

ATM 교환의 백본 네트워크를 위한 광 패킷 교환망의 제안

정회원 최영복*, 김혜영**, 김광준**, 원용협***, 김경연****

Optical Packet Networks for the Backbone Network of ATM Switching

Young-Bok Choi*, Hye-Young Kim**, Kwang-Joon Kim**, Yong-Hyub Won***,
Kyung-Youn Kim**** *Regular Members*

요약

다양한 멀티미디어 정보를 효율적으로 전송해줄 수 있는 초고속 정보통신망(B-ISDN)을 구축함에 있어서, 대용량의 정보 전달 수단으로 광 교환기 및 광 전송로로 구성되는 광 교환망이 주목을 받고있다. 본 논문에서는 ATM(Asynchronous Transfer Mode) 방식으로 구축된 국가 초고속 정보통신망의 백본 네트워크로 사용될 광 패킷 교환망을 제안한다. ATM 전달망을 지역 네트워크와 광 백본 네트워크의 2계층 구조로 나누어 구성한다. 지역 네트워크는 보통의 ATM 교환망이고, 광 백본 네트워크는 지역 네트워크에서 올라온 여러 개의 ATM 셀을 고정된 길이로 묶고 광 헤더를 붙여서 광 패킷을 구성한 후 이를 고속으로 교환, 전송하는 완전 광 패킷 교환망이다. 광 스위치에서는 신호의 통과 속도는 고속이지만 스위칭 속도에는 한계가 있고 또한 전자회로에 의한 스위치 제어부의 처리 속도에 한계가 있다. 그래서 광 백본 네트워크에서는 복수 개의 ATM 셀로 광 패킷을 구성함으로써 이를 극복할 수 있게 한다. 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 성능 평가는 광 패킷 교환 방식의 유효성을 보여준다. 마지막으로 광 백본 네트워크의 노드로 사용될 광 패킷 스위치 구조를 제시한다.

ABSTRACT

The B-ISDN(Broadband-Integrated Service Digital Network) transports various multimedia information effectively. So optical switching networks which consist of optical transmission links and photonic switching systems are noticeable as a way of a large capacity communication. In this paper, we propose optical packet switching networks which will be used as the backbone network of national high speed communication networks which are operated a way of ATM(Asynchronous Transfer Mode). The B-ISDN transport networks are composed of two-layered networks such as regional networks and a backbone network. The regional network is an average ATM transport network. The optical backbone network gathers fixed length of several ATM cells which come from regional networks, attaches an optical header, and completes an optical packet. And then the network switches and transports with high speed. That is, the backbone network is a transparent optical packet network.

* 동명정보대학교 정보통신공학과(ybchoi@tmic.tit.ac.kr)

** 한국전자통신연구원 광통신연구부

*** 한국정보통신대학원 광통신 및 광전자공학과

**** 제주대학교 전자공학과

논문번호 : 97453-1213, 접수일자 : 1997년 12월 31일

* 본 연구는 부분적으로 정보통신연구관리단의 연구지원에 의하여 수행되었음

The passing speed of signal in the photonic switch is rapid, but the switching speed is limited and the processing speed of the switching controller which consists of electronic circuit is limited. So the optical packet which consists of multi-ATM cells is able to overcome it in the optical backbone network. The performance evaluation by the computer simulation shows us the efficiency of the way of optical packet switching. At last we present the optical packet switch configuration which will be used a node of the optical backbone network.

I. 서론

오늘날 고성능화된 개인용 컴퓨터가 다양한 멀티미디어 정보에 대한 액세스, 처리, 저장 및 교환 기능을 용이하게 제공하고 있다. 이러한 고성능의 컴퓨터간에 정보의 교환이 보다 용이하게 이루어지기 위해서는, 많은 정보를 신뢰성 있고 신속하게 전송해줄 수 있는 통신망이 필수적으로 요구된다^[1]. 따라서, 음성, 동화상, 고속 데이터 등의 다양한 멀티미디어 정보 서비스를 제공하는 초고속 정보통신망(B-ISDN)에 대한 연구 및 표준화 작업이 적극적으로 추진되고 있다.

최근 많은 양의 트래픽과 고속의 전송을 요구하는 멀티미디어 서비스가 주종을 이루는 B-ISDN을 실현하기 위하여 고속, 대용량 정보 전송이 가능한 광 전송 기법에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다^{[2][3]}. 고속 정보 전송을 위해 광 전달망을 기반으로 하는 단일 기간망을 구축하기 위한 통신 기술은 크게 전송과 교환의 영역으로 분류할 수 있다. 교환국간의 정보 전송을 위하여 광섬유가 이미 오래 전부터 사용되어 오고 있으며, 대량의 정보를 경제적으로 전송할 수 있는 광 전송 장비의 개발은 B-ISDN을 구축하는데 있어서 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

광 교환의 주요 기술로는 광 교환 시스템 구조 연구 및 광 교환 소자 연구 분야로 나눌 수 있겠는데, 현실적으로 광 교환 시스템을 개발하기 위해서는 사용 가능한 광 교환용 소자에 전적으로 의존하고 있는 실정이다. 최근 광 스위치 소자^[4], 파장 가변 레이저^[5], 파장 변환기^[6] 및 광 합파/분파기^[7] 등의 광 교환 관련 소자에 대한 활발한 연구와 정보화 사회라는 시대적 요구에 힘입어 광 패킷 교환망 기술이 급속한 발전을 하고 있다.

본 논문에서는 초고속 정보통신망의 백본망으로 사용될 광 패킷 교환망을 제안한다. ATM이 멀티미디어 정보를 통합적으로 전달할 B-ISDN의 전달 방식으로 ITU-T(International Telecommunication Union - Telecommunication standardization sector)로부터 채택되어 연구 개발되고 있는 현실을 참작

하여, 백본망은 여러 개의 ATM 셀을 묶어 광 패킷을 구성하고 이것을 고속으로 교환, 전송하는 완전 광 교환망 구조를 갖는다. 교환망의 구조 및 프로토콜을 설계하고 광 cross-connect의 기능을 정의한다. 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 광 패킷 교환 방식의 성능을 분석하고, 백본 네트워크의 광 cross-connect에 사용될 광 스위치 구조를 제안한다.

II. 광 백본 네트워크

2.1 B-ISDN 전달망 구조

본 논문에서는 그림1과 같은 광 백본 네트워크를 제안한다. 그림에서처럼 B-ISDN 전달망은 지역망(regional network)과 광 백본망(optical backbone network)의 2계층 구조로 구성된다. 지역망은 현재 개발되고 있는 보통의 광역 ATM 교환망이고, 광 백본망은 여러 개의 지역망을 연결해주는 국가 규모의 기간망으로서 광 cross-connect 및 광섬유로 구성된 고속의 완전 광 패킷 교환망이다. 광 백본망의 광 cross-connect에서는 지역망에서 올라온 다수의 ATM 셀을 미리 정해진 고정된 길이(예, Lm개)로 묶고 여기에 광 헤더를 붙여서 광패킷(optical packet)을 구성한다. 광 백본망에서는 광패킷을 처음부터 끝까지 광-전기 변환 없이 광 신호 상태로 교환 및 전송하는 전광 패킷 네트워크이다(transparent optical packet network).

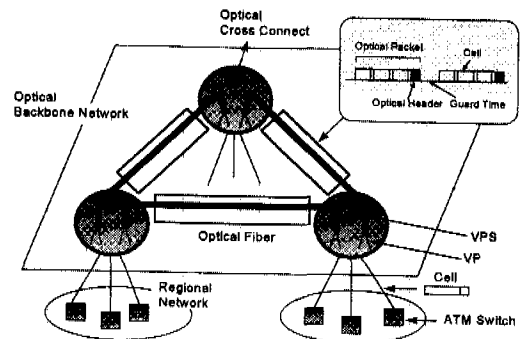


그림 1. B-ISDN 전달망 구조

광 스위치의 스위칭 속도는 전자 스위치와 별차

이 없이 1ns 전후이지만, 광 스위치는 전자 스위치의 수백에서 수천 배 정도 광대역 신호를 통과시킬 수 있기 때문에 그만큼 스위치의 스루풋이 증가한다^[8]. 현재, 광 논리회로의 실용화가 매우 곤란하여 스위치의 제어부는 전자회로에 의하여 구현하여야 한다. 이처럼 광 스위치에서는 신호의 통과 속도는 고속이지만 전자 제어계에 의한 스위칭 속도는 한계가 있으므로, 패킷 크기가 작다면 짧은 스위칭 주기 동안에 처리 부담이 너무 많고 스위칭 동작이 지나치게 빈번히 일어나므로, 가능하면 광 패킷의 길이가 길수록 스위치 운용에 유리하다고 할 수 있다^[9]. 그런데 ATM 교환에서는 53바이트의 셀 단위로 교환 동작이 일어나는데, 이처럼 짧은 교환 단위는 광 교환망에는 적당하지 않을 것으로 생각되어진다. 그래서 본 논문에서는 백본망의 광 cross-connect에서 동일 송수신 노드간의 복수 개(예, Lm 개) ATM 셀을 모아서 광 패킷을 구성하고, 이를 교환 및 전송의 기본 단위로 하는 광 패킷 교환 방식을 제안한다. 그렇게 함으로써 교환 제어부 처리 속도의 저속화를 가져와서, 처리 속도가 제한적인 전자 제어부로 처리할 수 있는 스위칭 용량이 증대된다. 매 광 패킷 사이에는 스위치 소자의 setup 시간과 지터(jitter)에 대한 여유를 주기 위하여 수ns의^[10] 가드 타임(guard-time)을 둔다. 이는 매 ATM 셀마다 가드 타임을 두는 방식보다 전송 효율이 굉장히 향상 될 것으로 기대된다. 한편, 광 패킷을 조립할 때 Lm개의 셀이 도착하여야 패킷이 완성 되는데, 이때까지의 대기 지연 시간이 길어질 수 있으므로 적당한 광 패킷의 길이를 결정하는 것은 이 방식 설계에 있어서 중요한 요소가 된다. 본 논문에서는 대기 지연 시간을 줄이기 위하여 타임아웃(time-out) 시간을 정의해서, 이 시간이 경과할 때까지 차지않은 부분은 빈 셀(idle cell) 상태로 해서 광패킷을 완성하여 전송한다. 만약, 타임아웃 시간이 너무 길면 패킷 조립에 따른 지연 시간이 길어질 수 있고, 너무 짧으면 빈 셀의 수가 늘어나서 광 패킷의 전송 효율이 떨어질 수 있다. 따라서, 타임아웃 시간을 적당히 조절하는 것은 광 패킷의 길이를 결정하는 것과 함께 중요한 요소가 된다.

2.2 광 Cross-Connect 및 Virtual Path Set

광 백본 네트워크의 cross-connect에서 다수 개의 ATM 셀로 광 패킷을 만들어서, 이 단위로 교환 동작이 일어나기 때문에 하나의 패킷에 포함되는 셀

들은 광 백본 네트워크 내부에서는 목적지 노드가 같아야만 된다. 그래서 패킷을 조립할 때에 백본 내에서의 목적지 노드가 같은 정해진 수(Lm개)의 ATM 셀이 도착할 때까지 기다려야만 한다. 본 연구에서는 기다리는 지연 시간을 줄이기 위해, 여러 개의 VP(Virtual Path)들의 집합인 VPS(Virtual Path Set)라는 새로운 개념을 도입하여 트래픽의 집중도를 높인다. VPS는 그림1 및 그림2에서처럼, 백본 네트워크의 특정한 두 광 cross-connect를 통하여 지역 네트워크에 연결되는 VP들의 집합으로 정의 된다. 즉, VPS는 대응하는 광 cross-connect를 통하여 두 지역 네트워크(regional network)를 연결하며,

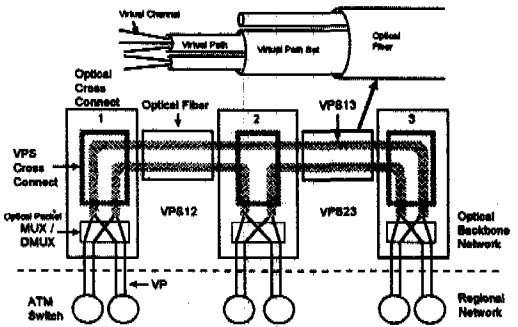


그림 2. 광 Cross-Connect 및 Virtual Path Set

광 백본 네트워크 내부에서만 의미를 가지는 논리 path이다. 그림2를 통하여 구체적인 예를 들어 설명하고자 한다. 광 cross connect 1 및 2를 통하여 지역 네트워크에 연결되는 VP들의 집합은 VPS12를 형성하고, 같은 개념으로 VPS13 및 VPS23을 각각 구성한다. 광 cross-connect에서는 같은 VPS 식별자를 갖는 셀들로 각각의 광 패킷을 조립한다. 국가 규모의 네트워크라 할지라도, 전체 네트워크에서 광 cross-connect의 숫자는 그다지 많지 않을 것이다. 따라서 소수의 VPS로 백본 네트워크를 커버할 수 있어, 광 패킷을 만들 때 각 VPS 마다 트래픽 집중도가 매우 높아서 Lm개의 셀이 도착할 때까지의 지연 시간이 크지않을 것이며, 또한 빈 셀이 적은 효율 높은 패킷 구성이 가능할 것이다. 한국에서는 국가 초고속 정보통신망 계획과 관련해서 12개의 주요 노드^[11]에 광 cross-connect를 설치하면 될 것으로 생각되어진다.

백본 네트워크에서 ATM 셀로부터 광 패킷을 조립하고 교환하는 광 cross-connect는 그림2에서 보는 것처럼 크게 VPS cross-connect, 광 패킷 조립

기(optical packet MUX) 및 광 패킷 분해기(optical packet DMUX)로 구성된다. 광 패킷 조립기는 지역 네트워크로부터의 ATM 셀에 대하여 VPI에 근거해서 같은 VPS 식별 번호를 갖는 셀끼리 모아서 광 패킷을 만들고 고속 광 신호로 VPS cross-connect로 보낸다. VPS cross-connect는 광 패킷 조립기 혹은 다른 광 cross-connect로부터 전송되어온 고속의 광 패킷을 VPS 식별 번호에 의거 광 패킷 교환 동작을 수행한다. 광 패킷 분해기는 목적지 광 cross-connect에 도착한 광 패킷을 ATM 셀로 분해해서 VPI에 따라 지역 네트워크의 대응하는 ATM 교환기로 내려보낸다. 광 패킷 조립기에서는 패킷 작성시 대기 지연 시간이 필요한데 이 성능이 본 방식의 중요한 파라미터가 된다. 그러나 광 패킷 분해기에서는 셀로의 분해 동작 중에 별도의 지연 시간은 필요치 않다. 또한, VPS cross-connect는 일반적인 광 패킷 스위치 구조와 동일한 구조를 갖고, 다수의 ATM 셀로 광 패킷을 구성하지만 전송 속도가 그만큼 빨라지므로 광 패킷 교환에 따른 지연 특성은 마찬가지이다.

2.3 광 패킷 프로토콜

본 논문에서는 그림3과 같은 광 백본 네트워크를 포함하는 B-ISDN 전달망의 네트워크 인터페이스 모델을 제안한다. 본 모델에서는 백본 네트워크에서 노드 사이의 인터페이스를 NNI(Network-Node-Interface)와 다르게 BNI(Backbone network Node Interface)로 정의한다. 광 패킷의 포맷은 그림에서와 같이 다수 개의 ATM 셀을 모으고 광 헤더 및 테일러를 붙인 형태이다. 광 패킷 헤더에는 라우팅 정보인 VPSI(VPS Identifier) 및 동기를 위한 정보가 포함된다^[12]. 동기는 헤더의 동기 패턴에 의해서 이루어지는데 이것에 의해서 클럭 복구 및 패킷 경계를 찾아낸다.

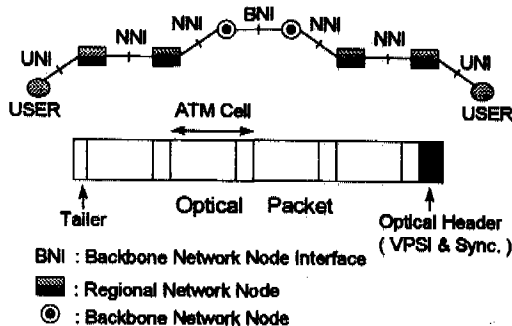


그림 3. 네트워크 모델 및 광 패킷 포맷

백본망에서는 광 패킷이 고속으로 전달되는데 광 cross-connect에서 VPSI를 변경하려면 변환 테이블을 참조한다든가 하는 처리 과정이 필요로 하기 때문에 이보다는, 백본 네트워크 전체에 걸쳐서 일률적으로 VPSI를 할당해서, VPSI 변경 없이 교환 동작을 수행함이 바람직 할 것 같다. 한국에서는 미래 국가 초고속 정보통신망을 고려했을때 10여개^[11]에서 많아야 수십개 정도의 광 cross-connect이면 국가망 전체를 커버할 수 있을 것으로 생각되어진다. 그래서 광 패킷 헤더에 VPSI 필드로 2비트를 사용한다면, 이는 특정한 두 광 cross-connect 사이에 여러 가지 서비스의 QOS(quality of service)에 따라 각기 다른 VPSI를 배정하더라도 네트워크 전체에 일률적인 VPSI 설정을 위해 충분한 크기일 것이다.

III. 성능 평가

광 패킷 교환 방식의 성능으로써 광 cross-connect에서 ATM 셀로부터 광 패킷을 조립할 때의 지연 시간 및 패킷 내의 빈 셀 수를 광 패킷 길이, 타임아웃 시간, VPS 수를 파라미터로 해서 컴퓨터 시뮬레이션에 의해 평가했다.

3.1 시뮬레이션 모델

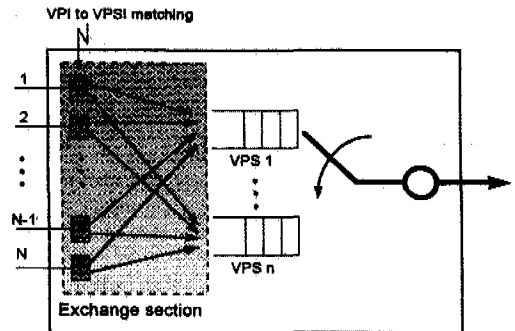


그림 4. 광 패킷 조립기의 시뮬레이션 모델

광 패킷 조립기의 모델은 그림 4와 같이, 다수의 입력 단자, VPS 수와 동일 개수의 출력 버퍼, 입력 단자와 출력 버퍼를 연결하는 교환부, 그리고 1개의 출력 단자로 구성된다. 광 패킷 조립기는 다수의 입력 단자로부터 들어온 ATM 셀들을 VPI에 의해 각각 대응하는 출력 VPS 버퍼로 교환 동작을 수행한다. 출력 단자는 순차적으로 출력 버퍼를 검사하여, 광 패킷이 완성되었거나 타임아웃이 일어난 버퍼의

광 패킷을 전송한다.

시뮬레이션에 사용된 파라미터들은 다음과 같다.

- 광 패킷 조립기의 입력단 수: 100
- 출력 VPS 수: 10, 20, 30, 40
- 출력 버퍼 크기: 50 셀
- 패킷 길이: 5, 10, 15, 20, 30 셀
- 입력단 속도: 1 Gbps
- 출력단 속도: 100Gbps

시뮬레이션에 대한 가정은 다음과 같다.

- 모든 입력 단자의 도착은 베르누이 분포를 따르고, 동일한 평균 도착율을 갖는다.
- 입력 단자의 1 셀 전송 처리 시간을 1로 정규화 한다.
- 도착한 셀이 각 출력 VPS 버퍼를 선택하는 확률은 동일하다.
- 교환 동작 및 출력 단자의 속도는 입력 단자의 속도 보다 N배 빠르다.(여기서 N은 입력 단자 수)

3.2 평가 결과

그림5는 광 패킷 길이를 파라미터로 했을 때의 지연 특성이다. 여기서, VPS 수는 40으로 가정하였으며, 수직 축이 셀이 도착해서 패킷화가 완성될 때까지 걸리는 시간으로서, 각 셀이 받는 지연의 평균이다. 시뮬레이션 결과는 광 패킷의 길이가 짧을수록 패킷 조립을 위해 필요한 셀 수가 감소하기 때문에 지연 시간이 적어지는 것을 보여주고 있다. 예를 들어, 부하 $p=0.3$ 에서 패킷 길이가 5인 경우는 지연이 약3셀인데 반하여 패킷 길이가 30셀인 경우는 약16셀이나 된다. 또 부하(p)가 높아짐에 따라 패킷 완성에 필요한 셀이 더 빨리 모이지므로 패킷 조립 지연 시간이 감소하는데, 패킷 길이가 짧을수록 이와 같은 부하에 따른 지연 시간 변동이 적어지는 것을 알 수 있다. 이러한 결과로부터, 적당한 광 패킷의 길이를 선택한다면 평균 지연 시간을 요구 수준 이하로 유지할 수 있을 것으로 예측된다. 따라서, 광 패킷 길이가 길수록 고속 광 교환기에서의 처리가 유리해지나 부하가 적을 때 지연 특성을 고려해서 패킷 길이를 결정하지 않으면 안된다.

그림6은 광 패킷 길이를 파라미터로 한 패킷당 평균 빈 셀 수 특성이다. VPS 수는 그림5와 마찬가지로 40으로 가정했고, 수직 축이 타임아웃에 의해 발생하는 각 패킷당 평균 빈 셀의 수이다. 부하가 적을 때는 패킷 길이가 짧을수록 빈 셀의 수가 적은 것을 알 수 있다. 부하의 증가에 따라 빈 셀의

수가 급격히 감소하다가 부하(p)가 0.5정도부터는 패킷 길이에 관계없이 빈 셀 수가 거의 0이 됨을 알 수 있다. 이것은 광 패킷 조립 과정에서 각 VPS 마다 충분한 집선 효과가 있어, 부하가 0.5 이상에서는 타임아웃 시간 이내에 패킷이 완성되는 것으로 생각되어진다.

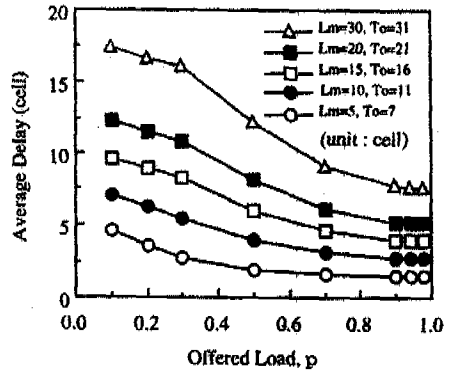


그림 5. 광 패킷 길이를 파라미터로 한 지연 특성

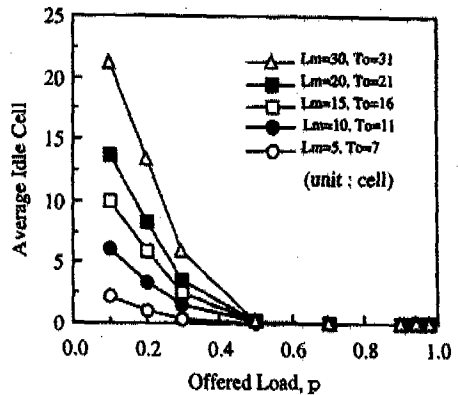


그림 6. 광 패킷 길이를 파라미터로 한 빈 셀 수 특성

그림7은 타임아웃 시간을 파라미터로 했을 때의 지연 특성을 나타낸다. 여기서, VPS 수는 40, 광 패킷 길이는 10으로 가정하였다. 평가 결과는 그림5에서와 마찬가지로 입력 트래픽이 증가함에 따라 평균 지연 시간이 전체적으로 감소함을 보여주고 있다. 저부하에서는 타임아웃 시간이 짧을수록 지연 시간이 적는데, 이는 패킷이 완성되기 전에 타임아웃 현상이 빨리 발생하기 때문인 것으로 유추된다. 부하(p)가 어느 정도(0.5) 이상이 되면 지연 특성이 타임아웃 시간에 관계없이 동일하고, 또한 변화가 적어짐을 알 수 있다. 이것은 적당한 광 패킷 길이

및 VPS의 수를 선택한 이 평가에서, 어느 정도 이상의 부하에서는 각 VPS 버퍼마다 충분한 트래픽 집중 효과가 있음을 보여주는 것이다. 만약, VPS의 개념을 사용하지 않고 VP 단위로 패킷을 조립한다면, 트래픽 집중도가 불충분하여 지연 시간이 길어질 것이고 타임아웃 시간에 대한 의존도도 훨씬 커질 것으로 기대된다.

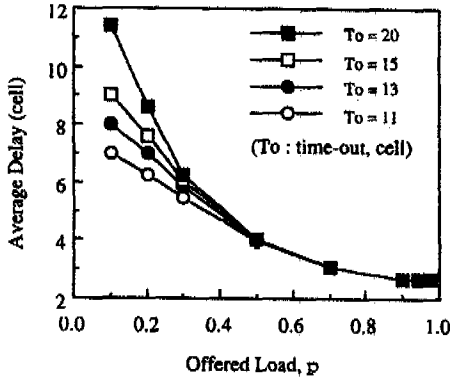


그림 7. 타임아웃 시간을 파라미터로 한 지연 특성

그림8은 타임아웃 시간을 파라미터로 했을 때의 패킷당 빈 셀 수 특성을 나타낸다. 그림7에서와 마찬가지로, VPS 수는 40, 광 패킷 길이는 10으로 가정하였다. 평가 결과로부터, 낮은 트래픽 범위에서는 타임아웃 시간이 길수록 패킷당 빈 셀 수가 적어지는 것을 알 수 있다. 이것은 저부하에서는 패킷

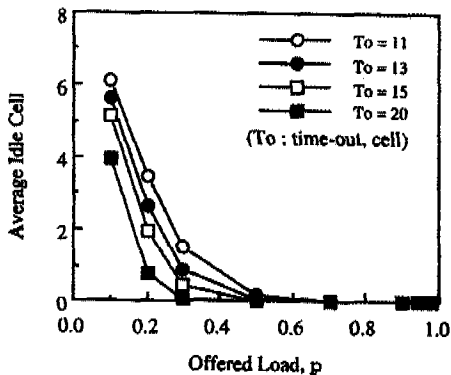


그림 8. 타임아웃 시간을 파라미터로 한 빈 셀 수 특성

이 완성되기전에 타임아웃이 일어나는 경우가 많은데, 이 시간이 길어짐에 따라 모아지는 셀의 수가 많아질 것이기 때문에 생각된다. 저, 중 부하 영역에서 빈 셀 수가 부하에 따라 급격히 줄어들다가

부하 $p=0.5$ 부근부터는 타임아웃 시간에 관계없이 빈 셀 수가 거의 없어지는 것을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 그림7의 지연 특성과 밀접한 관계가 있다.

그림9는 출력 VPS 수를 파라미터로 했을 때의 지연 특성을 보여준다. 여기서, 광 패킷 길이는 10, 타임아웃 시간은 11로 가정하였다. 시뮬레이션 결과는 그림5에서와 마찬가지로 이유로 부하가 증가함에 따라 지연 시간이 줄어드는 것을 보여주고 있다. 출력 VPS 수가 적은 경우에 지연 시간이 짧다. 예를 들어, 부하 $p=0.5$ 에서 VPS 수가 50인 경우는 지연이 약5셀인데 VPS 수가 10인 경우는 지연이 약1셀이 됨을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 출력 VPS 수가 적을수록 각 VPS에 대한 트래픽 집중도가 더 높아지는 현상에 기인하는 것으로 추측된다. 평가 결과로부터 VPS 수를 일정 수 이하로 유지한다면, 요구 수준의 지연 특성을 유지할 수 있을 것으로 예측된다.

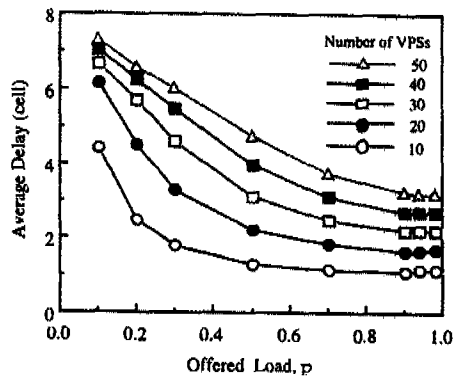


그림 9. VPS 수를 파라미터로 한 지연 특성

그림10은 출력 VPS 수를 파라미터로 했을 때의 패킷마다의 평균 빈 셀 수 특성을 보여준다. 그림9에서와 마찬가지로 광 패킷 길이는 10, 타임아웃 시간은 11로 가정하였다. 이 평가 결과는 저부하 영역에서 트래픽이 증가함에 따라 패킷당 빈 셀 수가 급격히 줄어드는 것을 보여주고 있다. 이것은 부하가 증가하면 그만큼 빨리 패킷이 완성되니까 타임아웃 현상이 적게 일어나는 것을 말한다. 고부하 영역이 되면 빈 셀 수가 0에 가까워지는데, 이것은 고부하에서는 이 평가 대상의 모든 경우에 있어서 각 VPS마다 충분한 트래픽 집중 현상이 나타나는 것으로 생각되어진다. VPS 수가 적으면 패킷당 빈 셀의 수가 더 적고 또한, 더 빨리 0이된다. 이 평가에

서, VPS 수가 50인 경우는 부하 $p=0.7$ 에서 빈 셀 수가 0이 되지만, VPS 수가 10인 경우는 부하 $p=0.2$ 에서 0이 된다. 이 시뮬레이션 결과로부터 적당한 수의 VPS 환경에서는, 보통의 셀 전송의 경우와 비교해서 광 패킷 전송 방식이 광 섬유 전송로의 전송 손실 시간을 크게 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

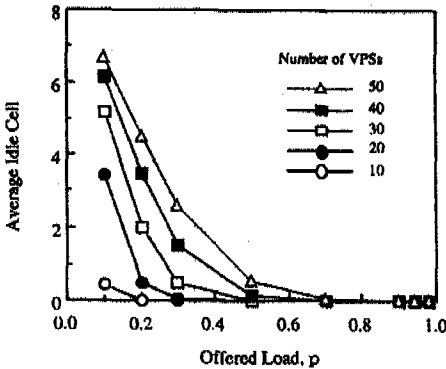


그림 10. VPS 수를 파라미터로 한 빈 셀 수 특성

백본 네트워크에서 VPS 수는 아주 적을 것이 예상됨으로, 적당한 크기의 광 패킷 길이를 선택한다면 평균 지연 시간 및 패킷당 평균 빈 셀 수가 아주 작게 제한될 수 있음을 이상의 평가 결과로부터 알 수 있다. 특히, 광 패킷 조립기의 입력 트래픽이 0.5이상에서는 광 패킷 교환 방식이 매우 효율적으로 운용될 수 있음을 보여주었다.

IV. 광 Cross-Connect 구조

광 백본 네트워크의 광 cross-connect는 VPS cross-connect, 광 패킷 조립기 및 광 패킷 분해기로 구성된다. 그 중에서 핵심이 되는 VPS cross-connect로 사용될, 파장다중 라우팅 기법을 이용한 광 패킷 스위치 구조를 제안한다.

4.1 광 패킷 스위치

최근, 미래의 대용량 광 교환망에 사용하기 위하여 많은 광 패킷 스위치 구조가 연구되고 있다^{[9][10]}. 광 패킷 스위치를 구현함에 있어서, 현실적에서 가장 어려운 점은 대용량의 광 메모리 버퍼를 실현하는 것이다^[13]. 본 논문에서 제안하는 광 패킷 스위치는 저자가 이전부터 연구해오던^[14] 구조로서, 그림11과 같이 입력 정합부(IIM), 가변 파장 변환기(TWC), 파장 다중 광 버퍼, 파장 DMUX, 및 스

위치 제어부로 구성된다. 이 스위치에서 입력 패킷을 목적지 출력단으로 교환하는 동작은 광 패킷의 파장을 출력단에 대응하는 파장으로 변환함으로써 이루어진다. 즉 광 패킷의 라우팅에 파장을 이용하는 것이다. 입력 정합부에서는 도착한 광 패킷을 가변 파장 변환기에 광 신호 상태로 보냄과 동시에 패킷의 헤더 부분을 추출하고 전기 신호로 바꾸어서 스위치 제어부로 보낸다. 스위치 제어부에서는 패킷 헤더를 해석하여 가변 파장 변환기 및 광 버퍼 모듈에 대한 제어 신호를 발생한다. 한편, 제어부에서 헤더 처리를 하는 동안 광 패킷은 광 지연선을 통과하여 가변 파장 변환기에 도착한다. 가변 파장 변환기에서 광 패킷은 목적지 출력 단자에 해당되는 파장으로 변환되어 버퍼 모듈로 전달된다. 광 버퍼 모듈 입력측의 $m \times 1$ 커플러에 의해 파장 다중화 되고, 파장 다중화된 패킷은 버퍼 메모리에 저장된다. 저장되었던 광 패킷이 제어부의 제어 신호에 의해 버퍼에서 출력되면, 파장 DMUX에 의해 파장 역다중화 되어 목적지 출력단으로 전송된다. 출력단에서는 광 패킷의 파장을 처음 도착했을 때의 파장으로 바꾸어서 스위치 외부로 송출한다.

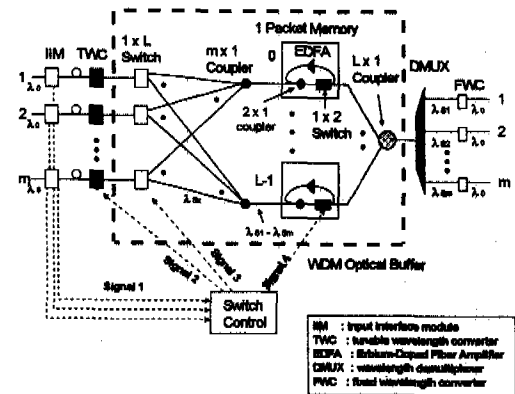


그림 11. 광 패킷 스위치 구조

이 스위치에서 가장 핵심적인 구성 요소는 가변 파장 변환기이다. 이는 그림12에서 보이는 것처럼 2개의 고속 가변 파장 레이저, 2x1 광 스위치 소자, 외부 변조기로 구성된다. 이와 같이 2개의 레이저를 사용하면, 가변 파장 레이저의 스위칭 속도가 수십 ns로 제한이 따를지라도 수ns 단위의 파장 교환이 가능하다^[16]. 따라서, 2개의 가변 파장 레이저를 사용하는 구조로 10Gbps 정도의 신호는 충분히 파장 변환을 할 수 있다^[15]. 가변 파장 레이저로는 튜닝 범위 100nm의 SSG-DBR(superstructure grating di-

istributed Bragg reflector) 레이저가 개발되어 있다¹⁵⁾. 레이저의 출력 파장은 스위치 제어부의 제어 신호에 의해 결정되어 연속 광(CW)을 출력한다. 그러면 외부 변조기에 의해 패킷의 데이터 내용으로 변조된다.

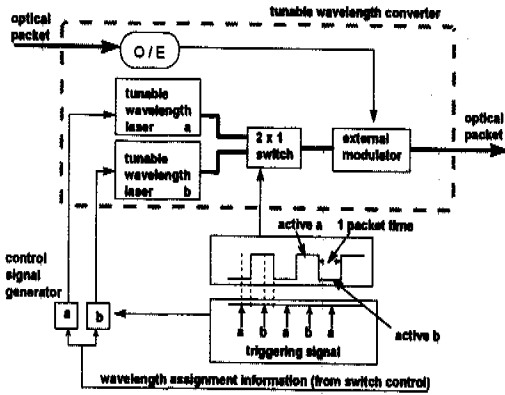


그림 12. 가변 파장 변환기의 구조

4.2 파장 다중 광 버퍼

제안한 광 패킷 스위치에 사용된 파장 다중 버퍼는 그림11에서 보는 것처럼 $1 \times L$ 스위치, $m \times 1$ 커플러 및 파장 다중 1패킷 메모리로 구성된다. 또 1패킷 메모리는 광 패킷 길이와 같은 광 지연선, 1×2 스위치 및 2×1 커플러로 구성된다. 참고로, 단일 모드 광 파이버에서는 광 지연 시간이 약 4.8nsec/m 이다.

그림13에서 광 WDM 버퍼의 동작 설명을 위한 직관적인 모델을 보여주고 있다. 이 버퍼의 입력 포인터는 각 파장 마다 독립적으로 관리한다. 여기서 각각의 파장은 하나씩 출력 포트에 대응된다. 그래서 물리적으로는 L 개의 메모리를 갖는 단일 버퍼이지만 논리적으로 파장 수 만큼의 독립된 버퍼가 존재한다. 예를 들어 그림에서 보여주는 것과 같이 현재의 버퍼 상태가 되어있고, 지금 막 두개의 패킷이 도착했다고 가정하면, 파장1의 패킷(목적지가 출력 단자 1)은 파장1 논리 버퍼의 2번지에, 그리고 파장2의 패킷(목적지가 출력 단자2)은 파장2 논리 버퍼의 1번지에 각각 저장된다. 이것은 제어부로부터 $1 \times L$ 스위치를 제어함으로써 가능해진다. 전체 버퍼에서 단일의 출력 포인터가 관리되기 때문에 1패킷 메모리의 1×2 스위치를 제어하면 파장 다중화된 광 패킷의 모든 파장이 동시에 읽히게 된다. 예에서는 현재의 출력 포인터가 0번지를 가리키고 있으므로 0번지에 저장되어 있는 모든 파장의 논리 버퍼 내

의 패킷이 동시에 읽히고, 출력 포인터는 1만큼 증가한다. 이와 같은 파장 다중 버퍼는 파장 수 만큼의 논리 버퍼가 존재하기 때문에 단일 파장 버퍼보다 $1/m$ 의 하드웨어로 구성할 수 있다. 따라서, 광 패킷 스위치의 구성에서 가장 난점의 하나인 광 메모리 버퍼를 구현함에 있어서 굉장한 하드웨어 절감 효과를 가져온다.

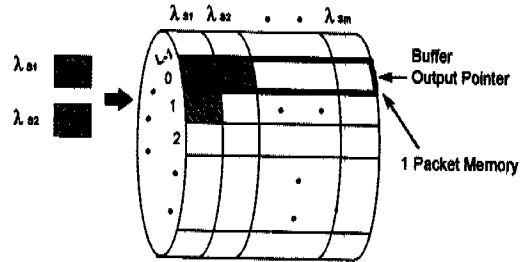


그림 13. 파장 다중 광 버퍼의 동작 설명

V. 결론

다양한 멀티미디어 정보를 효율적으로 전달할 미래의 국가 초고속 정보통신망의 구조를 제시하고, 그의 백본 네트워크로 사용될 광 패킷 교환망을 설계하였다. 광 백본 네트워크에서는 다수 개의 ATM 셀을 하나로 묶고 여기에 광 헤더를 붙여 광 패킷을 구성한다. 이 광 패킷을 광 신호 상태로 고속으로 교환 및 전송을 수행한다. 이와 같은 전광 네트워크인 백본 네트워크에서 사용될 광 cross-connect의 기능을 정의하였다. 광 패킷 교환망의 성능을 개선하기 위하여 백본 네트워크에서 사용되는 VPS라는 새로운 개념을 정의하고, 광 패킷 프로토콜을 제시하였다. 제안한 광 패킷 교환망의 성능을 컴퓨터 시뮬레이션에 의하여 평가했다. 평가 결과는 광 패킷 교환 방식이, 전자회로에 의하여 제어되는 광 ATM 스위치의 한계를 극복하기 위한 수단으로, 백본 네트워크에 적용될 수 있음을 보여주었다. 광 백본 네트워크의 cross-connect에 사용될 광 패킷 스위치를 파장 다중 기술을 이용하여 설계하였다.

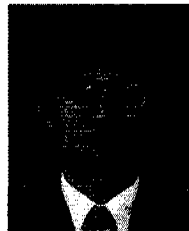
참고문헌

- [1] J. Y. Hui, "Switching and Traffic theory for Integrated Broadband Networks," Kluwer Academic Publishers, 1990.
- [2] Hisashi Kobayashi and Ivan P. Kaminow,

- "Duality Relationships Among Space, Time, and Wavelength in All-Optical Networks," IEEE J. Lightwave Technol., vol.14, No.3, March 1996.
- [3] Soeren Lykke et al., "WDM Packet Switch Architectures and Analysis of the Influence of Tunable Wavelength Converters on the Performance," IEEE J. Lightwave Technol. Vol.15, no.2, Feb. 1997.
- [4] H. Okayama and M. Kawahara, "Guided-wave Optical Switch Matrix with Large Number of Input and output Ports," IEICE Technical Report, SSE94-214, Feb. 1995.
- [5] Y. Tohmori et al., "Broad-Range Wavelength Superstructure Grating(SSG) DBR Lasers," IEEE J. Quantum Electron., vol.29, no.6, pp.1817-1823, Jun. 1993.
- [6] h. Yasaka, H. Ishii, K. Takahata, K. Oe, and Y. Yoshikuni, "Broad-range Wavelength Conversion of High Speed Signal using a Superstructure Grating DBR Laser," in Proc. IEICE Spring Conf.'94, SC-2-3.
- [7] K. Okamoto, K. Moriwaki, and S. Suzuki, "Fabrication of 64x64 arrayed-waveguide grating multiplexer on silicon," Electron. Lett., vol.31, no.3, pp.184-186, Feb. 1995.
- [8] H. Harai, M. Murata, and H. Miyahara, "Multicasting Routing Method in Optical Switching Networks," Trans. IEICE, vol.J78-B-1, no.9, pp.399-408, Sep. 1995.
- [9] G. Eilenberger, D. Boettle, O. Hildebrand, M. Schilling, and K. Wuenstel, "Concepts for an Optical WDM Transport Network and Experimental Results," in Proc. ISS'95, pp.377-381, Apr. 1995.
- [10] K. Sasayama, Y. Yamada, K. Habara, and K. Yukimatsu, "FRONTIERNET : Frequency-Routing-Type Time-Division Interconnection Networ," IEEE J. Lightwave Technol., vol.15, no.3. pp.417-429, Mar. 1997.
- [11] 이성재, "초고속 국가망 구축 사업," 한국통신학회지, 제14권 제5호, pp.378-393, 1997. 5.
- [12] Monique Renaud et al., "Network and System Concepts for Optical Packet Switching," IEEE Commun. Mag., vol.35, no.4, pp.96-102, Apr. 1997.
- [13] K. Yukimatsu, "Photonic Switching Technology," IEICE Technical Report, SSE93-119, 1993.
- [14] Y. B. Choi, H. Tode, H. Okada, H. Ikeda, "A Large Capacity Photonic ATM Switch based on Wavelength Division Multiplexing Technology," IEICE Trans. Commun., vol.E79-B, no.4, pp.560-568, Apr. 1996.
- [15] K. Sasayama, Y. Yamada, F. Fruh, K. Habara, K. Yukimatsu, S. Suzuki, and H. Ishii, "Demonstration of a photonic frequency-routing-type time-division interconnection network-FRONTIERNET-and performance analysis of FDM output buffers," in Proc. ISS'95, pp.452-456, Apr. 1995.
- [16] Y. Tada, N. Shibata, O. Ishida, K. Nosu, and H. Ishii, "Duplex transmitter configuration for bit-error-free optical FDM cross-connect system," IEEE Photonics Tech. Lett., vol.4, no.9, pp.1051-1053, Sep. 1992.

최영복(Young-Bok Choi)

정희원



1984년 8월 : 경북대학교 전자공학과(공학사)

1988년 8월 : 경북대학교대학원 전자공학과(공학석사)

1996년 3월 : 오사카대학교대학원 통신공학과(공학박사)

1984년~1985년 : LG전자 구미연구소

1985년~1996년 : 한국전자통신연구원(선임연구원)

1996년 3월~현재 : 동명정보대학교 정보통신공학과 조교수

<주관심 분야> ATM Switching Networks, Optical Networks, Photonic Switching Systems

김혜영(Hye-Young Kim)

정희원

한국통신학회 논문지 제23권 3호 참조

김 광 준(kwang-Joon Kim) 정회원
1981년 2월 : 서울대학교 자연과학대학 물리학과 졸업 (이학학사)
1983년 2월 : 서울대학교 대학원 물리학과 졸업 (이학석사)
1993년 6월 : 미국 오하이오 주립대학교 대학원 물리학과 졸업 (이학박사)
1984년 3월~현재 : 한국전자통신연구원 교환전송기술연구소 광통신연구부 책임연구원
<관심분야> 광 패킷 스위칭, 광 신호 처리

원 응 협(Yong-Hyub Won) 정회원
한국통신학회 학회지 제15권6호 참조
현재 : 한국정보통신대학원 부교수 (광통신 및 광전자공학 그룹)

김 경 연(Kyung-Youn Kim) 정회원
한국통신학회 제21권 11호 참조
현재 : 제주대학교 전자공학과 부교수