

전술데이터링크 기술 소개 및 개발 동향

국방과학연구소 | 김종성 · 김상준 · 임만엽

1. 서론

미래의 전쟁개념은 플랫폼 중심전이 아닌 네트워크 중심전(NCW: Network Centric Warfare)에 초점을 맞추고 있다. 현대전에서 승패의 주요 결정요소는 플랫폼의 민첩성 또는 보유 무기의 사거리가 아니라 적보다 더 나은 상황인식(SA: Situational Awareness)을 획득, 유지하는 능력, 실시간 지휘통제 능력, 그리고 목표물에 대한 정밀타격 능력이다. 이러한 능력을 활용하여 전쟁을 수행하는 것이 네트워크 중심전의 개념이다. 그림 1은 네트워크 중심전 개념도를 보여주며, 네트워크 중심전에서 센서체계, 지휘통제체계, 타격체계가 네트워크를 통한 상황인식 공유, 협동교전 및 정밀타격을 수행하는 효과적인 전쟁수행 개념을 설명한다. 효과적인 전쟁수행은 네트워크를 통한 체계간의 국지 전술 상황자료 상호 전파, 수집된 상황자료의 융합, 공통 상황인식에 의거한 지휘통제 및 교전에 의해 가능해진다. 이때 체계간의 통신 수단으로서 전술데이터링크(TDL: Tactical Data Link)가 사용된다.



그림 1 네트워크 중심전 개념도

약 50여 년의 역사를 갖고 있는 전술데이터링크는 최근에 수행된 아프간전, 이라크전 등의 전쟁을 통해서 그 유용성과 효용성이 입증되었다[1,2]. 전술데이터링크는 무기체계의 전투력 상승 및 시너지 효과, 현대전에서의 화두인 상호운용성 확보를 위한 핵심 요소들 중의 하나로 평가받고 있다. 또한 전술데이터링크는 미래 네트워크 중심전 수행 시 실시간 전술정보분배

표 1 전술데이터링크 분류

용도	전술데이터링크
감시/통제 (Surveillance/Control)	Link-1, Link-4s, Link-11/11B, Link-16, Link-22 SADL(Situation Awareness Data Link) IDM(Improved Data Modem) TIDLS(Tactical Information Datalink System)
미사일 포대 통제 (Missile Battery Control)	ATDL-1(Army Tactical Data Link) MBDL(Missile Battery Data Link) PADIL(Patriot Digital Information Link)
실시간 정밀교전 (Time Critical Targeting)	CEC(Cooperative Engagement Capability) Datalink TTNT(Tactical Targeting Network Technology)
영상정보 획득	SCDL(Surveillance and Control Data Link) CDL(Comman Data Link) TCDL(Tactical Common Data Link)
기 타	Weapon Data Link HELO Datalink EPLRS(Enhanced Position Location Reporting System) VMF(Variable Message Format) USMTF(United States Message Text Format)

및 지휘통제 능력 확보를 위해 필요한 핵심적인 체계로 인식되고 있다. 이와 같은 이유로 인해서 세계 각국은 전술데이터링크를 확보하기 위해서 많은 예산을 집중하고 있으며, 전술데이터링크와 관련된 방위산업 시장도 매우 빠르게 성장하고 있다.

전술데이터링크는 1960년대부터 육·해·공군의 다양한 무기체계 운영 및 통제, 공중감시 등의 필요에 따라서 개발되기 시작하였다. 그 이후 정보통신기술 발전에 따른 센서체계, 무기체계, 지휘통제체계의 디지털화, 전술자료 수집 및 처리량의 증가, 전술자료를 활용한 공격/방어 작전개념의 발전 등에 의해 전술데이터링크는 표 1에서와 같이 다양하게 발전하여 왔다. 표 1에서 분류된 미사일 포대 통제, 실시간 정밀 교전, 영상정보 획득, 그리고 기타 용도와 관련된 전술데이터링크들은 그 용도가 특수하거나 또는 적용 체계가 한정되어 있다[3]. 가장 널리 사용되고 있는 부류는 감시/통제 용 전술데이터링크이다. 한국군도 다양한 감시/통제 용 전술데이터링크를 운용하면서 이 분야에 대한 관심이 증가하고 있다.

본 고에서는 감시/통제 전술데이터링크를 중심으로 전술데이터링크의 기본 개념과 체계구성을 설명한다. 그리고 현존하는 주요 감시/통제 전술데이터링크들의 특성을 요약하고, 기타 전술데이터링크의 기본 개념에 대하여 설명한다. 마지막으로 감시/통제 전술데이터링크에 대한 선진국의 연구개발 동향을 분석하고 결론을 기술한다.

2. 전술데이터링크의 개요

2.1 전술데이터링크의 개념

미 국방부 합참 군사용어집에서 전술데이터링크는 “디지털 정보 전송에 적합한 표준화된 통신링크이며, 전술정보 교환을 위해 하나 이상의 통신구조와 통신매체를 경유하여 2개 이상의 C2체계 또는 무기체계와의 인터페이스를 갖는다”라고 정의되어 있다. 전술데이터링크는 무기체계·지휘통제체계간의 전술자료 교환을 통한 실시간 전장상황정보의 공유와 무기체계 교전행위 통제를 위한 통신체계이다.

전술자료란 상황인식·위협평가·지휘결심·교전통제 등의 전술작전을 수행하는데 있어서 의미 있는 모든 자료를 포함한다. 예를 들어서, 전술자료는 무기체계/지휘통제체계의 센서로부터 획득된 표적정보(표적 위치, 속도, 향로, 고도), 표적식별정보(표적 국적, Mode 코드, 임무), 상태정보(연료, 무장상태), 명령(교전, 화력지원), 교전정보(표적할당, 교전상태, 교전결과), 표

적관리정보(표적삭제, 표적정보 수정요청), 전자전/대잠전 관련 전술정보, 협동교전, 교전 통제명령, 자료관리 및 네트워크 상태정보 등을 포함한다.

2.2 전술데이터링크의 구성

전술데이터링크의 시스템 구성은 그림 2에서 보여주는 바와 같다. 전술데이터링크는 전술자료처리기, 전술데이터링크 프로토콜, 단말기의 세 가지로 구성된다[4].

전술자료를 메시지 형태로 구성하고 교환하는 방법은 메시지 포맷 및 송수신규칙으로 표현되고, 이 메시지를 디지털 데이터로 받아 암호화하고 아날로그로 형태로 변환하여 송신하는 방법은 단말기의 물리적 규격과 데이터 송수신 규격으로 표현된다. 개념적으로 전자는 전술데이터링크의 상위 프로토콜을, 후자는 하위 프로토콜로 구분할 수 있다.

전술데이터링크 상위 프로토콜은 물리적으로 전술자료처리기(TDP: Tactical Data Processor)에 구현되고, 하위 프로토콜은 단말기에 구현된다. 전술자료처리기는 상위 프로토콜에 따라 메시지가 수신되고 송신되는지를 조사하고, 메시지에서 전술자료를 추출하는 일 이외에 센서체계로부터 획득한 표적정보와 전술데이터링크로부터 수신한 정보를 융합하여 하나의 상황정보로 통합하여 전시하고 주어진 임무(예: 각종 작전 및 지휘통제임무) 수행과 관련된 자동화 기능을 수행한다.

전술자료처리기는 지휘통제 또는 무기체계에 탑재되며, 그 체계가 보유하고 있는 센서체계와의 연동을 통해 공중/지상/해상 표적정보를 수집한다. 전술자료처리기는 자동으로 표적정보의 근실시간 전파를 위해 전술데이터링크 표준 메시지 포맷에 따라 메시지를 만들고, 메시지 송수신 규칙에 의거하여 단말기로 전송을 의뢰한다.

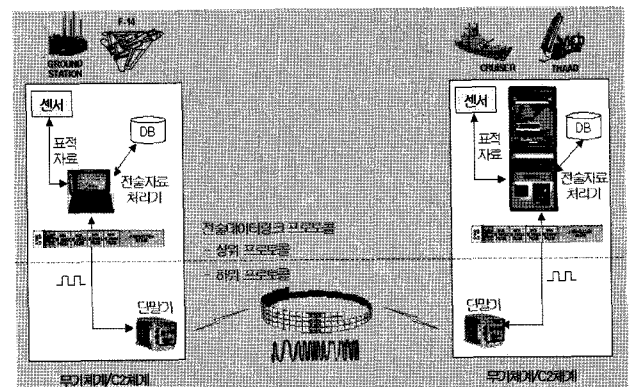


그림 2 전술데이터링크의 시스템 구성

단말기는 전술데이터링크 하위 프로토콜에 따라 자
 동으로 통신 가능한 시스템들로 구성된 네트워크를
 구성하며, 전술자료처리기에서 수신한 메시지를 암호
 화하여 전송한다. 수신측의 단말기들은 메시지를 수
 신 및 복호화하여 자신과 연결된 전술자료처리기로
 전달한다.

2.3 전술데이터링크의 효과

무기체계·지휘통제체계들은 각각의 센서종류 및
 탐지범위가 상이하더라도 전술데이터링크를 통해 위
 와 같은 전술자료의 근 실시간적 상호 교환 및 자료용
 합에 의해 광역 상황인식을 확보할 수 있다. 따라서
 무기체계/지휘통제체계들은 확보된 광역의 전장지역
 에 대한 동일한 상황인식에 의거하여 위협 표적을 판
 단하고, 지휘통제체계들 간의 공조를 통해 아군의 타
 격자원을 효율적으로 운영하여 적의 위협에 대응함으
 로서 전투력 상승 시너지 효과를 달성하게 된다. 최근
 아프간, 이라크 등의 전투에서 네트워크 중심전이 가
 장 효과적인 전투 개념이라는 것이 확인되었고, 네트워
 크 중심전에 있어서 전술데이터링크의 효과 또한 입증

되었다.

이러한 전술데이터링크의 효과에도 불구하고 많은
 국가들은 아직도 음성통신을 통한 지휘통제체계와 무
 기체계(예: 전투기, 함정, SAM 등)간의 정보 및 보고/
 명령 교환이 상당 부분 이루어지고 있다. 음성통신을
 통한 정보교환은 교환 가능한 정보의 양이 제한적이며,
 비 표준용어 사용으로 인한 정보전달 오류가 발생할
 수 있다.

이러한 음성통신에 대한 전술데이터링크의 장점은
 다음과 같다. 첫째, 전술데이터링크를 통한 정보교환
 시 운영수의 개입 없이 대량의 광범위한 전술 상황정
 보가 지속적·자동적으로 상호 전파되어 최신의 정보
 로 갱신·유지된다. 둘째, 데이터/음성의 고속전송과
 암호화가 가능하며, 오류탐지 및 정정코드를 사용함으
 로써 통신채널 상의 잡음, 간섭 또는 전파 감쇄에 대
 한 영향감소로 인해 전송 신뢰성과 품질이 제고된다.
 마지막으로 사용하는 디지털 변조기법의 종류에 따라
 적이 아군의 통신을 탐지할 수 있는 가능성을 낮
 출 수 있으며, 적의 재밍 공격으로부터 안전하게 통신
 을 수행할 수 있다.

표 2 전술데이터링크의 특성

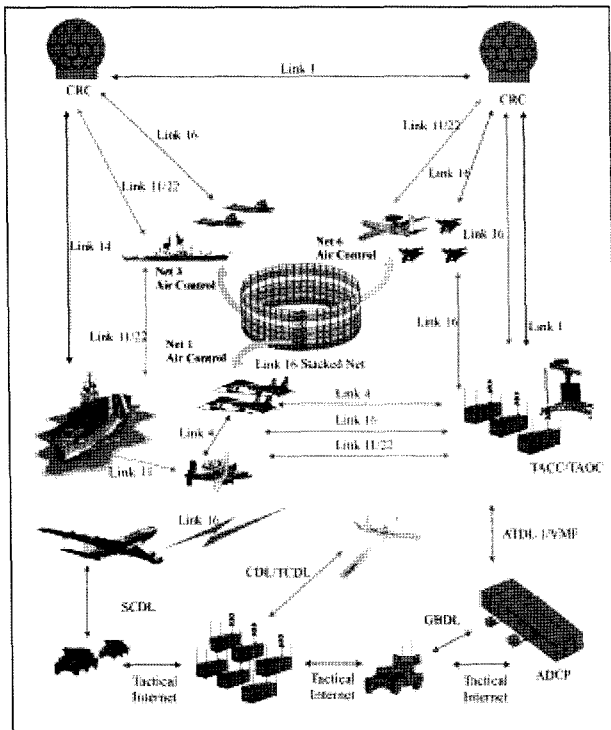
규격특성	Link-1	Link-4(Link-4A = TADIL-C)	Link-11 (TADIL-A)	Link-11B (TADIL-B)	Link-14	Link-16 (TADIL-J)	Link-22
NATO 표준	STANAG 5501	STANAG 5504	STANAG 5511	STANAG 5511	STANAG 5514	STANAG 5516	STANAG 5522
표준 운영절차	ADatP-31	ADatP-4	ADatP-11	ADatP-11	ADatP-14	ADatP-16	ADatP-22
매체	전화선, 무선	UHF	HF/UHF	VHF, 유선망	HF/VHF/UHF	UHF	HF, UHF
전송률 (bps)	1200, 2400	5000	1364, 2250, 1800	1200, 2400, 3600, 4800	110-600	28.8-115.2K bps	12.7Kbps
통신구조	Point-to- Point, Full Duplex	Point-to-Point (or Star) Half- Duplex, Simplex	Star, Half-Duplex	Point-to-Point, Full Duplex	Star, Simplex	Multi-channel, Half Duplex	Multi-channel, Half Duplex
노드 수	2	Link-4A: 8 Link-4C: 4	20	2		>> 100	
암호화	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
ECM	No	No	No	-	No	Yes	Yes
LOS확장	Yes	No	HF Only		HF/SATCOM Only	Yes(Relay)	HF Only
음성보안	No	No	No	No	No	Yes	
망 유연성	-	No	No	No	No	Yes	
메시지	S 시리즈	R/V 시리즈	M 시리즈	M 시리즈	-	J 시리즈	J, F 시리즈
용도	Air Surveillance Data Exchange	Air Control	Air Defense, EW, ASW	Air Defense, EW	Surveillance Information Transmission	Air Defense, Air Control, ASW, EW, Land Defense	Air Defense, Air Control, EW, ASW
적용체계	NADGE/GEADG E/UKADGE, CRCs, CAOCs/ SOCs, SHORAD 센터	F-4, ACLS, ATC, AIC, Strike Control, GCBS, CAINS	FACSFAC, TSC, ROCC/SOCC, TACS, MACCS, SSSBs, E-3D AEW, TACC, SAM	TACC, SSSB, IADS, SAM C2 and Fire Distribution Centres	NTDS	E-2C Hawkeye, E-3A, F-14D, Tomcat, F-15, F/A-18 Homet, Cruisers, Carriers	현재 개발중 (미국, 캐나다, 프랑스, 독일, 이탈리아, 영국, 네덜란드)

3. 전술데이터링크의 분류 및 기능

3.1 감시/통제 전술데이터링크

감시/통제(Surveillance & Control) 전술데이터링크의 특징은 표 2에서와 같이 요약된다. 감시/통제 전술데이터링크는 전송속도, ECM(Electronic Counter Measure), 보안성, LOS(Line of Sight) 통신영역 확장, 망 유연성 측면에서 기능이 강화되는 추세로 발전하고 있다. 최신의 전술데이터링크는 Link-16과 Link-22이다. 미군의 주 전술데이터링크로 사용되는 Link-16은 기존의 전술데이터링크의 기능을 통합하고 합동작전을 지원하는 합동전술데이터링크로 활용되고 있다. Link-22는 현재 미국과 나토 여러 국가가 공동으로 개발하고 있다.

그림 3은 감시/통제 전술데이터링크의 활용 사례를 설명한다. 각 군은 그림에서와 같이 상호운용성이 보장된 다양한 종류의 전술데이터링크들을 사용하고 있다. 많은 플랫폼들이 가장 최근에 개발된 전술데이



Datalinks and the Common/Join Operational Picture

ATDL: Army Tactical Data Link TAOC: Tactical Air Control Center
 CRC: Control and Reporting Center TAOC: Tactical Air Operations Center
 CDL: Common Data Link TCDL: Tactical Common Data Link
 GBDL: Ground Based Data Link VMF: Variable Message Format

그림 3 감시/통제 전술데이터링크

터링크인 Link-16을 백본 네트워크로 사용하고 있고, 이를 중심으로 Link-11, Link-11B, Link-4A, ATDL-1 (Army Tactical Data Link), PADIL(Patriot Digital Information Link) 등의 전술데이터링크들이 연결된다. 이와 같이 각 군은 다중 전술데이터링크를 기반으로 전술자료를 교환함으로써 합동작전을 수행하고 있다. 전술데이터링크를 사용하는 플랫폼들은 서로 다른 지역에 위치하며 자신의 센서를 통해 확보한 표적정보를 전술데이터링크를 통해 전파한다. 전파된 표적정보는 다른 전술데이터링크를 사용하고 있는 플랫폼들에게 순차적으로 전파되어 결국 모든 플랫폼들이 공통상황정보를 근실시간에 획득하게 된다. 두개 이상의 전술데이터링크와 연결된 플랫폼은 메시지를 변환하여 전달함으로써 이중 전술데이터링크 간에 상호운용성을 보장한다.

지휘통제체계들은 전술데이터링크를 통해 확보된 공통상황정보에 근거하여 무기체계를 유도, 통제하고 위협평가 결과에 따라 임무를 부여하여 교전에 임하게 함으로서 아군전력을 효과적이고 신속하게 사용할 수 있게 한다.

3.1.1 Link-1

Link-1은 1950년에 설계된 저속의 점대점(point-to-point) 데이터 링크이고, 메시지를 단방향 또는 양방향으로 송·수신할 수 있는 보안성이 없는 데이터 링크이다. 초기에 Link-1의 통신매체는 전화선이었으나, 후에 다중채널 무선통신이 가능하도록 개선되었다. 또한 위성통신 또는 대류권 산란(Troposcatter) 기술을 이용하여 초가시선(BLOS: Beyond Line of Sight) 범위 통신이 가능하게 되었다. Link-1의 데이터 속도는 600/2400bps로 변경 설정이 가능하다. 데이터 전송 사이클은 일반적인 조건에서는 안테나 스캔주기 또는 10초 단위로 전송되며, 설정에 따라 조절할 수 있다.

초기에 Link-1은 NADGE(NATO Air Defence Ground Environment)에 적용되어 사용되었으며, 미군 CRC(Control and Reporting Center)와 CAOC(Combined Air Operation Centers) 사이의 공중 감시 자료 교환에 주로 사용되었다. Link-1은 NATO를 비롯하여 독일, 아이스랜드, 이탈리아, 네덜란드, 영국, 미국 등에서 사용되어 왔으며, 통신속도와 범위의 제한으로 인해 다른 전술데이터링크로 교체되어 왔다.

3.1.2 Link-4s

Link-4s는 UHF(225-400MHz) 주파수를 이용하는 시분할 다중접속(TDMA: Time Division Multiple Access) 방식의 비보안 데이터링크이다. 초기의 Link-4는 전술 항공기 제어를 위해 설계되었고, 후에 지상과 항공

기간의 디지털 데이터 전송이 가능하도록 발전되었다. Link-4는 항재밍 기능이 없으나 사용 편리성과 유지 보수 용이성의 장점으로 인해 널리 사용되어 왔다. Link-4는 Link-4A와 Link-4C로 나누어진다. Link-4A (TADIL C)는 지대공, 공대지, 공대공 전술통신을 위해 미군과 나토에서 주로 사용되었고, Link-4C는 Link-4A의 보완으로 전투기간 데이터 통신을 위해 사용되어 왔다.

3.1.3 Link-11/Link-11B

Link-11/Link-11B는 비행체, 지상, 함정에서 디지털 정보를 교환하기 위한 통신 기술과 표준 메시지 형식을 정의한 통신 시스템이다. Link-11은 폴링 프로토콜(Polling Protocol)과 그물형(Netted) 아키텍처를 사용한다. Link-11 Net은 보통, Roll Call라 불리는 프로토콜에 따라 운용되며, 각 플랫폼은 NCS(Net Control System)에 의해 폴링될 때 데이터를 송신하고, 수신모드로 전환한다. HF 사용 시 300NM(Nautical Mile), UHF 시 25NM(surface-to-surface) 또는 150NM(surface-to-air)까지의 통신능력을 제공한다. Link-11B는 점대점의 전이중(full duplex) 디지털 데이터링크 상에서 사용되고, Link-11과 동일한 메시지를 사용한다.

3.1.4 Link-14

Link-14는 전술 데이터 처리 능력을 가진 함정에서 전술 데이터 처리 능력이 없는 함정으로 감시정보를 전달하기 위해 설계된 HF 브로드캐스트(broadcast)형 텔리타이프 데이터링크이다. Link-14은 텔리타이프 전송을 통해 광범위한 영역에 전술정보를 전송한다. Link-14는 Link-11 데이터를 수신할 수 없는 부대에 전술 표적정보를 제공한다. Link-14는 사용하는 체계의 통신 특성에 따라 HF, VHF, UHF를 선택하여 사용할 수 있다.

3.1.5 Link-16

Link-16은 지휘통제 정보(음성 및 전문), 위치정보, 피아식별 정보 등을 포함하는 전술정보들의 항재밍 실시간 전술 데이터 교환을 목적으로 하는 시분할 다중접속 방식의 데이터 링크이다. 현존하는 전술데이터링크들 중에서 최고 성능을 보유하고 있는 Link-16의 데이터 전송률은 데이터의 부호화 여부와 어떤 패킹 구조가 사용되는지에 달려 있으며, 패킹구조에 따라 초당 28800, 57600 또는 115200 bps 전송이 가능하다[5, 6].

기존 데이터 링크의 경우 특정 노드가 없는 경우 링크가 다운되는 특성이 있었으나 Link-16은 특정 노드가 없어도 다운되지 않도록 타임 슬롯을 미리 각

참여자에게 할당하고 자신의 타임 슬롯에 송·수신함으로써 특정 노드에 의존하지 않는 네트워크 구조를 갖는다.

메시지 타입은 고정형식, 프리 텍스트, 가변형식의 세 가지 타입이 있으며, Link-16 상에서 교환되는 고정형식 메시지들은 MIL-STD-6016의 J-시리즈 메시지에 정의되어 있다. Link-16은 합동작전 및 연합작전 수행을 위한 미군의 제일(primary) 전술데이터링크이며, Link-16을 사용하는 플랫폼 종류 및 수가 점차 확대되고 있다.

3.1.6 Link-22

1996년부터 캐나다, 프랑스, 독일, 이탈리아, 네덜란드, 영국 그리고 미국이 Link-22 설계와 개발에 참여하고 있으며, 2002에서 2009년 사이에 개발이 완료될 것으로 기대된다. Link-22는 초기에 NILE(NATO Improved Link-Eleven)이라는 이름으로 개발되었으며, 구성과 구조는 Link-11과 Link-16의 혼합형이다.

Link-22는 ECM 방어기능을 제공하고, HF(3-30Mhz) 또는 UHF(225-400Mhz)에서 고정주파수 통신 및 주파수 도약 통신을 제공한다. Link-22는 TDMA(Time Division Multiple Access) 또는 Dynamic TDMA중 선택할 수 있으며, 융통성을 증가시키고 Net 관리 오버헤드를 감소시킬 수 있는 구조를 갖는다.

Link-22는 Link-16 패밀리에 속하며, Link-16의 J-시리즈 메시지 전송이 가능하며, 새로운 Link-22 메시지는 F-시리즈 메시지로 STANAG 5522 Draft에 정의되어 있다.

3.1.7 SADL

SADL(Situation Awareness Data Link)은 미 육군의 EPLRS(Enhanced Position Location Reporting System)를 통해 미 공군 CAS(Close Air Support) 항공기와 디지털 전장을 통합하는 저가형 전술데이터링크이다. SADL은 통신보안 및 항재밍 능력을 제공한다. 이것은 전장상황 인식을 위해 위치와 상태보고를 활용하는 전투기간, 공중과 지상간, 지상과 공중간의 데이터 통신을 제공한다. 공중-지상 모드에서 조종사는 특정 지상 네트워크와 동기화를 위해 SADL 통신장비에 명령을 내리고, 통신장비는 EPLRS 네트워크로부터 수신하는 지상군 위치들을 기록하면서 전투기간 데이터를 공유한다.

통신장비는 전투기 전자장비들과 1553 다중 데이터 버스로 통합된다. 이것은 EPLRS 탑재 항공기와 지상 부대 위치정보, SADL 탑재 항공기로부터의 데이터를 조종사에게 제공한다. SADL은 지상 EPLRS 네트워크 통제 없이 전투기간 네트워크를 운영한다.

F16의 SADL은 공격목표의 50미터 반경에 위치한 EPLRS 장착 부대의 위치를 전시한다. 목표 근접도와 관계없이 5개의 가장 가까운 EPLRS 부대의 위치를 전시한다.

3.1.8 TIDLS

TIDLS(Tactical Information Datalink System)은 Gripen 전투기에 탑재되어 있는 스웨덴 공군의 전술데이터 링크이다. TIDLS는 1980년대에 JA 37 Viggen에 탑재되어 그 성능이 검증된 'fighter link'체계의 성능을 개량한 체계이다.

TIDLS는 공대지 연결과 공대공 연결의 두 요소로 구성된다. 공대공 연결에 있어서 TIDLS는 4대의 전투기까지 동시 통신이 가능하고, 수동(passive) 모드에서 동작하면서 자료를 수신하기만 하는 전투기의 수에는 제한이 없다. 또한 500km의 통신범위와 항재밍 능력을 제공한다. TIDLS는 4대 전투기의 연료/무장 상태와 같은 기본정보와 위치, 방위각, 속도를 교환, 전시하며, 적기 추적 및 전투기 상호간의 밀접한 협력에 의한 효과적인 교전을 가능하게 한다.

3.2 미사일 포대 통제 전술데이터링크

ATDL-1은 미사일 포대 통제용 전술데이터링크이다. ATDL-1은 SAM(Surface-to-Air Missile) 포대와 지휘 통제체계 간에 디지털 정보를 교환하기 위해 사용되는 안전한 점대점 전이중 링크(point-to-point full duplex link)이다. 통신매체는 HF, UHF, SATCOM, 또는 유선망으로 구성된다. ATDL-1은 지휘통제, 첩보 보고, 표적 정보, 그리고 표적정보 갱신을 위해서 사용되며, 한국군은 ATDL-1을 Hawk 포대 링크로 사용하고 있다.

MBDL(Missile Battery Data Link)은 CRC(Control and Reporting Center), TSQ-73 또는 NIKE 대대 작전 센터간의 자료전송을 위해 사용된다. MBDL은 750bps 점대점 전송율로 자료를 전송하나 보안성은 없다. 메시지 셋(set)은 SAM 명령, NATO 표적번호(NATO Track Number, NTN)를 통한 참조 표적 또는 위치 그리고 SAM 상태정보로 제한된다.

PADIL은 PATRIOT대대와 포대간에 32Kbps의 전송율로 HF, UHF, SATCOM 또는 지상유선망을 통해 정보를 교환하기 위한 안전한 점대점 전이중 링크이다. 이 전술데이터링크는 양방향 동시 자료교환을 지원하고 생존성을 향상시키는 다중 라우팅 기능을 제공한다. PADIL은 지휘통제, 첩보보고, 표적정보, 표적정보 갱신, 그리고 체계유지 감시를 위해 PATRIOT 포대에서만 사용된다. 그림 4는 미사일 포대 전술데이터링크의 예를 보여준다.

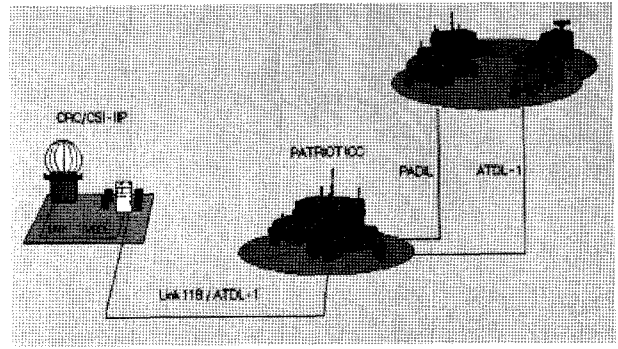


그림 4 Missile Battery 데이터링크

3.3 실시간 정밀교전(Time Critical Targeting) 데이터 링크

CEC(Cooperative Engagement Capability)체계는 공중 위협에 효과적으로 대응하기 위하여 함정 또는 부대 등이 갖고 있는 모든 센서를 네트워크로 연결하여, 센서들의 표적 자료를 실시간으로 공유한다. 이를 통해 CEC체계는 공중위협 표적의 정확한 위치를 추적하여 원격지 교전을 할 수 있는 단일의 광역대공 방어체계를 구축하기 위한 혁신적인 합동교전 능력을 제공한다.

CEC체계는 크게 CEP(Cooperative Engagement Processor)와 DDS(Data Distribution System)로 구성된다. CEP는 협동교전 처리기로서 자함에서 탐지한 정보와 DDS를 통해 들어오는 다른 센서로부터의 표적 자료를 처리하여 표적 위치오차 수정, 표적번호 지정, 트랙 필터링, 분리, 통합 등을 실시한다. CEP는 로컬 탐지 정보와 원격지 탐지정보를 효과적으로 처리하기 위해서 30여대의 마이크로프로세서를 사용한다. 이외에도 CEP는 사격통제 데이터를 제공하고 자함 센서, DDS, 및 함정 전투체계와 연동된다[3, 7, 8].

CEC 데이터링크를 처리하는 DDS는 CEC 체계간 고속으로 데이터를 전송하여 30NM 밖의 표적자료를 30피트 밖에서 받는 것과 같은 능력을 제공한다. CEC

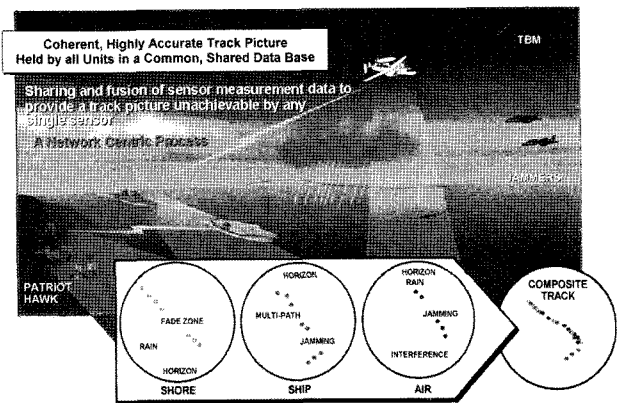


그림 5 CEC 데이터링크

를 사용하는 플랫폼들은 0.5초 내에 자료를 실시간으로 상호 분배할 수 있는 능력을 보유한다. DDS는 수 Mbps 속도의 데이터 전송기능, CEC 함소간 자동 중계기능, 그리고 재밍 공격에 대응하기 위한 주파수 도약기능을 보유한다. 그림 5는 기후환경 및 적의 재밍 공격 등으로 인해 불완전한 각 센서 정보들이 CEC 데이터링크를 통해 실시간 전파·수집되고, 처리되어 완전하고 정밀한 복합함적으로 복구되어 적의 공중위협을 정확하게 추적하는 개념을 설명한다.

3.4 영상정보 획득용 전술데이터링크

CDL(Common Data Link)은 미정부가 영상 및 신호 첩보정보 수집체계의 적용을 목적으로 개발한 무선링크 기반의 다목적 디지털 통신 기술이다. 이것은 가시선 마이크로웨이브 경로를 따라 운용되며, 공중/우주 플랫폼과 지상의 터미널간의 전이중 및 단방향 방식의 통신이 가능한 표준 파형을 제공한다. CDL 체계는 공대지/수중 및 공대위성 통신 모드를 지원한다. 링크는 200Kbps 속도의 uplink와 10.71/137/274Mbps에서 동작하는 downlink로 구성된다.

CDL은 상호운용 가능한 데이터링크 집합을 의미하며, 다섯 클래스(Class I-Class V)의 CDL이 정의되어 있다. Class I CDL 표준은 지상/해상 터미널과 8만 피트 이하의 고도와 마하 2.3 이하의 속도로 작전을 수행하는 항공 플랫폼간의 통신을 대상으로 한다. Class II-Class V는 각각 그 이상의 고도와 속도로 작전을 수행하는 항공기를 대상으로 한다. Class II는 150,000 피트/마하 5 이하, Class III는 500,000 피트 이하, Class IV는 750 nautical miles 이하의 위성, Class V는 750 nautical miles 이상의 릴레이 위성을 대상으로 한다. 미국방성의 CDL 상호운용성 및 표준화 노력은 주로 Class I 가시선 CDL 체계를 대상으로 한다.

Tactical CDL은 광범위한 ISR(Intelligence, Surveillance and Recognizance) 기능을 지원하고, CDL과 호환 가능한 저비용, 경량 디지털 데이터 링크로서 개발되었다. 최초의 TCCL 설계는 UAV(Predator와 Outrider) 응용을 위해 시작되었으며, Guardrail, Rivet Joint, Reef Point, ARL, Joint STARS와 같은 플랫폼에 적용되었다. TCCL은 Ku band에서 운용되며, 다양한 주파수 대역과 전송속도로 운용될 수 있다. TCCL은 200km범위내에서 200Kbps의 업링크와 10.71Mbps의 다운링크를 지원하고, 현재의 CDL과 상호운용 가능하며, 전술 통제체계(Tactical Control System, TCS)과의 인터페이스를 예정하고 있다. TCCL은 TCCL 수집체계, TCCL 지상/해상 터미널, 그리고 현재 운용 중인 CDL 체계

와의 준수시간 연결성과 상호운용성을 제공할 예정이다.

3.5 Weapon Data Link

WDL(Weapon Data Link)는 미사일의 통제 및 유도에 적합한 저 전력의 소형·경량 데이터링크이다. WDL은 무기체계의 능력과 정확도를 향상시킨다. 함정 또는 항공기는 발사된 미사일을 통제·유도하기 위해서 WDL을 사용하며, 미사일에 설치된 카메라로부터 전송된 타격순간의 영상분석을 통해서 실시간으로 DA(Damage Assessment)를 수행할 수도 있다. 또한 다중 표적들에 대한 동시 교전을 수행하던 중에 미사일의 공격표적이 이미 파괴되었을 경우에는 비행 중인 미사일의 공격 표적을 수정하는 능력도 제공한다. 그림 5는 이러한 WDL의 운영개념을 설명한다.

미국 L3 Communications사는 1Kbps - 10.71Mbps의 데이터 전송율을 보장하는 20 cubic-inches 크기, 0.5Kg의 WDL을 제공하고 있다. Harris사가 개발한 AWDL(Advanced Weapon Data Link)는 SLAM ER(Stand-off Land Attack Missile Enhanced Response) 미사일에 탑재되며, 미사일에 설치된 카메라로부터 실시간 수신된 영상정보를 이용하여 비행 마지막 순간까지 목표물의 위치를 정확히 수정할 수 있게 한다. 그리고 항공기는 목표물로부터 150 nautical mile 밖에서 SLAM ER을 발사하여 AWDL을 통해 미사일을 유도할 수 있다.

4. 전술데이터링크 개발동향

Link-16은 현존하는 최고 성능의 전술데이터링크이며, 미국, 유럽, NATO 회원국 간의 연합작전 수행 시 상호연동성 확보를 위한 주 전술데이터링크로 자리를 잡아가고 있다. 그리고 Link-16을 도입하여 사용하는 나라의 수도 점차 증가하고 있는 추세이다.

미국이 개발한 전술데이터링크들은 무기수출 및 연합국과의 상호운용성 등의 이유로 그 세부 기능과 표준규격이 부분적으로 공개되어 있으나, 다른 기타 나라들이 개발한 전술데이터링크들에 대한 정보는 매우 제한적이다. 위에서 언급된 미군 전술데이터링크 이외에 알려진 데이터링크로서 프랑스의 Link-X와 Link-Y, 스웨덴의 TIDLS, 이스라엘의 스마트 데이터링크가 있다. 이 이외에도 여러 전술데이터링크가 있을 수도 있겠으나 알려지지 않은 이유는 이들의 성능이 그다지 주목할 만한 것이 못되는 것 때문으로 판단된다. 프랑스가 개발한 Link-X와 Link-Y는 유럽의 여러 비 NATO 국가가 이를 도입하여 사용 중에 있는 것으로 알려져 있다. 그리고 스웨덴의 TIDLS는 개발이 완료되

어 Gripen 전투기에 탑재하여 운용되기 직전에 Link-16을 사용하는 주변 NATO국들과의 연합작전 시 상호 운용성 문제로 인하여 중단되었다. 이스라엘은 특히 무인기를 통제하고 무인기와 지상 통제소간의 영상자료 송·수신을 위한 다수의 센서 데이터링크를 보유하고 있으며, 적극적으로 전술데이터링크 관련 기술을 보호하고 있다.

전술데이터링크 개발동향은 다음 두 가지로 분류되어 설명될 수 있다: 1) 기존의 Link-16 관련 성능개량 및 체계통합 비용절감 기술개발 2) 새로운 전술데이터링크(예: Link-22, IFDL, TTNT) 및 단말기(예: MIDS-JTRS 단말기)의 개발. 미래의 네트워크 중심전과 정보전에서 정보우위를 확보하기에는 Link-16의 성능이 매우 미흡하므로 후자와 같은 연구개발에 의해 차세대 전술데이터링크를 추구하는 노력이 지속될 것으로 보인다.

4.1 MIDS 성능개선 및 IP over Link-16

MIDS는 전술통신 단말이지만 Link-16 메시지를 처리하기 위한 프로세서와 메모리가 내장되어 있다. 이러한 능력을 활용하여 IP 프로토콜을 처리할 수 있도록 개조함으로써, Link-16 네트워크를 이용하여 IP 서비스를 제공하기 위한 연구가 진행되고 있다. MIDS의 데이터 전송속도가 제한되므로 IP 서비스가 점유하는 대역폭이 커지면 전술자료 소통이 제한되므로, 극히 제한된 IP 서비스로 한정하고, IP 패킷을 Link-16으로 전송하기 위한 IP 오버헤드를 최소화하는 방안이 연구되고 있다. 최근에는 미 해군이 주관하여 기존의 MIDS LVT를 IP 통신 할 수 있도록 개조하여 F/A-18 항공기에서 수집한 영상정보를 지상에 전송하는 데모를 수행하였으며, MIDS에서 제공하는 음성채널을 이용함으로써 기존의 Link-16망을 이용한 전술자료 교환에 영향을 주지 않는 병행운용 가능성을 제시하였다[9].

한편으로는 MIDS의 전송속도 제한을 해결하기 위하여 MIDS 제작업체를 중심으로 MIDS 전송성능을 개선하는 연구도 활발하다. ViaSat사는 향후 Link-16이 JTRS 기반체제로 발전함에 따라서 전송속도가 다중 네트워크상에서 50-100Mbps까지 증가할 것이며, IP 프로토콜 기반의 동적 Ad-Hoc 네트워크에서 메시지 라우팅과 QoS(Quality-of-Service) 설정 기능을 제공하는 네트워크로 발전할 것으로 예상하고 있다. 이에 따라 다양한 IP 기반의 서비스를 제공할 수 있도록 현재의 MIDS 단말기 전송속도(28.8 - 115kbps)를 1,137kbps로 개선한 기술을 개발하고, Link-16 네트워크에서 IP 프

로토콜을 사용하는 데모를 성공적으로 수행하였다.

4.2 CLIP(Common Link Integration Processing)

미군은 전술데이터링크 프로토콜을 표준화하고, 전술데이터링크를 사용하는 무기체계/지휘통제체계 각각의 임무에 따라 표준에서 정의하는 필수요소와 선택요소를 구현할 수 있도록 하였다. 따라서 대부분의 전술데이터링크를 사용하는 무기체계/지휘통제체계는 각각의 체계 개발 시 전술데이터링크 처리기능을 포함하여 패키지로 개발되었다. 또한 전술데이터링크를 사용하는 무기체계/지휘통제체계가 증가하고, 다양한 전술데이터링크들이 동시에 서로 연결됨으로써 전술자료 교환이 원활해지는 반면, 전술데이터링크 구현과 유지보수 비용이 증가되었다. 또한 플랫폼 별로 전술데이터링크 구현범위가 상이하거나 구현상의 오류로 인하여 플랫폼들 간의 상호운용성이 제한되는 문제가 제기되었다.

미군은 이러한 문제를 해결하는 방안으로 CLIP(Common Link Integration Processing, 미 공군은 TD LCS(Tactical Data Link Common Software)라는 용어 사용)을 제시하였다. CLIP은 전술데이터링크를 처리하는 공통 소프트웨어 환경으로서, 탑재 하드웨어 환경의 영향을 최소화하고 전술데이터링크 메시지 구현을 일반화함으로써 무기체계/지휘통제체계의 전술데이터링크 통합의 문제를 해결하기 위한 소프트웨어 솔루션이다. 이를 통해 다양한 하드웨어 환경에서 여러 종류의 전술데이터링크를 처리할 수 있으며 통합과 유지보수 비용을 줄이고 상호운용성은 개선되는 효과를 기대하고 있다. 미 해군과 공군은 2005년부터 개발에 착수하여 2010년까지 4단계로 나누어 점진적으로 개발하는 계획을 수립하였으며, 약 2천5백만불 규모의 CLIP 개발계약을 Northrop Grumman사와 체결하였다. 미 공군은 CLIP/TDLCS로 인한 무기체계/지휘통제체계 개발 및 유지보수 비용 절감효과가 7억 5천만 불에 이를 것으로 분석하고 있다[10].

CLIP은 그림 6과 같은 아키텍처를 갖고 있다. CLIP 구조는 공통 데이터베이스부, 링크 처리부, 무기체계/지휘통제체계 및 링크 단말 연동용 인터페이스로 구분된다. 향후 요구사항 변경에 대응할 수 있는 확장성을 제공하며, 각각의 구성요소를 컴포넌트화하여 처리 알고리즘을 독립적으로 개발하고 대체할 수 있도록 한다. 공통 데이터베이스는 다중 링크들과 자체 센서에 의해 수집된 데이터에 기초한 전술환경의 공통상황도를 유지하고, 다중 링크간의 전술자료를 포워딩(Forwarding)하는 기능을 수행한다. 호스트 인터페이스

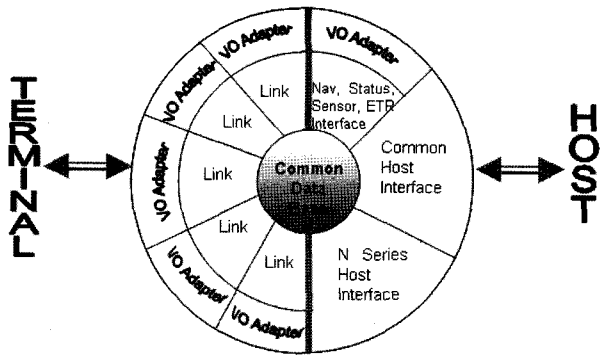


그림 6 CLIP Architecture

스는 미 해군의 기존체계를 연동하기 위한 N Series Host I/F와 Common Host I/F, 센서 및 기타 체계용 I/F를 제공한다. 링크 처리부는 Link-11, Link-16, Link-4A, VMF, JREAP(Joint Range Extension Application Protocol) 등 다양한 링크 프로토콜을 지원하며, 링크 단말 인터페이스는 해당 링크별 단말을 연동하는 인터페이스를 제공한다[11,12].

CLIP은 향후 JTRS(Joint Tactical Radio System)에 내장되어 전술데이터링크 처리 기능이 무기체계/지휘 통제체계의 호스트로부터 분리되는 구조를 갖도록 계획되어 있으며, 이러한 구조를 적용함으로써 링크 프로토콜이 변경되거나 새로운 링크를 추가할 때 호스트의 변경요소를 최소화 할 수 있을 것으로 기대하고 있다.

4.3 Link-22

1982년 미해군은 Link-11을 다중 주파수 모드(HF와 UHF)로 성능개량하기 위한 계획을 수립하였다. 영국, 캐나다, 프랑스, 독일, 네덜란드, 이태리가 이 계획에 동의하였고, NILE(NATO Improved Link Eleven) 상임 위원회가 구성되었다. 이 위원회의 요청에 따라서 NATO DLWD(Link Working Group)은 아래와 같은 표준들의 개발에 착수했다:

- STANAG 5522 : 인터페이스 프로토콜, 메시지 포맷/필드/워드/비트 정의
- ADatP-22 : 전술데이터링크 운용 절차
- Link-22/Link-11/Link-16 간의 데이터 포워딩 프로토콜

Link-22는 함정, 잠수함, 항공기, 해안기지간의 디지털 데이터링크로서 역할을 담당할 것이다. Link-22의 작전적 측면의 목적은 기존의 Link-11을 대체하고, Link-16와 상호운용성을 유지하는 것이다. 또한 이를 통하여 연합국간의 상호운용성을 개선하고, 사령관의 전투능력 개선에 기여하는 것이다.

Link-11에 대한 Link-22의 성능개선 사항들은 우선순위 인터럽트 메시지, TDMA 인터리빙, 향상된 전송속도, 특정 노드에 비의존적인 네트워크 구조, HF 항재밍 특성, 향상된 에러검출 및 교정, 향상된 신뢰성, 그리고 자동 라우팅 등을 포함한다. Link-22는 HF(3-30MHz)와 UHF(225-400MHz)에서의 통신을 지원한다. HF 통신인 경우에 300NM에 걸친 통신이 가능하며, UHF 통신의 통신영역은 가시거리 영역으로 제한된다. HF와 UHF 통신은 릴레이를 통해서 통신영역을 확장할 수 있다. HF 통신속도는 4,053bps를 지원하고, UHF 통신속도는 12,667bps를 지원한다. Link-22를 탑재한 플랫폼은 NILE Unit (NU)라 부른다. NU당 4개 네트워크까지 참여할 수 있고, 8개의 상호 연결된 네트워크에 125개 NU까지 참여할 수 있다. 모든 NU들은 자신들이 데이터를 전송할 타임슬롯(Timeslot)을 미리 할당 받는다. 네트워크의 타임슬롯 중에 인터럽트 슬롯(Interrupt Slot)를 포함시킬 수 있다. 인터럽트 타임슬롯에서 우선순위가 높은 메시지를 전송할 수 있어서 전송 타임슬롯은 동적으로 형성될 수 있다. 이러한 Link-22의 동적인 타임슬롯 할당이 가능한 TDMA(Time Division Multiple Access) 네트워크 구조는 그림 7에서 보여준다.

Link-22는 미국의 주관 아래 NATO 6개국과 함께 개발되고 있다. 이태리, 프랑스, 독일은 2008년, 캐나다, 영국, 스페인은 2010년에 Link-22를 구축할 계획이다.

4.4 MIDS-JTRS 단말기 개발

미군은 이미 상당한 수의 Link-16 통신단말기 MIDS(Multi-Functional Information Distribution System)의 구매를 집행하였다. 다른 한편 미 국방성은 전군의 모든 무기체계에 공통으로 적용할 차세대 소프트웨어 기반 전술무선단말기 JTRS(Joint Tactical Radio System)의 개발을 진행하고 있다. JTRS는 미래 미군 상호운용성의 핵심 통신장비가 될 것이다.

미군은 MIDS 개발과 조달에 수십억불을 지출하였고, 항공기에 탑재된 MIDS를 JTRS로 업그레이드하기 위해 추가로 수십억불을 지출할 수는 없게 되었다.

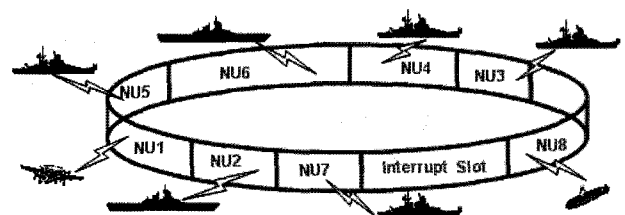


그림 7 Link-22의 TDMA 네트워크 구조

JTRS는 고유의 선반, 장착시설, 냉각 및 전력 시스템, 인터페이스 컨넥터들을 필요로 한다. Super Hornet 항공기의 경우에 JTRS를 탑재할 수 있도록 항공전자 장비들을 재설계하기 위해 1억불의 추가비용이 소요될 것이다. 따라서 MIDS 단말기의 기존 부수 장치들을 그대로 이용하면서, JTRS 기능을 마치 소프트웨어 응용프로그램처럼 수행할 수 있도록 MIDS 단말기의 성능을 개량하는 MIDS-JTRS 단말기 개발방안(\$8,200만)이 제기되었다.

새로운 MIDS-JTRS 단말기는 기존 MIDS 단말기 케이스를 사용하고, SDR(Software Defined Radio) 기술을 적용하여 SCA(Software Communications Architecture) 규격에 의거한 4개의 2MHz-2GHz 대역 채널을 제공할 것이다. 한 채널은 Link-16으로 사용되고, 다른 세 개의 채널은 SINCGARS, EPLRS 또는 TTNT와 같은 다른 JTRS 웨이브폼(waveform)으로 프로그램될 것이다. MIDS-JTRS를 위한 TTNT 웨이브폼은 현재 개발 중에 있다. 또한 MIDS-JTRS에서 Link-16 처리속도 개선, Link-16 주파수 재할당(re-mapping), 프로그래머블 보안장비 등과 같은 성능개선이 이루어질 것이다. 암호 chip이 하드웨어의 일부분인 현재의 MIDS와는 달리, JTRS는 소프트웨어 기반의 재프로그램 가능한 보안엔진, 보안키, 암호 알고리즘을 사용한다. 이러한 MIDS-JTRS는 차세대 MIDS 단말기가 될 것이다.

MIDS-JTRS는 2007년 6월초에 체계통합 및 품질확인 시험에 성공하였고, 2007년 중반에 개발을 완료하여 2007년 후반부터 단말기가 공급될 예정이다. 그리고 공급된 JTRS 단말기들은 미해군의 F/A-18와 미공군의 BACN(Battlefield Airborne Communications Node)에 설치될 예정이다.

5. 맺음말

약 50여 년의 역사를 갖고 있는 전술데이터링크는 최근에 수행된 아프간전, 이라크전 등의 전쟁을 통해서 그 유용성과 효용성이 입증되었다. 전술데이터링크는 무기체계의 전투력 상승 및 시너지 효과, 현대전에서의 화두인 상호운용성 확보를 위한 핵심 요소들 중의 하나로 평가받고 있다. 또한 전술데이터링크는 미래 네트워크 중심전 수행 시 실시간 전술정보분배 및 지휘통제 능력 확보를 위해 필요한 핵심적인 체계로 인식되고 있다. 이와 같은 이유로 인해서 세계 각국은 전술데이터링크를 확보하기 위해서 많은 예산을 집중하고 있으며, 전술데이터링크와 관련된 방위

산업 시장도 매우 빠르게 성장하고 있다.

미래 전에서 전술데이터링크의 중요성과 소요량을 고려할 때 전술데이터링크에 대한 연구개발의 필요성은 아무리 강조되어도 지나치지 않을 수 없다. 미래 한국군의 네트워크 중심전 수행 능력의 확보와 독자적인 전술데이터링크체계의 개발을 위해 최선의 정보통신기술을 적용하여야 할 것이다. 이를 위해 미래 네트워크 중심전 수행에 적합한 군 통신장비의 운용적 및 성능적인 요구사항을 충족할 수 있도록 첨단 민간 통신기술을 응용할 수 있는 응용기술 및 핵심 소요 기술 개발에 대한 장기적이고 집중적인 연구개발 투자와 노력이 요구된다.

참고문헌

- [1] “조사분석서: 이라크전에 등장한 무기체계 분석 - 아프간전 이후의 신무기 등장과 관련 교훈을 중심으로,” 2003.7, 국방과학연구소
- [2] Myron Hura et al., “Interoperability - A Continuing Challenge in Coalition Air Operations,” RAND MR-1235-AF, 2000.
- [3] 김종성, “지휘 및 통제무기체계 발전방향: 전술데이터링크체계,” 국방과 기술, 2005. 6.
- [4] 김종성, “한국형 CEC 체계 전술데이터링크 연구,” 국방과학연구소 IEDC-401-041106, 2004. 11.
- [5] “TADIL J - Introduction to Tactical Digital Information Link J and Quick Reference Guide,” Army, Marine Corps, Navy, Air Force., 2000. 6.
- [6] Understanding Link-16-A Guidebook for New Users, April 1994, Logicon, Inc.
- [7] “CEC(AN/USG-2 & USG-3),” Jane's Naval Weapon Systems.
- [8] “CEC Design Principles,” Jan. 1, 2003, Jane's Navy International.
- [9] Clinton W. Stinson, “Internet Protocol over Link-16,” March 2003, Air Force Institute of Technology.
- [10] 김종성, 홍원의, “전술자료처리 소프트웨어 설계 기술 현황 분석,” 국방과학연구소 IEDC-125-050762, 2005. 8.
- [11] 홍원의, 지승배, 김종성, “한국형 전술자료처리 소프트웨어 구조에 관한 연구,” 11차 통신전자학술대회 논문집, 국방과학연구소, 2006.
- [12] “System Requirements Document for Common Link Integration Processing/Tactical Data Link Common Software,” 2003. 4.



김중성

1984 숭실대학교 전자계산학과 학사
1986 숭실대학교 전자계산학과 석사
1997 포항공과대학교 전자계산학과 박사
1986~현재 국방과학연구소 2기술-1부 선임연구원
E-mail: jskim0407@add.re.kr



김상준

1986 한양대학교 전자공학과 학사
1988 한양대학교 전자공학과 석사
1988~현재 국방과학연구소 2기술-1부 책임연구원
E-mail: sootajo@hanmail.net



임만엽

1980 연세대학교 전자공학과 학사
1993 충남대학교 전자공학과 석사
1980~현재 국방과학연구소 2기술-1부 책임연구원
E-mail: manyeob@hanmail.net
