

차세대 한국형 공용데이터링크 개발을 위한 국·내외 공용데이터링크 기술 동향 분석

강 위 필*, 송 주 형*, 이 경 훈*, 이 대 홍**, 정 성 진**, 최 형 진*

Analysis of Common Data Link Technology Trends for the Next Generation Korean Common Data Link Development

Wipil Kang*, Juhung Song*, Kyunghoon Lee*, Dae-Hong Lee**,
Sung-Jin Jung**, Hyung-Jin Choi*

요 약

현대전의 전쟁 개념은 정보 통신 기술의 발전과 함께 지휘 통제 과정을 네트워크로 연계하여 전투 수행 능력을 향상시키는 네트워크 중심전 (NCW, Network Centric Warfare)으로 변화하고 있다. 이에 따라, 네트워크를 통한 정보의 우위를 점유하는 NCW의 구현에 있어, 감시·정찰 체계로부터 획득한 정보정찰감시 (ISR, Intelligence Surveillance Reconnaissance) 정보의 고속 전송을 위해 개발된 공용데이터링크 (CDL, Common Data Link) 기술이 핵심 요소로 고려되고 있다. 세계 각국에서는 CDL의 전송속도 및 네트워킹 기능을 향상시키기 위한 기술 개발에 주력하고 있으며, 우리 군도 자립적인 CDL 기술 개발의 필요성을 인식하고 MPI-CDL (Multi-Platform Image and Intelligence Common Data Link)을 개발하였다. 하지만 다수 체계 간 대용량 ISR 정보를 신속하게 수집·제공하기에는 최대 전송속도 및 네트워킹 기능 성능이 해외 장비 대비 미흡한 상황으로, 전체적인 성능을 향상시킨 차세대 CDL 개발이 필요한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 차세대 한국형 CDL 개발을 위해, 현재까지의 CDL 개발 흐름과 해외 선행 장비의 기술 동향을 살펴보고, 향후 지향해야 할 차세대 CDL 개발 방향에 대해 제시한다.

Key Words : CDL, DirecNet, ISR, multi-platform common data link (MP-CDL), MPI-CDL, NCW

ABSTRACT

NCW is a new operational concept for modern warfare to improve the ability to conduct combat by connecting command and control system via network. To realize NCW integrating information sharing system between multiple platforms, CDL is considered as a key component for high-speed transmission of ISR data. Accordingly, further studies to enhance the performance of CDL are being performed around the world, and our government has also developed self-reliant CDL, MPI-CDL. However, the maximum data rate and networking performance of current CDL still fall short of the objective to enable multiple systems to share the large ISR data. Therefore, in this paper, we analyze the development flow and international technical trends of CDL, and present an approach for enhancing data rate and networking capacity of the next generation CDL.

※ 본 연구는 2013년도 삼성탈레스(주)의 재원을 지원 받아 수행되었습니다.

◆ First Author and Corresponding Author : 성균관대학교 정보통신대학 통신시스템 연구실, sylpead@gmail.com, 학생회원

* 성균관대학교 정보통신대학 통신시스템 연구실, azaa@skku.edu, 학생회원, lyky77@skku.edu, 학생회원, hjchoi1@skku.edu, 종신회원

** 삼성탈레스, dh84.lee@samsung.com, 정회원, sj100jung@samsung.com, 정회원

논문번호 : KICS2013-10-439, Received October 11, 2013; Reviewed November 6, 2013; Accepted February 21, 2014

I. 서 론

현대전에서는 정보 통신 기술의 발달로 첨단 정보 수집 체계로부터 획득한 정보를 전술 작전에 활용할 수 있게 됨에 따라, 정보의 우위를 점유한 진영이 그렇지 못한 진영을 압도하는 현상이 발생하면서 정보전의 중요성이 부각되고 있다. 이에 따라, 현대전의 양상은 임무에 참여하는 플랫폼 자체의 성능에 크게 의존하던 기존 플랫폼 중심전 (PCW, Platform Centric Warfare)에서, 각 세대 간 구성된 네트워크를 통해 전장 상황, 전투 체계 통제, 타격 체계 통제 등의 정보를 교환하여 전투 수행 능력을 향상시키는 네트워크 중심전 (NCW, Network Centric Warfare)으로 변화하고 있다¹⁾.

전술 작전에 참여하는 모든 플랫폼간의 정보 공유 체계를 통합하는 NCW 구현을 위해서는 디지털 전술 데이터링크 (TDL, Tactical Data Link)가 필수적이다. TDL은 음성 통신뿐만 아니라, 지휘 통제 및 명령 사항을 직접 플랫폼 컴퓨터에 입력시킬 수 있는 디지털 데이터통신을 제공하여 정보의 정확성, 적시성을 향상시키며, 다수의 플랫폼에 정보를 신속하게 전파시키는 능력을 갖추어 전투원들의 전투 수행 능력을 향상시킨다. 전술데이터링크는 일반적으로 감시·통제, 미사일 포대 통제, 실시간 정밀 교전 등 다양한 용도로 활용 가능하며, 주로 높은 보안이 요구되는 저용량 정보 전송에 적합하다.

하지만, 이러한 전술데이터링크는 무인기, 조기 경보 통제기와 같은 감시·정찰 체계로부터 수집한 고용량, 고해상도의 영상정보를 전송하기 위한 목적으로는 적합하지 않으며, 따라서 이를 유통시키기 위한 별도의 데이터링크인 공용데이터링크 (CDL, Common Data Link)가 개발되었다. 공용데이터링크는 영상 및 신호 첩보 정보와 같은 정보정찰감시 (ISR, Intelligence Surveillance Reconnaissance) 정보를 정보 분석 기관에 실시간으로 전송하기 위한 대용량의 고속 데이터링크로서, 현재 네트워크를 통한 정보의 우위를 점유하는 NCW의 구현에 있어 필수적인 요소로 고려되고 있다²⁾.

이에 따라, 공용데이터링크의 전송률 및 네트워크 기능을 향상시키기 위하여 선진국을 중심으로 MP-CDL (Multi-Platform Common Data Link) 및 DirecNet과 같은 고해상도 영상 정보 전송 및 근접항공지원 (CAS, Close Air Support) 등의 전술 작전 지원을 위한 공용데이터링크 개발이 활발히 진행되고 있다³⁻⁵⁾. 또한, 우리 군에서도 국내 영토 및 한국 개발

실정에 적합한 자립적인 공용데이터링크 개발의 필요성을 인식하고 각 세대별 무인기를 통합 운용하기 위한 한국형 공용데이터링크인 MPI-CDL (Multi-Platform Image and Intelligence Common Data Link)을 개발하였으며, 현재 상용화를 위한 시험 단계에 착수한 상태이다⁶⁾.

대용량의 ISR 정보 송·수신을 위한 공용데이터링크를 구현하기 위해서는 공중 정찰 장비와 지상 수신 장비 간 링크 구성이 점대점으로 이루어져야 하며, 전파 수신 시 잡음 및 왜곡이 적은 채널 환경이 보장되어야 한다. 하지만 점대점 운용 모드를 기반으로 하는 기존 MPI-CDL의 특성 상, 공중 정찰 장비 간 링크 구성이 제한적이며, 통달 거리 확장 및 음영 지역 극복을 위해 중계 통신을 수행할 경우 대용량 정보의 고속에 한계가 있다. 즉, 다수 체계에 ISR 정보를 제공하기에는 현 공용데이터링크의 전송률과 네트워크 기능의 수준이 미흡한 상황이며, 보다 향상된 차원의 차세대 한국형 공용데이터링크 시스템 개발이 필요한 실정이다.

따라서 본 논문에서는 공용데이터링크 기술의 개발 흐름 및 MP-CDL, DirecNet과 같은 해외 선형 장비들의 기술 동향, 계층별 분석을 바탕으로, 차세대 한국형 공용데이터링크에 요구되는 개발 방향에 대해 제시하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 공용데이터링크의 개념과 발전 과정에 대해서 서술한다. III장에서 국내 공용데이터링크 기술과 해외 공용데이터링크 기술들의 특징을 파악하고, IV장에서 이를 비교 분석하여 국내·외 기술 간 차이점을 밝힌다. V장에서는 비교 분석 결과를 바탕으로 차세대 한국형 공용데이터링크 기술의 개발 방향에 대해 제시하며, 마지막으로 VI장에서 결론을 맺는다.

II. 공용데이터링크 발전 동향

2.1 공용데이터링크의 개념

공용데이터링크는 1991년, 미 국방부에서 이미지/영상 데이터 전송을 위한 표준으로 채택한 데이터링크 체계로서, 그림 1과 같이 감시/통제, 표적 정보/교전 지시명령/무장상태 등의 전술 정보를 전송하는 다른 전술데이터링크와는 달리, 조기 경보 통제기나 무인 정찰기로부터 획득한 레이더, 사진, 동영상 및 기타 센서 정보와 같은 대용량의 ISR 정보를 전송시키기 위한 목적으로 활용된다. 일반적으로 전술데이터링크는 무지향성 안테나, 주파수 호핑 등을 활용하여 저

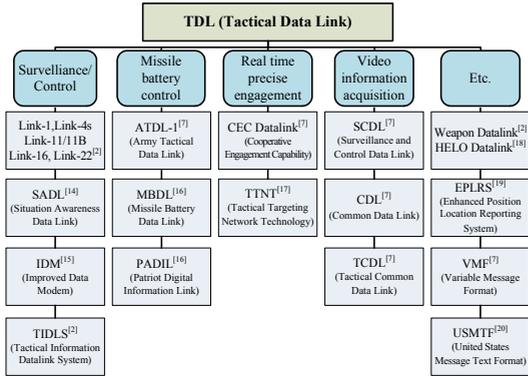


그림 1. 전술데이터 링크 분류^[2]
Fig. 1. Classification of tactical data link^[2]

용량의 높은 보안이 요구되는 전술 정보를 전투에 참여하는 모든 플랫폼에 유통시키는 반면, SCDL (Surveillance Common Data Link), CDL, TCDL (Tactical Common Data Link)^[7]과 같은 공용데이터링크는 수집된 ISR 정보를 모든 플랫폼들에게 공유하지 않고 지정된 정보 분석 기관에 근실시간 전송하기 때문에, 광대역 주파수 자원, 수백 Mbps급 전송속도, 우수한 지향성 안테나를 사용한 긴 통달거리 확보 등의 고유한 특성이 요구된다.

미군의 경우, 서로 다른 데이터링크 체계 간 상호운용성 보장을 위해, 성능이 뛰어난 Link-16/22^[21] 등을 백본 네트워크로 이용하여 기존의 임무 중심 전술데이터링크 (Link-1/4/11, ATDL-1)를 연결하는 합동전술데이터링크로 활용하고, 공용데이터링크는 EPLRS (Enhanced Position Location Reporting System)^[19]나 게이트웨이와 함께 확장 데이터링크로 활용함으로써 범세계 정보격자망 GIG (Global Information Grid) 개념을 구축하고 있다^[2,8].

2.2 공용데이터링크의 발전 동향

공용데이터링크는 가장 기본적인 형태인 CDL에서부터 전술적 용도에 따라 TCDL, MP-CDL 등의 다양한 형태로 발전하고 있다.

CDL은 기본적인 영상 정보 획득용 데이터링크로서, 전 이중화 방식을 통한 양방향 통신, 대역 확산을 통한 항재밍 능력을 갖춘 점대점 디지털 통신 링크를 제공한다. 용량이 큰 영상 정보 전송을 위해 상향링크 200Kbps~45Mbps, 하향링크 10.71Mbps~274Mbps의 전송속도를 지원하며, 추후 548Mbps~ 1096Mbps의 전송 속도까지 지원할 예정이다. CDL은 플랫폼의 운용 고도 및 이동 속도 등에 따라 표 1과 같이 상공 24km에서 마하 23 속도에서의 운용을 고려한 Class

표 1. CDL class에 따른 고도 및 이동속도^[8,9]
Table 1. Altitude and velocity of CDL class^[8,9]

Parameter	Altitude	Velocity
Class I	80,000 ft	under Mach 2.3
Class II	150,000 ft	up to Mach 5
Class III	500,000 ft	up to Mach 5
Class IV	Terminal in satellites orbiting around 750 nm	
Class V	Terminal in relay satellites over Class IV	

I에서부터 상공 1400km 이상에서 운용되는 중계 위성 터미널을 고려한 Class V까지, 다섯 등급으로 분류하여 상황에 따라 운용되며, 통달 거리는 기본적으로 LOS (Line-of-Sight)를 지원하지만, 중계 위성 등을 이용할 경우 BLOS (Beyond Line-of-Sight)까지 확장이 가능하다^[8,9].

하지만 CDL은 우수한 성능에 비해 장비가 고가이고 무거워 정찰기에 보급하는 데에 제약이 따르므로, CDL의 경량화 버전인 TCDL이 개발되었다. TCDL은 저비용, 경량의 CDL로써 기존 체계와 호환이 가능하고, 최대 통달거리 200km 이상에서 10.71Mbps 이상의 전송 속도를 지원함으로써 CDL에 부합하는 성능을 보인다^[10].

또한, 지상과 공중을 연계하는 네트워크 중심의 ISR 정보 제공을 위해 CDL의 네트워크 용량을 향상시킨 MP-CDL이 개발 중이다. MP-CDL은 네트워크를 통해 ISR 정보를 지상과 공중의 다수 플랫폼들에게 전송하며, 외부 플랫폼들이 네트워크에 참여할 수 있도록 IP 기반의 게이트웨이 접속을 지원한다. 이를 통해 최대 500km 이상에서 CDL의 표준 전송률 274Mbps를 만족함과 동시에, 동시다발적 다중 링크 형성 및 중계 지원이 가능하다.

Ⅲ. 국내의 공용데이터링크 기술 및 표준화 동향 분석

미국은 1950년부터 전술데이터링크 개발을 시작하여 현재 전술데이터링크 각 분야에서 가장 앞선 기술을 보유하고 있으며, 공용데이터링크 부분에서도 전송률, 네트워크 능력, 암호화 등 다방면에서 앞선 기술을 보유하고 있다. 본 절에서는 먼저 미국의 공용데이터링크 기술을 바탕으로 해외 선형 기술에 대해 분석한다. 미 국방부에서 대용량 정보 전송용 데이터링크의 표준으로 채택한 CDL 계열 기술인 MP-CDL과, 향상된 전송률 및 광범위의 네트워크 기능 지원을 위해 미국 방위산업체들이 연합하여 표준화를 진행 중

인 DirecNet에 대한 시스템 구조 및 요소 기술들에 대해 서술하고, 본 시스템들의 현 표준화 동향에 대해 기술한다. 또한, 현재 개발 완료 단계에 있는 한국형 공용데이터링크인 MPI-CDL의 주요 특징들에 대해 서술하고, 해외 선행 기술들과의 비교 분석을 통해 차세대 한국형 공용데이터링크 개발의 필요성에 대해 서술한다.

3.1 해외 선행 기술: MP-CDL

3.1.1 MP-CDL의 시스템 구조 및 주요 기술

MP-CDL은 기존 공용데이터링크의 전송 속도를 향상시키면서 주변 제대에 실시간으로 정보를 제공해 주기 위해 개발된 공용데이터링크 체계이다. 초기 MP-CDL은 SCDL을 대체하는 수단으로 개발되었다^[3]. 적의 지상 후방 지역에 위치한 고정 및 이동 표적을 탐지/추적하여 근 실시간으로 지상 전투 부대 및 전술기에 정보를 전달할 수 있도록 개발된 미군의 합동지휘통제체계 JSTARS (Joint Surveillance and Target Attack Radar System)는 조기 경보 통제기에서 제공하는 ISR 정보를 SCDL을 통해 공급받았다^[3]. 하지만 SCDL은 방대한 ISR 정보를 전송할 충분한 전송 속도를 지원하지 못하기 때문에 낮은 지연 시간과 고속의 전송 속도를 보장하는 데이터링크로서 MP-CDL이 개발되었다. 이후, 미 공군을 중심으로 네트워크를 통한 실시간 표적 추적 체계인 NCCT (Network-Centric Collaborative Targeting) ACTD (Advanced Concept Technology Demonstration)의 구현에 MP-CDL을 응용하게 된다^[10]. NCCT ACTD는 긴급표적 (time-critical target)을 네트워크화 된 정보망을 통해 추적하는 개념으로, NCCT ACTD 구현을 위해서는 실시간으로 ISR 정보를 유통시키는 고속의 전송 속도와 네트워킹 능력을 보유한 데이터링크가 요구되었다. 이를 지원하기 위하여 기존 MP-CDL의 네트워킹 능력을 확장시킴으로써 현재 MP-CDL의 운용 개념이 정립되었다.

MP-CDL의 주요 특징은 표 2와 같다. 최대 300MHz 대역폭에서 하향링크 45~274Mbps, 상향링크 59Kbps~45Mbps의 가변 전송률을 지원하고 최대 30개의 링크 연결이 가능하며 공중과 지상의 링크를 연결한다. 다중접속 방식은 공개되어있지 않으나 중계기 서로 다른 주파수 대역을 사용하거나 대역폭, 지연, 거리에 따라 자동적으로 할당되는 등 다양한 형태의 다중 접속 방식을 지원한다^[6]. 이중화 방식으로는 FDD (Frequency Division Duplex) 방식을 사용한다.

표 2. MP-CDL의 주요 시스템 파라미터^[6,8]
Table 2. System parameter of MP-CDL^[6,8]

	Parameter	Value
Modem	Operational band	X, Ku band (LOS), Ka, X, Ku band (SATCOM, Satellite Communications)
	Bandwidth	300MHz
	Multiple access	unknown
	Duplex	FDD
	Modulation	BPSK/QPSK/OQPSK
Data link control & networking	Propagation range	500km @LOS
	Antenna	Directional/Omnidirectional Antenna
	Throughput	200Kbps ~ 274Mbps
	Operation mode	Point-to-Point, P-to-Multi, Relay, hub-and-spoke, semi-mesh
	Network	Connect over 30 node, Ad-Hoc

IP 네트워크 기반의 점대다 통신을 지원하며, 임무 수행에 필요한 네트워크 주소를 할당하기 위해 네트워크 구성원들의 수를 파악하는 측정형 구조를 갖는다. 사용 주파수 대역은 동시 다발적인 링크 형성을 허용하기 위해 X, Ku, Ka 중 하나 이상의 대역을 사용한다^[6].

MP-CDL에서 제공하는 네트워크 운용 모드는 점대점, 점대다 중계와 함께 hub-and-spoke, semi-mesh, MANET (Mobile Ad-hoc Network) 등의 네트워크 형태를 제공한다. 그림 2는 MP-CDL의 네트워크 운용 모식도를 나타낸 것으로, 독립적인 CDL 운용

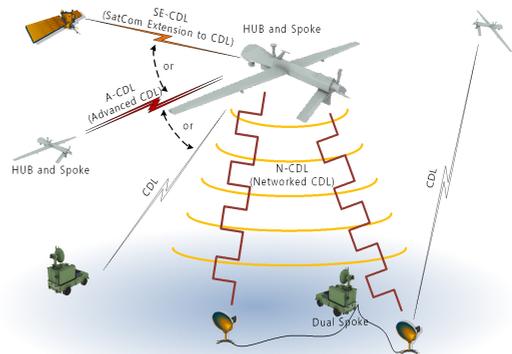


그림 2. MP-CDL 네트워크 운용 모식도^[3]
Fig. 2. MP-CDL network^[3]

뿐만 아니라 통신하고자 하는 장비에 따라 SE-CDL (SatCom Extension to CDL), A-CDL (Advanced CDL) 등, 다양한 형태의 CDL로도 링크 설정이 가능하며, 통신 형태에 따라 N-CDL (Networked CDL)로도 변경하여 운용이 가능하다^[3].

3.1.2 MP-CDL의 표준화 동향

MP-CDL은 탑재된 플랫폼 간 원활한 정보 교환을 위해 표준을 제정하여 운영되고 있다. MP-CDL의 표준은 NATO 회원국간 연합임무 수행을 위해 제정한 STANAG (Standardization Agreement)가 있으며, 미국방부에서 제정된 시스템 사양서, 디지털 이미지 및 제품군에 대한 표준화 규격서가 대표적이다. 표준 관련 문서는 CDL waveform 관련되어 비공개로 비준된 STANAG 7085, CDL 상호운용성 관련 통신규약 및 메시지 포맷의 표준인 STANAG 4586, 데이터 포맷 관련 표준인 STANAG 7023, 4545, 7024, 4575 등이 존재하며^[6], CDL의 시스템 사양에 대한 표준은 System Specification for the CDL Segment, Specification #7681990 (Rev. G)를 통해 명시되어 있다.

현재 STANAG 4586, 7023 등 상호운용성, 데이터 포맷 관련 표준 문서들은 공개되어 있으나 CDL waveform 사양 관련 표준 문서인 STANAG 7085는 미 정부 및 유관기관에 제한적으로 공개되었다.

3.2 해외 선형 기술: DirecNet

3.2.1 DirecNet의 시스템 구조 및 주요 기술

DirecNet은 통합 항공 계층 네트워크 (JALN, Joint Airborne Layer Network) 구현을 목표로, 미국 방위 산업체 12곳 (BBN, BAE Systems, The Boeing Company, Cubic Defense, General Dynamics, Harris, ITT Industries, Elbit America, L-3 Communications, Northrop Grumman, Raytheon, Viasat)이 참여하는 공동 프로젝트 그룹, ‘The Open Group’에서 기술 개발과 표준화가 진행되고 있는 데이터링크 기술이다^[4]. JALN은 지상과 항공 계층의 네트워크를 하나로 통합하여 전 군의 정보 접근성을 향상시키기 위해 미 국방부에서 제시한 개념으로, 용도가 서로 다른 데이터링크들을 하나의 망으로 모두 통합함으로써 통신의 접근성과 성능을 향상시킬 수 있으며, ‘정보 수집-지휘 통제-타격’의 과정을 더욱 신속하게 이행할 수 있다^[4]. DirecNet은 이러한 JALN을 기반으로, 제조업체 간 상호운용성을 제공하고, 데이터링크 운용 역량 강화 및 정보 접근성과 보안성을 향

상시키기 위해 주파수 재사용의 최대화, 인접 노드 자동 탐색, 이종 네트워크 간 원활한 연결 제공, Gbps급 전송률 지원, 가변 데이터 전송률 지원 등을 목표로 개발 진행 중에 있다. DirecNet의 물리 계층과 데이터 링크 계층의 주요 특징 및 파라미터는 표 3과 같다^[4,11].

DirecNet의 운용 개념은 그림 3에서 볼 수 있듯이, 통신에 활용되는 네트워크의 형태에 따라 크게 3 계층으로 구성된다. Tier 2 계층에서 공중장비는 Tier 3의 local area network 뿐만 아니라 Tier 1의 FAB-T (Family of Advanced Beyond LOS Terminal) SATCOM으로부터 전송된 데이터를 각 계층으로 전달하기 위해 다양한 영역 (Tactical/ Ground domain, Maritime domain, and Fixed/ Mobile domain)에 대한 통신 링크를 구성함으로써 통합적인 GIG 구축이 가능한 구조이다^[11].

DirecNet은 기본적으로 TDMA 기반의 다중접속 방식을 사용한다. 일반적으로 TDMA의 데이터 프레임은 가까운 거리에서 통신이 이루어지는 상황에 적합하도록 큰 프레임 단위로 설계되지만, 지역 간/국가 간 네트워크인 TAN 환경에서 운용되는 DirecNet의 경우, 장거리 전송에서 시간 자원의 낭비를 초래할 수 있으며, 수신단에 도착하는 신호가 전파 지연 시간만큼 늦게 도착함에 따라 해당 구간 동안 다른 노드 간

표 3. DirecNet의 주요 시스템 파라미터^[4,11]
Table 3. System parameter of DirecNet^[4,11]

	Parameter	Value
Modem	Bandwidth	400MHz
	Modulation	BPSK/QPSK/OQPSK/16A PSK
	Pulse shaping	RRCF (roll off factor 0.25)
	Channel coding	Short block LDPC
	Throughput	800Kbps ~ 1.35Gbps
Data link control & networking	Multiple access	TDMA/SDMA
	Duplex	TDD
	Propagation range	TAN (Theater Area Network)
	Antenna	Directional Antenna
	Operation mode	Dynamic Directional Mesh, Relay
	Network	Ad-Hoc Network, IP Network

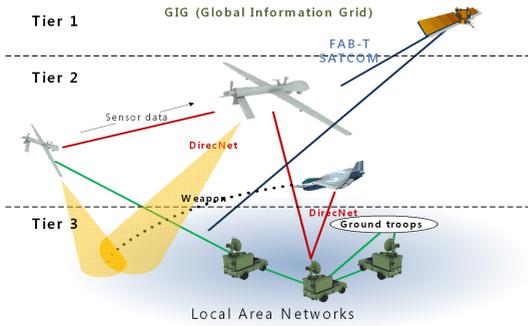


그림 3. DirecNet의 운용 모식도^[4]
Fig. 3. Operational Concept of DirecNet^[4]

통신 지원이 불가능한 상황이 발생 가능하다. 따라서 DirecNet은 장거리 전송 시 발생 가능한 자원 효율성 문제를 극복하기 위해, 짧은 데이터 프레임을 이용하는 Advanced TDMA 방식을 사용하고 있다^[11]. 그림 4는 일반적인 TDMA와 Advanced TDMA를 비교한 것으로, Advanced TDMA 방식은 기존 TDMA 대비 노드 간 자원 충돌 확률의 저감이 가능하다. 또한, Advanced TDMA의 적용과 더불어, 지향성 안테나를 통해 TDMA와 SDMA (Space Division Multiple Access) 방식을 융합한 STDMA (Space Time Division Multiple Access) 다중접속 방식 적용이 가능하며, 이로 인해 노드 간 시간/주파수 자원의 재사용이 가능하다. 또한, 상·하향링크의 비대칭적 IP 트래픽 전송이 이루어지는 통신 환경을 고려하여 DAMA (Demand Assigned Multiple Access) 프로토콜과 TDD를 연동함으로써 노드의 요구에 따라 동적으로 통신 링크를 할당할 수 있다.

한편, DirecNet은 항공 계층에서 mesh 형태의 네트워크 구성을 목표로 하며, 무선으로 mesh 네트워크를 구성하는 기술인 MANET을 이용하여 무선 상태에서 주변 노드를 탐색하여 자동적으로 네트워크를

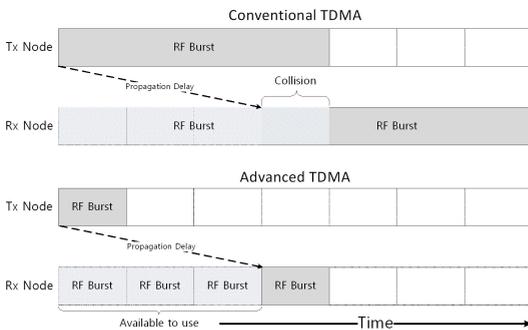


그림 4. DirecNet의 Advanced TDMA^[11]
Fig. 4. Advanced TDMA of DirecNet^[11]

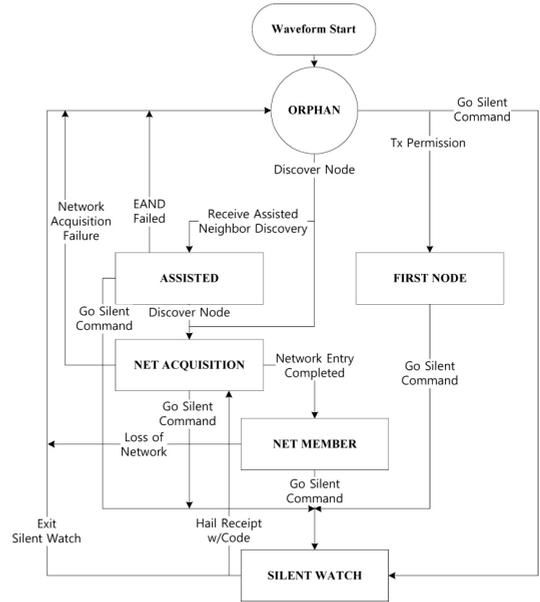


그림 5. DirecNet에서 노드의 동작 상태도^[11]
Fig. 5. Node operational state diagram of DirecNet^[11]

구성한다. 그림 5는 탐색 과정부터 네트워크 접속 과정까지 DirecNet에서 각 노드의 동작 상태를 나타낸 것이다. 위 동작 과정은 초기 orphan 상태, 즉 노드가 네트워크에 참여하지 못한 상태를 시작으로, 송신 허가 후 net member 상태로, 직접 탐색 또는 관련 정보를 수신 받아 탐색하는 경우에는 net acquisition/assisted 상태를 거쳐 net member 상태로 들어간다. 네트워크 연결에 실패하거나 연결된 네트워크와 연결이 중단될 경우 다시 orphan 상태로 진입하며, 그 외 네트워크에 참여하지 못한 경우에는 주변 환경을 감지하는 상황인 silent watch 상태에서 대기한다^[11]. 이러한 MANET 기반 mesh 네트워크는 허브 네트워크와 같이 중앙 집중형 노드에 의해 제어되는 구조가 아닌, 모든 노드가 정보를 전송하는 호스트인 동시에 중계 노드의 역할을 수행함으로써, 라우터/리피터의 역할을 하는 수평적 분산 네트워크를 구성한다. 따라서 DirecNet은 주변 채널 및 노드 상황에 따라 유동적으로 mesh 네트워크를 구성하는 dynamic mesh 구조를 고려한다.

DirecNet이 구성하는 dynamic directional mesh 네트워크는 지향성 안테나를 이용하므로 노드간 점대점 링크를 구성하는 한편, 각 노드는 서로 다른 다수의 노드와 링크를 구성함으로써 연속적인 그물망 형태의 네트워크를 형성한다^[4]. 이러한 네트워크 구조는 긴 통달거리를 보장하며, 노드간 링크 구성이 공간적으로

분할되어 주파수 재사용 효율이 향상되는 장점이 있다. 또한 각 노드가 라우터로 동작함으로써, 인접 구성원이 사라지거나 발생하는 상황에서도 소프트웨어적 라우팅 테이블 관리를 통해 간단한 경로 변경만으로도 네트워크 유지가 가능하므로, 네트워크의 유연성이 향상된다.

그러나 동적인 네트워크 구성으로 인해 링크 구성이 불안정해지며, 네트워크의 규모가 수시로 변화하기 때문에 라우팅 테이블의 관리가 지속적으로 이루어져야 한다는 단점이 있다. 또한, 중앙 관리형 구조가 아니기 때문에, 각 노드들이 직접 네트워크의 상황을 파악해야 한다. 따라서 네트워크의 정보를 지속적으로 서로 교환해야 하며 전반적인 네트워크 overload가 증가한다. 이에 따라, 전반적인 네트워크의 효율을 향상시킬 수 있는 프로토콜이 요구되며, 현재 관련 기술의 표준화가 진행 중이다.

3.2.2 DirecNet의 표준화 동향

2006년 The Open Group의 구성을 시작으로, 2011년, 2012년에 각각 물리계층과 데이터링크 계층 표준 초안이 완성되었고, 2013년 현재, 유선망 수준의 네트워크 규모를 달성하기 위한 MANET 관련 표준안이 작성 중에 있다^{4,11,12}.

3.3 MPI-CDL 기술 분석

MPI-CDL은 기존의 공용데이터링크와 호환이 가능하면서도 향상된 전송 속도, 점대다, 중계 운용 모드를 지원하는 국내 공용데이터링크 기술이다^{6,9}. MPI-CDL은 최대 45Mbps의 전송률을 지원하며, 운용 상황에 맞게 적응적으로 프레임 구조가 변화되는 가변 전송률을 지원한다. 탑재장비와의 제어 정보 송수신을 위한 링크에는 대전자전, 통신 범위 증대 및 low detection probability를 고려한 DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)가 적용되었으며, 연접 오류 정정에 강한 RS (Reed Solomon) 부호와 산발 오류 정정에 강한 CC (Convolutional Code)를 결합한 RS-CC를 적용하여 지상-공중, 공중-공중 플랫폼 사이 LOS 기준 최대 200km까지 통달 거리 확장이 가능하다. MPI-CDL의 주요 특징 및 시스템 파라미터는 표 4와 같다^{6,9,13}.

MPI-CDL은 FDMA (Frequency Division Multiple Access)/FDD를 기반으로 그림 6과 같이 점대점, 점대다, 다대점, 중계 등의 4가지 운용 모드를 지원한다⁶. 점대점 운용 모드는 지상장비와 탑재장비 사이에 지향성/무지향성 안테나를 사용하여 일대일 링크를 운용

표 4. MPI-CDL의 주요 시스템 파라미터^[6,9,13]
Table 4. System parameter of MPI-CDL^[6,9,13]

	Parameter	Value
Modem	Operation band	Ku Band
	Bandwidth	OO ¹⁾ MHz
	Multiple access	FDMA
	Duplex	FDD
	Modulation	BPSK/QPSK/8PSK
	Channel coding	RS-CC
Data link control & networking	Message format	NATO STANAG-4586
	Propagation range	200km @LOS
	Antenna	Directional/Omni-directional
	Throughput	~ 45Mbps
	Operation mode	P-to-P, P-to-Multi, Multi-to-P, relay

1) 진행 중인 체계 개발의 일환으로 모뎀 주요 사양이 누락되어 있습니다.

하는 모드이며, 주파수 대역의 독점이 가능하여 최대 통달 거리와 최대 전송률 구현이 용이하다. 점대다 운용 모드는 단일 탑재장비가 다수의 지상장비와 통신하는 형태로, 탑재장비는 무지향성 안테나를 사용하여 정보를 브로드캐스팅하기 때문에 지향성 안테나 대비 안테나 이득이 감소하며 통달 거리가 줄어든다. 다대점 운용 모드는 다수의 탑재장비가 단일 지상장비와 통신하는 형태로, 주파수 대역이 탑재장비에 각각 할당되어 나누어지므로 탑재장비 당 전송률이 감소하고, 지상장비의 무지향성 안테나로 인해 통달 거리도 제한된다. 중계 운용 모드는 원거리의 탑재장비가 다른 탑재장비의 중계를 통해 지상장비와 통신하는 형태이며, 중계장비, 탑재장비의 동시 제어가 가능하고 중계장비와 탑재장비의 IP로 최종 수신 노드를 판단한 후, 두 장비의 영상을 다중화하여 지상장비에 전송한다.

그러나 주로 점대점 모드로 운용되므로, 점대다 운용 모드에서는 제한된 수의 노드만 접속 가능하여 공중 정찰 장비 간 링크 구성이 제한되며, 통달 거리 확장 및 음영 지역 극복을 위해 중계 통신을 수행할 경우 고해상도 영상 정보의 고속 전송이 어려울 수 있다. 또한, MPI-CDL은 주로 정찰기에서 수집된 영상 정보를 지상장비로 전송하는 것에 한정되어 있으므로, 앞서 소개한 해외 선행 장비들의 네트워킹 기능 대비

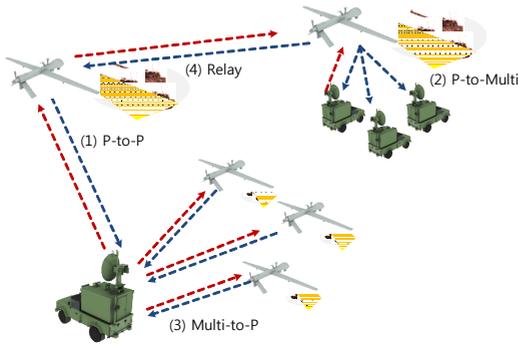


그림 6. MPI-CDL의 운용 모드
Fig. 6. MPI-CDL operation mode

성능이 미흡한 상황이다.

3.4 공용데이터링크 기술 비교 분석

본 절에서는 1-3절에서 소개한 국내·외 공용데이터 링크 기술의 주요 특징들을 물리 계층 및 데이터링크/네트워크 계층으로 구분하여 분석을 수행한다.

3.4.1 물리 계층 비교 분석

국내·외 공용데이터링크 기술의 물리 계층 관련 주

요 특징 비교는 표 5와 같다.

국내·외 기술 모두 고속으로 이동하는 공중장비 간 높은 전력으로 통신하는 환경을 고려함에 따라, 도플러 및 PAPR (Peak-to-Average Power Ratio) 문제에 민감한 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)이 아닌 단일 반송파 변조 방식을 사용한다. 반면, MP-CDL, DirecNet과 같은 해외 선형 기술의 경우, 넓은 주파수 대역폭과 높은 차수의 변조 방식을 사용하여, 국내 공용데이터링크 대비 더 높은 전송 속도를 제공한다. 특히, 주파수 대역폭의 크기는 MP-CDL 및 DirecNet의 경우 각각 최대 300MHz, 400MHz로, 해외 기술이 국내 기술 대비 최소 10배 이상의 넓은 대역폭을 사용하고 있다. 이에 따라, MPI-CDL이 더 높은 차수의 변조 방식을 적용하였음에도 불구하고, MP-CDL에 비해 최대 전송속도가 1/6에 불과하다.

3.4.2 데이터링크/네트워크 계층 비교 분석

국내·외 공용데이터링크 기술에 적용된 다중접속, 이중화, 네트워크 운용 모드 등의 데이터링크/네트워크 계층 관련 주요 특징 비교는 표 6과 같다.

표 5. 시스템 간 물리 계층 파라미터 비교
Table 5. Comparison of physical layer system parameters

	Domestic technology	Prior technology	
	MPI-CDL	MP-CDL	DirecNet
Freq. Band	OO ¹ MHz	300MHz	400MHz
Modulation	BPSK/QPSK/8PSK	BPSK/QPSK/OQPSK	BPSK/QPSK/OQPSK/16APSK
Pulse shaping	RRCF	unknown	RRCF (α=0.25)
Channel coding	RS-CC	RS-CC (LDPC)	LDPC
Throughput	~45Mbps	200Kbps~274Mbps	800Kbps~1.35Gbps

1) 진행 중인 체계 개발의 일환으로 모뎀 주요 사양이 누락되어 있습니다.

표 6. 시스템 간 데이터링크/네트워크 계층 파라미터 비교
Table 6. Comparison of data link/network layer system parameters

	Domestic technology	Prior technology	
	MPI-CDL	MP-CDL	DirecNet
Propagation range	200km @LOS	500km @LOS	TAN
Antenna	Directional/Omni	Directional/Omni	Directional
Multiple access	FDMA	unknown	TDMA/SDMA
Duplex	FDD	FDD	TDD
Network	unknown	>30 Link, Ad-Hoc	Dynamic mesh, Ad-Hoc
Operation mode	P-to-P, P-to-Multi, relay	P-to-P, P-to-Multi, relay, hub, semi-mesh	Dynamic directional mesh, relay

공용데이터링크에서 국내·외 기술 간 큰 차이를 보이는 부분 중의 하나는 지원하는 네트워크의 규모이다. MPI-CDL은 점대점, 점대다, 다대점과 운용 모드를 지원하고 있으며, 지상장비와 공중 플랫폼 간의 점대점 링크 구성을 기본으로 하고 있다. 공중 플랫폼 간의 네트워크 구성은 중계 모드만 고려하고 있기 때문에 항공 네트워크는 제한적인 형태로 구현된다. 반면, MP-CDL은 최소 30개의 링크 연결을 지원하는 등 국내 기술 대비 운용하는 네트워크의 용량이 크며, DirecNet의 경우 링크 개수에 제한이 거의 없는 네트워크 구축을 목표로 하고 있다.

또한, 다중 접속과 이중화 방식 역시 네트워크 성능에 차이를 나타내는 주요 원인이다. MPI-CDL은 FDMA/FDD 방식을, DirecNet은 TDMA/TDD를 사용 중이다. FDMA/FDD 방식은 사용자 별, 상·하향 링크 별로 주파수 대역을 구분하여 데이터를 전송하는 방식으로 사용자 간에 발생하는 데이터의 양이 비슷한 경우에 유리한 방식이다. 음성 통화의 경우 FDMA/FDD 방식이 적합하지만, IP 기반의 네트워크는 사용자간 발생하는 정보의 양이 비대칭적이므로 특정 주파수 대역에 데이터가 몰릴 수가 있어 효율성이 저하 될 수 있다. 반면, TDMA 방식은 주파수 대역을 공유하면서 사용자간에 서로 다른 시간을 할당하여 데이터를 전송하는 방식으로, 발생하는 트래픽의 양에 따라 자원을 유동적으로 할당할 수 있다는 장점이 있다. 따라서 IP 기반 네트워크에서는 TDMA 방식이 유리하다.

한편, FDD는 주파수 대역을 할당하여 상·하향링크 채널을 구분하는 방식으로, FDMA/TDMA와 유사하게 주파수로 상·하향링크를 구분할 경우 동시 접속에는 유리하지만 데이터의 양이 유동적인 통신 환경에서는 효율성이 떨어지는 단점이 존재한다. 따라서 IP 네트워크에는 DirecNet과 같이 TDD 방식을 사용함으로써 데이터 발생이 비대칭, 산발적인 상황에 더 적합하게 대응 할 수 있다.

TDMA와 TDD 방식은 FDMA, FDD 방식에 비해 동적인 통신 자원 할당을 통해 비대칭, 산발적, 연접적 데이터 발생에 효율적으로 대처할 수 있지만, 스케줄링과 동기화가 필수적이며 네트워크 규모의 스케줄링이 요구되는 등 복잡도 및 overhead가 크게 증가하는 단점이 존재한다.

IV. 차세대 한국형 공용데이터링크의 개발 방향

본 장에서는 국내 공용데이터링크 기술과 해외 선

행 기술 간의 비교 분석 결과를 바탕으로, 향후 차세대 공용데이터링크 시스템의 개발 방향을 제시한다. III장에서 기술한 바와 같이, 국내·외 공용데이터링크 간에는 전송 속도 및 네트워크 규모 등 다양한 측면에서 상당한 기술의 차이가 존재하며, 본 장에서는 전송 속도 및 네트워킹 기능을 향상시키기 위한 개발 방향에 대해서 간략히 제시한다.

4.1 기존 MPI-CDL 체계와의 호환성 유지

차세대 한국형 공용데이터링크 시스템 개발에 있어 고려해야할 요소 중 하나는 기존 공용데이터링크 기술과의 호환성을 보장하는 범위에서 설계하는 것이다. III장에서 기술한 바와 같이, MPI-CDL에 적용된 다중 접속/이중화 구조는 FDMA/FDD 방식으로 연속적인 트래픽 처리 적합한 방식이나, IP 네트워크와 같이 다수의 산발적인 데이터 처리가 요구되는 환경에서는 전체적인 네트워크 효율이 저하되는 단점이 존재한다. 따라서 산발적 데이터 처리에 적합한 TDMA/TDD 방식을 고려할 수 있으나, 노드 간 간섭 제어를 위한 스케줄링 및 이를 위한 네트워크 규모의 동기화 과정이 요구되는 등 링크 운용 및 망 관리 측면에서의 문제들이 발생하며, 기존 MPI-CDL 구조와 호환이 불가능하다는 한계로 인해 구현 가능성은 적을 것으로 판단된다. 따라서 기존 MPI-CDL과 동일한 형태의 프레임 구조 활용이 가능함과 동시에, 상대적으로 overhead가 낮은 FDMA/FDD 방식의 적용이 적합할 것으로 보이며, FDMA/FDD 적용으로 인해 예상되는 전송 속도의 한계 및 네트워크 효율 저하 등의 문제는 별도의 해결 방안이 필요할 것으로 보인다.

4.2 최대 전송속도 향상

기존 MPI-CDL이 제공하는 45Mbps 전송속도는 점대점 링크 연결을 가정한 것으로, 다수의 플랫폼과 링크를 구성하는 상황에서는 전송속도가 저하되기 때문에, 다수 링크를 통해 동시다발적으로 최소한의 영상정보를 전송하기 위해서는 네트워크 측면에서 충분한 전송속도 제공을 보장할 필요가 있다.

4.2.1 전송속도 향상을 위한 주파수 대역 확보

전송속도 향상은 신호가 차지하는 대역폭의 크기 증가로 나타나기 때문에, 가용 주파수 대역폭의 확장은 전송속도 향상을 위한 방법 중 가장 일반적으로 고려할 수 있는 부분이다. 현재, 해외 선형 공용데이터링크 기술들은 최대 수백 Mbps, 혹은 수 Gbps와 같이 높은 전송속도를 지원하기 위해서 300MHz 이상의

넓은 주파수 대역폭을 사용하고 있는 반면, 최대 45Mbps의 전송속도를 지원하는 MPI-CDL의 경우 해외 선행 장비 대비 크게 미치지 못하는 크기이며, 이와 같이 주파수 대역의 크기가 제한될 경우 전송 속도 및 통신 용량이 제한적일 수밖에 없다. 현재 우리 군은 Ku, X 대역에서 00MHz 수준의 대역폭만이 가능한 실정으로 근본적으로 군 차원에서의 추가적인 주파수 확보가 필요하다⁶⁾. 이러한 주파수 대역 확보 문제는 차세대 공용데이터링크 개발 및 표준화 과정에서 기존의 군별로 운용되던 영상수집체계를 통합하여 분산된 주파수 대역을 공동으로 활용하는 방안을 통해 해결할 수 있을 것으로 보이나, 표준화를 통한 주파수 대역 통합 시에도 최대 274Mbps의 전송 속도를 보장하기 위한 충분한 크기의 주파수 대역 확보에는 한계가 있다. 따라서 군 차원에서의 주파수 대역 확보와 동시에, 별도로 전송 속도를 향상시킬 수 있는 추가적인 해결 방안을 모색해야 한다.

4.2.2 고차 변조 방식 적용을 통한 전송률 증대

제한된 주파수 자원 내에서 전송 속도를 향상시키기 위한 방안 중 하나는 변조 차수를 높이는 것이다. 현재 MPI-CDL은 최대 8PSK의 변조 방식을 지원하고 있으며, 제한된 주파수 자원을 고려할 때 DirecNet과 같은 16APSK, 혹은 64APSK와 같이 높은 차수의 변조 방식을 적용해야 60Mbps, 혹은 최대 90Mbps까지 전송 속도 향상이 가능하다. 그러나 고차 변조 방식을 적용할 경우 발생할 수 있는 몇 가지 문제점에 대한 해결 방안이 필요하다.

첫째로, 최대 200km의 장거리 데이터 전송 시에는 거리에 따른 신호 감쇄 (path loss)가 크게 발생하므로 이를 고려한 충분한 수신 SNR (Signal-to- Noise Ratio)이 확보되어야 한다. 높은 차수의 변조 방식은 신호 복조 시 잡음의 영향이 커지므로 낮은 차수의 변조 방식에 대비 수신 SNR이 열화된다. 따라서 최소한의 수신 SNR을 확보하기 위하여, 우수한 성능의 지향성 안테나를 활용하는 방안도 검토할 수 있으나, 높은 gain을 갖는 지향성 안테나는 고속 이동성을 갖는 항공 네트워크에서의 안테나 tracking 문제가 발생할 수 있으므로 적정 수준의 gain을 갖는 안테나의 적용을 고려해야 한다.

둘째로, 수신 SNR을 향상시키기 위하여 현재 사용되는 오류 정정 부호인 RS-CC 대비 오류 정정 성능이 우수한 LDPC (Low Density Parity Check) 나 터보 부호 등의 강인한 부호들의 적용을 고려할 수 있다. 그러나 LDPC 및 터보 부호는 RS-CC 대비 구현

복잡도가 높고, 차세대 공용데이터링크의 목표 성능과 복잡도 간 trade-off를 고려한 적절한 형태의 채널 코딩의 선택이 필요하다.

한편, 변조 차수가 증가할수록 송신단에서 높은 PAPR이 발생하므로, 허용 가능한 back-off 전력 범위 내에서 변조 방식을 결정해야 한다.

4.3 네트워크 기능 향상

NCW는 정보 수집과 지휘통제 타격의 전시 작전 수행 시, 각 체계를 네트워크로 연계하는 개념으로 정보의 수집/배포가 바탕이 되어야한다. 우리 군도 조기 경보 체계 및 무인기의 비중을 늘리고 있는 상황에서 수집된 정보를 신속하고 적절하게 전달할 수 있는 네트워킹 기능이 중요해지고 있다. 이를 위해 국내 공용데이터링크의 네트워킹 기능의 확장성과 유연성을 향상시키기 위한 연구가 필요하다.

따라서, 현재 MPI-CDL에서는 4가지 운용 모드를 지원하고 있으나, 신속하고 효율적인 형태의 정보 전달 수행을 위해서는 mesh 및 허브 네트워크와 같은 확장된 형태의 운용 모드 지원이 필요하다.

Mesh 구조는 각 노드들이 인접 노드들과 단일 링크를 형성하여 원하는 정보를 직접 송·수신하거나, 원 거리에 위치한 노드로의 전송을 위해 다른 노드들의 데이터 중계가 가능한 네트워크 구조이다. Mesh 구조는 링크 구성 형태에 따라 모든 노드가 상호 연결된 full-mesh 구조와, 각각의 노드가 제한된 개수의 노드들과 링크를 형성하는 semi-mesh 구조로 분류된다. Mesh 구조는 허브 구조에 비해 네트워크 구성이 자유롭고 데이터를 적시에 넓은 범위로 전파시킬 수 있다는 장점이 있지만, 무선 및 고속 이동 환경에서 발생하는 라우팅과 간섭 문제를 해결해야 하는 단점이 있다. 대표적인 무선 mesh 네트워킹 기술로는 MANET이 있으며, 이는 MP-CDL, DirecNet 등에도 일부 적용된 기술이다.

허브 구조의 경우 중앙의 허브 노드에 다른 노드들이 점대점으로 연결되어 있는 구조로서, 주변 노드들은 서로 직접 링크를 설립하지 않고 허브 노드를 거쳐 통신한다. 허브 구조는 중앙에 위치한 허브 노드가 모든 제어에 대한 권한과 책임을 가지므로 다수 노드들의 동시 제어가 용이하며, 허브를 중심으로 2 hop으로 통신이 가능한 구조이다. 그러나 중앙 허브 노드에 문제가 발생할 경우 네트워크 전체가 통신 불능 상태에 빠진다는 단점이 존재한다.

Mesh 구조를 공용데이터링크에 적용할 경우, 공중 장비간 단일 hop 통신을 수행함에 따라 실시간으로

데이터 처리가 가능하다는 장점이 있으나, 이를 위해서는 DirecNet과 같이 높은 수준의 안테나 추적 기술과 장비간 스케줄링 및 간섭 제어 기술 등이 요구된다. 그러나 한국형 공용데이터링크는 국내 운용 환경을 고려하였을 때 DirecNet 수준의 대규모 네트워크 범위의 지원이 필요하지 않으며, 항공 네트워크에서 발생하는 고속의 이동성으로 인해 고성능의 안테나 추적 기술이 요구되는 등 기술적 구현에도 제한이 따른다. 또한, mesh 구조는 전장에서 발생 가능한 다양한 변수에 적응적으로 대처해야하므로 이로 인한 overhead가 발생 가능하다.

따라서 차세대 한국형 공용데이터링크에서는 운용 환경 등을 고려하였을 때, 허브 형태의 네트워크 구조를 적용하는 것이 적합하다. 허브 구조 기반의 공용데이터링크는 지상 장비 또는 목적지에 영상정보를 전송하고자 하는 공중 장비가 존재할 경우, 공중 장비는 결정된 네트워크 관리 방침에 따라 허브 장비의 위치를 파악하여 허브 장비와의 통신 링크 형성을 시도할 수 있다. 따라서 공중에 산개되어 있는 장비 간 탐색 수행 대신, 중앙 허브 장비의 위치만 탐색함으로써 탐색에 요구되는 절차를 간소화하며, 네트워크 규모 확장에 용이하다는 장점이 있다. 미국과 달리 통신 범위가 크지 않은 국내 영토와 전장의 크기를 고려할 때, 소수의 허브 네트워크 구성을 통해 노드 간 최대 3-hop (ADT-허브-GDT, ADT-허브1-허브2-ADT) 내로 통신이 가능하다.

그림 7은 예상 가능한 허브 네트워크 기반 공용데이터링크의 구성요소를 나타낸 것이다. 허브 네트워크는 크게 공중장비 (ADT, Air Data Terminal), 지상장비 (GDT, Ground Data Terminal), 그리고 허브 장비로 구성되어있으며, 각 장비간 별도의 데이터링크를

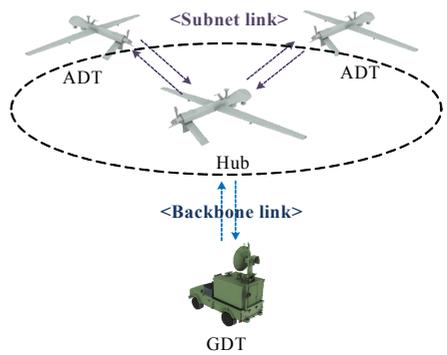


그림 7. 허브 네트워크 구성 요소
Fig. 7. Hub network topology

형성한다. 허브 네트워크는 다수의 ADT와 허브 간 점대점 모드부터 다대점 모드까지 확장 운용이 가능한 공대공 링크인 'Subnet 링크'와, 허브와 GDT 간 단일 링크 운용을 하는 공대지/지대공 링크인 'Backbone 링크'로 구성된다. Subnet 링크는 다수의 ADT와 허브 간 다대점 링크 운용 링크로서, 단일 ADT는 허브와의 점대점 링크를 고려해 지향성 안테나를 사용하며, 허브는 전방위 통신을 위해 무지향성 안테나의 사용을 고려한다. 따라서 허브의 무지향성 안테나 사용으로 인해 다수의 ADT와 동시다발적인 데이터 송·수신이 가능하다는 장점이 있으나, 낮은 안테나 이득으로 인해 subnet 링크의 통달거리가 크게 감소한다는 문제점이 있다.

그림 8~10은 차세대 한국형 공용데이터링크에서 예상되는 허브 네트워크 구조 기반의 운용 시나리오를 나타낸다. ADT-허브-GDT 간 송·수신하는 Tm (Telemetry), Tc (Telecontrol) 메시지는 각각 장치의 상태 및 운행에 관련된 제어 메시지를 의미한다.

그림 8은 GDT의 제어 하에 허브가 특정 변경 내에

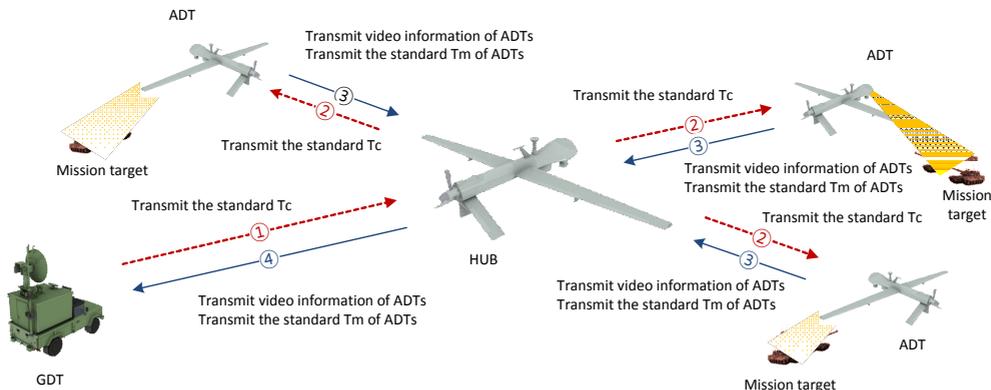


그림 8. 허브를 통한 GDT로의 영상정보 전송
Fig. 8. ADT-to-GDT control/data transmission/reception via hub

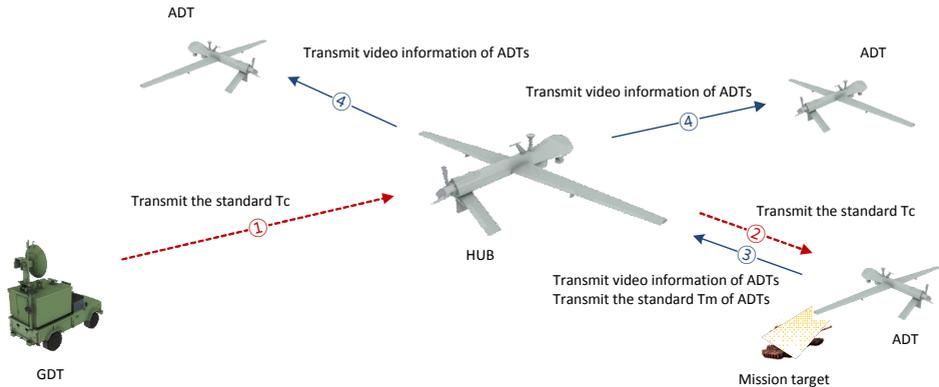


그림 9. 허브를 통한 ADT 간 데이터 송·수신
 Fig. 9. ADT-to-ADT data transmission/reception via hub

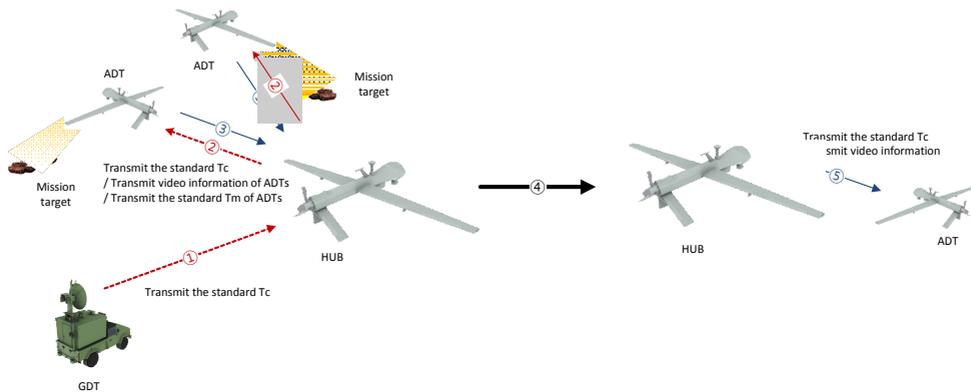


그림 10. Backbone 링크를 통한 허브 간 데이터 송·수신
 Fig. 10. Hub-to-hub data transmission/reception via Backbone link

서 작전 수행 중인 ADT들에게 공통된 제어 정보를 브로드캐스팅하거나, ADT가 획득한 영상 정보를 취합하여 GDT에 제공하는 운용 시나리오로서, 링크에 따른 비대칭 정보 전송을 고려하였다.

그림 9는 허브를 통해 ADT 간 정보를 교환하는 운용 시나리오이다. GDT의 제어 하에, ADT가 자체적으로 허브의 가용 여부를 파악한 후 허브를 통해 다른 ADT와 정보를 교환하는 형태로서, ADT 간 통신에도 활용하는 운용 형태이다.

그림 10은 ADT를 통해 획득한 영상 정보를 GDT를 거치지 않고 backbone 링크를 통해 허브 간 정보를 교환하는 운용 시나리오로서, 정보 전달의 신속성을 향상시킬 수 있는 운용 형태이다.

이와 같은 허브 네트워크 구조의 공용데이터링크를 수행하기 위해서는 몇 가지 요구 조건이 있다. 먼저, 중앙 허브 장비는 공중 장비들로부터 수신된 정보를 지상 장비 또는 목적지로 전송하기 위해 라우팅 기능이 제공되어야 하며, 허브 장비와 연결된 노드의 수가

증가할수록 허브 장비 내에서 주변 노드들 간 데이터 트래픽 처리 과정의 지연이 발생할 수 있으므로, 공중 장비 별 전송 효율이 저하될 수 있다. 따라서 공용데이터링크의 허브 네트워크 구조는 이러한 처리 지연 문제를 완화시킴과 동시에, 제한된 대역폭 내에서 목표 전송률 달성이 가능한 구조로 설계되어야 할 것이다. 또한, 허브 장비에서의 물리적/기능적 장애 발생 시 기존 MPI-CDL과 같이, ADT-GDT 간의 직접 링크를 생성할 수 있도록 기존 시스템과의 호환성 유지와 더불어 허브/접대점 통신 간의 듀얼 모드 동작을 지원해야 한다. 일반적으로 고려할 수 있는 듀얼 모드 동작 시 필요한 신호 송·수신 절차는 그림 11과 같다. GDT가 허브나 ADT로부터 일정시간 Tm 정보를 수신하지 못한다면, GDT는 자체적으로 ADT와의 접대점 링크 운용 모드로 전환해야 하며, ADT 역시 일정 시간 허브로부터 Tc 정보를 수신하지 못한다면, GDT와의 직접 링크 운용을 할 수 있도록 전환되어야 한다.

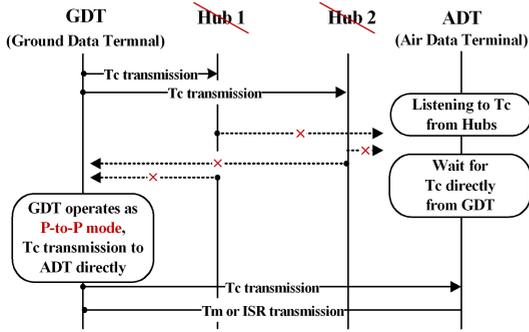


그림 11. 듀얼 모드 동작 과정
Fig. 11. A procedure of dual mode operation

V. 결 론

본 논문에서는 공용데이터링크의 국내·외 기술 간 비교 분석을 통하여 국내 기술의 개발 방향을 제시하였다. 해외 선형 기술인 MP-CDL과 DirecNet은 고속의 전송 속도와 일정 수준 이상의 네트워킹 능력을 동시에 만족시키고 있으며, 이를 통해 지상과 공중의 네트워크를 통합하는 JALN을 실현할 수 있을 것으로 보인다. 이에 반해, 국내 MPI-CDL은 영상 정보 수준의 전송 속도를 지원할 수 있도록 개발되었으나, 향후 조기 경보기, 무인기의 작전 수행 비중이 커지는 상황을 대비하기 위하여 더 높은 수준의 전송률과 네트워킹 능력을 갖추어야 할 필요성이 부각되었다. 따라서 본 논문에서는 국내 공용데이터링크와 해외 선형 장비간 특징 비교를 통해 차세대 한국형 공용데이터링크의 개발 방향을 정립하였으며, 기능 개선을 위한 몇 가지 개발 방안을 제시하였다. 본 논문의 공용 데이터링크 개발 동향을 고려할 때, 국내 영토에서의 운용 및 우리 군의 기술 구현 수준에 적합한 차세대 한국형 공용데이터링크 개발이 시급할 것으로 보인다.

References

[1] E. S. Kim, "Concept of tactical data link employment and next C4ISR system," *Quart. J. Defense Policy Stud.*, vol. 74, pp. 49-83, 2007.

[2] J. S. Kim, S. J. Kim, and M. Y. Lim, "Overview of tactical data link technology," *J. KISSE*, vol. 74, no. 9, pp. 18-28, 2007.

[3] DOT&E, *Director, operational test and evaluation annual report FY*, 2003.

[4] The Open Group, "2012 MILCOM direcnet

technical panel," *MILCOM 2012*, Nov. 2012.

[5] Y.-J. Ryu, J.-H. Ryu, and U.-Y. Pak, "Aeronautical link availability analysis for the multi-platform image & intelligence common data link," *J. KICS*, vol. 37C, no. 10, pp. 965-976, 2012.

[6] J. S. Eum and B. O. Ahn, "Development trends and preview point of MPI-CDL in Israel," *KIDA*, no. 1404, Apr. 2012.

[7] JDCC (Joint Doctrine and Concepts Centre), *Real-time exchange of tactical data*, Joint Doctrine Pamphlet, Oct. 2011.

[8] H. Baek, S. Jeong, and J. Lim, "Trends of tactical data link technologies for network centric operations," *J. KISSE*, vol. 28, no. 7, pp. 59-69, 2010.

[9] J. M. Chung, K. C. Park, T. Y. Won, U. H. Oh, D. C. Ko, S. J. Hong, C. B. Yoon, H. Kim, and U. Y. Pak, "Standardization strategy for the image and intelligence common datalink," *J. Korean Inform. Commun. Mag.*, vol. 28, no. 4, pp. 41-50, Apr. 2011.

[10] J.-M. Chung, D. K. Kim, D.-C. Go, C.-H. An, and H. Kim, "A frequency sharing networks standardization plan for collecting video information asset (영상정보 수집 자산용 주파수 공유 통신망 표준화 방안)," Defense Acquisition Program Administration, 2008.

[11] DirecNet™ Task Force, "Multi-vendor alliance to develop an open standard enabling highly mobile, directional, high data rate, Ad-Hoc communications networks," May 2011.

[12] K. Olds et al., "The DirecNet™ standard reference architecture: A road map for interoperability," *MILCOM 2011*, pp. 2105-2110, Nov. 2011.

[13] I. M. Choi, K. H. Won, and H. J. Choi, "Receiver design for MPI-CDL system," in *Proc. Summer Conf. KICS*, Jun. 2010.

[14] C. Mawn, *Tactical communication group adds situational awareness data link capabilities to its tactical data link communications solutions*, Retrieved Feb. 11, 2014, from <http://www.g2tcg.com/News-and-Events/Press-Releases/Tactical-Communications-Group-Adds-Situational-Aw>

a.aspx.

- [15] S. Caruso, "Aviation networks and mission planning," *Army Aviation Mag.*, pp. 30-33, Jan. 2013.
- [16] Lockheed Martin UK - Integrated Systems & Solutions, *Other tactical data link protocols*, Retrieved Feb. 11, 2014, from <http://archive.is/fTtvf>.
- [17] Rockwell Collins, *Dynamic, robust waveform enabling NetCentric communications for today's warfighter*, 2009.
- [18] O. Bussiere, "Advanced NATO- compatible solutions for surface vessels," *Int. J. Inform. & Security*, vol. 13, pp. 77-86, 2004.
- [19] G. Fielke, *Enhanced position location reporting system (EPLRS) positioning capability*, Australian Government, Department of Defence, 2007.
- [20] W. Peach, "Message text formats-a solution to the problem of inter- operability," *J. Battlefield Technol.*, vol. 2, no. 1, Mar. 1999.
- [21] Y.-J. Lee, S.-J. Kim, and M.-Y. Lim, "Methodology of interoperating Link-K track number in multi TDLs," *J. KICS*, vol. 38C, no. 12, pp. 1186-1195, 2013.

강 위 필 (Wipil Kang)



2012년 2월: 성균관대학교 정보통신공학부 졸업
 2014년 2월: 성균관대학교 IT 융합학과 석사
 2014년 3월~현재: 삼성전자 근무
 <관심분야> 무선통신, 이동통신, D2D 통신, 협력 통신 기술

송 주 형 (Juhyung Song)



2013년 2월: 성균관대학교 정보통신공학부 졸업
 2013년 3월~현재: 성균관대학교 IT융합학과 석사과정
 <관심분야> 무선통신, 이동통신, 협력 통신 기술

이 경 훈 (Kyunghoon Lee)



2011년 2월: 성균관대학교 정보통신공학부 졸업
 2013년 2월: 성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과 석사
 2013년 3월~현재: 성균관대학교 IT융합학과 박사과정
 <관심분야> 무선통신, 이동통신, D2D 통신, 협력 통신 기술

이 대 흥 (Dae-Hong Lee)



2006년 2월: 성균관대학교 전자전기공학과 졸업
 2008년 2월: 성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과 석사
 2008년 10월~현재: 삼성탈레스 근무
 <관심분야> 전자공학, 통신공학, 군통신

정 성 진 (Sung-Jin Jung)



2001년 2월: 조선대학교 전자공학과 졸업
 2001년 4월~현재: 삼성탈레스 근무
 <관심분야> 전자공학, 통신공학

최 형 진 (Hyung-Jin Choi)



1974년 2월: 서울대학교 전자공학과 졸업
 1976년 2월: 한국과학기술원 전기전자공학과 석사
 1976년 3월~1979년 7월: (주)금성사 중앙연구소 연구원
 1979년 9월~1982년: 12월 미국 Univ. of Southern California 전기공학과 (공학박사)
 1982년 10월~1989년 2월: 미국 Lincom Corp. 연구원
 1989년 3월~현재: 성균관대학교 정보통신대학 교수
 <관심분야> 디지털통신, 무선통신, 이동통신, 위성통신 및 동기화 기술을 포함한 MODEM 기술