DOI: 10.3745/KIPSTC.2008.15-C.6.567

OTN 광전송망에서 GFP를 통한 IP 트래픽의 인캡슐레이션

이 창 기[†] · 양 충 열[††]

요 약

IP 트래픽 데이터가 향후 지속적으로 증가될 것으로 전망함에 따라 IP 트래픽 신호를 OTN망에 효과적으로 수용하는 방안에 대한 연구가 필요하다. 본 논문에서는 OTN 광전송망에서 GFP를 통한 IP신호의 인캡슐레이션 방법에 관하여 연구하였다. 그 결과 IP/GFP/OTN 방식이 구조, 오버헤드율과 발전성에서 기존방식보다 더 효율적인 방식임을 알았고, 본 방식에 대해서 상위레벨 기능설계 블록을 제시하였다. 또한 VHDL 프로그램을 이용하여 기능 시뮬레이션 수행함으로써 본 방식의 구현방법을 보였다.

키워드 : 광전달망, 인캡슐레이션, 일반 프레임 절차, 아이피 트래픽

Encapsulation of IP Traffic through GFP in OTN Transmission Network

Chang Ki Lee[†] · Choong Reol Yang[††]

ABSTRACT

It is necessary to study about the scheme to accept IP traffic effectively in OTN, according to expect that IP traffic data will be increase constantly. In this paper, we studied the encapsulation method of IP traffic through GFP in OTN transmission network. Therefore we knew the IP/GFP/OTN method is more efficient than existing methods from structure, overhead rates and possibility of grow, and showed the functional block of high level about this method. Also we showed the implementation scheme of this method by processing the functional simulation to make use of VHDL programming.

Keywords : OTN, Encapsulation, GFP, IP traffic

1. 서 론

최근 인터넷 사용의 폭발적인 증가는 이미 잘 알고 있는 사실이다. 이는 데이터 트래픽이 연간 수백% 이상 폭증하여 2000년 이후부터 데이터 트래픽이 음성 트래픽을 추월한 것으로 나타났고[1], 또한 모든 서비스가 IP기반 중심으로 전환되고 있어서 이와 같은 경향은 향후 더욱 가속화될 것으로 예측하고 있다. 이에 따라 데이터 트래픽이 회선기반 서비스보다 비중이 상대적으로 커짐에 따라 회선기반 통신망 구조가 패킷기반 망으로의 전반적인 변화가 요구되고 있다. 한편 기존 전송망에 적용되고 있는 SDH[2] 기술의 전송시스템은 전송속도가 증가함에 따라 WDM 방식을 적용하면서 다양한 클라이언트 신호를 수용할 수 있는 노드들로 구성되는 광전달망(OTN: optical transport network)[3]도입하고 있다. OTN에서는 OCh(optical channel) 계층, OMS(optical multiplex section) 계층과 OTS(optical transmission section) 계층 등 3단계의 계층적 구조를 가지고 있어서 OCh 계층에 접속된 다양한 종속신호를 파장분할 다중하여 최상위 계층인 OTS 광 신호로 형성하게 된다. 또한 전달망 상에 상위 계층 클라이언트 신호들의 트래픽을 적응시키기 위한 기본적인 메커니즘으로 GFP(Generic Frame Procedure)[4]를 ITU에서 권고하고 있으며, 여러 가지 형태의 데이터를 고정된 레이트를 가진 채널 페이로드에 맵핑하기 위한 새로운 기법이다. 망 사업자 측면에서 데이터 트래픽을 더욱 값싸게 전송할 수 있는 방법의 필요성이 크게 증대되면서 IP 트래픽 특성에 맞는 데이터 전달을 위한 인캡슐레이션(encapsulation) 방법이 필요하고, IP 네트워킹 장비와 optical fiber 사이에 필요 장비를 많이 줄일 수 있는 IP over OTN 관련 기술들이 기술 선진국을 중심으로 활발하게 연구가 전개되었다[10-12].

국내 연구는 EOS를 중심으로 연구되어 MSPP 장비와 40Gbps급 ETDM 광전송시스템에 적용되어 개발된 바 있으나 본격적인 시스템 기술개발[20,21]은 현재 ETRI에서 연구

※ "본 논문은 정통부 및 정보통신연구진흥원의 IT 원천기술 개발사업 중 OTH 기반 40G 다중서비스 전송기술개발 과제[2006-S-060-02] 의 연구결과임."
† 정 회 원 : 위덕대학교 정보통신공학부 부교수
†† 정 회 원 : 한국전자통신연구원 광통신센터 책임연구원
논문접수 : 2008년 8월 11일
수 정 일 : 1차 2008년 9월 19일
심사완료 : 2008년 9월 19일

되고 있다. 그러나 이에 관한 전반적인 연구는 아직 미흡한 수준에 머물고 있고, 국내 칩셋기술 개발도 요구되고 있어서 GFP을 이용하여 IP신호의 OTN 수용을 위한 인캡슐레이션에 대한 연구가 필요하다.

따라서 본 논문은 OTN 광전송망에서 GFP를 통한 IP신호의 OTN 수용을 위하여 기존방법과의 장단점을 비교분석하였고, IP/GFP/OTN 방식에 대한 상위레벨 기능설계 블록을 제시하였으며, 또한 기능확인 시뮬레이션을 수행하여 구현방법을 보였다.

2. OTN

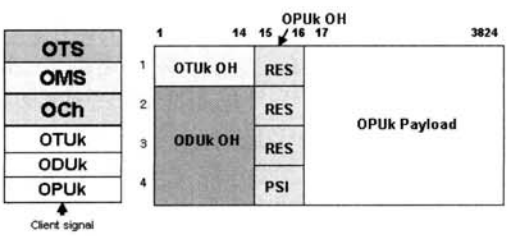
광전달망인 OTN[3]은 2.5G에서 40Gbit/s까지의 데이터 비트율로 long-haul 전달을 위해 개발된 것이고, 고정된 프레임 길이를 가지면서 다양한 클라이언트 신호들을 지원하기 위한 오버헤드와 FEC(forward error correction)를 가진 동기식 페이로드로 정의하고 있으며, ITU의 G.709[3], G.872[6]과 G.959.1[7]에서 관련 사항을 권고하고 있다. OTN의 중요한 응용은 regenerator를 가능하면 적게 사용하면서 고속 비트 레이트로 대량의 데이터를 장거리 전송하는 것이기 때문에 FEC기능이 포함되어 있다. OTN에서 광전달계위는 OTH(Optical Transport Hierarchy)로 명명하여 권고하고 있다. OTN은 SDH에 비해서 여러 가지 장점을 가지고 있다. 먼저 SDH는 성능이 제한되어 있는 in-band FEC를 사용하고 있는 반면에 OTN은 좀더 강력한 FEC인 RS(255,239)를 사용하여 8byte의 정정능력(t)을 가지고 있을 정도로 우수한 성능을 갖추고 있다. BER 대 E_b/N_0 특성에서도 10^{-13} BER에서 Uncorrected 방식보다 5.8dB 정도의 성능차이로 OTN이 우수하게 나타나고 있다[8]. 또한 OTN은 SDH에 비해 더욱 세분화된 탠덤연결감시(Tandem Connection Monitoring; TCM)가 이루어지며, 그리고 OTN은 클라이언트 신호들을 투명하게 전달한다.

OTN은 (그림 1)과 같이 크게 광채널계층(OCh), 광다중화계층(OMS)과 광전송계층(OTS)으로 구성되고, 광채널계층은 다양한 종속신호를 수용하고 다중화하기 위해 3개의 디지털계층과 1개의 광계층으로 좀더 세분화하여 구성되어 있다. 즉 디지털 계층에는 OPUk(Optical channel Payload Unit), ODUk(Optical channel Data Unit)와 OTUk(Optical channel Transport Unit)로 나누어지고, 이를 광신호로 변환하는 OCh의 광계층으로 이루어져있다. OTN에서의 전체 계위는 G.709에서 정의하고 있다. OPUk는 SDH, ATM, IP, 이더넷 등의 클라이언트 신호를 캡슐화하고 필요하다면 rate justification을 수행한다. ODUk는 SDH에서의 다중구간인 MSOH와 유사한 기능을 수행하며, OTUk는 FEC기능과 함께 SDH에서의 재생구간의 RSOH와 유사한 기능을 수행한다. FEC가 첨가된 신호는 SERDES수행 후 광영역으로 변환되고, OMS와 OTS 계층을 통해 광다중이 이루어진다.

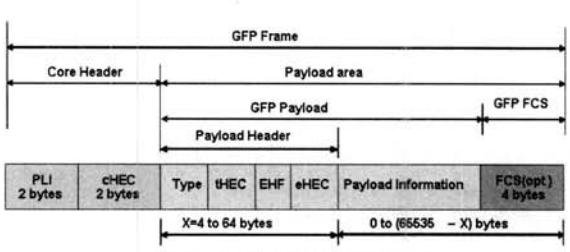
3. GFP

GFP는 전달망 상에 상위계층 클라이언트 신호들의 트래픽을 적응시키기 위한 기본적인 메커니즘이며, 여러 가지 형태의 데이터를 고정된 레이트를 가진 채널 페이로드에 맵핑하기 위한 새로운 기법[4]이다. 여기서 클라이언트 신호들은 IP/PPP, 이더넷 MAC, Fibre Channel과 ESCON 등이 있다. GFP 클라이언트 프레임의 기본적인 구조는 그림 2에 나타나 있고, ATM에서 사용하고 있는 HEC(header error check) 기본 프레임 경계식별 기법을 변형한 것을 적용하고 있다. GFP 프레임은 크게 4바이트의 코어헤더(Core header)와 페이로드 영역으로 나누어지고, 페이로드 영역은 다시 GFP 페이로드와 GFP FCS(Frame check sequence)로 분류되고, GFP 페이로드는 페이로드 헤더와 페이로드 정보로 분리된다. GFP 코어헤더는 순수한 GFP 프레임의 경계식별을 위한 것으로 PLI (PDU Length indicator)와 CRC-16 에러 제어 코드인 cHEC로 구성되어 있다. 페이로드 헤더는 클라이언트 신호에 대한 데이터 연결 관리를 지원하기 위한 것이며, Type과 tHEC(Type HEC)의 필수 적용영역과 확장헤더인 EHF(Extension Header field)와 eHEC(extension HEC)의 추가적인 영역이 있다. FCS는 GFP 페이로드 정보영역의 내용을 보호하기 위하여 CRC-32 시퀀스가 적용된다.

OPUk로의 GFP 프레임 맵핑은 OPUk 페이로드의 바이트 구조에 모든 GFP 프레임의 바이트를 정렬함으로써 수행된다. GFP 프레임은 프레임 길이가 가변될 수 있기 때문에 하나의 프레임이 OPUk 프레임의 경계를 넘어설 수 있다. GFP 프레임은 GFP 인캡슐레이션 과정에서 Idle 프레임을 삽입하기 때문에 OPUk 페이로드 영역과 동일한 capacity를 가진 연속적인 비트 스트림으로 OPUk 페이로드에 도달하게 된다. 이와 같이 형성된 OPUk는 전기적인 도메인인 ODUk과 OTUk로 다중되고, 다시 광도메인인 OCh와 OMS 및 OTS으로 광다중 되어진다.



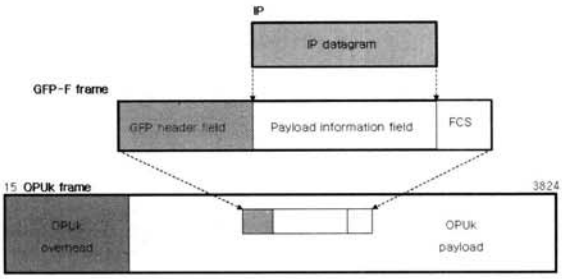
(그림 1) OTN의 계위와 프레임구조



(그림 2) GFP 프레임 포멧

4. IP 트래픽의 인캡슐레이션

IP 프로토콜은 인터넷의 활성화에 힘입어 전체 데이터통신망을 대표하는 네트워크 계층으로 자리를 잡았다. 여기서 IP 트래픽은 주로 WDM이나 OTN을 통해서 광전송로로 전달되고, 이 과정에서 IP 데이터는 SDH, ATM, SDL(simple data link), GFP 등 다양한 계층과 방법을 통해 캡슐화 되어진다. IIP 트래픽을 OTN으로 캡슐화하기 위한 방안[10,16~19]은 IP/ATM/SDH/OTN, IP/PPP/HDLC/SDH/OTN(POS), IP/SDL/SDH/OTN, IP/GbE/WDM, IP/GFP/OTN 등과 같은 여러 가지의 방법을 검토할 수 있다.(단 MPLS 관련방식 적용은 제외) 이와 같은 방법에서 기존 사용방식이던 POS 대안으로 나타난 SDL은 SDH와 OTN상에서 block-coded data networking 프로토콜을 위한 좀 더 일반적인 프레이밍 메커니즘으로 발전하였는데 이것이 바로 GFP이고, 이를 SDH나 OTN 페이로드에 실어줄 수 있다. 또한 GFP로 형성된 신호는 가상연접(Virtual concatenation)과 LCAS(link capacity adjustment scheme)[5]를 통하여 대역 이용 효율을 높이고, 효과적인 전송을 가능케 하고 있다. 따라서 GFP를 통한 IP 트래픽의 OTN으로의 수용방법이 매력적인 방법으로 검토될 수 있다. 다양한 방식에 대해서 구조, 비용, QoS, OAM, 효율성 등 다양한 항목을 이용하여 비교해본 결과를 <표 1>에 나타내었다. 구조, 오버헤드율 및 발전성 등 전체적으로 비교해 볼 때 IP/GFP/OTN 방식이 IP 신호 트래픽을 OTN으로 형성하는 방법 중에서 오버헤드가 가장 작고 구성이 간단하면서도 오류제어와 절체기능도 수행이 가능하기 때문에 가장 효율적인 방법으로 판단된다. 다만 실제적으로 망구성 측면에서 IP 신호를 광전달망으로의 접속해야 함에 따라 주로 백본망 중심으로 적용할 수 있으나 기타 다른 응용분야에서는 다소 제약이 따를 것으로 판단된다. 여기서 오버헤드율은 전체프레임에서 오버헤드가 차지하는 비율로써 최대정보영역을 반영할 때 ATM은 약 9.48%, SDH는 약 3.33%, HDLC(PPP 포함)는 약 0.14%, SDL은 약 0.01%, GbE는 약 1.7%, GFP는 약 0.02%, OTN(OPUk)은 약 0.21%이다.



(그림 3) IP over GFP over OTN

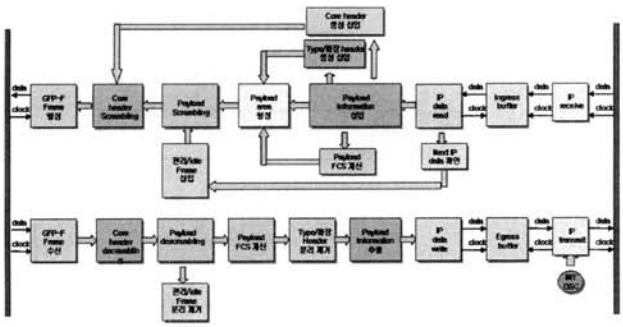
GFP를 이용하여 IP 신호 트래픽을 인캡슐레이션하는 과정은 (그림 3)에 나타내었다. IP 데이터그램은 GFP-F 프레임의 페이로드 정보영역에 넣어진다. 여기에 앞부분에 코어헤더와 페이로드 헤드를 붙이고 뒷부분에 CRC-32 생성 방정식에 의해서 생성된 프레임 체크 시퀀스인 페이로드 FCS를 첨부하면 완전한 GFP-F 프레임으로 형성되고, 형성된 GFP 프레임은 OTN의 OPUk 프레임으로 매핑된다.

5. 상위 기능블럭 설계

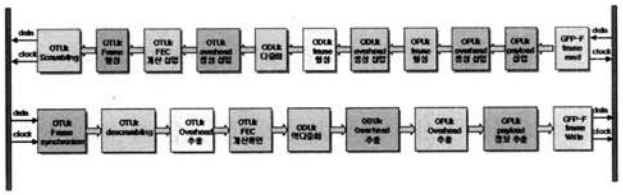
IP 신호 트래픽을 GFP-F 신호를 통해서 OTN신호로 형성하기 위한 상위 기능 블록 중 IP over GFP 부분의 기능블럭은 (그림 4)에 나타내었다. (그림 4)에서 먼저 Ingress 방향을 살펴보면 수신되는 IP신호에서 추출된 클럭과 GFP에서 사용하는 시스템 클럭과는 비동기 상태이므로 버퍼를 통해서 보상해야한다. 버퍼에 쓰인 IP 데이터그램은 시스템 클럭에 의해서 IP data read기능으로 보내지고, 버퍼를 통해 읽어 들인 IP 수신데이터는 GFP-F 페이로드 정보영역에 삽입하고, IP 수신데이터를 이용하여 코어헤더(CRC-16 포함), 타입헤더(CRC-16 포함) 및 FCS(CRC-32)를 생성 계산한 다음 GFP-F 페이로드 영역을 완성한다. 페이로드가 완성되면 $X^{43}+1$의 self-synchronous 스크램블링을 수행하여 이진 비트간의 밀도를 균형 있게 맞춘다. 또한 후속 IP 데이터가 존재하지 않는다면 OPUk 페이로드에 GFP idle 프레임(0xB6AB31E0)을 삽입 처리한다. 페이로드영역 스크램블링

〈표 1〉 방식별 성능비교

구 분	IP/ATM/SDH/OTN	IP/HDLC/SDH/OTN	IP/SDL/SDH/OTN	IP/GbE/WDM	IP/GFP/OTN
구조	복잡	보통	보통	단순	단순
오버헤드율	13.02%	3.68%	3.55%	1.7%	0.23%
비용	고	중	중	저	저
QoS	지원	안됨	안됨	안됨	안됨
OAM	지원	지원	지원	안됨	보통
효율성	저(cell tax)	중	중	고	고
확장성	낮음(복잡)	낮음(속도)	보통	낮음(망구성)	보통
표준화	지원	지원	안됨(SDL)	지원	지원
발전성	미흡(ATM)	미흡(HDLC)	미흡(SDL)	미흡(망구성)	좋음



(그림 4) IP over GFP간 기능블록



(그림 5) GFP over OTN간 기능블록

후 GFP 페이로드영역 정보를 활용하여 코어헤더를 생성하고, 코어헤더 부분만을 코어헤더 스크램블링을 수행한다. 스크램블링된 페이로드와 코어헤더를 상호 연결하면 최종 GFP-F 프레임을 완성된다. (그림 4)의 Egress방향을 살펴보면 OPUk 페이로드에서 수신된 GFP-F 프레임은 먼저 경계식별을 수행한다. 코어헤더 부분을 디스크램블링하면 GFP-F 프레임의 시작위치를 찾아낸 다음 페이로드 영역을 다시 디스크램블링하여 원데이터로 복원한다. 만일 Idle 프레임일 경우 해당 프레임을 삭제한다. 원데이터로 복원이 완료되면 페이로드 영역 중 CRC-32 시퀀스로 FCS를 계산하여 페이로드 정보영역의 오류 여부를 확인한 다음 페이로드 정보영역에 들어있는 IP 데이터그램을 추출하여 Egress 버퍼를 통해 상위계층으로 데이터를 전달한다.

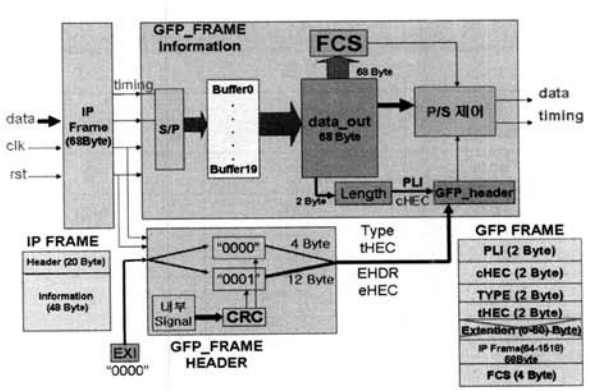
GFP-F신호를 OTN 페이로드로의 형성하기 위한 기능블럭은 (그림 5)에 나타내었다. (그림 5)에서 GFP-F 프레임이 수신되면 OPUk 페이로드에 채워 넣고 다시 여기에 OPUk 오버헤드를 생성 첨부하면 OPUk 프레임이 완성된다. 완성된 OPUk 프레임에 ODUk 오버헤드를 생성 삽입하면 ODUk 프레임으로 형성되고, 형성된 ODUk 프레임에 OTUk 오버헤드를 생성 삽입하고 RS(255,239) 코드로 통해서 얻어지는 OTUk FEC를 추가하면 OTUk 프레임으로 완성된다. 완성된 OTUk 프레임은 FAS(frame alignment signal)을 제외하고 스크램블링을 수행한 후 OCh를 형성하는 다음단계로 전송된다. Egress 방향을 살펴보면 수신되는 OTUk 프레임신호에서 FAS를 찾아 프레임의 경계식별을 행하는 frame synchronization 과정을 수행한다. 프레임 경계식별이 완성되면 디스크램블링을 수행한 다음 OTUk 오버헤드와 FEC를 추출하여 계산한 후 페이로드 오류부분을 수정한다. 확인된 OTUk 신호가 다중화되어 있다면 역다중화한 후 ODUk 프레임신호로 분리한다. ODUk 오버헤드를 분리 처리하면 OPUk 프레임으로 복원되고, OPUk 오버헤드를 추가 분리하면 페이로드에서 추출되는 신호가 GFP-F 프레임 신호이다.

6. 기본기능 시뮬레이션

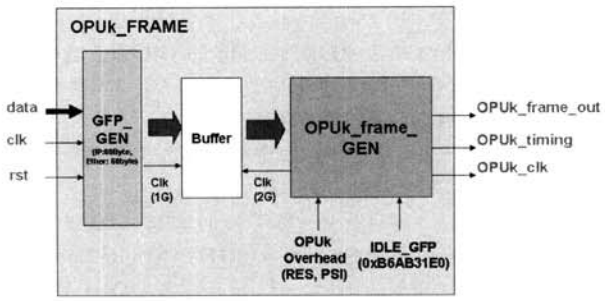
6.1 시뮬레이션 프로그램 구성

본 논문에서는 IP데이터를 GFP를 통해서 OTN의 OPUk 프레임으로 형성하는 과정을 시뮬레이션 하였다. 5장 기본기능 블록설계를 바탕으로 IP/GFP로 형성하는 과정을 Xilinx를 이용한 VHDL 프로그램 구성도는 (그림 6)에 나타내었다. (그림 6)에서 임의 데이터를 활용하여 IP_Frame기능에서 생성된 68바이트의 IP 데이터그램은 GFP_FRAME_information 기능에서 수신된다. 수신된 데이터는 8비트 병렬형태로 버퍼에 저장한 다음 20바이트 단위로 data_out 블록에서 이를 읽어 드리고, IP 데이터그램의 total length을 해석하여 전체길이를 인식한 다음 GFP의 PLI을 생성한다. PLI를 이용해서 CRC-16의 cHEC를 계산하면 GFP 코어헤더가 완성된다. 또한 수신된 IP 데이터그램으로 CRC-32를 계산하여 GFP FCS를 완성한다. 페이로드헤더는 EXI의 설정값에 따라 결정되기 때문에 GFP_FRAME_HEADER에서 EXI의 값에 따라 TYPE, tHEC, 확장헤더 바이트를 결정하여 구성되도록 하였다. 이렇게 완성된 페이로드헤더와 코어헤더를 합한 다음 P/S 제어 블록에서 페이로드 영역과 FCS를 결합하고 이를 다시 직렬데이터로 변환한 다음 최종 GFP 직렬데이터와 타이밍이 출력된다.

GFP 프레임을 OTN의 OPUk 프레임으로 인캡슐레이션하기 위한 VHDL 프로그램 구성도는 (그림 7)에 나타내었다. (그림 7)에서 (그림 6)의 블럭인 GFP_GEN에서 생성된 GFP 신호는 버퍼를 통해 OPUk_frame_GEN 블록에서 OPUk 프레임의 페이로드에 채워 넣는다. 만일 버퍼에 저장된 전송해야 할 GFP 클라이언트 신호가 존재하지 않으면 IDLE_GFP 프레임인 0xB6AB31E0으로 채워서 용량차이를 보상시키게 된다. 페이로드가 완성되면 RES(reserved)와 PSI(payload structure identifier)의 OPUk 오버헤드를 추가하면 최종 OPUk 프레임 신호가 완성되고, 완성된 직렬 OPUk 데이터와 타이밍이 출력되도록 하였다.



(그림 6) IP/GFP의 프로그램 구성도



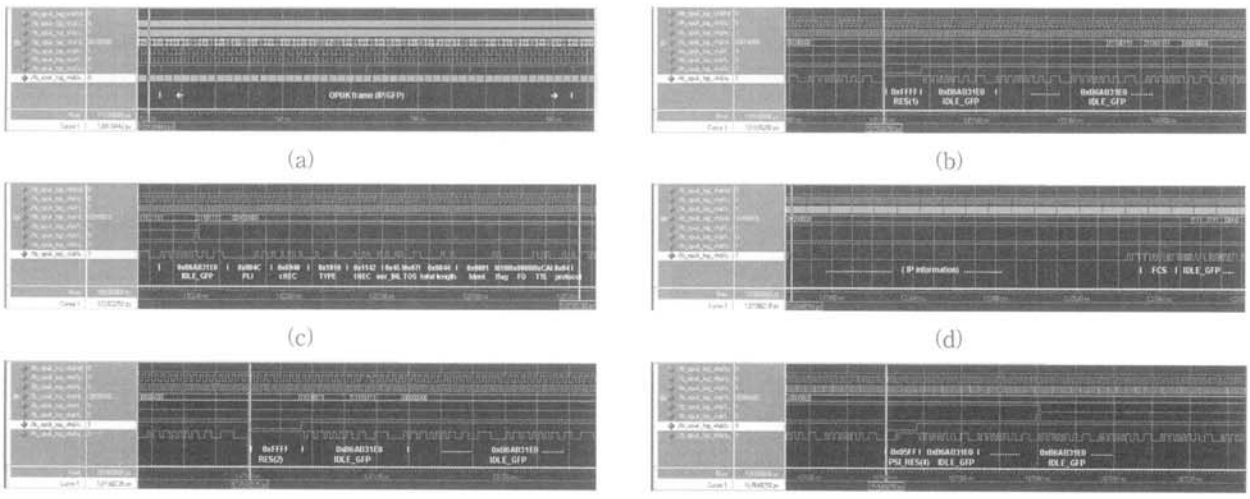
(그림 7) GFP/OPUk의 프로그램 구성도

6.2 시뮬레이션 결과

IP/GFP/OPUk 프레임의 기본기능 시뮬레이션 결과는 그림 8에 나타내었다. (그림 8(a))는 OPUk 전체 프레임(그림 1)과 OPUk 오버헤드 위치를 표시해주는 타이밍을 볼 수 있다. (그림 8(b))에서는 OPUk 프레임의 첫 번째 행 첫 번째 오버헤드인 RES(1)이 2바이트인 "0xFFFF"로 나타나고 있고, 그다음은 GFP idle 프레임(IDLE_GFP)인 "0xB6AB31E0"가 계속 나타나고 있다. 여기서 만일 입력된 GFP 프레임이 존재하고 있다면 RES에 이어서 바로 GFP 프레임이 전송되지만 입력된 GFP 프레임이 없기 때문에 페이로드를 채우기 위하여 Idle 프레임이 전송되고 있음을 볼 수 있다. (그림 8(c))에서는 입력된 GFP 프레임이 존재할 경우 IDLE_GFP에 이어서 GFP 클라이언트 프레임이 나타나고 있다. PLI, cHEC의 코어헤더와 TYPE, tHEC의 페이로드헤더에 이어서 IP 헤더의 version으로 시작하여 protocol까지 나타나고 있다. 여기서 GFP 스크램블링 기능은 신호해독 편의성을 위하여 생략하였다. (그림 8(d))에서는 48바이트의 IP 정보영역과 GFP 프레임의 마지막 기능인 FCS가 나타나고 있고, 이후 새로운 GFP 클라이언트 프레임이 들어올 때까지 레이트 용량을 맞추기 위해 IDLE_GFP로 채워지고 있음을 볼 수 있다. 또 다른 새로운 GFP 프레임이 들어올 경우 OPUk 페이로드에 채워지고, 나머지 페이로드 공간은 IDLE_GFP가 채워지는 과정이 반복된다. (그림 8(e))에서는 OPUk 프레임의 두 번째 행 오버헤드인 RES(2)가 나타났고, 이후 IDLE_GFP가 채워지고 있음을 볼 수 있고, 두 번째 행에서도 GFP 프레임과 IDLE_GFP가 반복적으로 삽입된다. (그림 8(f))에서는 세 번째 행의 오버헤드인 RES(3)이어서 마지막 행의 오버헤드인 PSI(0x05)와 RES(4)(0xFF)가 나타났고, 이후는 IDLE_GFP로 채워지고 있음을 볼 수 있다. 지금까지의 시뮬레이션 결과를 통해 볼 때 GFP를 통하여 IP 데이터를 OPUk로 구현 가능함을 볼 수 있고, RS(255, 239) 코드를 제외한 ODUk와 OTUk의 실현도 오버헤드만 추가하면 가능함을 알았다.

7. 결 론

IP 트래픽의 폭증세가 지속될 것으로 전망됨에 따라 IP신호를 광전달망인 OTN망에 효과적으로 수용하는 방안에 대해서 연구의 필요성이 증대되고 있다. 따라서 본 논문에서는 OTN 광전송망에서 GFP를 통한 IP신호의 OTN 수용에 관하여 연구하였다. 이를 통하여 IP/GFP/OTN 방식이 구조, 오버헤드율 및 발전성 등에서 기존방법에 비해 가장 효율적인 방법임을 알았고, 본 방식에 대해서 IP/GFP와 GFP/OPUk 간의 상위레벨 기능설계 블록을 제시하였으며, 또한 기능설계 블록을 이용하여 기능확인을 위한 VHDL 코딩을 완성한 후 기능 시뮬레이션 수행 및 기능 확인을 함으로써 본 방식의 구현방법을 보였다. 본 시뮬레이션을 통해볼 때 GFP를 통한 IP 트래픽 신호의 인캡슐레이션 방법은 OPUk, ODUk까지는 구현상의 문제점이 없을 것으로 판단되고, OTUk의 RS(255, 239) 기능 실현방안에 대한 추가연구가 필요할 것으로 판단된다. 본 연구를 통해 얻어진 결과는 OTN망에 적용되는 OTH 시스템의 설계 및 국내 칩셋 개발에 직접 반영할 수 있으며, 그리고 향후 인터넷 사용의 증가와 함께 IPTV와 4세대 이동통신 등 전반적이면서 많은 서비스가 IP



(그림 8) IP/GFP/OPUk 기능 시뮬레이션

기반 중심으로 전환될 것으로 예상하고 있어서 다양한 분야에 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

[1] P. Tomsu and C. Schmutzer, "Next Generation Optical Networks: The Convergence of IP Intelligence and Optical Technology," Prentice Hall PTR, 2004.

[2] ITU-T G.707/Y.1322, Network node interface for the synchronous digital hierarchy (SDH), August, 2002.

[3] ITU-T G.709/Y.1331, Interfaces for the optical transport network (OTN), January, 2003.

[4] ITU-T Draft Recommendation G.7041, Generic framing procedure(GFP), August, 2005.

[5] ITU-T Draft Recommendation G.7042, Link capacity adjustment scheme(LCAS) for virtual concatenated signals, August, 2002.

[6] ITU-T Draft Recommendation G.872, Architecture of optical transport networks, November, 2001.

[7] ITU-T Draft Recommendation G.959.1, optical transport network physical layer interfaces, March, 2006.

[8] ITU-T SG15, "Optical Transport Network(OTN) Tutorial," Mar., 2005.

[9] S. V. Kartalopoulos, "Next Generation SONET/SDH, Voice and Data," IEEE Press/Wiley-Interscience, 2004.

[10] IETF RFC 3717, "IP over Optical Networks: A framework," Mar., 2004.

[11] N. Ghani and S. Dixit, T. Wang, "On IP over WDM Integration: A Retrospective," *IEEE Comm. Magazine*, Vol.41, No.10, pp.42-45, Sept., 2003.

[12] P. Bonenfant, "Optical data networking: What bubble," *IEEE Comm. Magazine*, Vol.41, No.10, pp.46-47, Sept., 2003.

[13] Dirceu Cavendish *et al.*, "Next Transport Services for Next Generation SONET/SDH Systems," *IEEE Communications Magazine*, pp.80-87, May 2002.

[14] Michael Scholten *et al.*, "Generic Framing Procedure(GFP): An Overview," *IEEE Communications Magazine*, pp63-71, May, 2002.

[15] J. Zheng and H. Mouftah, "Optical WDM Networks: Concepts and Design Principles," IEEE Press, John Wiley & Sons Inc, 2004.

[16] 김재근, 김홍주, "IP over Fiber 기반 광인터넷 전송기술", 한국통신학회지, 제16권 제12호, pp.1515-1527, 1999년 12월.

[17] 강민호, 오세윤, "광인터넷의 연구개발 동향", 한국통신학회지, 제18권 제2호, pp.21-29, 2001년 2월.

[18] 최준균, 이규명, "광인터넷 표준화 동향", 대한전자공학회지, 제30권 2호, pp.132-142, 2003년 2월.

[19] 이병기, 강민호, "광대역 네트워크", (주)교학사, 2003년 10월.

[20] 이현재, 조현우, 신종윤, 고제수, "OTH 기반 신호 전송기술 동향", 전자통신동향분석, 제21권, 제6호, 2006년 12월.

[21] 한국전자통신연구원, "광 인터넷 표준화 연구", 최종연구개발 결과보고서, 2004년 12월.

[22] 한국전자통신연구원, "NG-SDH 장비에서의 신호동기에 관한 연구", 위탁과제 최종연구보고서, 2003년 11월.

이 창 기

e-mail : cklee@uu.ac.kr

1984년 경북대학교 전자공학과(학사)

1986년 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)

1998년 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)

1987년~1999년 한국전자통신연구원 광통신연구부 선임연구원

1999년~현 재 위덕대학교 정보통신공학부 부교수

관심분야 : OTN, NG-SDH, Network Synchronization, BcN 등

양 충 열

e-mail : cryang@etri.re.kr

1979년 건국대학교 전자공학과(학사)

1998년 충남대학교 전자공학과(석사)

2006년 충남대학교 전자공학과(박사)

1992년~2008년 9월 한국전자통신연구원 광통신센터 책임연구원

관심분야 : OTN, IEEE802.3 100G MAC/PHY, 신호처리 등