

다중 포트를 갖는 T4급 공용데이터링크 시스템의 동적 링크 구성 방안 연구

김 용 신*, 김 태 훈^o, 정 주 현^o, 김 영 돈*, 이 우 신*

Dynamic Link Configuration for T4 Class Common Data Link System with Multi-Ports

Yongsin Kim*, Taehoon Kim^o, Juhyun Jung^o, Youngdon Kim*, Wooshin Lee*

요 약

본 논문에서는 가상 인터페이스를 이용한 T4급 공용데이터링크 시스템의 동적 링크 구성 방법을 제안하고 구현 결과를 제시한다. 공용데이터링크의 요구 전송속도가 증가함에 따라 운용 주파수 자원이 제한되어 고화질 영상 전송을 위한 다운링크에 한해 고속 링크가 제공된다. 또한, 하드웨어 사양의 제약으로 인해 동시지원 가능한 고속 링크의 수도 제한된다. 따라서, 송수신 포트가 상이한 환경에서도 라우팅 경로를 유지할 수 있는 가상 인터페이스 구성 방안과 고속 링크를 효율적으로 활용하기 위해 요구 전송속도와 우선순위에 따라 고속 포트를 할당할 수 있는 방안이 필요하다. 제안된 동적 포트 재구성 방안을 이용하여 고속 및 저속 포트를 갖는 공용데이터 링크 시스템에서 동적 라우팅 프로토콜 연동이 가능하고 전송 속도에 따른 망 구성 변경이 가능함을 시스템 구현을 통해 확인하였다.

Key Words : CDL, Virtual interface, Dynamic port allocation, Routing protocol

ABSTRACT

In this paper, we propose a dynamic link configuration method of T4 class CDL system using virtual interface and present the implementation result. As the required transmission rate of the CDL increases, the frequency resource are limited and the high-speed link is provided only for the downlink for high quality image transmission. In addition, due to hardware limitations, the number of concurrently supported high-speed links is also limited. Therefore, there is a need for a virtual interface configuration scheme that can maintain the routing path even in a different transmission/reception port, and a scheme for assigning a high-speed port according to the required transmission rate and priority in order to utilize the high-speed link. Using the proposed dynamic port reconfiguration scheme, we verified that the dynamic routing protocol can be interworked and the network configuration can be changed according to the transmission speed in CDL system with high and low speed ports.

* First Author : Agency for Defense Development, dragon@add.re.kr, 정희원

^o Corresponding Author : Agency for Defense Development, {sky-top1, jhyun}@add.re.kr, 정희원

* Hanwha Systems, {doney.kim, wooshin.lee}@hanwhasystems.com

논문번호 : KICS2017-10-296, Received October 10, 2017; Revised January 2, 2018; Accepted January 15, 2018

I. 서 론

공용데이터링크(Common Data Link, 이하 CDL) 시스템은 감시정찰체계에서 획득한 대용량의 신호데이터나 영상정보를 전송할 수 있도록 설계 및 표준화된 통신 시스템이다^[1]. 현재 우리나라는 수십Mbps 전송속도로 장거리 통신링크가 가능한 MPI-CDL (Multi-Platform Image & Intelligence Common Data Link) 기술개발이 완료 되었고^[2], T4급으로 전송속도를 향상시키기 위한 연구가 진행 중에 있다^{[3][4]}. 그리고 최근 CDL은 항공기와 지상통신소 간 운용개념 확대로 다양한 네트워크 구조에 대한 연구가 진행되고 있다^{[5][6]}.

그림 1은 T4급 CDL 시스템의 운용개념을 보여준다. T4급 CDL 시스템은 기존 MPI-CDL 기술을 확장하여 광대역 주파수에서 점대점운용, 중계운용, 그리고 N:1과 1:N 운용등이 설계되었다. 점대점운용은 지상 단말에 유·무인기의 탑재장비가 일대일로 접속하여 운용하는 방법이며 중계운용은 장거리 지역이나 가시거리 확보가 힘든 지역을 두 대의 유·무인기가 중계하여 정보를 수집 전달하는 방법이다. 그리고 서로 다른 임무를 갖는 다수의 유·무인기가 한 대의 지상 단말에 정보를 전달하는 N:1 운용모드가 있으며, 다수의 지상 정보 수집 단말이 유·무인기로부터 데이터를 멀티캐스트로 전송하는 방법이 1:N 운용이다. 지상 단말 A와 탑재장비들은 RIP(Routing Information Protocol) 또는 OSPF(Open Shortest Path First) 프로토콜을 통하여 라우팅 경로를 유지한다. 지상단말 A와 탑재장비 B, C, D는 N:1 운용을 하며, E와 F는 중계운용을 통하여 수집정보를 A에게 전달한다. F의 탑재장비는 지상의 수신 단말 g, h, i, j에게 1:N 멀티캐스팅 전송으로 임무데이터를 전달하며 A와 임무 및 제어 정보를 교환한다. 1:N 운용에서는 단방향 하향

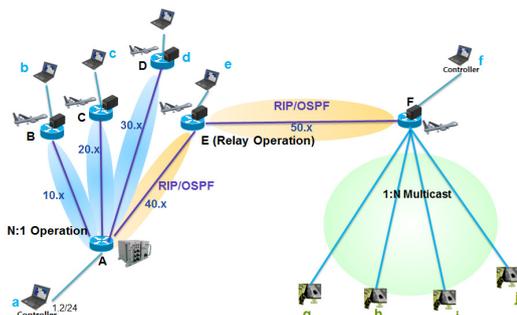


그림 1. T4급 CDL 운용개념
Fig. 1. Operational concept of T4 class CDL

링크만 존재하지만, 나머지 운용 모드의 통신링크는 양방향 송수신 포트가 각각 있으며 이는 고속 전송과 저속 전송으로 각각 분리된다. CDL의 요구 전송속도가 증가함에 따라 운용 주파수 자원이 제한되어 고품질 영상 전송을 위한 다운링크에 한해 고속 링크가 제공되며 하드웨어 사양의 제약으로 인해 동시 지원 가능한 고속 링크의 수도 제한된다. 따라서, T4급 CDL 시스템은 지상 단말에서 탑재 단말로 보내는 제어 메시지는 저속 링크를 사용하고, 탑재 단말에서 지상 단말로 보내는 신호 데이터나 영상 정보는 모든 탑재 단말에 동시에 고속링크를 제공할 수 없으므로 운용 상황에 따라 고속과 저속 링크를 혼합하여 망을 구성한다.

그림 2는 T4급 CDL 시스템의 기저대역 블록을 나타낸다. T4급 CDL 시스템의 기저대역은 네트워크 프로세서와 인터페이스 FPGA, 모뎀으로 구성되어 있으며 기가비트 이더넷 인터페이스를 통해 외부 이더넷을 연결할 수 있다. 외부 이더넷으로부터 네트워크 프로세서로 들어온 데이터는 물리 인터페이스인 POS (이하 고속 포트) 또는 TDM(이하 저속 포트)을 통하여 인터페이스 FPGA 로 보내지게 되고 목적지에 따라 정해진 모뎀으로 보내진다. 반대로 모뎀으로부터 수신된 데이터는 고속 또는 저속 포트를 통하여 네트워크 프로세서로 입력되며 기가비트 이더넷으로 보내진다. 모뎀별로 고속 데이터를 전송하고 싶을 때 네트워크 프로세서에서 지원하는 고속 포트의 개수가 T4급 CDL에서 사용하는 모뎀의 개수만큼 지원하면 모든 모뎀이 각각 독립적인 고속 포트를 사용할 수 있으나 네트워크 프로세서에서 지원하는 고속 포트의 개수는 설계상 제한되어 있다. 이 경우 모뎀의 전송 속도에 따라 고속 또는 저속 포트를 연결할 수 있으며 이는 인터페이스 FPGA의 설정으로 가능하다. 네트워크 프로세서의 스펙상 저속 포트는 최대 50Mbps, 고속 포트는 최대 622Mbps까지 지원이 가능하므로 모뎀의 전송속도가 50Mbps 이상인 경우에는 고속 포트에 연결해야 한다. 송수신 전송 속도가 비대칭으로 설정되는 환경에서 송수신 포트가 저속과 고속으로 물리적으로 분리됨을 알 수 있다.

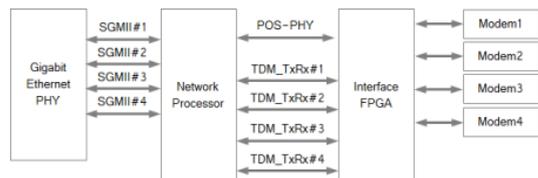


그림 2. T4급 공용데이터링크 시스템 기저대역 블록
Fig. 2. T4 class CDL baseband block

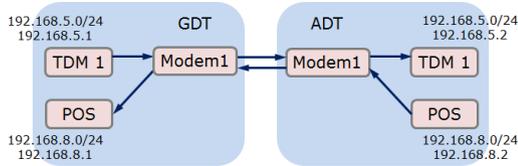


그림 3. 기존 포트 구성 방안
Fig. 3. Legacy port configuration

그림 3은 비대칭 송수신 환경에서 기존의 포트 설정 방법을 보여준다. 일반적으로 네트워크 인터페이스는 송/수신 포트가 동일하다는 가정하에 설계되었으므로 송/수신 포트를 다르게 구성하는 경우 송신 경로와 수신 경로가 다르게 취급되어 동적 라우팅 프로토콜이 동작하지 않는다. 이 경우 사용자가 정적으로 라우팅 경로를 입력하는 방식인 정적 라우팅 방식으로 동작해야 하므로 포트가 많아지면 운용자의 관리 부담이 늘어나고 망 구조가 변경되는 경우 자동으로 라우팅 테이블이 갱신되지 않으므로 패킷 전달이 불가능한 문제가 발생된다. TAP 가상 인터페이스를 적용하는 방법이 있으나 FPGA 내에서 동적으로 해당 구성을 변경하는 절차는 고려되지 않았다⁷⁾.

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 TAP 가상 인터페이스를 통한 동적 네트워크 구성방법을 제시하고, 구현결과를 제시한다.

II. 제안 방법

2.1 가상 인터페이스를 이용한 포트 구성

제안된 방법은 가상 인터페이스를 이용하여 고속 및 저속 포트간 전환 및 멀티캐스트 채널 구현이 용이한 공용 데이터링크 시스템 구성방법이다. 이를 통해, 동적 라우팅 프로토콜 연동이 가능하고 요구 전송 속도에 따른 망 구성 변경이 용이한 공용 데이터 링크 시스템의 망 구성이 가능하다. 공용데이터링크 시스템은, 물리적 인터페이스를 통해 고속/저속 데이터를 송수신하는 하나의 지상 단말과 복수의 탑재 단말로 구성되며, 지상 단말과 탑재 단말은 고속 데이터 전송용 인터페이스, 저속 데이터 전송용 인터페이스들이 연결된 가상 네트워크 인터페이스 및 디바이스 드라이버를 포함한다.

2.1.1 가상 인터페이스 구성

그림 4는 T4급 CDL 시스템을 위해 제안한 가상 인터페이스를 이용한 포트 구성 방안을 나타낸다. 지상 단말(GDT)은 고속 데이터 전송용 물리 인터페이스

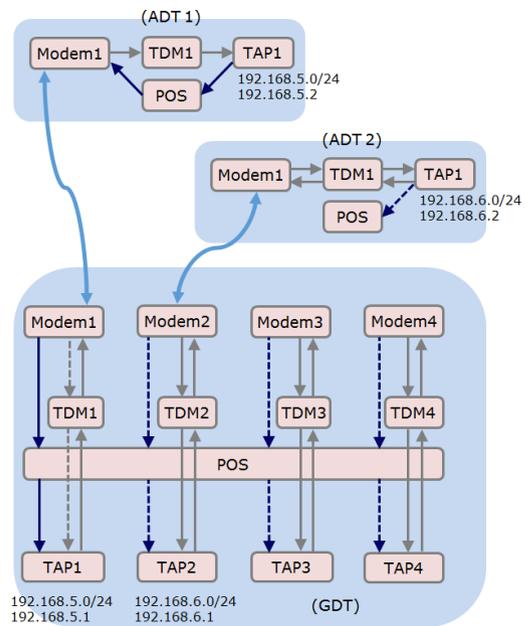


그림 4. 제안된 포트 구성 방안
Fig. 4. Proposed port configuration

스인 고속 포트 1개와 저속 데이터 전송용 물리 인터페이스인 저속 포트 4개, 커널에 등록되어 각각의 물리 인터페이스에 연결되는 가상 네트워크 인터페이스로 구성된다. 탑재 단말(ADT)은 각각 하나의 고속 포트와 저속 포트, 가상 네트워크 인터페이스를 포함하며 디바이스 드라이버는 전송 요구속도 또는 전송 형태에 따라 물리 인터페이스를 가상 네트워크 인터페이스에 동적으로 연결한다. TAP 라이브러리를 이용하여 지상 단말과 탑재 단말의 커널에 가상의 네트워크 인터페이스를 등록하고 IP를 부여한다. 디바이스 드라이버는 가상 네트워크 인터페이스와 물리적 인터페이스간 연결 기능을 수행한다. 즉, TAP 라이브러리를 이용하여 커널에 필요한 만큼의 가상 네트워크 인터페이스를 등록하고 각각에 대해 IP 및 MAC 주소를 등록한다. 디바이스 드라이버는 가용한 물리적 인터페이스 중에서 전송 요구속도에 따라 물리적 인터페이스를 가상 네트워크 인터페이스에 동적으로 연결하는 기능을 수행한다.

2.1.2 요구 속도에 따른 포트 재구성

그림 5는 공용데이터링크 시스템에서 가상 인터페이스를 이용하여 고속/저속 포트간 전환(포트 재구성)을 수행하는 예를 보여준다. 지상 단말(GDT)이 탑재 단말 1(ADT1)이 획득하여 전송한 고화질 영상 정보

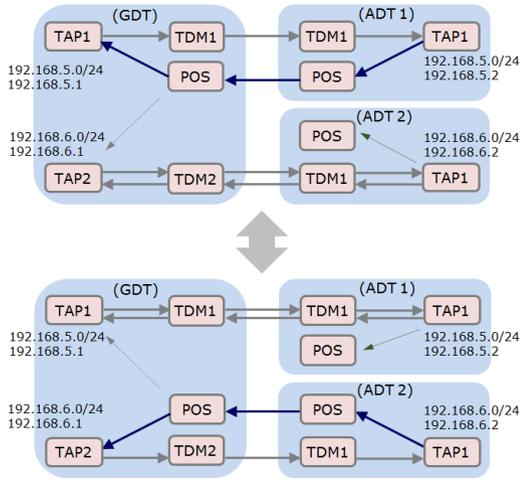


그림 5. 요구 전송 속도에 따른 포트 재구성
Fig. 5. port reconfiguration for required data rate

를 수신한 후 탑재 단말 2(ADT2)로부터 영상 정보 등을 고품질로 수신을 원하는 경우이다. 이 경우 지상 단말의 디바이스 드라이버는 이전에 지상 단말과 탑재 단말 2 사이에 형성되어 있던 양방향 저속 포트를 단방향 고속 포트로 전환한다. 이를 위하여 디바이스 드라이버는 먼저 가상 네트워크 인터페이스 TAP1의 수신포트를 고속에서 저속으로 변경하여 기존 서비스 중이던 고속 포트를 회수한다. 그 결과 모든 가상 네트워크 인터페이스가 저속 송수신상태가 되어 고속 포트가 가용상태가 된다. 이러한 동작은 지상 단말의 제어에 따라 탑재 단말에서도 동일하게 수행된다. 이후 디바이스 드라이버는 지상 단말에서 고속 포트가 가상 네트워크 인터페이스 TAP2와 연결되고, 탑재 단말 2에서는 고속 포트가 가상 네트워크 인터페이스 TAP1과 연결되도록 제어하여, 가상 네트워크 인터페이스 TAP2의 수신 포트와 탑재 단말 2의 TAP1의 수신포트를 저속에서 고속으로 변경하는 포트 재구성을 수행한다. 포트 재구성을 통해 지상 단말은 고속 포트를 통해 탑재 단말 2로부터 영상 정보를 수신하면서 저속 포트를 통해 계속 탑재 단말 2를 제어할 수 있다. 이와 같이 요구 전송 속도 즉, 고속 또는 저속 데이터에 따라 동적으로 가상 네트워크 인터페이스에 고속/저속 포트간 전환을 수행하여 포트를 재구성함으로써 지상 단말이 탑재 단말로 전송하는 저속 포트를 유지하면서 탑재 단말로부터 고속의 영상 정보를 수신할 수 있는 장점이 있다.

그림 6은 저속 포트 할당 후 고속 데이터 전송을 위한 고속 포트 할당을 위한 포트 재구성 흐름도이다.

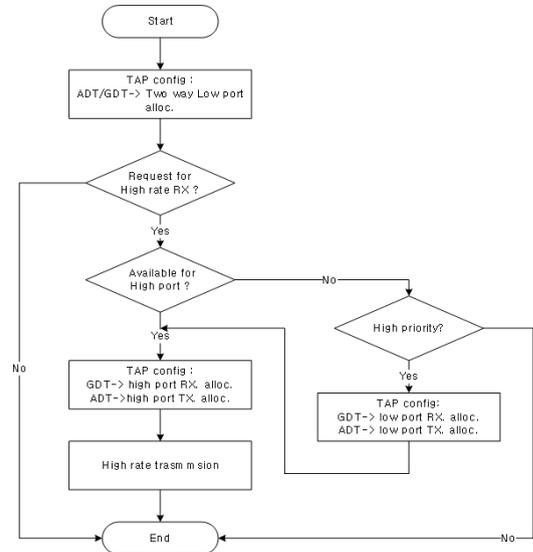


그림 6. 포트 재구성 흐름도
Fig. 6. Flow char for port reconfiguration

디바이스 드라이버는 초기에 지상 단말과 탑재 단말의 가상 인터페이스에 양방향 저속 포트를 할당한다. 이 상태에서 운용자로부터 고속 데이터 수신이 요구되면 디바이스 드라이버는 고속 포트가 사용 가능한 상태인지 확인한다. 확인 결과 고속 포트가 가용 상태이면 디바이스 드라이버는 지상 단말의 수신 포트에 고속 포트를 할당하고, 탑재 단말의 송신 포트에 고속 포트를 할당하는 포트 재구성을 수행한다. 이때, 지상 단말의 송신 포트와 탑재 단말의 수신 포트에는 여전히 저속 포트가 할당되어 있다. 따라서, 탑재 단말은 할당된 고속 송신 포트를 통해 고속 데이터를 지상 단말로 전송하고, 지상 단말은 고속 수신 포트를 통해 고속 데이터를 수신한다. 반면에, 고속 포트가 가용 상태가 아니면, 즉 동작인 수행되는 상태이면 디바이스 드라이버는 요구된 고속 데이터의 우선순위가 현재 고속 포트를 통해 탑재 단말로부터 전송되고 있는 고속 데이터보다 우선순위가 높은지 비교한다. 비교 결과 요구된 고속 데이터의 우선순위가 현재 서비스중인 고속 데이터의 우선순위보다 낮으면 재구성 과정을 종료한다. 반면에, 요구된 고속 데이터의 우선순위가 현재 서비스중인 고속 데이터보다 우선순위가 높으면, 디바이스 드라이버는 현재 사용되고 있는 고속 포트를 회수하여 지상 단말의 수신 포트와 탑재 단말의 송신 포트에 각각 저속 포트를 할당한 후, 우선순위가 높은 지상 단말의 수신 포트에 고속 포트를 할당하고, 우선순위가 높은 탑재 단말의 송신

포트에 고속 포트를 할당하는 고속 포트 전환을 수행한다. 따라서, 지상 단말이 고속 포트를 통해 고속 데이터를 수신중에도 고속 포트 전환을 통하여, 우선순위가 높은 고속 데이터 수신이 가능하다.

III. 구현 및 결과

리눅스 OS 와 네트워크 프로세서의 드라이버를 이용한 구현부는 크게 세 부분으로 구성된다. 첫째 가상 네트워크 인터페이스인 TAP 의 생성, 둘째 가상 인터페이스와 실제 물리적 인터페이스에 데이터 쓰기 동작이 발생했을 때 데이터를 복사하는 동작을 실행하는 함수, 셋째로 가상 인터페이스와 실제 고속 및 저속 인터페이스를 연결할 때 참조할 수 있는 연결 테이블이다.

3.1 가상 네트워크 인터페이스의 생성

리눅스 OS 에서의 가상 네트워크 인터페이스는 “/dev/net/tun” 을 열고 ifname 을 TAP0 ~ TAP3 중에 하나로 설정한 후 TUNSETIFF ioctl 의 실행하여 생성한다. T4급 데이터링크의 지상 단말은 TAP의 개수를 4개까지 설정할 수 있으며 ifname을 다르게 하여 위 과정을 4회 반복하면 TAP0부터 TAP3까지 4개의 인터페이스가 생성된다. 이렇게 생성된 4개의 인터페이스에 대해 각각 system 명령어를 이용하여 IP 를 부여한다.

3.2 네트워크 인터페이스 연결 실행 함수

TAP0 에서 TAP3 는 리눅스 OS 상의 가상의 네트워크 인터페이스이며 리눅스 OS 상에서 동작하는 동적라우팅 프로토콜 데몬 등이 읽고 쓰기를 하기 위해

서는 실제 저속 및 고속의 인터페이스에서 데이터를 읽고 써주는 연결 부분이 필요하다. 리눅스에서 동작하는 데몬이 TAP에 데이터를 쓸 때 이것을 고속 또는 저속 포트에 써주기 위해서 리눅스 상에 쓰레드를 하나 생성하여 이용한다. 이 쓰레드는 주기적으로 TAP 에 쓰기가 된 데이터가 있는지 살피고 데몬이 TAP에 쓰기를 실행할 경우 고속 또는 저속 포트에 같은 데이터를 쓰게 된다. 반대로 모뎀으로부터 들어온 데이터가 고속 또는 저속 포트에 쓰기 동작을 하는 경우 쓰레드 대신 프로세서에서 제공하는 콜백 함수가 호출이 되어 해당하는 TAP에 같은 데이터를 써 줄 수 있다.

3.3 네트워크 인터페이스 연결 참조 테이블

두 가지 네트워크 인터페이스 연결 실행 함수인 쓰레드 함수와 콜백 함수에서 고속 및 저속 포트를 TAP0 ~ TAP3 인터페이스에 상황에 맞게 연결하기 위해서는 연결 참조 테이블이 필요하다. 예를 들어 TAP0 가 저속 송신을 하고 고속 수신을 하고 있다면 데몬에 의해 쓰여진 데이터가 저속 포트중 하나인 TDM0에 쓰여져야 하며 모뎀에 의해 고속 포트에 쓰여진 데이터는 TAP0에 다시 복사되어야 한다. 이런 식의 규칙을 가지고 있는 연결 참조 테이블은 초기에는 모두 저속 포트와 연결이 되어 있도록 구성하며, 어느 한 채널이 고속 포트를 요청할 때 연결 참조 테이블이 변경된다. 이후 연결 실행 함수의 수행 시에는 연결 참조 테이블에 따라 읽고 쓰는 방향이 변경될 수 있다.

3.4 구현 결과

그림 7은 현재 장비 구현을 마치고 시험중인 T4급 CDL 장비를 보여준다. 지상 단말과 탑재 단말은 각각

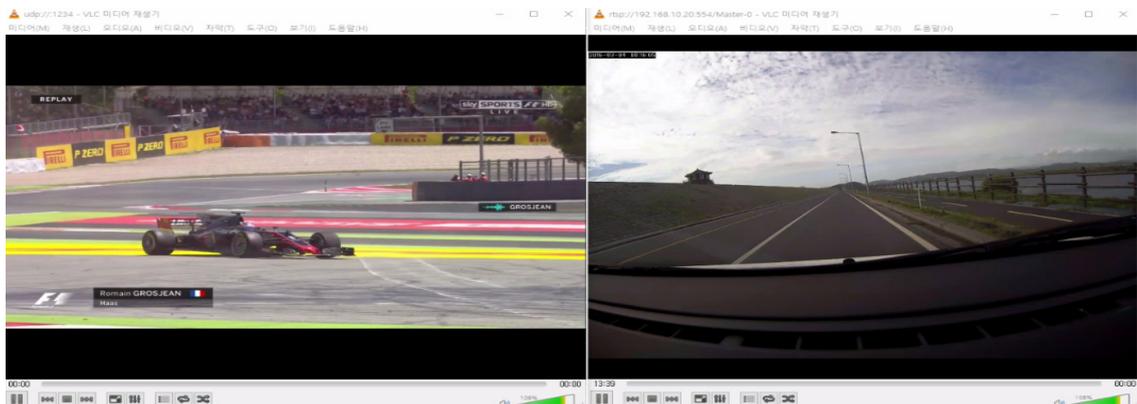


그림 7. T4 데이터링크 영상 시험 전송 화면
Fig. 7. Video transmission test via T4 datalink

기지대역 조립체, RF 조립체, 안테나로 구성되며 가상 네트워크 인터페이스를 이용한 구성은 기저대역 조립체에 설치된 SW에 구현된다. 기저대역 조립체에 연결된 제어기에서 기저대역 조립체의 모뎀 전송속도를 변경하게 되면 높은 전송속도에서는 고속 인터페이스가 필요하게 되고 이에 따라 가상 네트워크 연결을 위한 연결 참조 테이블이 변경된다. 리눅스에서 동작하는 동적라우팅 데몬 등은 가상 네트워크 인터페이스만을 참조하므로 라우팅 테이블 유지에는 문제가 없다.

그림 8은 T4급 CDL의 정상 동작 확인을 위한 영상 시험 전송 화면을 보여준다. 좌측 그림은 탑재 단말에서 동영상 플레이어를 이용하여 영상을 UDP 방식으로 전송하여 지상 단말에서 영상을 재생하는 화면이다. 우측 그림은 탑재 조립체가 이동하는 상황에서 IP 카메라의 영상을 송신하고 지상 단말에서 영상을 재생하는 화면이다.

그림 9는 한 대의 지상 단말을 두 대의 탑재 단말과 연결한 후, 탑재 단말 1로부터 45Mbps급 영상을 수신하고 탑재 단말 2로부터 274Mbps급 영상을 수신했을 때의 영상 데이터 전송율을 보여준다. 영상 송신 시 가변 전송율을 사용하였으므로 순간 전송율은 일정하지 않으며 274Mbps, 45Mbps이하의 전송율에서 영상이 정상적으로 수신됨을 확인하였다. 전송속도 변경 시 가상 네트워크 인터페이스와 고속 및 저속 포트



그림 8. T4급 CDL 장비
Fig. 8. T4 class CDL equipment

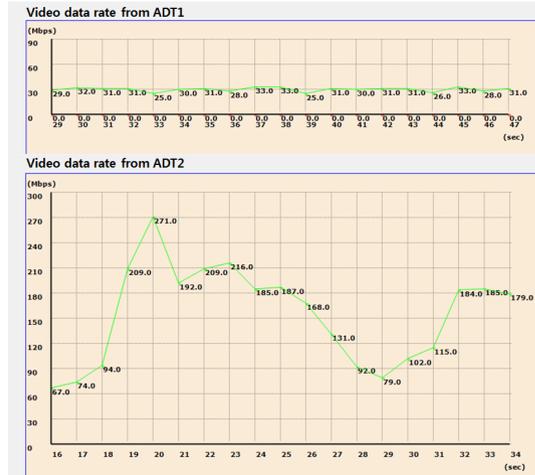


그림 9. 수신 비디오 속도 ADT1(위) ADT2(아래)
Fig. 9. received video data rate from ADT1(up) and ADT2(down)

```

=====
tap[0].TX_CON = 0x0,    tap[1].TX_CON = 0x1,
tap[0].RX_CON = 0x5,    tap[1].RX_CON = 0x1,
tap[2].TX_CON = 0x2,    tap[3].TX_CON = 0x3,
tap[2].RX_CON = 0x2,    tap[3].RX_CON = 0x3
=====

=====
tap[0].TX_CON = 0x0,    tap[1].TX_CON = 0x1,
tap[0].RX_CON = 0x0,    tap[1].RX_CON = 0x5,
tap[2].TX_CON = 0x2,    tap[3].TX_CON = 0x3,
tap[2].RX_CON = 0x2,    tap[3].RX_CON = 0x3
=====
    
```

그림 10. 지상 조립체의 연결 참조 테이블
Fig. 10. Connection reference table of GDT

의 연결이 동적으로 변경되는 것은 연결 참조 테이블을 통해 확인할 수 있다. 그림 10은 지상 조립체 1대와 탑재 조립체 4대가 연결된 상태에서 지상 조립체의 참조 테이블을 나타낸다. 0x0~0x3은 TDM1~TDM4를, 0x5는 POS를 의미하며 tap[0]~tap[3]은 각각TAP1~TAP4를 의미한다. 위쪽 참조 테이블에서는 TAP1에 연결된 모뎀의 수신 전송속도가 274Mbps로 설정되었으므로 수신 인터페이스가 POS로 설정되어 있음을 알 수 있다 (tap[0].RX_CON=0x5). 이후 TAP2에 연결된 모뎀의 수신 전송속도가 274Mbps로 변경되고 TAP1에 연결된 모뎀의 전송속도가 45Mbps로 변경되면 아래쪽 참조 테이블과 같이 TAP2의 수신 인터페이스가 POS가 되는 것을 볼 수 있다(tap[1].RX_CON=0x5).

IV. 결 론

본 논문에서는 T4급 CDL 시스템을 위한 가상 인 터페이스를 이용한 동적 링크 구성 방법을 제안하였 고 구현 결과를 제시하였다. 제안된 동적 포트 재구성 방안을 이용하여 고속 및 저속 포트를 갖는 공용테이 터 링크 시스템에서 동적 라우팅 프로토콜 연동이 가 능하고 전송 속도에 따른 망 구성 변경이 가능함을 시 스템 구현을 통해 확인하였다. 현재 구현된 시스템에 서는 단일 고속포트만을 고려하였으므로 추후 고속포 트를 다중으로 활용할 수 있는 방안에 대해 추가적인 연구를 수행할 예정이다.

References

- [1] 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. Park, "Standardization strategy for the image and intelligence common datalink," *KICS Inf. and Commun. Mag.*, vol. 28, no. 04, pp. 41-50, Apr. 2011.
- [2] Y. J. Ryu, J. H. Ryu, and U. Y. Park, "Aeronautical link availability analysis for the multi-platform image & intelligence common data link," *J. KICS*, vol. 37C, no. 10, pp. 965-976, Oct. 2012.
- [3] J. W. Jung, J. S. Kim, and Y. J. Ryu, "Genetic algorithm based linear region extension for multivariable monopulse tracking systems," *J. KIMST*, vol. 20, no. 02, pp. 272-278, Apr. 2017.
- [4] T. H. Kim, "3D beamforming techniques in multi-cell MISO downlink active antenna systems for large data transmission," *J. KICS*, vol. 40, no. 11, pp. 2298-2304, Nov. 2015.
- [5] W. P. Kang, J. H. Song, K. H. Lee, D. H. Lee, S. J. Jung, and H. J. Choi, "Analysis of common data link technology trends for the next generation korean common data link development," *J. KICS*, vol. 39C, no. 03, pp. 209-222, Feb. 2014.
- [6] S. G. Lee, H. J. Lee, H. R. Kim, and Y. J. Ryu, "Security architecture for T4 class common data link" *J. Korea Soc. Comput. and Inf.*, vol. 22, no. 08, pp. 63-72, Oct. 2017.

- [7] TUN/TAP, edited on Apr. 3, 2017, from <https://en.wikipedia.org/wiki/TUN/TAP>

김 용 신 (Yongsin Kim)



1997년 2월: 숭실대학교 정보통신공학과 졸업
 1999년 2월: 숭실대학교 정보통신공학과 석사
 2015년 8월: 숭실대학교 전자공학과 박사
 2002년 1월~현재: 국방과학연구소 제2기술연구본부 연구원

<관심분야> Distributed mobility management, Load balancing routing, Tactical integrated network

김 태 훈 (Taehoon Kim)



2011년 2월: 고려대학교 전자통신공학부 졸업
 2013년 2월: 고려대학교 전기전자전파공학과 석사
 2013년 3월~현재: 국방과학연구소 제2기술연구본부 1부 연구원

<관심분야> Communication theory and signal processing techniques for wireless communications such as MIMO-OFDM systems and wireless relay networks.

정 주 현 (Juhyun Jung)



2000년 2월: 건양대학교 컴퓨터공학과 졸업
 2011년 2월: 충남대학교 컴퓨터공학과 석사
 2011년 9월~현재: 국방과학연구소 제2기술연구본부 1부 연구원

<관심분야> Wireless sensor networks, Tactical integrated network

김 영 돈 (Youngdon Kim)



2001년 2월: 연세대학교 전과
공학사 졸업
2003년 2월: 연세대학교 전기
전자공학과 석사
2003년 1월~2015년 7월: 삼
성전자 무선사업부 연구원
2016년 5월~현재: 한화시스템
연구원

<관심분야> Datalink for military UAV

이 우 신 (Wooshin Lee)



2001년 2월: 광운대학교 컴퓨
터 공학과 졸업
2003년 2월: 광운대학교 컴퓨
터 공학과 석사
2007년 8월: 광운대학교 컴퓨
터 공학 공학박사
2008년 1월~현재: 한화시스템
연구원

<관심분야> Tactical integrated network, UAV
control/mgmt. system