 2004.4
- [16] 김종성, 김상준, 임만엽, "전술데이터링크 기술 소개 및 개발 동향", 한국정보과학회, 정보과학회지, 제25권 제9호(통권 제220호), pp. 18~28, 2007
- [17] 김홍재, Hieu Trung Nguyen, 오상윤, "XML 기반의 전술데이터링크 상호운용 시스템 구조", 한국정보과학회, 한국정보과학회 2009 가을 학술발표논문집 제36권 제2호(D), pp. 170~175, 2009
- [18] M. Cokus, S. Perica-Geertsen, "XML Binary Characterization Use Cases," W3C Working Group Note, Mar. 2005

약 력



백 호 기

2006 아주대학교 정보및컴퓨터공학부 학사
2008 아주대학교 정보통신공학 석사
2008~현재 아주대학교 컴퓨터공학 박사과정
관심분야: Dynamic TDMA, 위치 인식, 전술데이터링크
E-mail : neloyou@ajou.ac.kr



정 승 명

2009 아주대학교 정보및컴퓨터공학부 학사
2009~현재 아주대학교 컴퓨터공학 석사과정
관심분야: Wireless LAN MAC, 전술데이터링크
E-mail : aflight@ajou.ac.kr



임 재 성

1983 아주대학교 전자공학과 학사
1985 KAIST 영상통신 석사
1994 KAIST 디지털통신 박사
1985~1988 대우통신 종합연구소 전임연구원
1988~1995 디지콤 정보통신연구소 책임연구원
1995~1998 SK텔레콤 중앙연구원 책임연구원
1998~현재 아주대학교 정보통신전문대학원 교수
2006~현재 AJOU-TNRC 센터장
관심분야: 이동통신, 무선네트워크, 국방전술통신
E-mail : jaslim@ajou.ac.kr