

한국형전술데이터링크(Link-K)에서 TDL 프로토콜과 IP의 효과적인 적용방안 분석

An Analysis for Efficient Appliaance of TDL Protocol and IP on Link-K System

지 승 배*

Seung-Bae, Jee

ABSTRACT

In this paper, we propose how to efficiently apply IP and TDL(Tactical Datalink) protocol to the Link-K network for using their applications on the host system. We classify 3 kinds of communication method between IP network and TDL network. We explain the concepts of Like-to-Like communication (Link-K over IP, IP over Link-K) and Any-to-Any communication. We describe the characteristics and the implementation range of tactical datalink processor for each communication method.

주요기술용어(주제어) : Korean Joint Tactical Datalink, Link-K, TDL

1. 서 론

넓은 범위의 적절한 최신 정보는 효과적이고 효율적인 군 작전에 기본이 된다. 신뢰할 수 있는 통신 정보 시스템(CIS : Communication Information Systems)은 적에게 그러한 정보 제공을 차단하고 아군 사령관이 적보다 신속하고 효과적으로 결심하고 행동할 수 있게 해준다. 전술데이터링크(TDL : Tactical Data Link)는 전술정보 제공을 위한 핵심이 되는 수단으로써, 공통 전술 상황인식, 합동작전 및 정밀타격 능력을 향상시킨다^[1].

인터넷의 보급과 함께 급속하게 IP(Internet Protocol)를 이용한 통신 어플리케이션(Application)이 급증함

에 따라, 최근에는 데이터(Data) 뿐만 아니라 음성(Voice), 방송(Video) 서비스를 All IP 기반의 네트워크로 통합 수용하는 정보 서비스 융합화 추세가 진행되고 있다. 이를 위해 기존의 네트워크 인프라를 고용량의 IP 기반의 광통신 백본망(Backbone Network)으로 확충하고, 기존에 사용하던 폐쇄적 성격의 저용량의 개별 통신망인 PSTN(Public Switched Telephone Network), ATM(Asynchronous Transfer Mode), TDM(Time Division Multiplexer), HFC(Hybrid Fiber coaxial) 등을 IP 기반의 광통신 백본망으로 통합 수용하는 BcN(Broadcast Converged Network)이 핵심 이슈로 부각되고 있다.

군용 전술데이터링크(TDL)는 군 작전상황, 장비의 특성과 전술정보의 교환 범위를 고려하여 Link-11, Link-16, Link-22 등의 고유한 전술프로토콜을 개발하여 사용해왔다. 하지만 전술/작전 정보의 급격한 정보화가 진행되어 그 정보를 상호 유기적으로 교환

† 2007년 11월 7일 접수~2008년 1월 18일 게재승인

* 국방과학연구소 2기술연구본부 1부(ADD)

주저자 이메일 : asherjee@gmail.com

할 필요성이 높아지고, 상용 네트워크에서 요구하는 IP 어플리케이션 서비스를 군용장비에 수용하는 요구가 증대됨에 따라 전술데이터링크에 IP를 적용할 수 있는 방법에 대한 관심이 증대되고 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 Link-K 망에 IP를 적용하기 위한 기본적인 이종 네트워크 간 통신 개념에 대해 살펴보고, III장에서는 이를 위한 각 방안 별 네트워크 구조를 분석하고 특징을 비교한다. IV장에서는 III장에서 분석한 내용을 바탕으로 Link-K망에서 제안하고자하는 IP적용방안을 서술하고, V장에서 결론을 내린다.

2. IP 적용개념

표 1은 IP와 전술데이터링크(TDL) 프로토콜의 특징을 보여준다. IP 어플리케이션 지원 서비스는 데이터(Data), 음성(Voice), 방송(Video)과 같은 상용서비스가 주를 이루며, 최근에는 이를 한꺼번에 묶어서 제공하는 TPS(Triple Play Services)가 각광을 받고 있다. IP의 경우 32bits(IPv4 기준) 크기의 주소체계를 사용하여 호스트(HOST)를 구별하며, 주로 유선 통신망을 이용한 유니캐스팅(Unicasting) 방식의 통신을 한다. 전술데이터링크 어플리케이션은 주로 감시/정찰, 명령, 전자전 등과 같은 전술정보 전달에 쓰인

[표 1] IP와 TDL 프로토콜 비교

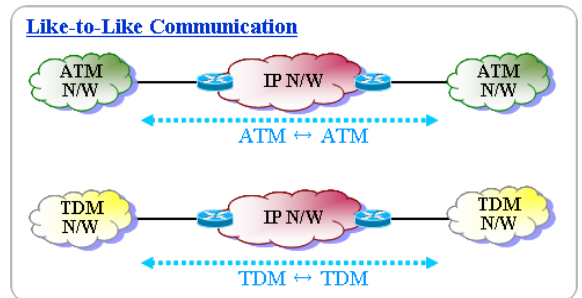
	IP	TDL
가입자식별 (송수신자)	• IP Address	• TN
매체	• 유선(주) • 위성 • 무선	• 유선 • 위성 • 무선(주)
통신방식	• Unicasting(주) • Multicasting • Broadcasting	• Unicasting • Multicasting • Broadcasting(주)
이종망 연동	• Routing Protocol	• Forwarding Protocol

다. 전술데이터링크 프로토콜의 경우 그 프로토콜 종류에 따라 19bits(Link-16), 12bits(LINK-11) 크기의 표적번호(TN, Track Number) 주소체계를 사용하여 가입합소를 구별하며, 주로 RF 무전기를 사용하여 브로드캐스팅(Broadcasting) 방식의 통신을 한다.

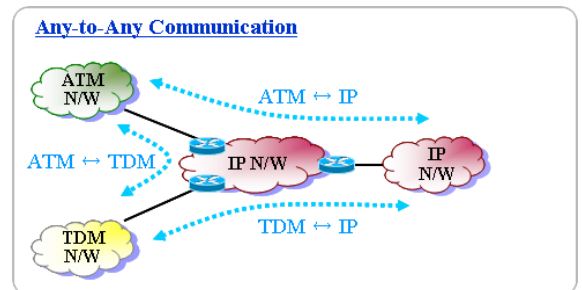
TDL 프로토콜과 IP와 같은 이종 프로토콜을 Link-K 네트워크에 적용하기 위하여 먼저 상용 BcN 네트워크에서 사용하는 이종 프로토콜 네트워크 간 통신하는 2가지 개념에 대해서 살펴보고자 한다.

그림 1은 Like-to-Like 통신 방식으로 동종 네트워크간 통신(ATM/ATM, TDM/TDM)을 이종 백본 네트워크를 사용하는 방식이다. 기존의 통신방식은 ATM 네트워크 가입자는 ATM 망을 통해서만 정보 전달이 가능하였다. 하지만 Like-to-like 통신방식에서 ATM(또는 TDM) 패킷은 IP 패킷으로 변환되어 IP 백본으로 전달되고 이는 다시 ATM(또는 TDM) 패킷으로 변환되어 ATM(또는 TDM)망으로 전달되는 방식이다. 즉, 이종 백본망을 통하여 동일한 종류의 네트워크 가입자간의 통신이 가능한 방식이다.

그림 2는 Any-to-Any 통신 방식으로 한 네트워



[그림 1] Like-to-Like 통신방식 개념도



[그림 2] Any-to-Any 통신방식 개념도

크에서 발생한 패킷이 다른 이종 프로토콜로 변환되어 통신하는 방식이다. ATM 패킷은 IP 패킷으로 변환되어 전송될 수 있고 또는 TDM 패킷으로 변환되어 전송될 수도 있다. 따라서 어떠한 종류의 네트워크 가입자간 통신도 가능한 방식이다.

이 두 가지 통신방식을 전송데이터링크 환경에 적용하면 그림 3과 그림 4와 같은 구조를 고려할 수 있다. 첫째, Like-to-Like 통신으로 IP 네트워크 간 통신을 위해 백본으로 Link-K 네트워크를 사용하는 IP over Link-K 구조와 Link-K 네트워크 간 통신을 위해 백본으로 IP 네트워크를 사용하는 Link-K over IP 구조로 나누어 생각해볼 수 있다. 둘째, Any-to-Any 통신으로 그림 4에서 보는 바와 같이 IP, Link-K, Link-16과 같은 이종 프로토콜 네트워크 간 자유롭게 통신하는 방식이다. 그림 3, 4에서 각각 게이트웨이(Gateway)와 컨트롤 에이전시(Control Agency)

가 표현되었는데, 이들은 이종 프로토콜 네트워크 간 연동을 위해 필요한 것으로 그 역할에 대해서는 3장에서 서술하기로 한다.

3. IP 적용 방안 분석

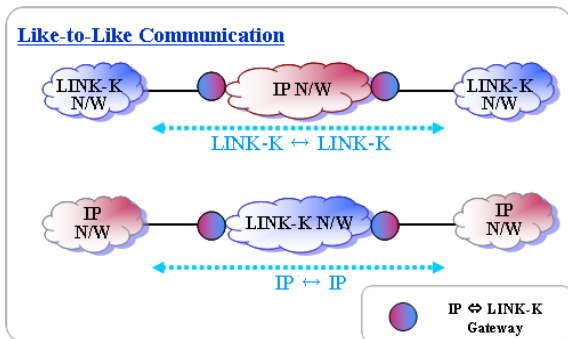
본 장에서는 II장에서 기술한 Link-K 네트워크에서 IP 어플리케이션을 수용하기 위한 Like-to-Like 방식과 Any-to-any 방식에 대한 특징을 분석한다.

가. Like-to-Like 방식의 Link-K over IP 구조

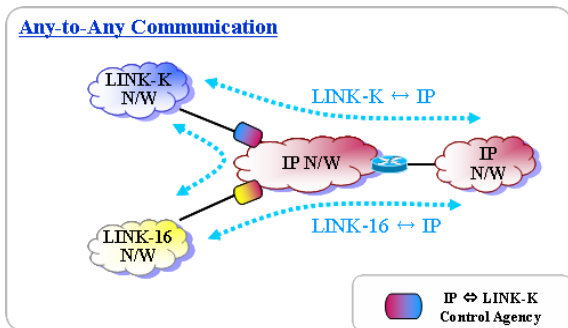
그림 5는 Like-to-Like 통신 방식 중의 하나인 Link-K over IP 구조의 개념도와 데이터 흐름을 보여준다. 이러한 구조의 주 사용 목적은 Link-K 호스트 간의 대용량 BLOS(Beyond Line Of Sight) 정보를 IP 네트워크 백본을 이용하여 교환하는데 있다. Link-K 네트워크로 구성되어 있는 LOS(Line Of Sight)가 확보되는 말단 네트워크(Edge Network)는 소용량 전송데이터(수백개)를 전달하며, LOS가 확보되지 않는 다수의 말단 네트워크 간은 IP 네트워크로 구성되어있는 집선 네트워크(Aggregation Network)로 구성하여 각 말단 네트워크에서 종합된 대용량 전송정보(수천개)를 전달하게 된다.

이러한 방식은 미군 표준 Link-16의 JRE(Joint Range Extension, TCP/IP version)와 그 개념이 유사하다^[2]. 일반적인 경우 IP 네트워크는 기간 사업자가 제공하는 전용선으로, IP 네트워크를 사용하는 Link-K 가입자는 지상의 고정 시설 운용이 가능해야 하는 환경적인 제한 사항이 있을 수 있으며, 전시에 대비하여 위성 통신망 같은 별도의 백업(Backup)회선이 요구된다.

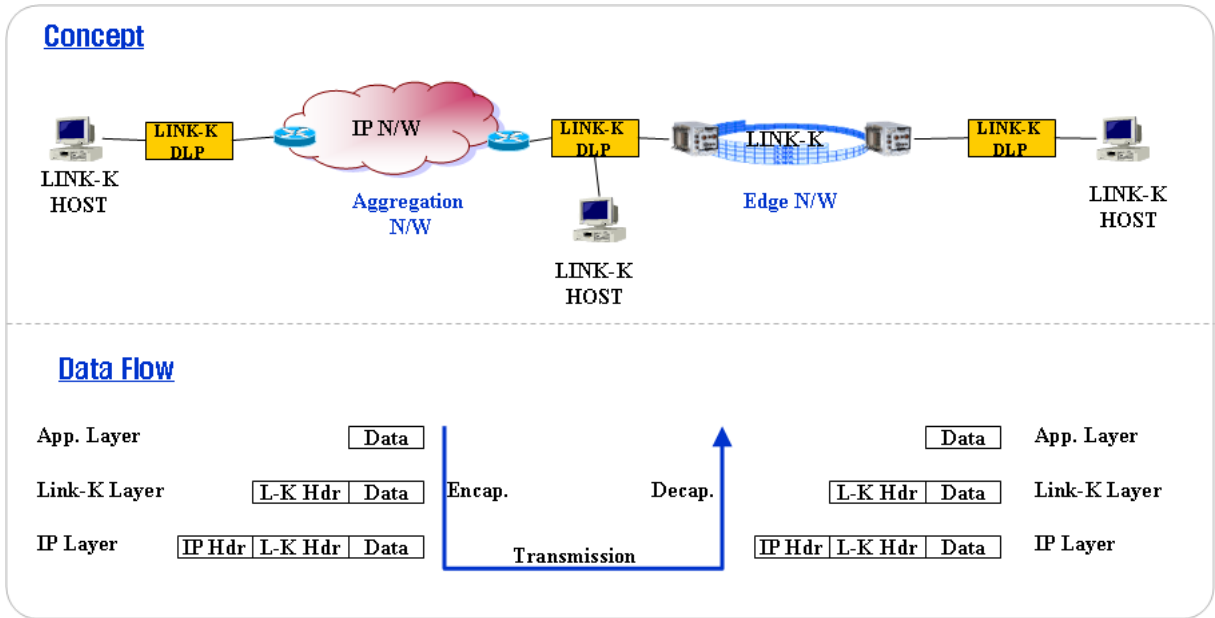
그림 5에서 Link-K over IP 방식의 데이터 흐름(Data Flow)을 보면 Link-K 호스트에서 생성된 전송데이터는 Link-K 헤더(Header)를 달고 DLP(Datalink Processor)에 전달되며, DLP는 해당 Link-K 메시지를 IP 패킷 내부의 데이터 필드에 Encapsulation하여 IP 망을 통하여 전송하게 된다. 이를 받은 목적지 DLP는 Decapsulation 과정을 통해 IP 패킷에서 데이터 부분에 저장되어있는 Link-K 메



[그림 3] TDL 환경에서의 Like-to-Like 통신방식 개념도



[그림 4] TDL 환경에서의 Any-to-Any 통신방식 개념도



[그림 5] LINK-K over IP 구조

시지를 추출하여 Link-K 호스트에 전달하게 된다. 즉, DLP는 Link-K 메시지를 IP 패킷에 Encapsulation/Decapsulation 하여 이중 프로토콜 간 통신이 가능하도록 Gateway 역할을 한다.

이러한 Link-K over IP 구조는 작은 크기의 Link-K 메시지(약 260bits, 3 Word 기준)를 대용량의 IP 패킷(약 1500Bytes)에 넣어서 전송하는 방식이고, IP 네트워크의 대역폭이 충분하므로 통신망의 전송 효율성 저하가 발생하지 않기 때문에 사용자 또는 정보교환 제한과 같은 문제는 특별히 고려하지 않아도 된다. 다만, IP 네트워크에서는 시간지연이 발생할 수 있으므로 IP 패킷에 전송정보의 송신 시간 정보(Time Tag)를 추가하여, 수신측에서 전송정보의 유효성을 검증하거나 표적 위치정보를 보정할 수 있도록 할 필요가 있다.

나. Like-to-Like 방식의 IP over Link-K 구조

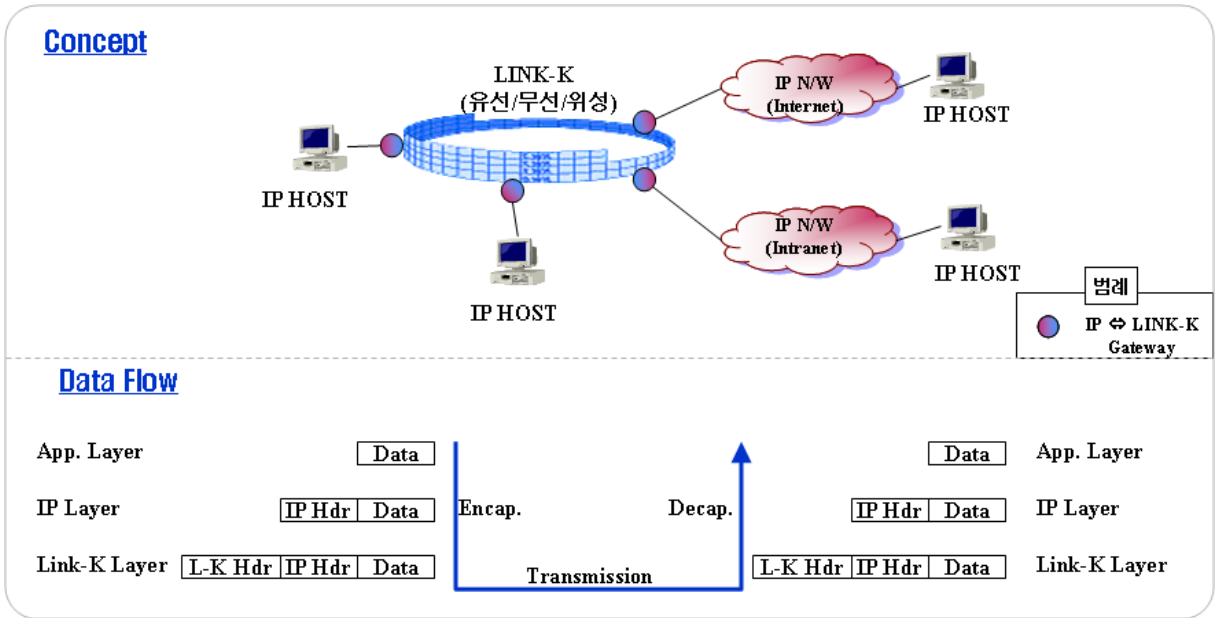
그림 6은 IP over Link-K 구조의 개념도와 데이터 흐름을 보여준다. IP 호스트들은 IP 어플리케이션을 사용하기 위해서 Link-K 백본을 사용하여 데이터를 주고받게 된다. IP 어플리케이션은 데이터(Client/

Server, FTP(File Transfer Protocol), WWW(World Wide Web) 등), 음성(Voice), 영상(Video) 서비스를 받기 위한 용도로 사용될 수 있다.

IP over Link-K 방식의 데이터 흐름을 보면 IP 호스트에서 생성된 IP 패킷은 게이트웨이(Gateway)로 전달이 되며, 게이트웨이(Gateway)는 IP 패킷을 Link-K 메시지의 데이터 필드에 Encapsulation하여 Link-K 네트워크를 통하여 전송하게 된다. 이를 수신한 목적지의 게이트웨이(Gateway)는 Decapsulation 과정을 거쳐 Link-K 메시지에서 IP 패킷만을 추출하여 IP 호스트로 전달하게 된다.

이러한 IP over Link-K 구조의 문제점은 Link-K 네트워크의 용량(Throughput) 부족으로 IP 어플리케이션이 요구하는 QoS(Quality Of Service)를 보장하기 어렵다는 것이다. 미국의 경우 IP over Link-16에 관한 연구가 진행되고 있으나 IP 어플리케이션을 원활하게 사용하기 위해서는 1Mbps 이상의 대역폭이 확보되어야 할 것으로 보고 있다^[4]. 즉, 현재 전송 데이터링크 네트워크가 제공하는 대역폭을 확장하는 연구가 중요한 주제가 되고 있다.

본 구조에서 발생할 수 있는 또 다른 문제점인 전

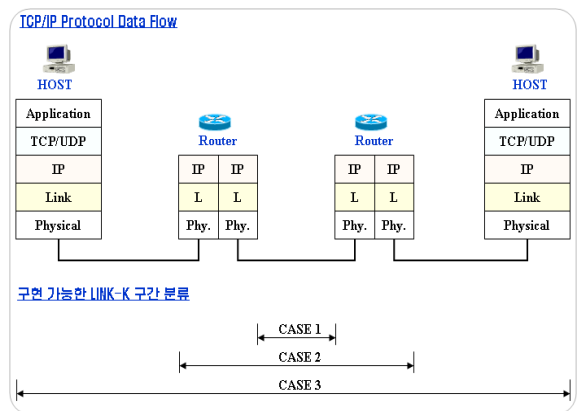


[그림 6] IP over LINK-K 구조

송 효율성의 저하에 대해서 살펴보고자 한다. 이러한 문제는 헤더 크기가 큰 IP 패킷을 전송용량이 작은 Link-K 메시지에 그대로 넣어서 전송하게 되기 때문에 발생한다. 예를 들어 Link-16망의 Packed-2 방식을 사용할 경우 한번에 6 Word(약 54Bytes)를 전송하게 되는데, TCP/IP 패킷의 헤더는 약 40Bytes이므로 IP 패킷을 Link-16 Packed-2 방식으로 전송할 경우 전송 용량의 약 80%를 헤더정보를 보내는데 사용하고 실제로는 약 20%의 데이터만 보내는 결과를 가져온다.

전송 효율성을 높이기 위해 제안되는 몇 가지 방법으로는 먼저 IP 호스트에서 생성된 IP 주소를 Gateway에서 소용량 주소체제로 변환하고 불필요한 IP 헤더를 사용하지 않는 방법이 있다. 다음으로 매 Packed Time Slot(3words~12words)마다 IP 헤더를 전송하는데 따른 효율성 저하를 막기 위해 IP 패킷의 데이터 필드를 세그멘테이션 하여 다수 회의 Packed Time Slot에 전송 시 하나의 IP 헤더만을 사용하도록 프로토콜을 설계하는 방안을 고려할 수 있다.

그림 7은 IP 네트워크의 통신 개념도를 통해 IP over Link-K 구조를 구성할 경우 Link-K로 변환



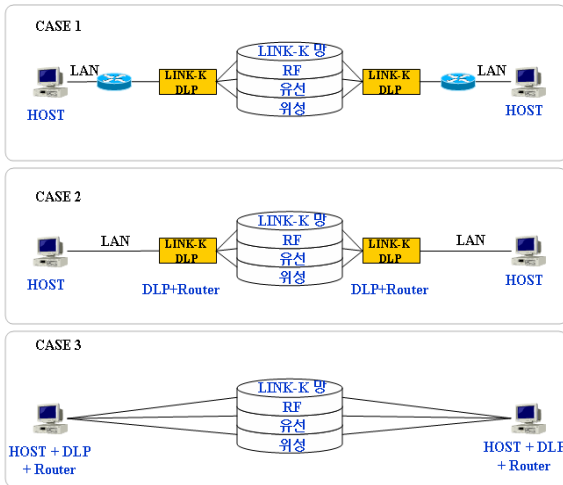
[그림 7] IP 네트워크 통신 개념도 및 Link-K 구간 분류

가능한 구간을 구분하고 있다. 그 구간은 크게 라우터 후단의 WAN(Wide Area Network)구간 네트워크를 Link-K로 변환, 라우터를 포함한 WAN구간의 네트워크를 Link-K로 변환, 호스트와 라우터를 포함한 WAN 구간의 네트워크를 변환하는 것으로 나눌 수 있다.

그림 8은 이 3가지 경우를 위한 네트워크 구성을

나타낸다. 첫번째 경우는 라우터 후단의 WAN 구간을 Link-K 네트워크로 구현하므로 라우터에서 생성된 IP 패킷은 게이트웨이(Gateway) 역할을 하는 Link-K DLP를 거쳐 Link-K 메시지로 변환되어 Link-K 네트워크를 통해 전송되게 된다. 두번째 경우는 라우터를 포함한 WAN구간의을 Link-K 네트워크로 변

환하는 경우로 Link-K DLP는 게이트웨이(Gateway) 기능뿐만 아니라 라우터 기능까지 포함해야 한다. 세번째 경우는 호스트와 라우터를 포함한 WAN 구간을 Link-K 네트워크로 변환하는 경우이므로 IP 호스트에서 호스트 시스템의 기능과 게이트웨이(Gateway) 기능 및 라우터 기능이 함께 포함되어야 한다.

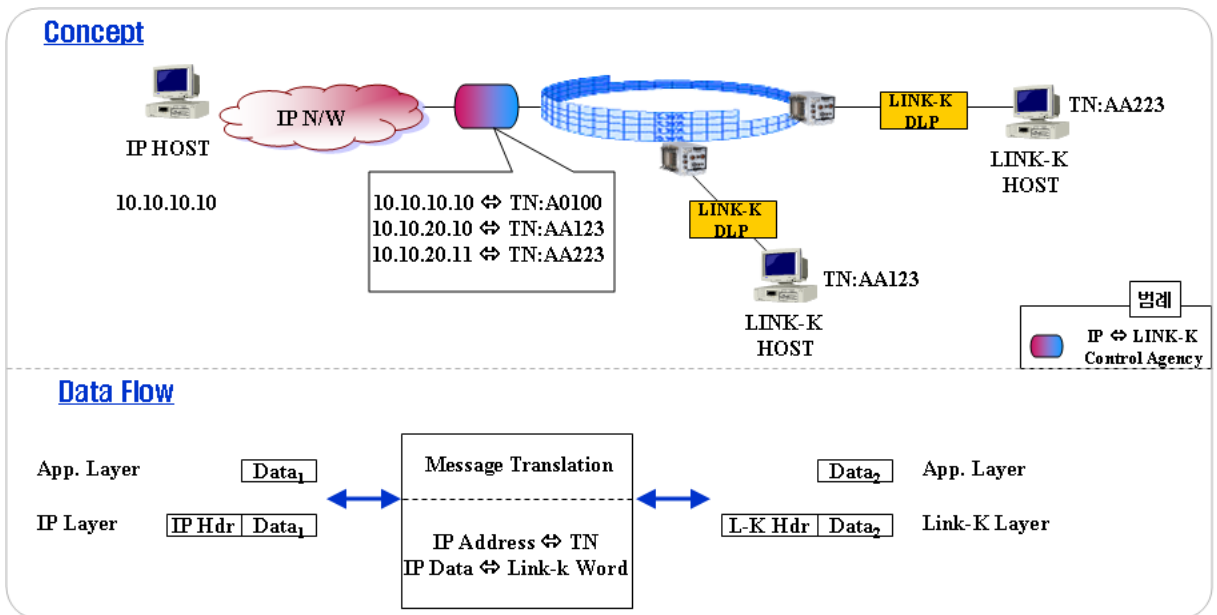


[그림 8] Link-K 구간 분류에 따른 구현

다. Any-to-Any 방식의 구조

그림 9는 IP 호스트와 Link-K 호스트 간 통신 개념도 데이터 흐름을 보여준다. 이러한 방식은 앞서 설명된 Like-to-Like 방식은 동종 호스트(IP 호스트, Link-K호스트) 간 통신이 가능한 방식으로 IP 호스트와 Link-K 호스트는 각각 IP 주소체계와 TN를 사용하는 사용자끼리만 통신이 가능하게 된다. 하지만 Any-to-Any 방식의 경우 이종 호스트인 IP 호스트와 Link-K 호스트 간 정보를 교환하는 것이 가능한 방식으로 IP 호스트는 TN번호를 사용하는 Link-K 호스트와 IP 주소체계를 사용하여 통신이 가능하며, Link-K 호스트는 IP주소체계를 사용하는 IP 호스트와 표적번호(TN)를 사용하여 통신이 가능하게 된다.

이러한 구조의 통신을 위해서는 Like-to-Like 방



[그림 9] Any-to-Any 구조

식에서 프로토콜 변환 필수요소로 언급된 게이트웨이(Gateway)가 제공하는 기능보다 더욱 진보된 Control Agency가 필요하게 된다. 게이트웨이(Gateway)의 경우 IP와 Link-K 프로토콜 간 패킷 혹은 메시지 형태로 Encapsulation/Decapsulation을 해주는 기능을 제공하면 되었지만, Control Agency의 경우는 IP 네트워크와 Link-K네트워크 사이의 종합적인 연관(Mapping)관계를 관리해 주어야한다. 그 관리요소로는 IP 주소체계와 표적번호(TN)의 연관(Mapping)관계 관리와 IP 데이터와 Link-K 메시지 간 변환(Translation) 기능을 포함하여야 한다. 여기서 Control Agency가 IP 주소와 표적번호(TN)를 관리하는 방식은 IP 네트워크에서의 DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol)처럼 Link-K 호스트가 네트워크 가입 시 Control Agency로부터 자동으로 IP를 할당 받는 방법과 Mobile Network처럼 Link-K 호스트가 네트워크 가입 시 Link-K 호스트가 사용하고 자 하는 IP를 Control Agency에게 보고 후 승인받는 방법이 있다. 두 방식 모두 IP 호스트와 Link-K 호스트는 Control Agency로 부터전달 받은 Link-K 호스트의 표적번호(TN)와 IP 주소체계 간의 Mapping 관계를 관리해야 한다.

예를 들어 그림 9에서 Link-K 네트워크에 TN : AA123인 Link-K 호스트가 가입하면 Control Agency는 Link-K 호스트 용 IP : 10.10.20.10을 할당하여 관리하며 IP 호스트에게 그 주소를 알려준다. 이 IP 호스트는 AA123인 Link-K 호스트에게 명령을 내리기 위해서 IP 주소체계인 Destination IP : 10.10.20.10 주소를 사용하여 명령을 내리며 이를 받은 Control Agency는 Source IP 주소인 10.10.10.10를 Source TN : A0100로 변환하여 TN : AA123에게 전달한다. 명령을 받은 Link-K 호스트는 Destination TN : AA123을 사용하여 응답(Reply)을 보내게 된다. 이러한 Control Agency는 주소의 변환뿐만 아니라 생성된 IP 데이터를 Link-K 명령 메시지의 각 해당 필드 별 데이터로 변환하여 전송하게 된다.

4. IP 적용 방안 제안

표 2는 통신매체별 특성을 고려한 한국형 전술데이터링크 체계에서의 IP 적용 가능성을 보여준다. 첫째, 유선 구간의 경우 대역폭이 충분하고 BER(Bit Error Rate)이 낮기 때문에 Link-K 유선 가입자간 IP 서비스 지원이 가능하다. 하지만 그 대역폭은 전술데이터 전송을 위한 QoS를 고려하여 1Mbps 이하로 제한되어야 할 것이다. 또한 기간 사업자에게 임차하게 되는 전용선이 주로 IP 인터페이스를 지원하기 때문에 전술정보는 미표준 JREAP-C과 같은 형태인 Link-K over IP가 될 것이다. 둘째, 위성 구간의 경우 제한된 대역폭을 사용하는 IP 어플리케이션을 수용할 수 있으나 그 활용도의 정도에 따라 구현 필요 여부를 판단해야 할 것이다. 셋째, RF 구간의 경우 데이터 전송률(Throughput)이 매우 낮으므로 IP 어플리케이션이 요구하는 QoS를 충족시킬 수 없기 때문에 정상 동작 가능성을 보장할 수 없다. 따라서 RF 구간에 IP 어플리케이션 수용 가능성은 매우 낮으며, 수용이 된다면 극히 제한된 특정 어플리케이션만을 수용하고 그 할당되는 대역폭도 극히 제한될 것이다. 이러한 RF 구간에서 IP 적용을 위해서는 앞에서 언급한 바와 같이 RF 구간의 대역폭 확대, 소용량 주소체계 사용 그리고 별도 메시지 설계 등이 고려되어야 한다.

[표 2] 통신매체별 특성 및 IP 적용가능성비교

통신매체	특 성	IP 적용가능성
RF	4.8K~16Kbps Half-Duplex BER 낮음	낮음
위성	56K~256Kbps Full Duplex BER 높음	중간
유선	56K~2.544Mbps Full Duplex BER 높음	높음

5. 결론

본 논문에서는 한국형 전술데이터링크에 IP를 적용하기 위한 방안에 대해 고찰하기 위해 3가지 구조로 분류하여 그 개념과 데이터흐름을 살펴보고, 각 구조별 사용목적과 특징을 분석하여 한국형 전술데이터링크에서 TDL 프로토콜과 IP를 효과적으로 적용하기 위한 방안을 고찰하였다. 향후 IP를 한국형 전술데이터링크에 다양하게 적용하기 위해서는 하위 레이어(Layer)에서는 Link-K 네트워크 용량을 확충하기 위한 연구가 진행되어야 하며, 상위 Layer에서는 IP와 Link-K 프로토콜 간 변환을 수행하고 관리할 수 있는 Gateway와 Control Agency에 관련된 연구가 필요할 것이다. 또한 프로토콜 변화 시 발생할 수 있는 효율성 저하를 향상시킬 수 있는 알고리즘 및 송수신 규칙 개선에 관한 연구가 병행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 김종성, “전술데이터링크 발전 방향 및 Link-16 문제점 연구,” 국방과학연구소, IEDC-425-050628, 2005.
- [2] DoD Interface Standard Interoperability Standard For The Joint Range Extension Application Protocol(JREAP), Mil-Std-3011, Sep., 2002.
- [3] DoD Interface Standard Tactical Data Link (TDL) 16 Message Standard, Mil-Std-6016C, Mar., 2004.
- [4] Stinson, Clinton W, Internet Protocol(IP) over Link-16, Storming Media, 2003.