

VSAT 기반 위성통신 시스템에서 인터넷 서비스를 제공하는 계층 간 프로토콜 연동 구조

김지형*, 노재원*, 조성현^o

Interconnection Architecture of Cross-Layer Protocols to Provide Internet Services in VSAT Based Satellite Communication Systems

Jeehyeong Kim*, Jaewon Noh*, Sunghyun Cho^o

요약

본 논문에서는 VSAT 기반 위성통신 시스템에서 효율적인 인터넷 서비스를 제공하는 계층 간 프로토콜 연동 구조 모델을 제시하고 이를 구현하여 제안된 모델의 동작을 검증한다. VSAT 기반 위성통신 시스템은 대부분 DVB-S2 표준을 사용한다. 그러나 DVB-S2는 방송 서비스 중심으로 설계되었기 때문에 IP 기반 인터넷 프로토콜을 지원하기에는 비효율성이 많이 존재한다. 이를 해결하기 위해 계층 2 프로토콜인 generic stream encapsulation (GSE)가 제정되었다. 본 논문은 IP 프로토콜과 GSE 프로토콜과의 연동, GSE 프로토콜과 DVB-S2와의 연동 방법에 대해 제안한다. 또한 컴퓨터 소프트웨어를 이용하여 제안된 계층 간 연동 프로토콜을 구현하고 NI사의 universal software radio peripheral (USRP) 및 상용 DVB 수신기를 통해 구현된 내용의 동작을 검증한다.

Key Words : Satellite Communication, Very Small Aperture Terminal (VSAT), Digital Video Broadcasting (DVB), Generic Stream Encapsulation (GSE), Internet Service, Interconnection Architecture

ABSTRACT

In this paper, a cross-layer interworking scheme for different protocols is proposed to provide an efficient internet services in very small aperture terminal (VSAT) based satellite communication systems. In addition, we implement the proposed interworking model and prove the feasibility of the proposed system. VSAT based satellite communication systems commonly use digital video broadcasting (DVB)-S2 standard. Unfortunately, DVB-S2 has inefficient parts to support IP based internet services because it has originally been designed to support broadcasting services. Generic stream encapsulation (GSE) protocol, which is a layer 2 protocol, has been proposed to mitigate this inefficiency. We propose a cross-layer interworking scheme to cooperate efficiently between IP and GSE protocols and between GSE protocol and DVB-S2, respectively. In addition, we implement the proposed interworking schemes via computer softwares and prove the feasibility using NI-USRP and commercial DVB receiver.

* 이 연구는 방위사업청 및 국방과학연구소의 재원에 의해 설립된 신호정보 특화연구센터 사업의 지원을 받아 수행되었음.

• First Author : Hanyang University, Department of Computer Science and Engineering, manje111@gmail.com, 학생회원

◦ Corresponding Author : Hanyang University, Department of Computer Science and Engineering, chopro@hanyang.ac.kr, 종신회원

* Hanyang University, Department of Computer Science and Engineering, jaewon1451@gmail.com, 학생회원

논문번호 : KICS2016-09-256, Received September 13, 2016; Revised September 26, 2016; Accepted September 27, 2016

I. 서론

위성통신 시스템이란 위성을 통해 무선 신호를 송수신하는 시스템을 의미한다. 주로 유·무선 통신 인프라를 사용하기 힘든 상황에서 사용되거나 사용될 것을 목표로 연구되고 있다. 해상이나 육지에서 오지 지역, 혹은 기존 통신 인프라를 사용할 수 없는 재난 상황 등이 위성 통신 시스템이 주로 고려되는 상황들이라 할 수 있다^{1,2)}. Very small aperture terminal (VSAT)은 인터넷 서비스를 제공하는 대표적 위성통신 인프라이다¹⁾. 현재 대부분의 VSAT 시스템에서는 digital video broadcasting (DVB) 계열 표준을 사용하고 있다^{3,4)}. DVB 표준은 디지털 방송을 위해 만들어진 표준이다. 이 표준을 위성 시스템에 적합하도록 만든 표준이 DVB-S이다. 이러한 DVB-S 표준에 adaptive coding and modulation (ACM)과 low density parity check (LDPC) 채널코딩과 같은 기술들을 적용하고, MPEG2-TS 스트림 외에도 영상이 아닌 일반적 데이터도 다룰 수 있게 만든 표준이 DVB-S2이다⁵⁾. DVB-S2에서 동영상이 아닌 데이터는 generic stream (GS)으로 분류되어 처리되고 있다. Generic stream을 다루기 위한 2계층 (data-link layer) 프로토콜로써 generic stream encapsulation (GSE)가 표준으로 정의되어 있다^{6,7)}.

최근 위성 통신망의 용도가 방송에서 데이터로 확대됨에 따라 향후 DVB-S2에서도 generic stream에 대한 수요가 많아질 것으로 예측된다. 이러한 상황에 비추어 본 연구에서는 위성통신 시스템에서 효율적인 인터넷 서비스 제공을 위해 DVB-S2 표준, GSE 및 IP 프로토콜 연동 방법을 제안하고, 이를 컴퓨터 시뮬레이션으로 구축하여 제안된 연동 방법의 동작을 검증한다. 특히 모의실험에서 실제 위성 장비를 통해 시험하기 어려우므로 National Instrument사의 universal software radio peripheral (USRP) 및 관련 소프트웨어를 통해 위성 신호 및 데이터의 송수신을 구현한다. 특히 수신단에서 상용 DVB-S2 수신 모듈을 사용하여 본 연구에서 구현한 시스템의 작동을 검증한다.

II. 위성 통신 표준

본 절에서는 VSAT 위성 통신 시스템의 표준에 대해 설명한다. VSAT 위성통신 시스템은 그림 1과 같이 송수신 주체에 따라 인바운드 (inbound) 링크와 아웃바운드 (outbound) 링크로 나눌 수 있다. 인바운드 링크는 VSAT 단말에서 위성방향의 통신채널이며

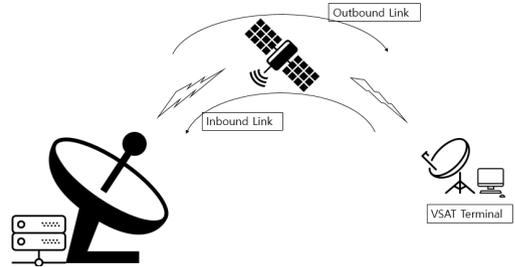


그림 1. VSAT 통신 시스템
Fig. 1. VSAT communication systems

IPoS (IP over Satellite) 프로토콜이 주로 사용된다⁸⁾. 아웃바운드 링크는 위성에서 VSAT 단말방향으로의 통신채널이며 DVB-S2 표준이 주로 사용된다. 데이터 트래픽의 양이나 중요도를 기준으로 볼 때 아웃바운드 관련 기술이 좀 더 많은 주목을 받고 있다. 본 연구에서는 대표적 아웃바운드 표준인 DVB-S2와 GSE의 계층 간 연동구조에 대해 연구하고 이를 구현한다.

2.1 Generic Stream Encapsulation (GSE)

GSE는 가변적인 임의의 패킷들을 다루기 위해 만들어진 L2 표준이다⁷⁾. GSE는 자체적으로 fragmentation기능을 제공한다. 하지만 GSE 헤더에는 fragmentation에 필요한 sequence 필드가 없다. 이는 위성통신 시스템의 아웃바운드 통신 특성상 상위 레이어의 데이터가 연속적으로 들어온다는 가정을 하고 있기 때문이다. 대신 fragmentation 된 PDU에 대해서 cyclic redundancy check (CRC)를 제공함으로써 무결성을 보장한다.

2.2 DVB-S2 표준

DVB-S2는 크게 2가지의 전송 방식을 지원한다. 디지털 방송을 위해 동영상을 전달하는 MPEG2-TS 방식과 일반 IP 패킷을 전달하는 generic stream 방식이 있다. DVB-S2 시스템은 크게 mode adaption, stream adaption, forward error correction (FEC) encoding, mapping, PL framing, modulation 부분으로 구성되어 있다. Mode adaption 방식은 입력된 데이터가 MPEG2-TS 인지 generic stream 인지 확인한다. 들어온 데이터의 종류에 따라 sync를 맞추거나, CRC 값을 계산하는 등의 작업을 거친다. 최종적으로 baseband 헤더 (BB-HEADER)를 붙이는 작업까지 진행한다. Stream adaption은 패딩과 스크램블링 작업을 진행한다. FEC encoding은 LDPC와 BCH 코딩 작업을 진행하여 FEC 프레임을 만든다. FEC 프레임은 mapping과정에서 변조방식에 따라 적절한 성상

(constellation) 값으로 맵핑된다. 맵핑된 프레임은 PL Framing에서 PL-HEADER를 삽입하고 물리 계층 스크램블링 과정을 거친 후 신호로 변환되어 위성으로 전송된다.

III. Generic Stream 처리를 위한 계층 간 프로토콜 연동

본 절에서는 generic stream을 처리하기 위해 각 계층 별 프로토콜이 어떻게 연동되는지에 대해 설명한다. 먼저 네트워크 계층에서 IP 패킷을 만들면 GSE는 이를 PDU로 인식하여 GSE 패킷으로 만들게 된다. 이후 DVB-S2는 다시 GSE 프레임들을 generic stream으로 받아서 baseband FRAME (BB-FRAME)을 만든다. 이러한 과정에서 각 프로토콜들은 fragmentation과 각 프로토콜에 의한 헤더정보를 추가하게 된다.

3.1 IP 프로토콜과 와 GSE 프로토콜 연동

먼저 네트워크 계층에서 IP 패킷이 만들어지면 GSE는 이를 바탕으로 GSE 패킷을 만들게 된다. 이때, GSE는 네트워크 계층과 별도로 fragmentation을 진행하게 된다. 이 때, 같은 PDU를 가진 GSE 패킷은 모두 같은 fragmentation ID를 헤더 정보에 포함하게 된다. 이를 통하여 PDU를 fragmentation한 GSE 패킷들이 수신되었을 때, 해당 GSE 패킷들을 같은 PDU에 속한 GSE 패킷들끼리 분류하여 버퍼에 저장할 수 있게 된다. 또한, 그림 2에서 볼 수 있듯이, 각 PDU에 대한 무결성을 보장하기 위해 GSE는 마지막 PDU로 만든 GSE 패킷에 PDU에 대한 CRC 값을 추가적으로 붙이게 된다. 이러한 일련의 과정을 위해 GSE는 GSE 패킷을 만들기 전에 상위 계층에서 만든 IP패킷의 헤더를 열어보게 된다.

3.2 GSE 프로토콜과 DVB-S2 연동

DVB-S2가 처리하는 generic stream은 generic continuous stream과 generic packetized stream 두 종류로 나뉜다. Generic packetized stream은 크기가 일정한 패킷이 상위 계층에서 전달되는 경우에 쓰이고, 그 이외의 경우에는 generic continuous stream으로 처리 된다. 따라서 크기가 일정하지 않은 GSE 패킷의 경우 generic continuous stream으로 처리 된다. 이는 DVB-S2가 GSE 패킷들을 단순히 연속된 비트스트림으로 처리함을 의미한다. DVB-S2는 연속한 비트스트림에 대해 merge/slice를 수행한다. Merge/slice는 연

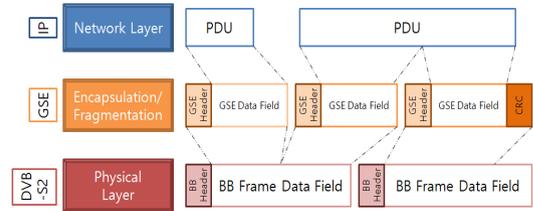


그림 2. IP, GSE 및 DVB-S2의 계층 구조
Fig. 2. Layered structure of IP, GSE and DVB-S2

속된 비트스트림을 합치거나 나누어서 BB-FRAME으로 만드는 과정이다. 따라서 한 BB-FRAME 안에 여러 GSE 패킷이 들어갈 수도 있고 GSE 패킷이 잘라서 두 개의 BB-FRAME에 나뉘어 들어가게 될 수도 있다. 문제는 BB-FRAME이 위성통신 시스템을 거치며 데이터가 손상되어 수신단에서 처리하지 못할 수 있다는 것이다. 만약 어떤 GSE 패킷이 두 개의 BB-FRAME에 나뉘어 들어갔을 경우, 둘 중 하나의 BB-FRAME이 전송에 실패하게 되면 나머지 하나의 BB-FRAME에 있는 남은 GSE 패킷 조각도 의미가 없어진다. 그러한 상황에서 DVB-S2가 수신된 비트스트림을 처리하게 되면 해당 비트스트림은 중간에 남은 GSE 조각인 쓰레기값을 가지게 된다. 따라서 수신단의 GSE에서는 이를 걸러내기 위해 별도로 GSE 패킷 사이에 잘못된 값들이 들어가 있는지 검사하는 기능을 만들어야 하는데, 여기서 GSE를 일일이 검사해야 하는 오버헤드가 생기게 된다. 따라서 DVB-S2가 비트스트림을 BB-FRAME에 넣을 때, 해당 데이터가 GSE 패킷이라면 계층 간 연동구조를 통해 GSE 패킷의 헤더정보를 검사하여 한 GSE 패킷이 두 BB-FRAME에 들어갈 수 없도록 만들 수 있다. 그렇게 송신단에서 처리할 경우, 수신단에서 DVB-S2가 GSE 패킷으로 이루어진 비트스트림을 처리하게 되면 해당 비트스트림은 온전한 GSE 패킷들로만 이루어져 있게 된다.

IV. 구현 및 동작 검증

구현은 트래픽 생성부와 신호 송출부로 나눌 수 있다. 트래픽 생성부는 일반 사용자의 인터넷 트래픽을 시연하기 위해 트래픽을 캡처 하는 과정이다. 신호를 송출하는 부분은 따로 구현할 필요가 없으나 인터넷 트래픽을 캡처하여 DVB-S2에 맞는 패킷으로 변환하는 과정은 구현이 필요한 부분이며, 본 절에서는 실제 구현 내용을 기술한다.

4.1 IP 패킷 구현

본 절에서는 구현하고자 하는 계층 간 연동 동작 모델은 DVB-S2 기반 위성통신 시스템을 통해 원거리로 데이터를 송·수신하는 시나리오이다. 이를 위해서는 먼저 전달되는 실제 IP 패킷을 생성해야 한다. 따라서 본 연구에서는 그림 3과 같이 실제 데이터 트래픽을 위성통신 시스템의 송·수신 데이터로 사용할 수 있도록 구현하였다. 실제 사용자가 사용하는 IP 패킷을 만들기 위하여 기존 인터넷 서비스를 사용하는 데이터 트래픽을 캡처하여, 해당 패킷을 위성 통신 시스템 구현의 IP 패킷으로 사용하였다. 따라서 우선적으로 Winpcap 라이브러리를 사용하여 IP 패킷을 캡처하였고 그 결과를 IP 패킷 파일로 내어주어 다음 단계로 보내도록 구현하였다.

Winpcap을 이용하여 IP 패킷을 마련하는 과정은 다음과 같다. 먼저 pcap_findalldevs 함수를 이용하여 디바이스들의 목록을 구한다. 여기서 사용할 디바이스를 선택한 후 구조체로 넷마스크를 구한다. 이후 pcap_compile 함수와 pcap_setfilter 함수를 이용하여 패킷을 캡처할 컴파일 옵션과 필터를 설정한다. 설정이 완료되면, 본 설정과 함께 pcap_loop 함수를 통하여 원하는 만큼의 패킷들을 캡처한다. 패킷이 캡처되면, pcap_handler에 의해서 원하는 패킷들이 구분된다. 본 시나리오에서는 IP 패킷을 사용하기 때문에 핸들러에서 캡처된 패킷의 IP 헤더를 취득하고, 헤더의 프로토콜 타입을 검사하여 IP 패킷이 맞는지 검사한다. IP 패킷이 맞는 경우, hexa 스트림의 형태로 파일로 내보내어 IP 패킷을 추출하는 과정을 완료한다. 이 과정에서 추출된 패킷 데이터는 다음 과정인 GSE 패킷의 입력으로 쓰인다.

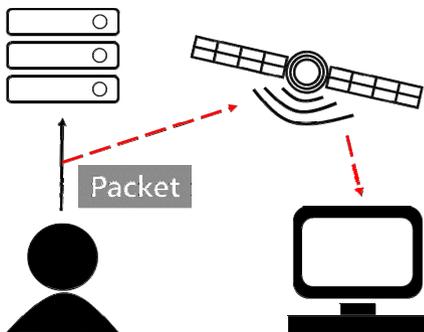


그림 3. IP 패킷 추출 시나리오
Fig. 3. Extraction scenario of IP packets

4.2 GSE 패킷 구현

앞의 과정에서 만들어진 IP 패킷을 다시 GSE 패킷으로 만드는 과정이다. GSE 패킷 헤더는 크게 고정 헤더 필드와 변동 헤더 필드로 나뉜다. 고정 헤더 필드는 다시 Start_Indicator (S), End_Indicator (E), Label_Type_Indicator (LT) 로 이루어져 있고, 변동 헤더 필드는 fragment ID와 전체길이, PDU의 프로토콜 타입, 그리고 주소정보가 들어가는 label 필드로 구성되어 있다. 처음 고정 헤더 필드에 등장하는 S, E, LT 필드는 fragmentation에 쓰인다. PDU가 GSE에서 fragmentation 되는 경우, 시작부분은 S가 1, 끝 부분은 E가 1로 설정된다. 만약 fragmentation이 되지 않을 경우는 S, E 필드 모두 1로 설정된다.

4.3 DVB-S2 baseband 프레임 생성 구현

그림 4는 GSE 패킷을 DVB-S2 BB-FRAME 으로 바꾸는 과정의 의사 코드이다. 가장 먼저 data field length (DFL) 값을 정한다. DFL 값은 LDPC Code Identifier 와 FEC-FRAME의 길이에 따라 결정된다. 그 후 버퍼의 타임아웃을 체크하기 위해 시작 시간을 기록한다. 그 후 지속적으로 루프를 돌며 GSE 패킷이 프로그램으로 들어오는지 실시간 감시를 시작한다. 프로그램으로 들어온 GSE 패킷은 가장 먼저 user packet (UP)화 되어 UP를 위한 포인터에 저장이 된다. 그 이후 모든 mode adaption 과정은 거치지 않으므로 바로 UP 비트 스트림은 버퍼로 저장이 된다. 버퍼에 UP가 저장이 될 때마다 현재 버퍼에 들어 있는 비트 스트림의 길이를 체크한다. 버퍼에 존재하는 비트 스트림의 길이가 하나의 데이터 필드를 만들기에 충분할 정도로 커지면 버퍼의 비트스트림을 DFL 길이만큼 자른다. 자른 비트 스트림은 데이터 필드를 위한 포인터에 저장 된다. 이 해당 데이터 필드 비트 스트림의 앞에 BB-HEADER 정보를 담고 있는 10바이트의 비트 스트림을 붙이고 스크램블링 과정을 진행한다. 최종적으로, mode adaptation 헤더 (MA-HEADER) 정보를 담고 있는 4바이트를 스크램블링 된 비트스트림 앞에 붙여 BB-FRAME을 완성한다. 위와 같은 과정을 통해 완성된 BB-FRAME은 결과 (output) 파일에 16진수 형태로 표시되어 저장된다. 버퍼가 다 채워지지 않을 경우에도 10ms가 지나면 마찬가지로 위의 과정을 거치게 된다. 해당 경우에도 데이터 필드 앞에 BB-HEADER를 삽입한다. 이 때, BB-HEADER의 필드 중 DFL 부분의 길이를 감소한 비트스트림의 길이로 수정하여 삽입한다. 그 후

```

Algorithm MakeDVBS2 (BGSE) :
Input :
    BGSE : the bit stream of GSE Packet
Output :
    BBBFRAME : the bit stream of BBFRAME
1 : determine the DFL depending on the system value
2 : START = A time point
3 : while ( True ) :
4 :     Buffer = {∅}
5 :     BUP = getUP from BGSE
6 :     the BUP goes to buffer
7 :     size = calculate the size in Buffer
8 :     if ( size > DFL ) then
9 :         Bdatafield = save the bit stream in Buffer
10 :        BBBHEADER = inserting the BBHEADER
11 :        Bscramble = Scrambling the BBBHEADER
12 :        BBBFRAME = inserting the MAHEADER
13 :        save the BBBFRAME in output file
14 :    End if
15 :    END = A time point
16 :    if ( END - START < 10 ) then
17 :        Bdatafield = save the bit stream in Buffer
18 :        BBBHEADER = inserting the BBHEADER
19 :        Bpadding = padding
20 :        Bscramble = Scrambling the Bpadding
21 :        BBBFRAME = inserting the MAHEADER
22 :        save the BBBFRAME in output file
23 :        START = reset the time point
24 :    End if
25 : End while
    
```

그림 4. DVB-S2 Baseband Frame (BB-FRAME) 생성 과정
Fig. 4. Generation process of a DVB-S2 BB-FRAME

$K_{bch}(=DFL + 80)$ 길이에 맞게 부족한 부분을 0으로 패딩 한다. 그 이후 과정은 일반적인 과정과 동일하게 스크램블링을 거친 후 MA-HEADER를 삽입하여 결과 파일에 저장하고 타이머를 리셋한다.

4.4 DVB-S2 신호 생성 및 복조

본 연구에서는 NI USRP-2930 장비와 위성신호 수신기, 64비트 PC 두 대를 사용하였다. 또한 LabView를 이용하여 DVB-S2 신호 생성과 복조하여 시각화하는 프로그램을 구현하였다. 위에서 기술한 IP 패킷으로부터 GSE, DVB-S2 표준을 거쳐 만들어진 BB-FRAME을 LabView 프로그램의 입력으로 전달하여 인코딩과 변조 작업을 수행한다. 앞서 설명한 BB-FRAME의 생성까지는 프로그램 내에서 dynamic linking library (DLL) 형태로 포함된다. 이후 DLL의 출력인 비트 스트림 형태의 BB-FRAME을 입력으로 받아 인코딩을 진행한다.

BB-FRAME에 대해 BCH 인코딩과 LDPC 인코딩을 차례로 적용하면 FEC-FRAME이 도출된다. 이때 BCH 인코딩과 LDPC 인코딩은 LabView에서 제공하

는 모듈을 사용하여 구현하였다. 또한 입력 비트 스트림 외에 parity check matrix 등의 코딩을 위한 기본 옵션들을 입력 받아 해당 과정을 진행한다. 이후 성상도 (constellation map) 매핑 및 변조 과정을 통해 신호가 생성되며 USRP 장비를 통해 송신된다. 송신 측 PC에는 USRP 장비를 연결하며 수신 측 PC에는 상용 위성신호 수신기를 연결한다. 송신 측 PC에서는 IP 데이터를 기반으로 하는 DVB-S2 신호를 생성하여 송신하며, 동시에 수신 측 PC에서는 상용 수신기를 이용하여 송신 된 신호를 수신한다. 이 실험을 통해 표준에서 정의하고 있는 절차에 따라 생성한 신호가 정상적으로 만들어지고 수신되는지를 검증할 수 있다.

4.5 구현 결과

본 절에서는 앞서 기술한 구현부를 활용한 실제 구현 및 실험 결과에 대해 기술한다. 앞서 설명한 구현부는 크게 두 부분으로 나눌 수 있다. 첫 번째는 IP 패킷을 만들고 GSE와 DVB-S2를 구현한 것이며, 다른 한 부분은 앞의 구현부를 LabView 내에서 활용하여 신호를 생성하고 복조하는 구현부이다. LabView 프로그램에서는 보내기 전의 신호로부터 파워 스펙트럼 밀도 (power spectral density) 그래프와 성상도 그래프 그리고 복조된 비트를 추출하여 시각화 할 수 있다.

이 실험에서는 앞의 구현에 따라 생성한 IP 기반 DVB-S2 신호를 이용한다. 이 신호는 USRP 장비를 통하여 송신 되는 동시에 송신 직전의 신호로 복조된다. 수신 측 PC에서는 받은 신호를 실제 상용 위성 신호 수신기를 통해 확인한다. 복조 설정은 quadrature phase shift keying (QPSK)로 심볼 당 샘플율은 2로 설정하여 진행하였다. 가장 먼저 그림 5의 파워 스펙

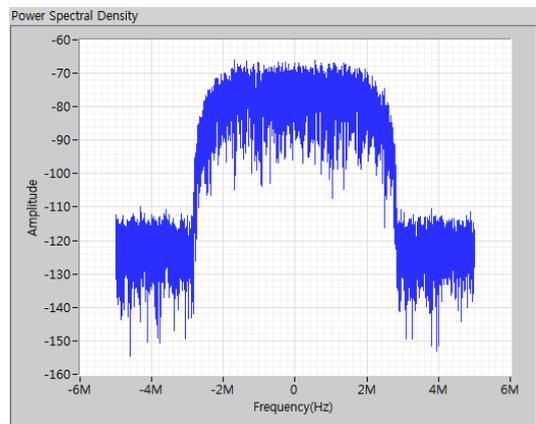


그림 5. 파워 스펙트럼 밀도 그래프
Fig. 5. Power spectrum density graph

트럼 밀도 그래프를 도출해 낸다. 그 다음으로 복조과정을 수행하고 그림 6과 같은 성상도 그래프를 신호 송신 시 함께 보여준다. 앞서 설정했던 것과 같이 복조 후에도 QPSK 성상도 그래프를 확인할 수 있다. 이때, 하얀 점은 성상을 나타내고 회색 선은 전이(transition)를 나타낸다. 이러한 복조 및 매핑 과정을 통해 FEC-FRAME이 생성된다. 그림 7은 지속적으로 생성되고 있는 비트 스트림을 디지털 신호 형태로 나타낸 것이다. 추가적으로 LDPC 디코딩과 BCH 디코딩을 통해 BB-FRAME까지의 비트 스트림도 얻어낼 수 있다. 이러한 결과들은 VSAT 위성 시스템에서 DVB-S2 기반 인터넷 서비스를 제공할 때 IP, GSE, DVB-S2 프로토콜을 효과적으로 계층 간 연동하여 구현하는 데 기초 연구로 활용될 수 있다.

V. 결 론

위성 통신 시스템의 중요성과 활용도는 갈수록 커지고 있다. 특히 기존에 방송용으로 주로 사용되던 DVB-S2 프로토콜의 개량에 대한 연구개발이 활발히 이루어지고 있다. 본 연구에서는 DVB-S2 기반 위성

통신 시스템에서 IP 기반 인터넷 서비스를 위한 계층 간 연동 방법을 제시하고 이를 컴퓨터 시뮬레이터로 구현하였다. 특히, 기존 MPEG-TS 스트림 뿐만 아니라 일반적 인터넷 서비스의 IP 패킷까지도 DVB-S2 기반으로 송신할 수 있도록 구현하였다. 또한 상용 위성 수신기를 통해 제안한 계층 간 연동 방법의 동작을 검증하였다. 본 연구의 결과는 추후 DVB-S2 기반 위성 통신 시스템의 계층 간 연동 연구에 기초 연구로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

References

- [1] K. H. Chae, S. R. Lee, and S. H. Yoon, "An unambiguous correlation function of TMSK signal for satellite communication of vessels," *J. KICS*, vol. 39, no. 7, pp. 559-565, Jul. 2014.
- [2] H. W. Park, H. S. Lee, and W. S. Yoon, "Performance analysis of cooperative communication with spread spectrum to overcome channel blockage for on-the-move terminal in next generation satellite communication systems," *J. Korean Inst. of Commun. Sci.*, vol. 39, no. 9, pp. 757-766, Sep. 2014.
- [3] C. Morlet, et al., "Introduction of mobility aspects for DVB-S2/RCS broadband systems," *Space Commun.*, vol. 21, no. 1-2, pp. 5-17, 2007.
- [4] U. Reimers and A. Morello, "DVB-S2, the second generation standard for satellite broadcasting and unicasting," *Int. J. Satellite Commun. and Netw.*, vol. 22, no. 3, pp. 249 - 268, 2004.
- [5] ETSI: *Digital Video Broadcasting (DVB): Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications*, EN 302 307 V1.1.2, 2006.
- [6] K. J. Jeon, B. H. Ko, S. C. Myung, S. R. Lee, and K. S. Kim, "Protograph-based block LDPC code design for marine satellite communications," *The J. Korean Inst. of Commun. Sci.*, vol. 39, no. 7, pp. 515-520,

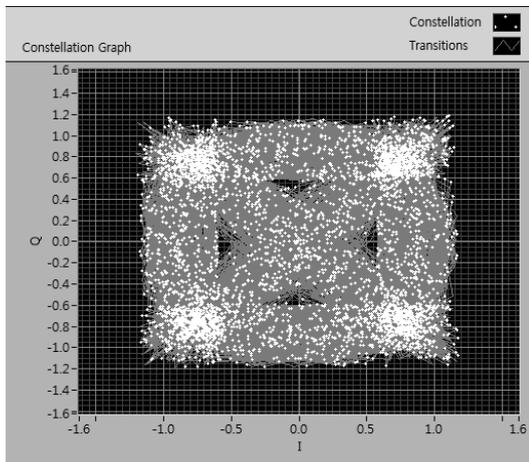


그림 6. QPSK 성상도 그래프
Fig. 6. QPSK constellation graph

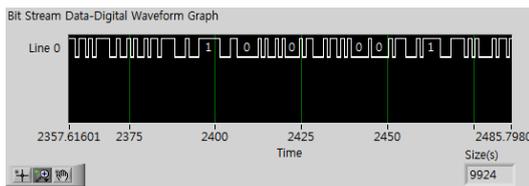


그림 7. 비트 스트림의 디지털 신호 그래프
Fig. 7. Digital signal graph for bit-streams

Jul. 2014.

- [7] J. Cantillo, et al., "GSE: A flexible, yet efficient, encapsulation for IP over DVB S2 continuous generic streams," *Int. J. Satellite Commun. Netw.*, vol. 26 no. 3, pp. 231-250, 2008.
- [8] TIA-1008B, *IP Over Satellite (IPoS)*, 2012.

김 지 형 (Jeehyeong Kim)



2015년 2월 : 한양대학교 ER
ICA 컴퓨터공학과 공학사
2015년 3월~현재 : 한양대학교
컴퓨터공학과 석박사통합과정
<관심분야> 무선통신, IoT, 기
계학습, 위성통신, 국방통신

노 재 원 (Jaewon Noh)



2015년 2월 : 한양대학교 ER
ICA 컴퓨터공학과 공학사
2015년 3월~현재 : 한양대학교
컴퓨터공학과 석박사통합과정
<관심분야> 무선통신, IoT, 네
트워크보안, 위성통신

조 성 현 (Sunghyun Cho)



1995년 2월 : 한양대학교 컴퓨
터공학과 공학사
1997년 2월 : 한양대학교 컴퓨
터공학과 공학석사
2001년 8월 : 한양대학교 컴퓨
터공학과 공학박사
2012년 9월~현재 : 한양대학교
컴퓨터공학과 교수

2009년 9월~2012년 8월 : 경상대학교 컴퓨터과학과
조교수

2006년 10월~2008년 2월 : Stanford University,
Postdoctoral Visiting Scholar

2001년 9월~2006년 10월 : 삼성종합기술원 및 삼성
전자 정보통신연구소 전문연구원

<관심분야> 차세대 이동통신 시스템, IoT, 위성통
신, 네트워크 보안