

# 전술 데이터 링크에 IP를 적용하기 위한 ROHC 및 PHS 헤더 압축 프로토콜의 성능 분석

중신회원 윤용구\*, 박수원\*, 이형근\*\*,  
정회원 김종성\*\*\*, 지승배\*\*\*, 김학준\*\*\*\*

## Performance Evaluation of ROHC and PHS Header Compression Protocols for IP over Tactical Data Link

Yongkoo Yoon\*, Suwon Park\*, Hyungkeun Lee\*\* *Lifelong Members*,  
Jong Sung Kim\*\*\*, Seung Bae Jee\*\*\*, Hack Jun Kim\*\*\*\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는 전술데이터링크에 최근 상용 무선 통신 네트워크에서 활발히 이용되는 IP 어플리케이션을 사용하기 위하여 적용될 수 있는 헤더 압축 방법의 성능을 분석하였다. 현재 사용되고 있는 전술데이터링크 시스템에 바로 IP 어플리케이션을 적용한다면 전송 효율성 저하라는 문제점에 봉착한다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법으로 현재 상용 이동 통신 시스템에 적용되어 사용하고 있는 헤더 압축 프로토콜을 분석하여 전술데이터링크 시스템에 적용할 경우에 어떠한 성능이 나오는 지를 분석하였다. 사용된 헤더 압축 프로토콜은 최근 3GPP 이동 통신 네트워크에서 적용되어 사용 중인 ROHC(Robust Header Compression)와 IEEE 802.16e WiMAX에서 사용 중인 PHS(Payload Header Suppression)이다. 성능 평가는 NATO(North Atlantic Organization)에서 전술데이터링크로 채택되어 사용 중인 Link-16을 기반으로 수행되었다. 본 연구의 수행결과 ROHC 방식은 PHS 보다 약 9.4%, 비압축일 경우에 비해 약 91.3%의 전송효율 증가를 얻을 수 있었다.

**Key Words** : Tactical Data Link, Link-16, IP, Header Compression, ROHC, PHS

### ABSTRACT

For IP over tactical data link (TDL), it is evaluated the performance of header compression protocols popularly used in commercial wireless communications such as ROHC (Robust Header Compression) for 3GPP systems and PHS(Payload Header Suppression) for IEEE 802.16e WiMAX system. Performances are evaluated on the Link-16 which is a TDL of NATO (North Atlantic Organization). As a result, ROHC has 9.4% better transfer efficiency than PHS, and 91.3% better than uncompressed one.

### I. 서 론

광범위하고 정확한 최신 정보는 효과적이고 효율적

인 군 작전에 기본이 된다. 신뢰할 수 있는 통신 정보 시스템(CIS : Communication Information Systems)은 적에게 그러한 정보 제공을 차단하고 아군 사령관

※ 본 연구는 국방과학연구소(Agency for Defense Development)의 지원사업의 연구결과로 수행되었음.

\* 광운대학교 전자통신공학과 통신기술연구소 (ykooyoon@gmail.com, spark@kw.ac.kr;spark@ieec.org),

\*\* 광운대학교 컴퓨터공학과 무선네트워크연구소 (hkleee@kw.ac.kr),

\*\*\* 국방과학연구소 전술데이터링크 PMO (jskim\_add@yahoo.com, asherjee@gmail.com), \*\*\*\*삼성탈레스 (hjn.kim@samsung.com)

논문번호 : KICS2010-07-347, 접수일자 : 2010년 7월 30일, 최종논문접수일자 : 2010년 10월 14일

이 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<sup>11)</sup>.

인터넷의 보급과 함께 급속하게 IP(Internet Protocol)를 이용한 통신 어플리케이션(Application)이 급증함에 따라, 최근에는 데이터(Data) 뿐만 아니라 음성(Voice), 영상(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 저용량 개별 통신망인 PSTN(Public Switched Telephone Network), ATM(Asynchronous Transfer Mode), TDM(Time Division Multiplexing), 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 교환할 필요성이 높아지고, 상용 네트워크에서 요구하는 IP 어플리케이션 서비스를 군용장비에 수용하는 요구가 증대됨에 따라 전술데이터링크에 IP를 적용할 수 있는 방법에 대한 관심이 증대되고 있다.

## II. IP 적용 개념 및 해결과제

IP 어플리케이션 지원 서비스는 데이터(Data), 음성(Voice), 영상(Video)과 같은 상용서비스가 주를 이루며, 최근에는 이를 한꺼번에 묶어서 제공하는 TPS(Triple Play Services)가 각광을 받고 있다. IP의 경우 32비트(IPv4 기준) 크기의 주소체계를 사용하여 호스트(HOST)를 구별하며, 주로 유선통신망을 이용한 유니캐스팅(Unicasting) 방식의 통신을 한다. 전술데이터링크 프로토콜의 경우 그 프로토콜 종류에 따라 15비트(Link-16), 12비트(Link-11) 크기의 표적번호(TN, Track Number) 주소체계를 사용하여 가입호소를 구별하며, 주로 RF 무전기를 사용하여 브로드캐스팅(Broadcasting) 방식의 통신을 한다. 표 1은 IP와 전술데이터링크(TDL) 프로토콜의 특징을 보여준다.

전술데이터링크 프로토콜에 IP가 적용되기 위해서

표 1. IP와 전술데이터링크 프로토콜 비교  
Table 1. Comparison of IP and TDL

	IP	TDL
가입자식별	IP Address	Track Number
매체	유선(주) 위성 무선	유선 위성 무선(주)
통신 방식	Unicasting Multicasting Broadcasting	Unicasting Multicasting Broadcasting
이종망연동	Routing Protocol	Forwarding Protocol

는 그림 1에서와 같이 두 가지 구조를 고려할 수 있다<sup>12)</sup>. IP 네트워크를 이용하여 TDL 네트워크 간의 데이터 교환을 할 수 있는 구조와 TDL 네트워크를 이용하여 IP 어플리케이션이 적용된 TDL 호스트 네트워크 간의 통신이다. 첫 번째 네트워크 구조를 TDL over IP 구조라 하고, 두 번째는 IP over TDL 구조라 한다.

TDL over IP 네트워크 구조의 주 사용 목적은 전술데이터링크 호스트 간의 대용량 BLOS(Beyond Line Of Sight) 정보를 IP 네트워크 백본을 이용하여 교환하는데 있다. 이러한 방식은 미군 표준 Link-16의 JRE(Joint Range Extension, TCP/IP version)와 그 개념이 유사하다<sup>13)</sup>.

IP over TDL 네트워크 구조의 주 사용 목적은 전술데이터링크 호스트의 IP 어플리케이션 적용이다. 그림 2는 IP over TDL의 개념 및 데이터 흐름도이다. TDL 호스트로부터 생성된 IP 어플리케이션 데이터는 전송계층(Transport Layer, UDP 사용 가정)과 네트워크 계층(Network Layer)에 의해 IP 패킷이 만들어지고, 최종 전술데이터링크 헤더를 포함한 뒤 실제 전송되는 데이터 형태를 갖는다. TDL 호스트로부터 전송되는 데이터는 DLP(Datalink Processor)에 의해 수집

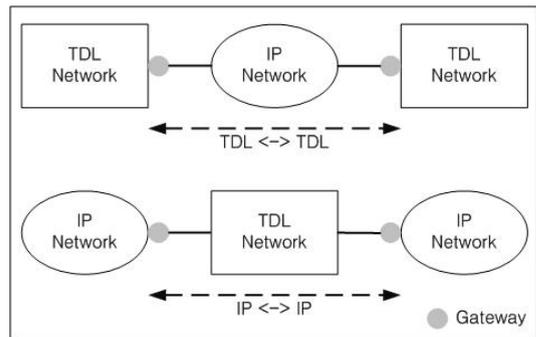


그림 1. TDL 시스템에서의 IP 적용 개념도  
Fig. 1. TDL over IP and IP over TDL

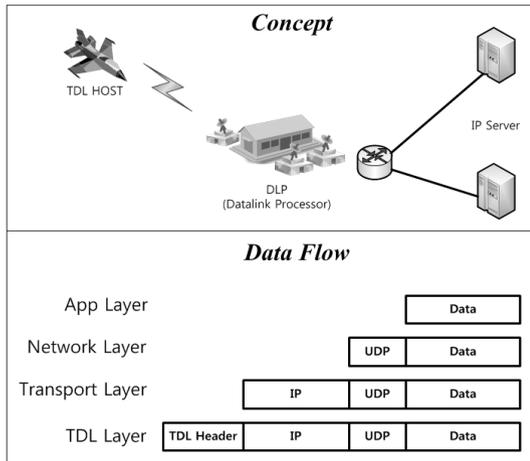


그림 2. TDL 시스템에서의 IP 적용 데이터 흐름도  
Fig. 2. Data Flow of IP over TDL

되어 원하는 IP 서버와 통신할 수 있게 된다. 즉, DLP는 TDL 호스트의 네트워크와 외부 IP 네트워크와의 통신을 가능하게 해주는 게이트웨이(Gateway) 역할을 한다.

전송 효율성 측면에서 두 가지 네트워크 구조를 살펴보면, TDL over IP 구조는 작은 크기의 전송데이터 링크 메시지(약 210 비트, 3 워드 기준)를 대용량의 IP 패킷(약 1500 바이트)에 넣어서 전송하는 방식이다. 이러한 방법은 IP 네트워크의 대역폭이 충분하므로 통신망의 전송 효율성 저하가 발생하지 않는다. 하지만 IP over TDL 구조는 생성된 데이터를 IP 패킷화한 뒤 전송데이터링크 백본을 통하여 데이터를 주고 받기 때문에 전송데이터링크의 처리용량(Throughput) 부족으로 인한 IP 어플리케이션이 요구하는 QoS(Quality of Service)를 보장하기 어렵다. 또한 헤더 크기가 큰 IP 패킷을 그대로 전송한다면 심각한 전송효율성 저하가 발생하게 된다.

그림 3은 Link-16에서의 IP 패킷 전송시 헤더 크기로 인한 데이터 전송의 비효율성을 보여준다. Link-16의 전송모드인 Packed-2 구조에서 420비트의 데이터 전송용량 중 224비트를 헤더 전송에 사용하므로 약

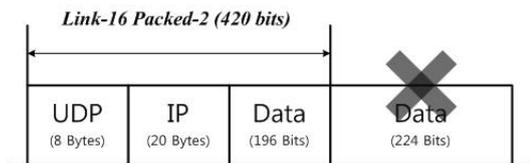


그림 3. Link-16(Packed-2)에서의 IP 패킷 전송효율  
Fig. 3. Packet Transmission Efficiency of IP over Link-16

46.6%의 데이터 전송효율을 갖는다.

### III. 전송효율 개선 방안

본 논문에서는 현재 전송데이터링크 네트워크가 제공하는 대역폭을 IP 적용시 최대한 효율적으로 사용하기 위하여 전송계층 및 네트워크 계층에서 발생하는 헤더의 크기를 압축하는 압축프로토콜을 전송데이터링크에 적용하는 방안을 연구하였다.

무선 이동통신 시스템은 대역폭의 제한으로 인하여 전송효율의 극대화가 필요하다. 현재 4세대 이동통신 시스템의 후보기술로 각광받고 있는 IEEE 802.16 계열의 WiMAX와 3GPP 계열의 LTE(Long Term Evolution) 또한 헤더압축 기술이 적용되어 전송효율성을 극대화 하고 있다. 각각은 WiMAX의 경우 PHS(Payload Header Suppression)이라는 압축프로토콜을 이용하고, LTE의 경우 ROHC(Robust Header Compression)를 이용한다. 이 두 가지 헤더압축 프로토콜은 기본적인 구조는 비슷하지만, 채널 상황에 따른 동작구조에서 차이점을 보인다.

대부분의 상용 이동통신 시스템에 사용되고있는 헤더압축프로토콜은 그림 4와 같은 구조를 갖는다. 압축을 하는 주체인 압축기(Compressor)와 압축된 패킷을 복원하는 복원기(Decompressor)로 프로토콜이 이루어진다. 이러한 양단간 압축의 핵심은 컨텍스트(Context)에 있다. 압축기는 패킷을 압축하기 전에 기준이 되는 기준헤더(Reference Header)를 전송한다. 이후 전송할 헤더의 크기를 줄이기 위해 압축기는 기준헤더와 비교하여 달라진 정보만을 전송하는 방법으로 헤더압축을 하게 된다.

PHS의 동작 구조는 그림 5와 같다. 헤더를 포함하여 생성된 데이터는 PHS 계층으로 전송된다. 이때 압축프로토콜의 세션(Session)이 설정되지 않은 패킷의 경우 압축기는 복원기에게 PHS 요청(PHS Request) 패킷을 전송하고, 복원기는 이 패킷을 오류없이 수신

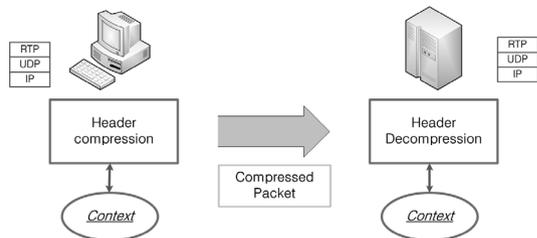


그림 4. 헤더 압축프로토콜 동작구조  
Fig. 4. Operation of Header Compression Protocol

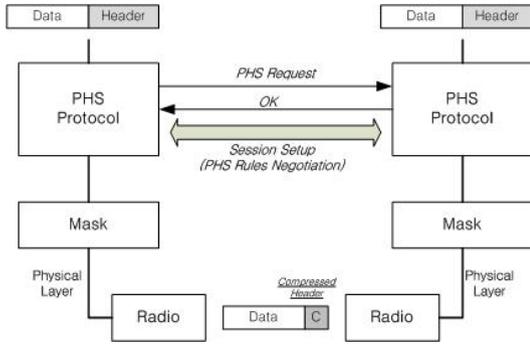


그림 5. PHS 프로토콜 동작구조  
Fig. 5. The operating structure of PHS protocol

하였을 경우 응답패킷을 전송하여 서로 세션이 이루어지게 된다. 이후 전송되는 데이터의 경우 세션 설정 과정에서 서로 교환한 PHS 규칙(Rule)에 따라서 압축 및 복원을 한다. PHS 프로토콜은 PHSM(Payload Header Suppression Mask), PHSF(Payload Header Suppression Field), PHSI(Payload Header Suppression Index)와 같이 세 가지 개체로 구성된다.

그림 6은 세 가지 개체를 이용한 PHS의 동작 구조를 보여준다. PHS 연결요청 과정을 통하여 생성된 기준헤더와 비교하여 압축기는 생성된 데이터의 헤더필드 중 변화한 것만 전송하기 위해 PHSM을 이용하여 마스크(Mask)를 적용한다. 이때 기준헤더와 비교하여 변화된 부분이 없으므로 전송하지 않도록 구분된 필드는 PHSF로 구분되고 이 값을 복원기가 알 수 있도록 PHSI로 표시한다. 복원기는 수신된 PHSI와 변화하는 필드를 이용하여 압축하기 전의 헤더로 복원한다.

ROHC는 RFC 3095로 표준화 되어 무선 링크상에서 IP 프로토콜을 구현하는 기술이다. 압축효율이 좋고 불안정한 채널상황에서 패킷 복원이 뛰어난 압축프로토콜이다. 현재 ROHCv2(Robust Header Compression Version 2) 까지 개발되었으며 RFC 4996, 4997,

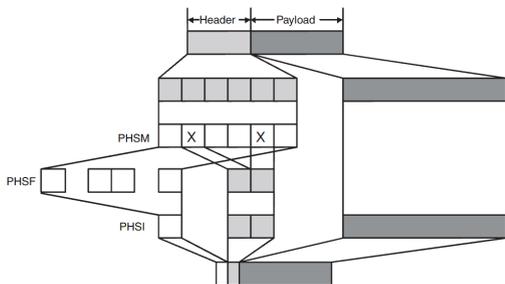


그림 6. PHSM, PHSF, PHSI 동작구조  
Fig. 6. Operation of PHSM, PHSF and PHSI

5525를 통한 기술문서가 발표되었다<sup>5)</sup>. ROHC는 압축기와 복원기 간의 컨텍스트 교환 및 압축패킷 생성 또는 복원에 관한 단계를 세분화하여 정의한 것이 특징이다. 이러한 특성으로 인하여 무선 링크 상에서 패킷 오류에 강한특성을 갖으며 또한 압축률을 높일 수 있게 된다. 압축기와 복원기 간의 나누어진 단계를 정의한 것이 FSM(Finite State Machine)이다. FSM은 유한 상태의 변화를 나타내는 기법인데, 압축프로토콜에서는 통신 양단간 압축기와 복원기간의 상태 변화를 나타낸다. 기능적으로 ROHC 기법은 압축노드의 위치한 압축기 FSM과 복원노드에 위치한 복원기 FSM간의 상호작용을 기본으로 한다<sup>6)</sup>. 압축기의 FSM은 IR(Initialization and Refresh), FO(First Order), SO(Second Order) 세 가지 상태로 구성되고 복원기는 NC(No Context), RC(Repair Context), FC(Full Context) 세 가지로 구성된다<sup>7)</sup>.

그림 7은 Optimistic 모드에서의 압축기와 복원기의 상태 변환과정을 나타낸다<sup>8)</sup>. 압축기는 압축패킷을 전송하기 위해서 데이터 전송을 위한 전체 헤더를 전송한다. 이는 압축기의 IR에 해당한다. 이때 복원기는 NC 상태에서 IR 패킷을 수신하게 되고, 오류 없이 수신이 확인되었을 경우 ACK 패킷을 이용하여 압축기와 복원기 간의 최대압축 상태인 SO, FC로 이동한다. 압축기는 SO 상태에서 전송하는 최대압축패킷을 전송하고 만약 복원기에서 오류가 감지되면 NACK 패킷을 이용하여 FO 및 RC 상태로 전환한다. FO와 RC 상태는 전체 헤더를 전송하는 IR과는 달리 프로토콜

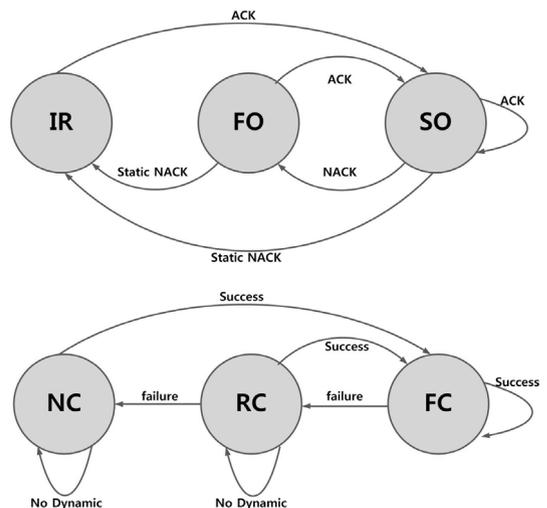


그림 7. 압축기의 FSM(위), 복원기의 FSM(아래)  
Fig. 7. FSM of Compressor (upper side) and FSM of Decompressor (lower side)

헤더에서 동적필드만을 전송하는 FSM이다.

#### IV. 전송데이터링크 시스템의 적용

그림 8은 전송데이터링크 시스템에 IP over TDL을 구현하기 위한 네트워크 구조를 나타낸다. 이러한 구조에서 전송효율성 향상을 위한 PHS, ROHC를 적용하기 위해서는 각 표준에서 제시하는 압축패킷에 수정이 필요하다. 그 이유는 전송데이터링크 메시지를 전송하기 위해 고안된 전송데이터링크 시스템의 물리계층 전송특성에 기인한다. 수정이 필요한 내용은 두 가지로 분석할 수 있다.

첫째, 전송데이터링크 시스템의 2계층(Datalink Layer) 역할을 하는 전송데이터링크 메시지 헤더는 목적지 주소를 포함하지 않는다. 그림 9은 Link-16의 메시지 헤더구조를 나타낸다<sup>11)</sup>. 전송데이터링크 시스템 중 하나인 Link-16은 점 대 다점(Point to Multicast) 방법으로 통신을 한다. 그러므로 2계층 역할을 하는 Link-16 메시지 헤더에는 목적지 트랙 번호 (TN) 필드가 없다. IP 어플리케이션은 전송데이터링크 메시지와는 달리 점 대 점(Point to Point) 통신을 주로 사용하게 된다. 하지만 2계층에서 구분하는 네트워크 노드를 구분하는 목적지 주소 필드가 없으므로 추가 구현이 필요하게 된다. 물론 2계층에서 주소구분을 못하더라도 3계층(Network Layer)에서 IP 주소를 이용하여 네트워크 노드 구분이 가능하다. 하지만 압축프로토콜을 적용한 경우에는 주소필드를 전송하지 않으므로 압축패킷을 복원하기 전에 2계층과 3계층 사이의 압축계층에서 패킷 오류가 발생하여 올바른 복원을 할 수가 없다. 그림 10은 일반적인 IP 네트워크 구성에서 2계층 프로토콜 역할을 담당하는 이

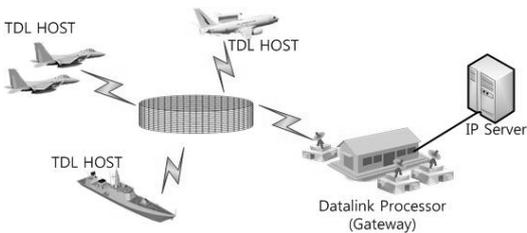


그림 8. IP over TDL 네트워크 구조

SDU Serial Number	Source Track Number	P/R	Type
15 bits	15 bits	1 bit	3 bit

그림 9. Link-16의 메시지 헤더 포맷  
Fig. 9. Message Header Format of Link-16

Preamble	Destination Address	Source Address	Type	Data	Frame Check Sequence
8 bytes	6 bytes	6 bytes	2 bytes	46-1500 bytes	4 bytes

그림 10. 이더넷의 헤더 포맷  
Fig. 10. Header Format of Ethernet

더넷 헤더필드를 나타낸다. 이더넷 헤더필드는 48비트 MAC 주소를 이용하여 송신지 주소와 목적지 주소를 포함하여 전송이 된다.

둘째, 전송데이터링크는 정해진 단위로 데이터를 전송한다. Link-16의 경우 데이터 전송량에 따라서 Standard(3 워드: 210 비트), Packed-2(6 워드: 420 비트), Packed-4(12 워드: 840 비트) 세 가지의 고정된 크기의 데이터를 전송한다. 만약 Packed-2 모드로 40 바이트의 데이터를 전송하였다면 이를 수신한 노드는 Packed-2 모드로 전송된 패킷에서 전체 420 비트의 데이터 영역 중 어디까지가 데이터 전송에 쓰였는지 알 수가 없다. 즉 송신기가 전송한 40 바이트의 크기를 예측할 수가 없게 된다. 이것은 PHS 및 ROHC 적용 시 네트워크 계층 및 전송계층의 Length 필드 복원을 못할 수 있는 문제점을 발생시킨다. 그림 10과 같은 일반 이더넷 구조에서는 데이터 부분 필드의 용량 가변이 가능하므로 수신 노드는 수신된 이더넷 패킷에서 프리앰블(Preamble)을 이용하여 동기를 맞춘 뒤, 데이터를 제외한 필드를 제거하여 데이터 크기를 알 수 있다. 이 정보를 통해 PHS 및 ROHC는 현재 전송된 데이터의 네트워크 계층 및 전송계층의 Length 필드를 복원한다.

전송데이터링크 시스템에 PHS 및 ROHC를 적용하기 위하여 Link-16 전송구조는 그림 11과 같다. 전송계층은 UDP로 가정하였으며, IP 패킷을 압축계층으로 전송하여 헤더압축을 수행한 뒤, Link-16의 링크계층으로 전송하는 구조이다. PHS 및 ROHC는 압축계층에서 동작을 하게 된다.

Link-16에 PHS와 ROHC를 적용하기 위하여 앞서 제시한 두 가지 제한사항을 해결할 수 있는 패킷구조는 다음과 같다.

IEEE 802.16d 표준 문서에 정의된 PHS는 그림 5와 6의 구조를 이용하여 구현할 경우 내부 구조 및 헤더필드의 구분은 자유롭게 구현가능함이 명시되어 있다<sup>11)</sup>. 본 논문에서는 압축 프로토콜 생성시 압축기는 PHS 요청 패킷에 헤더의 전체 필드를 포함하여 전송한 뒤 복원기에서 오류없이 수신되었음을 알리는 PHS 응답패킷을 전송하게 되면 압축기는 헤더의 동적필드에 대해서 8비트 PHSI를 구성하여 압축을 한다.

그림 12는 PHS 압축패킷 포맷을 나타낸다.

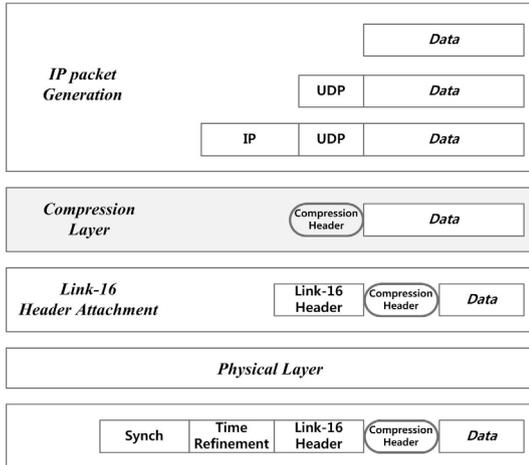


그림 11. Link-16의 IP 패킷 전송구조  
Fig. 11. Packet Transmission of IP over Link-16

Link-16에서 점 대 점 통신을 구현하기 위하여 압축 헤더의 시작필드는 목적지 트랙번호로 시작한다. 그 다음 PHSI와 Dynamic Header Field로 구성되며, PHSI 8비트 정보중에서 비트별로 해당하는 동적필드가 Dynamic Header Field에 포함되어 전송하게 된다.

그림 13은 PHSI의 비트별 해당 프로토콜 필드를 나타낸다. 전송계층은 UDP를 가정하였다. 각 UDP/IP 헤더 필드에서 고정된 값을 제외한 변화 가능한 필드를 PHSI의 비트에 각각 대응한 다음 전송하려는 헤더 값이 PHS 요청 패킷에서 전송한 전체 헤더 값과 다를 경우 1로 세팅하여 전송한다.

Link-16에 ROHC를 적용하기위해 본 논문에서는 ROHCv2 표준인 RFC 4995, 4996, 5525를 기반으로 헤더 압축 및 압축기와 복원기 간의 FSM 변화를 구현한다. ROHC는 U-mode(Unidirectional), O-mode(Optimistic), R-mode(Reliable) 세 가지로 구현된다. U-mode의 경우 피드백 채널이 없는 구조로서 압축기

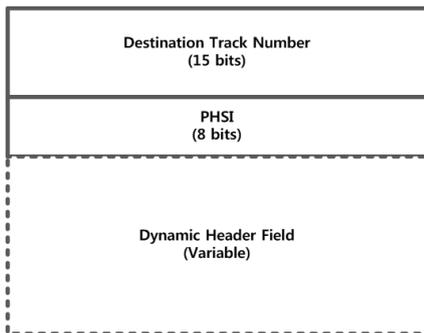


그림 12. PHS 압축패킷 포맷  
Fig. 12. Compressed Packet Format of PHS

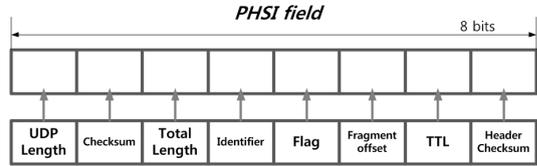


그림 13. PHSI 패킷 포맷  
Fig. 13. The PHSI packet format

의 IR 패킷 및 압축 패킷에 대해 ACK 응답이 불가능하다. 그러므로 압축기는 복원기에 압축패킷 오류를 방지하기 위하여 주기적으로 IR 패킷을 전송한다. O-mode와 R-mode는 피드백 채널의 전송이 가능한 양방향 전송구조이다. O-mode의 경우 IR 패킷의 ACK만을 전송하고, 압축패킷의 경우 NACK를 전송하여 패킷 오류를 압축기에 전송한다. 마지막으로 R-mode의 경우 IR 패킷 및 압축패킷에 관하여 ACK/NACK 응답을 모두 한다. O-mode는 피드백 채널의 활용을 최소화 하여 압축효율을 높이는데 목적이 있고, R-mode는 피드백 채널을 최대한 활용하여 패킷전송의 안정성을 높이는데 목적이 있다.

그림 14는 ROHC의 연결설정 패킷인 IR 패킷 포맷을 나타낸다. 전송계층 및 네트워크 계층은 UDP/IP로 가정하였다. PHS와 동일하게 처음 연결 설정시 압축기는 헤더의 모든 부분을 전송한다. 또한 Link-16에서 점 대 점 전송을 구현하기 위하여 트랙 번호 필드를 추가하였다. 복원기는 IR 패킷을 오류없이 수신했다면 U-mode일 경우 바로 FC 상태로 FSM을 변경하고, 만약 O-mode 이거나 R-mode 일 경우 ACK를 전송한 다음 다시 압축기로부터 확인 패킷을 수신하면 FC 상태로 FSM을 변경한다. 그림 15는 IR 패킷전송시 CID를 0으로 지정한 상태에서 O-mode 동작시 압축기의 FSM이 SO일 경우 전송하는 압축패킷이다. 이때 압축기의 효율은 최대가 된다. 압축패킷도 IR과 동일

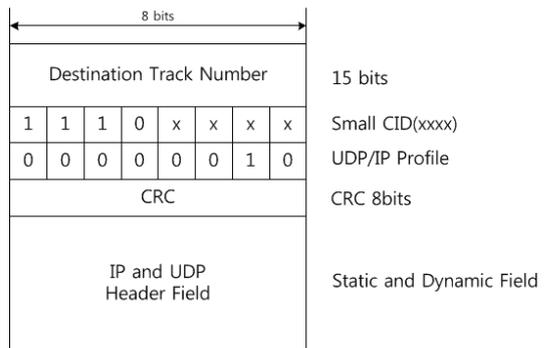


그림 14. ROHC의 IR 패킷포맷  
Fig. 14. IR Packet Format of ROHC

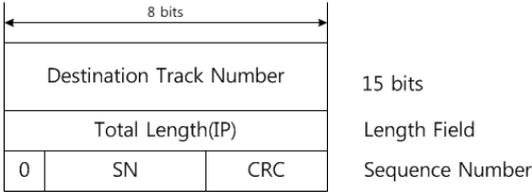


그림 15. ROHC의 압축 패킷 포맷  
Fig. 15. Compressed Packet Format of ROHC

하게 점 대 점 전송기능을 위하여 목적지 트랙 번호 필드를 추가하였으며, 현재 전송되는 패킷의 데이터 크기를 알기위한 Total Length 필드를 추가하였다.

### V. 시뮬레이션

PHS, ROHC의 Link-16 적용에 대한 성능 분석을 위하여 전송계층 프로토콜은 UDP를 가정하였다. 통신 구조는 그림 9의 상황에서 Link-16 호스트와 DLP 간의 데이터 전송이다. 시간슬롯 할당은 Link-16 호스트의 경우 A-0-15(A 세트 모두 할당)이고, DLP는 C-0-15(C 세트 모두 할당)이다. Link-16 호스트와 DLP는 각 A세트와 C세트의 시간슬롯을 이용하여 IP 패킷 전송 및 피드백 정보를 전송하게 된다. 또한 Link-16의 전송모드는 Standard Double Pulse로 하였다. 그림 16은 UDP 페이로드의 크기에 따른 압축패킷을 구성하는 평균 헤더사이즈를 나타낸다. 대상 압축프로토콜은 비압축 모드와 PHS, ROHC이다. 헤더 비압축의 경우 압축을 하지 않으므로 압축패킷에서 헤더의 크기가 일정한 반면 PHS 및 ROHC는 크기가 변한다. 비압축 모드는 하나의 시간슬롯에 전체헤더를 전송하고 이어지는 시간슬롯에 헤더없이 데이터만을 전송하는 것을 반복하는 구조로 구현하였다. 그림 16

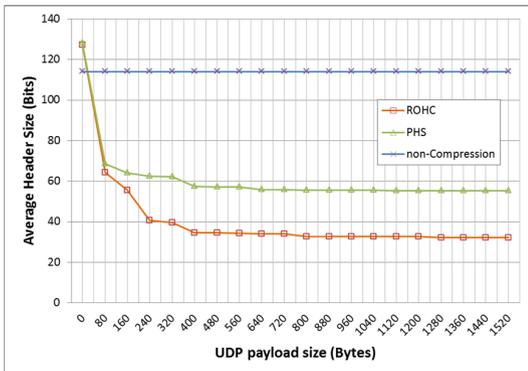


그림 16. 압축 프로토콜의 평균 헤더크기  
Fig. 16. Average Header Size of Header Compression Protocols

에서 0바이트 전송의 경우 헤더압축 프로토콜이 헤더 크기가 더 큰 이유는 0바이트 전송을 위해 2개의 시간 슬롯을 할당하게 되는데(IR과 압축패킷) 이때 압축프로토콜은 IR을 전송하고 이어지는 시간슬롯에 압축헤더를 전송하므로 전체헤더 전송 후 이어지는 시간슬롯에 데이터만 전송하는 비압축 모드에 비해 헤더 크기가 큰 것이다. 압축 프로토콜에서 헤더의 크기는 연결 설정을 위한 전체 헤더 전송 및 패킷 오류로 인한 헤더 재전송 과정 등에서 달라질 수 있다. ROHC의 경우 PHS에 비하여 기준 헤더와의 차이를 전송하므로 헤더의 크기가 더 작다.

그림 17은 각 압축프로토콜의 최대 데이터 전송률을 나타낸다. 시뮬레이션 결과 평균 헤더크기가 가장 작은 ROHC의 성능이 가장 뛰어난을 알 수 있다. ROHC 프로토콜은 PHS와 비교하면 전송효율 증가가 약 9.4%이고, 비압축인 경우와 비교하면 약 91.3%이다.

그림 18은 패킷오류율에 따른 평균 데이터 전송률을 보여준다. ROHC는 기준 헤더와의 차이를 전송하

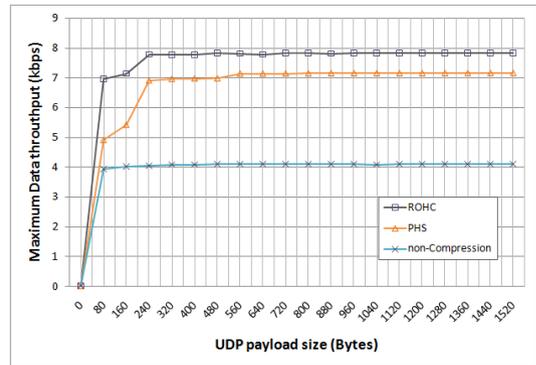


그림 17. 압축 프로토콜의 최대 데이터 전송률  
Fig. 17. Maximum Throughput of Header Compression Protocols

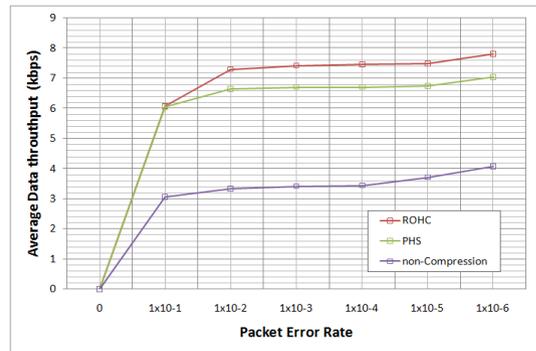


그림 18. 압축 프로토콜의 평균 데이터 전송률  
Fig. 18. Average Throughput of Header Compression Protocols

는 방법을 통하여 헤더를 압축하지만 패킷 오류에 강한 이유는 차이를 LSB(Least Significant Bit) 인코딩을 하기 때문에 패킷 오류로 인한 잔류 오류(residual error)를 막을 수 있는 장점이 있다. 그림 16, 17, 18에서 알 수 있듯이 ROHC는 차이를 전송하여 헤더의 크기는 작으면서 LSB 인코딩을 통한 패킷 오류에 강인하기 때문에 PHS에 비하여 성능이 뛰어나다.

## VI. 결 론

본 논문에서는 전술데이터링크 시스템에 IP 어플리케이션을 이용하기 위해 헤더압축 프로토콜을 적용하여 그 성능을 분석하였다. 전술데이터링크 시스템의 특성상 상용 이동통신 시스템에서 이용되는 PHS와 ROHC가 수정없이 사용될 수 없기 때문에 필요한 기능 필드를 추가하여 분석하였다. Link-16에 적용결과 ROHC의 경우 PHS에 비해 약 9.4%, 비압축일 경우에 비해 약 91.3%의 전송효율 증가를 얻을 수 있었다. 좀 더 효율적인 적용을 위해 추가된 필드를 압축할 수 있다면, 압축프로토콜의 성능을 더욱 높일 수 있으므로 앞으로 계속 연구되어질 차세대 전술데이터링크 시스템에 효율적으로 적용이 가능할 수 있을 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김종성, “전술데이터링크 발전 방향 및 Link-16 문제점 연구,” 국방과학연구소, IEDC-425-050628, 2005
- [2] 지승배, “한국형전술데이터링크(Link-K)에서 TD-LTE 프로토콜과 IP의 효과적인 적용방안 분석”, 한국군사과학기술학회지 제 11권 제1호, pp. 25-32, 2008년 2월
- [3] DoD Interface Standard Interoperability Standard For The Joint Range Extension Application Protocol(JREAP), Mil-Std-3011, Sep., 2002.
- [4] C. Bormann, Ed., “Robust Header Compression(ROHC)” RFC 3095, Jun 2001.
- [5] Effnet, “Effnet ROHCv2™ (Saves bandwidth and improves QoS)”(<http://www.effnet.com>).
- [6] G. Boggia, P. Camarda, V.H. Squeo, “ROHC+: A New Header Compression Scheme for TCP Stream in 3G Wireless Systems”, IEEE Communications Magazine, pp.3271, Sep. 2002
- [7] G. Pelletier, K. Sandlund, Ericsson “Robust

Header Compression Version 2 : Profiles for RTP, UDP, IP, ESP and UDP-Lite”, RFC 5525, April 2008

- [8] L-E. Jonsson, G.Pelletier, K. Sandlund, Ericsson “The Robust Header Compression Framework”, RFC 4995, July 2007
- [9] R. Finking, Siemens/Roke Manor Research, G. Pelletier, Ericsson, “Formal Notation for Robust Header Compression (ROHC-FN)”, July 2007
- [10] “Understanding Link-16 : A Guidebook for New Users.” Logicon, Inc., September 2001
- [11] IEEE Standard for Local and metropolitan area networks, Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems, IEEE 802.16e-2005, Feb. 2006.

윤 용 구 (Yongkoo Yoon)

중신회원



2009년 2월 광운대학교 전자통신공학과 학사

2009년 3월~현재 광운대학교 전자통신공학과 석박사통합과정

<관심분야> 전자공학, 통신공학, 이동통신시스템

박 수 원 (Suwon Park)

중신회원



1994년 2월 KAIST 전기및전자공학과 공학사 수학과 (복수전공)  
1996년 2월 KAIST 전기및전자공학과 공학석사  
2003년 2월 KAIST 전자전산학과 공학박사

1994년 3월~1998년 9월 삼성전자 전임연구원  
1998년 9월~1999년 2월 한국과학기술원 전일제 위촉연구원  
1999년 3월~2002년 5월 한국전자통신연구원 시간제 위촉연구원  
2002년 6월~2006년 2월 삼성전자 통신연구소 책임연구원  
2006년 3월~2007년 2월 광운대학교 전자통신공학과 전임강사  
2007년 3월~현재 광운대학교 전자통신공학과 조교수  
<관심분야> CDMA/OFDM/OCHM/ORHM 무선접속기술, 전력제어, SDR/CR 기술, 군통신, 간섭/공존문제, PAPR완화기술, 부호이론

김 종 성 (Jong Sung Kim)

정회원



1984년 2월 숭실대학교 전자계산학과 학사  
1986년 2월 숭실대학교 전자계산학과 석사  
1997년 7월 포항공과대학교 전자계산학과 박사  
1986년 2월~현재 국방과학연구소 합동전술데이터링크체계단 실장

<관심분야> 통신 프로토콜 설계/검증, 항적응함, 실시간 정보공유/지휘통제

지 승 배 (Seung Bae Jee)

정회원



2001년 2월 서강대학교 전자공학과 공학사  
2003년 2월 KAIST 전기및전자공학과 공학석사  
2003년 3월~2006년 6월 삼성네트웍스 연구원  
2006년 7월~현재 국방과학연구소 합동전술데이터링크체계단 선임연구원

<관심분야> 전술데이터링크, 통신 프로토콜, BcN

이 형 근 (Hyungkeun Lee)

중신회원



1987년 2월 연세대학교 전자공학과 공학사  
1998년 5월 Syracuse University 컴퓨터공학과 공학석사  
2002년 12월 Syracuse University 컴퓨터공학과 공학박사  
1987년 1월~1993년 9월 삼성전자 선임연구원

2003년 9월~현재 광운대학교 컴퓨터공학과 부교수  
<관심분야> 무선네트워크, 센서네트워크, 전송통신

김 학 준 (Hack Jun Kim)

정회원



2004년 2월 홍익대학교 컴퓨터공학과 공학사  
2004년 2월~현재 삼성탈레스 무선통신그룹 선임연구원  
<관심분야> 무선 통신, 전술데이터링크