

# 다중 전술데이터링크 간 Link-K 트랙 번호 상호운용 기술

이윤정\*, 김상준\*, 임만엽\*

## Methodology of Interoperating Link-K Track Number in Multi TDLs

Youn-jeong Lee\*, Sang-jun Kim\*, Man-yeob Lim\*

### 요약

상황인식을 위해 전장에 참여하는 세력 간 전술상황 교환의 주요 수단은 전술데이터링크(Tactical Data Link)이다. 한국군은 Link-11, Link-16 등 선진국의 전술데이터링크를 현재 운용하고 있으며, Link-K 기반의 합동전술데이터링크체계(JTDLs: Joint Tactical Datalink System)를 개발하여 공동 운용할 예정이다. Link-16은 태평양사령부와 공동 운용하므로, 가입번호 및 트랙번호 할당을 한국군이 독자적으로 선택할 수 없지만 Link-K는 한국군이 독자적으로 부여할 수 있다. 본 논문은, 한국군이 Link-16과 Link-K를 합동 운용할 때, 미군과 협의에 의한 할당된 Link-16 가입번호 및 트랙번호와 한국군이 독자적으로 할당한 Link-K 가입번호 및 트랙번호 간 상호운용성을 유지할 수 있는 방안을 제시하며, 합동전술데이터링크체계의 운용시험평가 결과를 통해 제안방안의 적용 가능성을 제시한다.

**Key Words** : Link-K, Link-16, JTDLs, Tactical Data Link, Track Number

### ABSTRACT

In modern warfare, the main factor of triumph is superior situation awareness which leads rapid command decision and precisely guided munition, and TDL(Tactical Data Link) is the main communicational enabler. ROK forces currently operate Link-16 with allied forces and are also developing Korean national data link, Link-K which is also planned to be cooperated with Link-16. Assigning participant and track numbers needs agreement between ROK and allied forces, but ROK forces have exclusive authority in assigning numbers in Link-K. This paper proposes the effective method of exchange participant and track numbers between Link-16 and Link-K, and applicability verification in operational test and evaluation will be also presented.

### I. 서론

현대전에서 승패의 주요 결정 요소는 플랫폼의 민첩성 또는 보유 무기의 사거리가 아니라, 적보다

더 나은 상황인식(Situational Awareness)을 기반으로 실시간 지휘통제 및 목표물 정밀타격을 실시하는 능력이다. 따라서 전장에 참여하는 임무를 수행하는 체계들은 네트워크를 통하여 수집한 전술상황

◆° First Author and Corresponding Author : 국방과학연구소 합동전술데이터링크체계개발단, youn@add.re.kr, 정희원

\* 국방과학연구소 합동전술데이터링크체계개발단, sangjun@add.re.kr, mylim@add.re.kr, 정희원

논문번호 : KICS2013-08-384, 접수일자 : 2013년 8월 31일, 심사일자 : 2013년 10월 24일, 최종논문접수일자 : 2013년 12월 10일

전파, 획득한 상황자료의 융합, 공통 상황인식에 기반을 둔 지휘통제를 수행하게 되며, 주요 네트워크 수단으로 전술데이터링크(Tactical Data Link)를 사용한다. 감시/통제 전술데이터링크로는 선진국의 Link-11, Link-16, Link-22 등이 있으며, 한국군에서는 전술데이터링크 Link-11, Link-16을 운용하며, 추가적으로 Link-K를 적용한 한국형 합동전술데이터링크체계(JTDLs: Joint Tactical Data Link System)와 지상 전술데이터링크인 KVMMF(Korean Variable Message Format) 탑재한 체계를 전력화할 예정이다<sup>1-3)</sup>.

전술데이터링크를 사용하는 체계들은 전술상황을 공유하기 위해서 센서에서 탐지된 트랙을 데이터링크로 전파하여 다른 체계에서도 동일한 트랙 정보로 인지할 수 있도록 고유한 트랙 번호를 부여하여 사용한다. 그러나 각각의 전술데이터링크에서 사용 가능한 트랙번호 개수는 제한적이며, 미군체계와의 연합작전 시에 사용하는 Link-16 등의 선진국 데이터링크의 경우에는 정책상 한국군 내에서 독자적으로 트랙 번호를 할당하지 못한다. 즉, 한국군의 Link-16 운용을 위한 가입 노드 및 트랙 번호 블록 할당은 미군 태평양사령부 산하기관에서 총괄하여 결정후 배포하므로, 미군 전력 운영에 영향을 줄 수 있는 한국군의 독자적인 가입 노드 번호 추가 및 변경이 어렵다. 반면에 한국형 합동전술데이터링크 체계는 한국군의 독자적인 전술데이터링크인 Link-K를 사용함으로써 가입 노드 번호 및 트랙 번호 관리 시 미군의 제약 없이 독자적으로 관리가 가능하다.

본 논문에서는, 한국군을 위하여 국내 독자 개발한 Link-K와 선진국에서 도입된 Link-16를 공동 운용할 때 Link-K에서는 독자적인 번호를 할당하면서 한국군 합동작전, 단독 훈련 및 연합작전 시에 Link-16과 상호운용성이 유지되도록 Link-K 트랙 번호 상호 운용 기법을 제안하고자 한다.

본론에서는 선진국의 대표 전술데이터링크인 Link-16 트랙번호 관리 기술에 대하여 살펴본 후, 한국군의 다중 전술데이터링크 운용 시 Link-K를 중심으로 Link-16과 동시 운용이 가능하도록 Link-K 트랙번호 관리 방법을 기술하였다. 제안된 방법은 시뮬레이션 하여 실험에 소개하였으며, 합동 전술데이터링크체계 운용시험평가를 통해 사용가능성을 검증하였다. 마지막으로 결론 및 향후계획을 제시하고자 한다.

## II. 본 론

### 2.1. Link-16 트랙 번호 관리기법

#### 2.1.1. 트랙 정보

NATO 및 미국의 주요 전술데이터링크인 Link-16에서는 감시(Surveillance)정보로 가입 노드와 트랙으로 분류하여 전술 정보를 공유한다.

가입 노드는 전술데이터링크로 자기 자신의 위치 정보, 경로, 속도, 플랫폼 및 시스템 상태를 PPLI (Precise Participant Location Identification) 메시지를 사용하여 송신하며, 지휘통제노드와 비지휘통제노드로 구분한다. 지휘통제(C2: Command and Control) 노드는 지휘통제 능력을 보유하고 트랙 메시지를 송신할 수 있으며, 비지휘통제(NonC2: Non Command and Control) 노드는 지휘통제 능력이 없고 트랙 메시지를 송신할 수 없다.

트랙 정보는 전술데이터링크에 가입한 노드에서 센서로 탐지하거나 운용자가 수동으로 생성할 수 있으며, 트랙 번호, 범주, 위치, 경로, 속도, 고도 또는 깊이, 트랙품질, 적어식별, 플랫폼 종류 등이 포함된다. 이는 범주에 따라 참조점, 긴급지점, 공중, 해상, 지상, 수중, 우주, 전자전 정보, 대잠전 정보로 구분한다.

이러한 가입 노드와 트랙 정보에 대하여 전술데이터링크에 가입한 노드들 간에 동일한 전술 상황을 공유하여 상호운용성을 유지하기 위해서는 고유한 식별 번호인 트랙 번호가 필요하며, 동일한 트랙 번호에 대해서는 동일한 트랙으로 간주하여 운용할 수 있도록 상호운용성을 유지해야 한다<sup>4-7)</sup>.

#### 2.1.2. 트랙 번호 관리

전술데이터링크에서는 모든 가입 노드 및 트랙에 대한 고유한 식별 번호로 트랙 번호를 사용하며 관리 방식은 다음과 같다. Link-16 에서는 그림 1과 같이 5-bit 그룹 2자리 영문자/숫자와 3-bit 그룹 3자리 숫자로 구성된 19-bit의 5자리 트랙 번호를 사용하며, 표1, 표2와 같이 용도가 구분되어 있다<sup>5,8)</sup>. 또한 Link-16에서는 3-bit 그룹 5개 숫자로만 구성된 15-bit를 소스 트랙 번호(STN: Source Track Number)와 수신 트랙 번호(ATN: Addressee Track Number)를 사용한다. 15-bit 트랙 번호는 19-bit 트랙 번호로 변환이 가능하며, 표 3에 정의된 방법을 적용하여 변환이 가능하다.

18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0 - 7					0 - 7					0 - 7			0 - 7			0 - 7		
or					or													
A - Z*					A - Z*													
5					5					3			3			3		

\* Except I and O.

5-Bit Group				3-Bit Group	
CODE	CHAR	CODE	CHAR	CODE	CHAR
00000	0	10000	J	000	0
00001	1	10001	K	001	1
00010	2	10010	L	010	2
00011	3	10011	M	011	3
00100	4	00100	N	100	4
00101	5	10101	P	101	5
00110	6	10110	Q	110	6
00111	7	10111	R	111	7
01000	A	11000	S		
01001	B	11001	T		
01010	C	11010	U		
01011	D	11011	V		
01100	E	11100	W		
01101	F	11101	X		
01110	G	11110	Y		
01111	H	11111	Z		

그림 1. 19-bit TN 구성 및 코딩  
Fig. 1. 19-bit Track Number Composition and Coding

표 1. 지정된 트랙 번호 및 용도  
Table 1. Reserved Track Number and Usage

Track Number	Usage
00000	No Statement
00176	Link-11/11B Pseudo Source TN
00177	Collective Address
77777	Link 16 Management Address
00077, 07777	Not used

표 2. 트랙 번호 및 용도  
Table 2. Track Number and Usage

Track Number	Usage
00001-00076	PU/FPU/FJU/C2 JU Group Identifier Addresses
00100-00175	RU/FRU/FJU/C2 JU Group Identifier Addresses
00200-07776	Link 11/11B/16/22 Surveillance TNs or JU Addresses
10000-ZZ776	Link 16/22 Surveillance TNs or JU Addresses(in 15-bit numeric TN)

표 3. 15-bit에서 19-bit로 변환  
Table 3. 15-bit to 19-bit translation

15-bit TN	Bit Translation														
	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
19-bit TN	16	15	14	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	18*	17*	13*	12*											

\* = set to 0

표2와 같이 트랙 번호는 Link-16에 참여하는 C2용 가입 노드, NonC2용 가입 노드와 탐지한 트랙에 대하여 전송데이터링크로 송신할 수 있는 감시정보 트랙 번호로 구분한다. Link-16에서 트랙 번호로 할당

하여 사용하는 정보의 종류들은 다음과 같다.

- . 가입 노드(공중, 지상, 해상, 수중)
- . 트랙(공중, 지상, 해상, 수중, 우주)
- . 참조점(점, 선, 면)
- . 지상 지점
- . 전자전 정보(Fix/Area of Probability/Bearing)
- . 대잠전 정보(Acoustic Range/Bearings)

Link-16에서 트랙번호 관리 방법은 다음과 같다. Link-16에서는 8진법 숫자, 영문자 5자리를 사용하나 Link-11에서는 8진수 숫자 4자리를 사용하므로 사용 가능한 트랙 번호 개수는 이처럼 한정되어 있다. 한정된 트랙 번호들 중에서 각 나라의 플랫폼마다 고유한 가입 노드 번호와 C2가입 노드들에게 겹치지 않도록 블록을 분리하여 제공하고, 가입 노드들은 자신에게 할당된 트랙 번호 블록을 관리해야 한다. 그림 2와 같이 할당 받은 트랙 번호 블록 내에서 탐지된 트랙을 전송데이터링크로 전파 시 데이터링크처리는 순차적으로 낮은 번호부터 높은 번호로 할당하여 사용하고, 할당받은 마지막 트랙 번호까지 소진한 경우에 삭제된 트랙 번호를 재사용하여 사용한다.

Link-16의 트랙 번호 할당은 네트워크 설계자에 의해 결정되어 네트워크 설계 자료를 공유함으로써 Link-16에 가입한 노드들 간에 상황 공유 및 상호 운용성을 유지한다. 앞에서 설명한 바와 같이 Link-16에서 사용가능한 트랙 번호 개수는 제한되어 있으므로 Link-16 네트워크에 참여하는 노드 수가 많이 지는 경우에는 할당받을 수 있는 트랙 번호 수가 줄어든다. 또한 연합작전을 위해서 미군에서 운용하는 Link-16 네트워크인 경우에는 연합국의 Link-16 가입 노드를 모두 고려하여 네트워크가 설계되며, 각 국으로부터 가입 노드 및 필요한 트랙 용량에 대하여 사전에 요청받아 반영한다. 그러므로 타국의 가입 노드 및 할당되는 트랙 번호 개수는 제한적이며, 가입 노드의 필요성이 인정된 경우라도 네트워크 설계에 반영되기까지는 오랜 기간이 소요된다. 또한 네트워크 설계 자료는 영구적이지 않으며, 작전에 따라 참여 플랫폼 종류가 달라질 수 있다. 현재 한국군에서 운용중이거나 전력화예정인 Link-16 플랫폼들에 할당된 트랙번호 블록은 미군에서 제한적으로 할당하고 있는 실정이다.

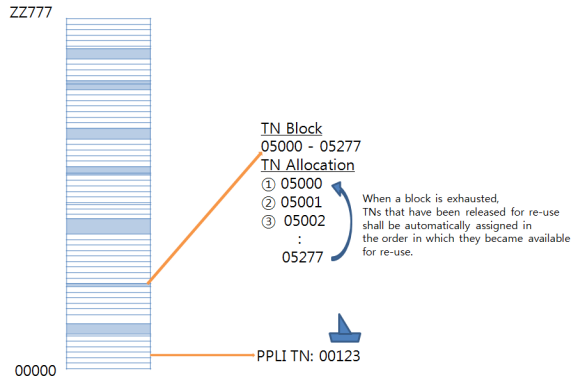


그림 2. 트랙 번호 할당  
Fig. 2. Allocation of Track Number

Link-16과 Link-11의 이중링크간에도 상호운용성을 유지하고, 작전 효율을 높이기 위해서는 동일한 트랙번호를 사용하는 것이 가장 좋다. 그러나 Link-11에서의 트랙 번호는 8진법 4자리 숫자로 구성되어 있으므로, 8진법 5자리의 10000 이상의 Link-16의 트랙 번호는 자리 수가 제한되므로 그대로 Link-11에서 사용하는 것은 불가능하다. Link-16의 정보를 Link-11로 중계하기 위해서는 트랙 번호를 매핑하여 관리한다. 추가적으로 Link-16에서 00200이상의 트랙번호를 갖는 가입 노드가 Link-11 가입 노드들과 전술 상황을 공유하기 위해서는 지정된 모의 생성원 번호 00176을 사용하여 Link-11과 Link-16에서 다른 트랙 번호를 사용 중임을 표시하고, 다른 가용한 표적 번호로 매핑하여 운용하고 있다. 이와 같이 Link-11과 Link-16에서 동일 트랙에 대하여 다른 트랙 번호로 운용되는 경우에는 Link-11 가입 노드와 Link-16 가입 노드 간에 동일한 전술상황에 대하여 다른 트랙 번호를 관리하게 되어 운용자간에 상호운용에 혼란을 야기할 수 있다. 또한 앞에서 설명된 Link-16에서 00200보다 큰 가입 노드 번호를 운용할 경우에는 Link-11로 중계시 지휘통제 명령 등 수신 노드를 지정이 필요한 전술 정보 교환이 제한되므로, 00200 이하의 트랙 번호 블록은 주로 Link-11 가입 노드 및 Link-11과 Link-16를 동시에 가입한 중계 노드들에게 할당하여 사용해야 한다.

## 2.2. 합동전술데이터링크체계의 Link-K 트랙 번호 상호 운용 기술

앞 장에서 기존 선진국 데이터링크인 Link-16에서 운용하는 트랙 관리 기법 및 상호운용을 유지하기 위한 트랙 번호 관리 기법을 살펴보았다. 한국군에서는 Link-16 기능을 탑재한 플랫폼들이 점차 증

가되고 있는 추세이며, 합동전술데이터링크체계를 통하여 Link-K 탑재 플랫폼이 전력화될 경우에는 더 많은 가입 번호 및 트랙 번호가 필요할 것으로 예상된다. 그러나 미군이 설계한 연합작전용 Link-16 네트워크에 한국군이 참여하는 가입플랫폼은 제한적으로 할당되고 있다. 따라서 Link-K에서는 Link-16과의 상호운용성을 최대한 유지하면서 독자적인 트랙 번호 관리가 가능하도록 설계가 필요하므로 이러한 문제를 해결하기 위하여 Link-K에서는 Link-16과 동일한 트랙번호 형식을 준수하면서 트랙 번호를 변경 할 수 있도록 추가하여 이중링크간에도 상호운용될 수 있는 트랙 관리 기법을 적용하였다.

### 2.2.1. JTDLS 개요

JTDLS는 한반도 전역에서 수행하는 6개 합동작전을 지원하기 위하여 지상·해상·공중 무기체계간에 전술자료를 실시간으로 공유할 수 있도록 디지털화된 전술통신 네트워크를 제공하기 위한 Link-K 프로토콜을 적용한 체계이다. JTDLS는 작전환경변화에 따라 최적의 상태에서 안정적으로 유선/무선/위성 Link-K 네트워크를 운영할 수 있으며, 합동작전간 실시간 공통 상황인식 및 명령을 전파할 수 있다. 또한 JTDLS 노드는 Link-K 네트워크에 가입되어 있지만, 현재 운용 및 향후 구축 예정인 한국군 Link-16에 가입한 노드와의 중계 처리를 수행하여 상호운용성이 있는 트랙 정보를 공유한다.<sup>[9,10]</sup> 그림 3은 다중 전술데이터링크 구성에 대한 예를 나타낸 것으로 Link-16, Link-K 에 가입한 노드간의 연결 예를 나타낸 것이다. 그림 3에서 Link-16 네트워크에 가입한 노드들(Node 1, Node 2)과의 합동 작전을 위해 JTDLS 중계 플랫폼(Node 3)은 JREAP-C 프로토콜을 적용하여 Link-16 탑재 Node 2와 연동하여 트랙 정보를 교환한다. 따라서 다중 전술데이터링크에 가입한 Node 1부터 Node 5까지의 전술정보들은 Node 3을 통하여 중계된다.

예를 들면, 점선안의 Node 2와 Node 3은 한국군에서는 지상의 연동통제소내에 동일 장소에 설치되어 있는 TADIL-ICS(Tactical Digital Information Link- Interface Control System)(Node 2)와 JTDLS 중계 플랫폼(Node 3)으로 볼 수 있다. 이들 간에는 JREAP-C를 통해서 중계하고, TADIL-ICS(Node 2)가 한국군 Link-16 플랫폼(MCRC, F-15K, E-737등)에 Node3, Node 4, Node 5의 정보를 전파한다. JTDLS 플랫폼(Node 3)

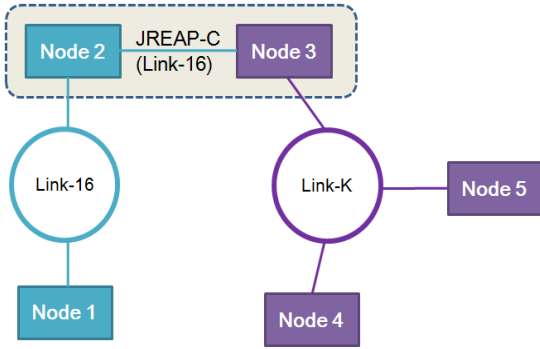


그림 3. 다중 전술데이터링크 구성  
Fig. 3. The Composition of Multi Tactical Datalink

은 Node 4와 Node 5에 Node 1, Node 2의 정보를 제공함으로써 Link-K와 Link-16에 가입된 전체 노드들간에 전술상황이 공유되어 상호운용성을 확보할 수 있다. Link-K의 정보를 Link-16 메시지로의 변환 및 Link-16에서 수신된 정보를 Link-K 메시지로 변환은 JTDLS 플랫폼(Node 3)에서 수행한다. TADIL-ICS(Node 2)와 JTDLS플랫폼(Node 3)은 이종 링크간 중계 수행을 위하여 네트워크 설계를 통하여 사전에 계획이 필요한 무선 Link-16 구간의 타임 슬롯 할당에 제한받지 않고, 다량의 데이터 중계 교환이 가능한 TCP/IP 기반의 JREAP-C 프로토콜이 적용되었다.

2.2.2. 트랙 정보

Link-K는 Link-16에 참여하는 무기체계와의 전술데이터링크 상호운용성을 보장하기 위하여 Link-16 프로토콜을 기반으로 설계됨에 따라 Link-16처럼 가입 노드와 트랙으로 전술 정보를 공유한다. 가입 노드는 지휘통제 능력을 보유하고 트랙 메시지를 송신할 수 있는 C2 노드와 NonC2 노드로 구분하고, 트랙 정보는 참조점, 긴급지점, 공중, 해상, 지상, 수중, 우주, 전자전 정보, 대잠전 정보로 구분한다. 부가적으로 각 트랙에 TAG 정보를 부여할 수 있으며, 근접항공지원 작전에 사용되는 9-Line 브리핑, AO-update, 60-8 브리핑 정보에 대한 교환이 가능하다. 합동전술데이터링크를 운영하는 중계노드에서는 Link-K를 기반으로 Link-16에 가입된 노드와 전술정보를 교환함으로써 상호운용성을 유지한다<sup>8)</sup>.

2.2.3. Link-K 트랙 번호 관리

Link-K의 트랙 번호 관리 기법은 두 가지 기준

에 의해 결정되었다. 첫째, Link-K 네트워크에 가입한 노드의 트랙번호 할당은 한국군 독자적으로 할당한다.

둘째, 다중 전술데이터링크 간 상호운용성이 보장되도록 Link-16과 동일한 트랙 번호 구조를 적용한다<sup>9)</sup>. 이러한 기준에 따라 Link-K를 운영하는 JTDLS에서는 Link-K 트랙 번호 블록에 대하여 그림 4와 같이 연합/합동 작전이 가능한 Link-16 트랙 번호 블록과 한국군 전용 Link-K 트랙 번호 블록으로 구분하여 사용한다. 그림 4의 전체 트랙 번호 블록은 00000~ZZ777에 해당하며, 한국군에서 운용할 수 있는 트랙 번호와 미군에서 운용하는 트랙 번호 블록 운용 개념을 나타낸 것이다. 동일한 트랙 번호 블록에 대하여 한국군에서 사용할 수 있는 트랙 번호 운용 방안과 미군에서 운용하는 연합작전용 트랙 번호 운용 방안을 구분하며, Link-K 네트워크상에서 적용되는 세부 블록은 다음과 같다.

- A블록: 연합/합동작전용  
-미군에서 한국군 Link-16 가입 노드에 할당
- B블록: 연합/합동작전용  
-미군에서 한국군 Link-K 가입 노드에 할당
- C블록: 연합작전용  
-미군에서 미군연합국 Link-16 가입 노드에 할당 (한국군 참여 연합작전 네트워크)
- D블록: 합동/단독작전/훈련용  
-한국군에서 독자적으로 Link-K 가입 노드에 할당

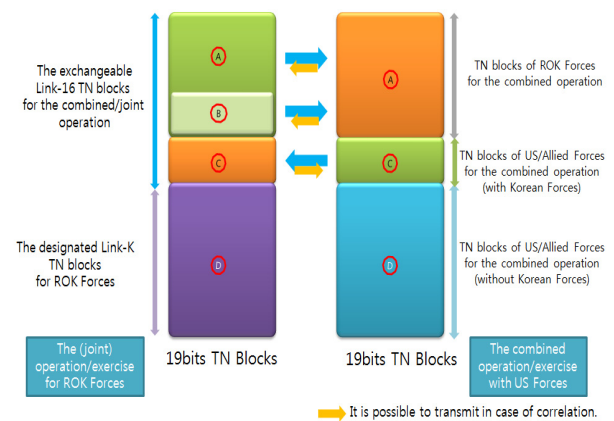


그림 4. Link-K/Link-16 트랙번호 블록 운용 개념  
Fig. 4. Operational Concept of Link-K/Link-16 Track Number Blocks

A, B블록은 A블록에 B블록이 포함되며, 미군에서 한국군 Link-16/K 가입 노드에 할당해주는 블록에 해당된다. B블록이 제외된 A블록 일부는

Link-16 가입 노드인 MCRC, E-737, F-15K, KDX-III 등으로 현재 Link-16 네트워크 설계 자료에 반영되어 있으며, 현재 운용중인 블록에 해당하고, 연합작전 수행 시 미군과 전술상황 공유가 가능한 블록이다. B블록을 충분히 범위로 설정해 준다면, 한국군은 합동 작전, 단독 훈련 및 연합 작전 시에 트랙 정보교환에 문제가 없다. 그러나 한국을 포함한 연합국의 무기체계에 할당되는 트랙 번호의 개수는 Link-16의 트랙번호 블록 00001~ZZ777 중에서 0.5%이하이며, 가입 노드 자체도 제한되고 있다.

연합국에서 보유한 모든 Link-16 무기체계들이 연합작전에 참여하지는 않으므로, 각 나라별로 단독 작전이나 훈련 등의 별도 네트워크 구성이 필요한 경우가 존재한다. 즉, Link-K와 Link-16을 공동으로 운용할 예정인 한국군은 한정된 무기체계에 대해서만 미군 태평양사령부 산하기관에서 설계하는 Link-16 네트워크 설계에 반영하고, 한국군 단독작전이나 훈련에만 참여하는 나머지 Link-K 탑재 무기 체계에 대해서는 D 블록 내에서 독자적으로 Link-K 트랙 번호 블록을 설계하여 운용할 수 있다. Link-K에서는 D블록에 대하여 미군의 제약 없이 한국군 독자적으로 Link-K 네트워크 설계함으로써 가입 노드 번호 및 트랙번호 블록을 할당할 수 있는 장점이 있다. D블록의 트랙 번호를 할당받은 경우에 Link-K 네트워크 가입자 간에는 트랙 정보 공유 시 상호운용이 문제가 없으므로 제안된 첫 번째 기준이 만족되며, 한국군 독자적인 Link-K 네트워크를 구성하는 경우에 가입 노드도 확대할 수 있으며 할당 가능한 트랙 블록 범위도 충분해진다.

두 번째 기준을 충족시키기 위해서 그림 5와 같이 D블록으로 할당된 트랙 번호를 운용하고 있다가 Link-16 네트워크로 중계가 필요한 경우에만 B블록의 중계 가능한 트랙 번호로 변경한다. 이 경우 기존 Link-K 네트워크상에 트랙이 이미 전파된 경우이므로 트랙번호가 변경되었음을 트랙번호 변경 메시지로 전파한다. 이후에는 변경된 트랙 번호로 트랙이 공유되며, Link-16 네트워크상에도 동일한 트랙 번호로 교환되어 다중 전술데이터링크간에 상호운용성이 유지된다. 단, 가입 노드 번호에 대한 변경은 데이터링크 운용중에는 불가능하며 네트워크 설계 정보 수정을 통해서만 번호 변경이 가능하다.

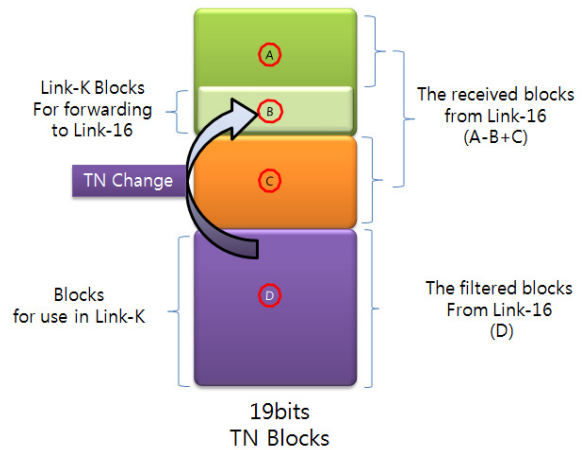


그림 5. Link-K 트랙번호 변경 개념  
Fig. 5. Concept of Link-K Track Number Change

Link-K 트랙번호를 수동으로 변경하는 경우에 변경 신청 노드와 정보 수신노드는 표 4와 같이 처리한다. 시간차에 의하여 트랙에 대한 중계가 이뤄지고 있는 상황에서는 기존트랙번호/변경 트랙번호가 교차되어 수신될 가능성이 있으나 신속하게 트랙번호를 변경함으로써 일정 시간 경과 후에는 동일한 정보로 처리된다.

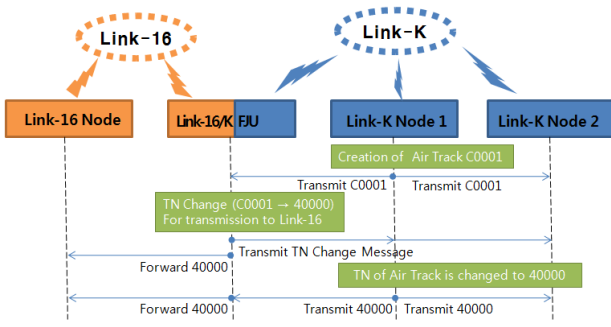
Link-K 중계 노드는 다음의 3가지 중계 트랙번호 블록(Forwarding TN Block) 으로 관리한다.

- ① : Link-K 가입 노드에 할당된 블록
- ② : Link-16 가입 노드에 할당된 블록
- ③ : Link-K와 Link-16 가입 노드간 상호교환 가능 블록

여기서 ①번 블록은 앞에서 언급한 B블록에 해당되어 D블록에 할당된 트랙 번호를 다중 전술데이터링크로 전송자료를 중계하기 위하여 변경될 수 있는 중계 블록으로 사용된다. ②번 블록은 한국군 또는 미군의 Link-16 가입 노드에 할당된 블록(B블록을 제외한 A블록+C블록)이며, ③번 블록이 Link-K와 Link-16간 상호교환이 가능한 블록(A블록+C블록)에 해당한다. ③ 블록에 있는 트랙 번호에 대해서만 Link-K는 Link-16 간 트랙 정보를 교환할 수 있다.

표 4. Link-K 트랙번호 변경 처리  
Table 4. The Process of Link-K TN Change

<b>Node Changing Link-K TN</b>
- Operator Change Link-K TN manually
- Transmit TN change message to Link-K
<b>Node Receiving Link-K TN Change Message</b>
- Track Update receiving the changed TN



\* Forwarding TN Block ③ : 00001~BZ777  
 그림 6. Link-K 트랙번호 변경 예  
 Fig. 6. Example of Link-K TN Change

그림 6은 앞에서 설명된 트랙 번호 변경 처리 방안을 예로 설명한 것이다. ③번 중계 블록이 00001~BZ777이고, Link-K 노드 1에서 할당된 트랙 번호 블록이 C0000~C7777이라고 가정한다. 이 경우에 Link-K 노드 1에서 C0001인 Air Track이 생성되면 Link-K에 가입된 노드들에게 C0001로 전술상황이 공유되나, 중계 블록에 포함되지 않은 경우이므로 Link-16으로는 공유되지 않는다. 이런 상황에서 Link-16/K 중계 노드 운용자가 C00001에 대하여 40000으로 TN을 변경하면 TN 변경 메시지가 Link-K로 전파되고, Link-K에 가입한 모든 노드는 40000으로 트랙번호를 변경한다. 중계노드에서는 Link-16으로 TN: 40000인 Air Track을 중계하기 시작하면, Link-K와 Link-16에 가입된 모든 노드에서 Air Track에 대한 전술상황 공유가 가능해진다.

이상적으로는 미군으로부터 B블록에 대하여 충분히 할당받아, D블록의 트랙 번호를 사용하지 않는 것이 상호운용성에는 더욱 용이하다. 그러나 미군에서는 제한된 트랙 번호 블록에 대하여 태평양사령부를 중심으로 연합작전시 참여하는 각 나라의 Link-16 플랫폼에 대하여 배분이 필요하므로 참여세력에 제한적으로 트랙번호 블록을 할당한다. 또한 B블록에 대하여 Link-K 가입 노드들의 트랙 번호 블록을 추가할당하거나, 변경할 경우에도 항상 미군의 승인이 필요하며, 수정된 네트워크 설계 자료를 수령하기까지 오랜 기간이 소요되므로, 한국군 독자적인 작전 수행에 영향을 줄 수 있다. 다중 전술데이터링크로 중계가 가능한 노드들만 제한된 B블록을 사용하고, 필요시 선택적으로 트랙번호를 변경하여 미군에 제공하도록 설계한다면 국가 안보 정책에도 도움이 될 수 있다.

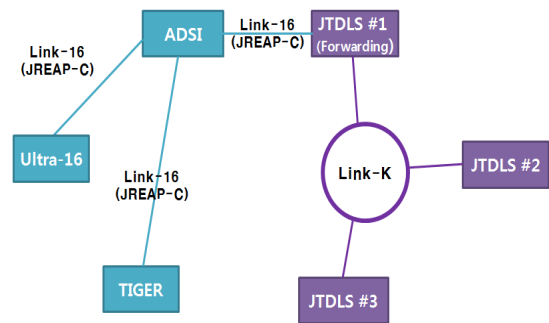
이처럼 합동전술데이터링크체계의 Link-K 트랙번

호 상호운용 기술은 제한된 Link-16 트랙 번호에 대하여 미군/연합국에서만 사용하는 트랙 번호에 대하여 한국군에서 독자적으로 운용하여 더 많은 트랙 정보 교환을 지원할 수 있으며, 수동으로 Link-16과 교환 가능한 블록으로 트랙 번호를 변경할 수 있는 기능을 제공하여 상호운용성이 유지할 수 있다.

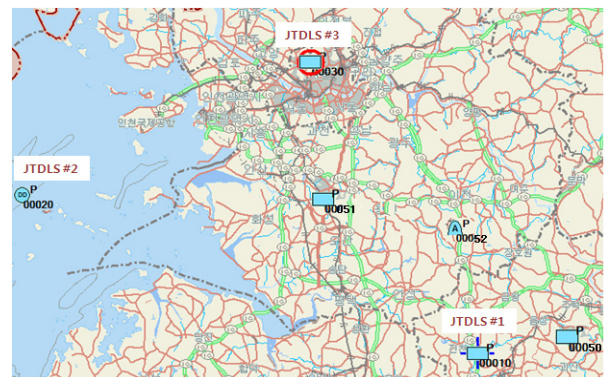
### III. 실험

#### 3.1. 실험 및 결과

제안된 Link-K 트랙 번호 관리 기술은 합동전술데이터링크체계개발 실험실 환경 및 운용시험평가를 통하여 적용 가능성을 확인하였다. 실험실 환경구성은 그림 7과 같다. 그림 7은 합동전술데이터링크체계 시제품인 무기체계 플랫폼으로 JTDLN노드 #1, #2, #3으로 위성 Link-K 네트워크를 구성하였고, Link-16 가입 노드로는 Ultra Electronics ATS社의 ADSI(Air Defence System Integrator) 및 Ultra-16



(a) 구성도



(b) 전술상황전시

그림 7. 시뮬레이션 환경  
 Fig. 7. Simulation environment

표 5. 노드별 트랙 번호 및 중계 트랙 번호 블록  
Table 5. Nodes's TN and Forwarding TN Blocks

Node	STN	TN Block	Forwarding TN Block ①	Forwarding TN Block ②	Forwarding TN Block ③
JTDLS # 1 (Forwarding Node)	00010	A0000 ~ AZ777	40000 ~ 67777	000050 ~ 00057 10000 ~ 37777	00001 ~ 77776 A0000 ~ BZ777
JTDLS # 2	00020	B0000 ~ BZ777	-	-	-
JTDLS # 3	00030	C0000 ~ CZ777	-	-	-
ADSI	00050	10000 ~ 17777	-	-	-
ULTRA-16	00051	20000 ~ 27777	-	-	-
TIGER	00052	30000 ~ 37777	-	-	-

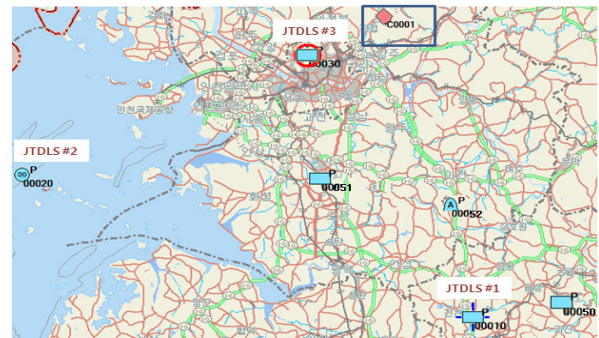
장비, Northrop Grumman社의 TIGER(Tactical Data Link Integration Exerciser) 장비를 이용하여 Link-16 네트워크(유선)를 구성하였다. JTDLS #1 노드(중계 노드)가 Link-K 네트워크에 가입된 노드간 교환되는 트랙 정보를 Link-16 네트워크로 중계하고, Link-16 네트워크에서 수신되는 트랙 정보를 Link-K 네트워크로 중계한다.

시험 절차는 가입 노드의 트랙 번호를 표 5에 제시한 것으로 할당하고, JTDLS #3에서 임의의 트랙 C0001을 생성하였을 때, Link-K 가입 노드들에는 수신되나, Link-16 가입 노드에서는 수신되지 않음을 확인하고, 이후 40000으로 트랙 번호를 변경하여 Link-16 가입 노드에서 40000으로 수신 되는지 확인하였다. 반대로 Link-16 네트워크에 가입된 노드를 JTDLS 노드에서 수신되는 지 확인하였다. 표5에서 할당된 노드별 TN Block 및 Forwarding TN 블록 ①은 상호배타적으로 할당하여 가입 노드들간에 다른 트랙에 대하여 동일한 트랙 번호를 할당할 수 없도록 트랙 번호 블록 계획을 수립하였다.

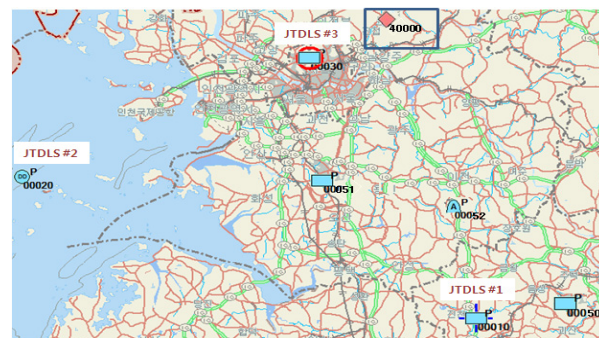
표 5와 그림 8에서 JTDLS #1 노드(중계 노드)는 Link-K와 Link-16간 상호교환 가능한 블록(Forwarding TN Block ③)이 00010 ~ 00076, 10000 ~ 37777, A0000 ~ BZ777 이므로 Link-K와 Link-16 간에 가입자 정보는 모두 상호 교환된다. JTDLS #3 노드에서 생성된 C0000 ~ CZ777의 범위에 있는 트랙 정보들은 JTDLS #1, #2, #3에서는 공유되나, JTDLS #1 노드에서 ③블록에 포함되지 않음을 판단하고 Link-16 네트워크로 전송하지 않으므로 ADSI, Ultra-16, TIGER에는 JTDLS #3 노드에서 생성한 트랙들이 수신되지 않는다. 이 경우에 JTDLS #1 노드에서 Link-K 가입 노드에 할당된 블록(Forwarding TN Block ①)의 40000 ~

67777 사이의 트랙 번호로 변경 시 Link-16 네트워크에 가입된 3개 노드와 Link-K에 가입된 3개 노드들 모두 트랙 정보가 공유된다.

Link-16으로부터 수신되는 에서 생성된 ADSI, ULTRA-16, TIGER의 Link-16 가입 노드들은 ② Link-16 가입 노드에 할당된 블록의 범위에 모두 포함되어 있으므로 JTDLS#1, #2, #3 노드에서 모두 수신되는지 확인하였다.



(a) 변경전 (TN: C0001)



(b) 변경후(TN: 40000)

그림 8. 시뮬레이션  
Fig. 8. Simulation



실험실에서 확인된 결과를 바탕으로 합동전술데이터링크체계 운용시험 평가에서는 실험실 환경과 동일한 구성의 KICC, ASOC, KDX-III의 Link-K 가입 노드와 Link-16 가입 노드는 연동통제소(TADIL-ICS), 방공통제소(MCRC)의 실제 사이트와의 연동 확인을 통하여 Link-K와 Link-16 가입 노드간 트랙 정보가 정상적으로 상호 운용됨을 확인하였다.

#### IV. 결 론

현재 한국군은 네트워크 중심전에 대비하여 Link-11, Link-16 등 선진국의 전술데이터링크를 현재 운용하고 있으며, Link-K 기반의 JTDLS 체계를 개발하여 공동 운용할 예정이다. 이상적인 상호운용성을 유지하기 위해서는 Link-16 네트워크 설계 시 전력화되는 모든 Link-K 무기체계에 대하여 충분한 트랙 번호 블록을 미군으로부터 제공받으면 트랙 정보 교환은 트랙 번호 변경 없이 상호운용성을 보장해 줄 수 있다. 그러나 한국군의 Link-16 가입 노드 번호 및 트랙 번호 블록의 관리는 미군 태평양사령부 산하기관에서 총괄하고 있으므로, 미군 전력 운영에 영향을 줄 수 있는 한국군의 독자적인 Link-K 가입 노드 번호 및 트랙 번호 블록에 대한 추가 및 변경 요청 시 결과가 반영되기까지는 오랜 기간이 소요된다. JTDLS 체계에서는 한국군의 독자적인 전술데이터링크인 Link-K 네트워크를 위하여 독자적으로 가입 노드 번호 및 트랙 번호를 관리할 수 있도록 정의하였으며, Link-16 트랙 번호 형식을 준수함에 따라 필요시에 트랙 번호 변경 기법을 적용하여 Link-16을 포함한 다중 전술데이터링크 공동 운용하거나 연합작전 수행 시에 상호운용이 가능하도록 하였다. 즉, 제안된 방법은 미군에서 Link-K 가입 노드에게 트랙 번호 블록을 제한적으로 제공시에도 Link-K 무기체계에 대해서는 합동작전이나 단독 작전 및 훈련 시에도 설계 및 수정이 용이하며, 전력화 이후에 Link-K 무기체계 추가 운용 시에도 Link-K 네트워크 설계를 독립적이면서도 Link-16 무기체계와 상호운용을 지원할 수 있다. 이러한 사항은 실험실 환경 및 운용시험 평가를 통해 적용 가능성을 확인하였다.

제안된 방법은 가입 노드나 교전 중인 트랙에 대해서는 트랙번호 변경시 운용자에게 혼란을 줄 수 있으므로 번호 변경을 수행 하지 않도록 설계하였다. 이러한 가입 노드나 교전 중인 트랙에 대해서도

운용자에게 영향을 주지 않으면서 한국군 독자적으로 Link-K 트랙 번호를 관리하면서 이중 전술데이터링크간에 상호운용이 보장되도록 지속적인 연구가 필요하다.

#### References

- [1] J. S. Kim, S. J. Kim, and M. Y. Lim, "Overview of tactical data link technology," *Commun. Korean Inst. Inform. Sci. Eng. (KIISE)*, vol. 25, no. 9, pp. 18-28, Aug. 2007.
- [2] S. R. Jung and H. S. Shin, "Analysis on technology development of NCW and tactical data link," *J. Korea Inst. Electron. Commun. Sci. (KIECS)*, vol. 7, no. 5, pp. 991-998, Oct. 2012.
- [3] H. K. Back, S. M. Jung, and J. S. Lim, "Trends of tactical data link technologies for network centric operations," *Commun. Korean Inst. Inform. Sci. Eng. (KIISE)*, vol. 28, no. 7, pp. 59-69, July 2010.
- [4] C. U. Park, T. K. Kim, M. Y. Lim, Y. J. Lee, and H. Kim, "Dynamic TDMA protocol for transmission of tactical information in wireless network," *J. Commun. Networks (JCN)*, vol. 35, no. 11, pp. 1640-1650, Nov. 2010.
- [5] DoD, *Tactical Data Link(TDL) 16 Message Standard*, MIL-STD-6016E, July 2012.
- [6] DoD, *Data Forwarding Between Tactical Data Links(TDL)*, MIL-STD-6020B, Sep. 2011.
- [7] Y. J. Lee, Y. W. Park, and W. G. Lim, "Tactical data forwarding between Link-16 and VMF," in *Proc. 11th Conf. Commun./Elect. Technol.*, pp. 167-172, Seoul, Korea, Sep. 2007.
- [8] K. M. Sung, J. H. Ahn, and H. S. Shin "Tracks number management of Korea joint tactical data link," in *Proc. 11th Conf. Commun./Elect. Technol.*, pp. 173-177, Seoul, Korea, Sep. 2007.
- [9] Tactical Datalink PMO, *System/Subsystem Specification(SSS) of Korean Joint Tactical Data Link System (JTDLS)*, v.1.4.0, Dec. 2011.

[10] Tactical Datalink PMO, *System/Subsystem Design Description(SSDD) of Korean Joint Tactical Data Link System(JTDLS)*, v.1.4.0, Dec 2011.

이 윤 정 (Youn-jeong Lee)



2001년 2월 숭실대학교 정보통신공학과 학사  
2003년 2월 숭실대학교 정보통신공학과 석사  
2006년 2월 숭실대학교 정보통신공학과 박사  
2006년~현재 국방과학연구소

합동전술데이터 링크체계개발단

<관심분야> 전술데이터링크, Link-K, Link-16, 데이터 중계

김 상 준 (Sang-jun Kim)



1986년 2월 한양대학교 전자공학과 학사  
1988년 2월 한양대학교 전자공학과 석사  
1988년~현재 국방과학연구소 합동전술데이터링크체계개발단

<관심분야> 전술데이터링크, Link-K, Link-16, ISDL

임 만 엽 (Man-yeob Lim)



1980년 2월 연세대학교 전자공학과 학사  
1993년 2월 충남대학교 전자공학과 석사  
1980년~현재 국방과학연구소 합동전술데이터링크체계개발단

<관심분야> 전술데이터링크, Link-K, Link-16, ISDL