

# 공중중계 네트워크를 위한 데이터링크 프로토콜 연구

이창영, 조원준, 이증섭, 김동현

한화시스템(주)

[changyoung.lee@hanwha.com](mailto:changyoung.lee@hanwha.com), [wonjun78.cho@hanwha.com](mailto:wonjun78.cho@hanwha.com), [js.lee82@hanwha.com](mailto:js.lee82@hanwha.com), [d.hyun.kim@hanwha.com](mailto:d.hyun.kim@hanwha.com)

## A Study on the Data Link Protocol Design and Implementation for Airborne Relay Networks

Lee Chang Young, Cho Won jun, Lee Jeung Sub, Kim Dong Hyun

Hanwha Systems

### 요약

본 논문은 공중 중계 네트워크 환경에서의 데이터링크 프로토콜에 대해 연구하였다. 공중 중계 드론, 공중 통신 중계 무인기, 중계용 UAV, 공중 리퍼터 드론 등으로 구성된 무인 통신 릴레이 네트워크는 중계기의 물리적 특성상 높은 지연 시간이 발생하며, 이에 따라 연속적인 소규모 데이터 페이로드 기반의 통신 구조를 필요로 한다. 이러한 환경에서는 비주기적으로 유입되는 MTU(Maximum Transmission Unit) 단위의 지상망 IP 패킷을 효과적으로 전송할 수 있는 데이터링크 계층의 설계가 요구된다. 본 연구에서는 이러한 요구를 충족하기 위한 공중 중계 데이터링크 프로토콜 구조를 제안하며, 이를 구성하는 패킷 단편화(fragmentation) 알고리즘과 단편 결합(reassembly) 알고리즘을 함께 제시한다.

### I. 서론

본 논문에서는 Network Layer에서의 IP 전송로 제공을 위한 기능구현 방안에 대해서 제시한다. 아래 그림1와 같은 물리적인 거리가 떨어진 운영환경에서 공중중계기링크를 통한 전송로 유지 및 구축된 지상 네트워크 간의 연동을 위해서는 AS(Autonomous System)에 관계없이 광역적인 ALL IP 연동이 가능한 네트워크 기능이 필요하다. 본 논문에서는 공중중계기의 물리적 규격에 따라, 설계된 데이터링크 프레임 구조는 제3장 공중중계기 PHY환경의 그림 1와 같다. 공중중계기 PHY 환경에서는 연속적인 실시간 소규모 데이터 페이로드를 사용하여 비주기적으로 유입되는 64byte~1500byte의 MTU의 지상망 IP 패킷을 전송하여야 한다.



그림 1. IP 데이터의 Relay Network

MTU의 물리적인 규격이 상이한 상태에서 IP 통신을 위해서는 공중중계 데이터링크 레이어가 존재하게 되며, IP 패킷을 전송하기 위해서는 물리적 규격이 다른 공중중계기 데이터링크에 대한 프로토콜 변환흐름이 아래 그림2와 같이 발생하게 된다.

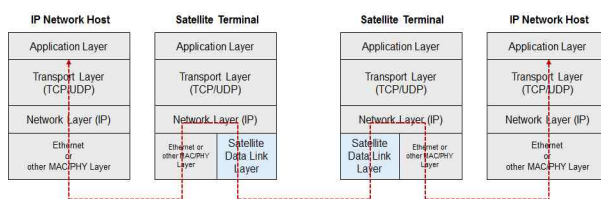


그림 2. 트래픽 채널에 대한 프로토콜 변환

본 논문에서는 기존 지상망 IP 인프라와 광역 Relay Network인 공중중계기망을 통한 다 연동망과의 IP 데이터 유통을 위한 데이터링크 프로토콜

에 대해서 제안한다.

### II. 본론

공중중계기의 물리적 규격에 따라, 설계된 데이터링크 프레임 구조는 제3장 공중중계기 PHY환경의 그림 11 공중중계기 PHY Layer와 같다. 공중중계기 PHY 환경에서는 연속적인 실시간 데이터 페이로드를 사용하여 비주기적으로 유입되는 64byte~1500byte의 MTU<sup>1)</sup>의 지상망 IP 패킷을 전송하여야 한다. 그림 3 공중중계기 PHY 환경에서 본 논문에서 제시하는 데이터링크 프로토콜 프레임 구조이다.

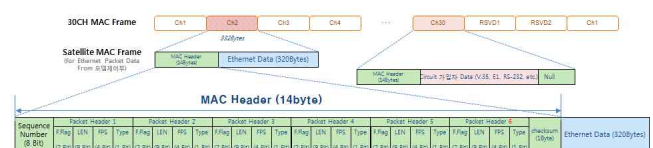


그림 3. 데이터링크 프로토콜 프레임 구조

IP패킷의 최소 전송단위인 64byte 데이터가 연속적으로 들어오는 경우를 고려하여 헤더공간과, 데이터공간으로 구분하였다. 헤더공간에는 PDU의 무결성을 위한 Sequence Number 필드 FSM(Frame Sequence Number, 이하 FSN)와 최대 6개 IP 데이터를 전송할 수 있도록 6개의 패킷헤더정보를 정의하였다. 각각의 패킷헤더에는 단편화정보(Fragmentation Flag)와 패킷의 길이(Length), 상위 레이어에서 단편화된 패킷의 시퀀스 넘버(SDU Number)와, 제어데이터인지 트래픽데이터인지를 구분하기 위한 필드로 구성된다. SDU Number는 PDU 시퀀스 넘버와 함께 SSN(Sub-frame Sequence Number, 이하 SSN)역할을 수행하게 된다. 또한 FSN frame sequence size(8bit, counter 256)와 SSN sub-frame sequence size(4bit, counter 16)는 배수관계가 아닌 실질적인 sequence

1) 해당 레이어가 전송할수 있는 최대전송단위(Maximum transmission unit, MTU)

size확장을 위하여 sequence size를 15로 제안하였다.

## 2.1 패킷 단편화(fragmentation) 알고리즘

공중중계기터미널은 전송 할 수 있는 채널 별로 TX entity 가 생성되고, entity 별로 상태(state), 변수(variable), 시퀀스 넘버 sequence number를 관리하도록 한다. 공중중계기터미널에서 IP 패킷의 흐름은 그림 4와 같다.

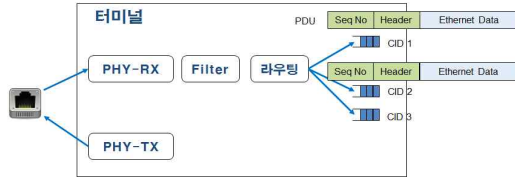


그림 4. 터미널에서의 IP 패킷 흐름

제안된 데이터링크 프레임 구조에서 모든 MTU를 수용 할 수 있도록 단편화 포맷을 8가지 타입의 PDU<sup>2)</sup>를 정의하여 알고리즘에 활용하였다. 첫 번째 포맷은 64byte 패킷 6개 연속 유입시에는 그림5와 같이 SDU(1~6 SDU3)s만으로 구성된 PDU 포맷으로 전송 가능하다.

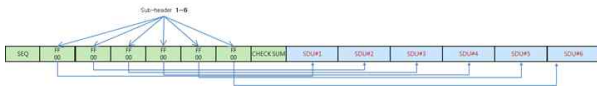


그림 5. PDU format 1 - SDU only

페이로드 이상의 큰 패킷 유입시 SDU는 단편화 될 것이며, 그에 따라 두 번째, 세 번째, 네번째 포맷은 그림31. 단편화 시작 PDU

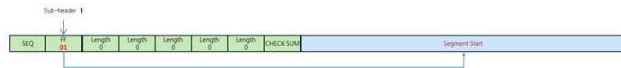


그림 6. PDU format 2 - SDU 단편화 시작



그림 7. PDU format 3 - 단편화 계속

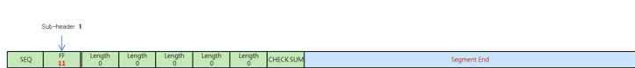


그림 8. PDU format 4 - SDU 단편화 종료

다섯 번째, 그림9와 같이 SDU의 단편화 마지막과 1~5 SDUs 구성된 PDU



그림 9. PDU format 5

여섯 번째, 1~5 SDUs 와 SDU 단편화 시작으로 구성된 PDU 포맷

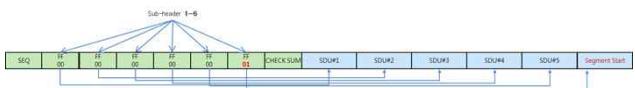


그림 10. PDU format 6

일곱 번째, SDU 단편화 종료와 SDU의 시작으로 구성된 PDU 포맷

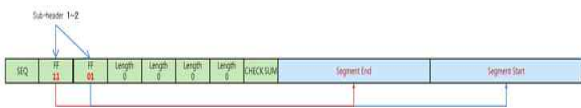


그림 11. PDU format 7

여덟 번째, SDU 단편화 종료와 1~4 SDUs + SDU단편화 시작으로 구성



그림 12. PDU format 8

PDU에 두 개의 SDU단편화 조각은 서로 다른 SDU가 된다.

상기와 같이 정의된 8가지의 PDU 포맷을 이용한 패킷 단편화 (fragmentation) 알고리즘은 아래 그림 13 패킷 단편화 알고리즘과 같다.

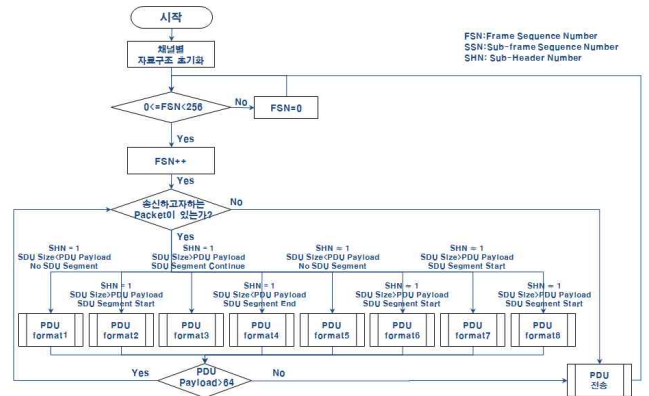


그림 13. 패킷 단편화(fragmentation) 알고리즘

## 2.2 재조립(reassembly) 알고리즘

공중중계기 터미널에서의 단편결합 알고리즘은 단편화 알고리즘과 같이 먼저 CID 별로 RX entity 가 생성되고, entity 별로 상태(state), 변수 (variable), 시퀀스 넘버sequence number를 관리된다. 재조립 알고리즘을 위해서 수신된 PDU에 대하여 FSN과 SSN을 통한 무결성 알고리즘을 수행하 결함알고리즘을 수행한다. 유효하지 않은 PDU의 경우 재전송 하지 않고 폐기 처리한다. 유효성이 확인된 PDU에 대하여 패킷 결함 알고리즘을 수행하며 세부 절차는 그림 14 재조립 알고리즘과 같다.

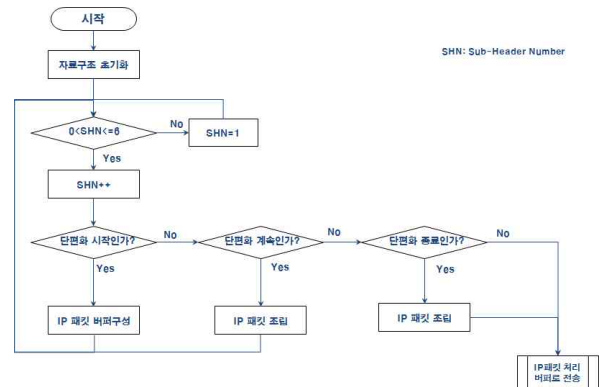


그림 14. 재조립(reassembly) 알고리즘

## III. 결론

본 논문은 공중 중계 네트워크 환경에서의 데이터링크 계층 프로토콜에 대해 연구하였다. 공중 중계기를 활용한 광역 네트워크의 물리적 통신 환경은 중계기의 구조적 특성으로 인해 장시간의 전송 지연이 발생하며, 이에 따라 연속적인 소규모 데이터 페이로드 기반의 통신이 요구된다. 이러한 환경에서는 비주기적으로 유입되는 64Byte에서 1500Byte 범위의 MTU기반 지상망 IP 패킷을 안정적으로 전송할 수 있는 메커니즘이 필요하다. 본 연구에서는 이를 위해 데이터링크 계층에서의 패킷 단편화 (fragmentation) 및 재조립(reassembly) 알고리즘을 제안하였으며, 이를 통해 공중 중계를 기반으로 한 광역 링크상에서의 All-IP 연동이 가능함을 확인하였다.

2) 프로토콜 데이터 단위(Protocol Data Unit)

3) 서비스 데이터 단위(Service Data Unit)