

대체 경로를 고려한 패킷교환 방식의 WDM 기간망 설계에 대한 연구

이 순 화 , *김 경 민 , *김 장 북
홍익대학교 전자공학과 통신연구실

Packet switched WDM backbone network designing regarding detour route

Soon Hwa Lee, Kyung Min Kim, Chang Bock Kim
Digital Communication lab, Dept of Electronic Hong-ik University
E-mail : lovetear@kebi.com

Abstract

It is predicted that the existing backbone network has encountered its limit due to massive growth in data traffic. Perhaps new WDM methods utilizing optical fibers are desirable. Also to assure reliance of the network detour routes for collision recovery must be considered. But due to the redundancy occurred by allocating bandwidths to the detour route, the efficiency of the link may decline. In this paper, we designed a detour route to minimize the redundancy.

1. 서론

데이터 트래픽의 기하급수적인 증가로 기존의 기간망(Backbone network)으로 통신 서비스를 수용하기에는 한계가 있을 것으로 예측된다. 이에 대한 해법으로는 기존의 기간망 시스템의 물리적 확장을 하거나 새로운 기간망을 구성해야 할 것이다. 그러나 기존의 국내 기간망은 음성 트래픽 중심이라는 구조적 문제점을 가지고 있으며, VoIP(Voice over Internet Protocol)와 같은 기술의 발전으로 음성 트래픽도 곧 데이터 트래픽으로 통합될 것으로 예상하고 있다.

따라서 이러한 이유로 광을 이용한 전광네트워크(AON: All Optical Network)의 형태로 발전해야 할 것이다. 최근 광을 이용한 여러 가지 기술 중에서 가장 각광을 받고 있는 WDM(Wavelength Division Multiplexing)은 현재 OC-192급에 이어 OC-768급의 링크 용량을 제공 될 예정이다. 따라서, 국내의 기간망은 WDM으로 구성하는 것이 가장 적합하다고 생각한다.

본 논문에서는 먼저 WDM 기간망의 트래픽 모델링식을 설계하고, 예측된 트래픽값을 이용하여 각 지역별로 채널을 할당을 하였다. 또한, 기간망의 신뢰도를 높이기 위해서는 통신의 속도 자체의 고속화뿐 아니라 링크의 장애를 복구 할 수 있는 대체 경로가 있어야 한다.

이에 본 논문에서는 링크의 장애시 대체경로 설정을 제시하였다. 마지막으로 연구된 결과 값을 OPNET 환경에서 실제 모의 실험 결과를 나타내고, 결론을 맺는다.

2. 트래픽 모델링

기존의 방식으로는 EON(European Optical Network)에서 사용한 트래픽 모델링[1] 식(1)이 있으며 아래와 같다.

$$Traffic_{sd} = K \frac{Pop_s Pop_d}{Dist_{s,d}} \dots\dots\dots \text{식 (1)}$$

여기서 $Pop_{s,d}$ 는 송신노드와 수신노드의 각각의 인구(million)이며, $Dist_{s,d}$ 는 송신노드와 수신노드의 거리(kilometer)를, K는 적정 상수 이다. 이는 단순히 인구와 거리만을 고려하고 있기 때문에 실제적인 다양한 환경적인 트래픽 변화에 적용하기 어렵다는 문제점이 있다.[4]

또한 음성 트래픽과 달리 IP 트래픽은 거리에 따라 감소하지 않는 특징을 보이고 있다.[5] 따라서, [2],[3]의 PDG, PDI 역시 IP 트래픽 특성을 나타내기가 어렵다. 따라서 본 논문에서는 식(2)와 같이 인구수와

도메인 등록수를 사용하여 전체의 트래픽을 예상하였다. 인구수는 통계청자료[6]의 2005년 추계인구수를 적용하였으며, 도메인 수는 한국인터넷정보센터[7]의 자료를 이용하였다.

$$Traffic_{total} = \frac{Pop_{total} + D_{total}}{2} = 100 \dots \dots \dots \text{식 (2)}$$

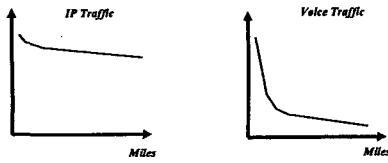


그림 1. IP, 음성 트래픽과 거리의 관계[5]

식(1)에서 Traffic_{total} 은 인구비와 도메인비를 합하여, 동일한 가중치를 두어 2로 나눈 것이다.[4]

$$Traffic' = \frac{Pop' + D'}{2} \dots \dots \dots \text{식 (3)}$$

식(3)에서 Traffic'는 그룹별 상대적인 트래픽 발생 비율을 나타내고 있다. 각 그룹은 광역별로 인구수가 가장 많은 지역을 기준으로 하여 6그룹으로 나누었다.

그룹	Pop'	D'	Traffic'	Traffic''
서울	47.18%	75.18%	61.180%	61
원주	3.06%	1.13%	2.095%	2
대구	13.44%	6.64%	10.040%	10
부산	14.04%	7.02%	10.530%	10
광주	12.07%	5.06%	8.565%	9
대전	10.21%	4.96%	7.585%	8

표 1. 식(2),(3)을 이용한 그룹별 트래픽발생비율

표 1은 식 (2),(3)을 이용하여 그룹별 트래픽 발생 비율(Traffic') 구하고, 1Tera-bit(10G*100)를 기준으로 하여 트래픽 발생 비율을 정수 값으로 변환시켜 그룹별 트래픽양(Traffic'')을 할당 한다.

$$Traffic_{s,s'} = \frac{Traffic'_s}{1 - Traffic'_{s'}} \times Traffic''_{s'} \dots \dots \dots \text{식 (4)}$$

식 (3)은 앞서 언급한 바와 같이 그룹별 발생하는

트래픽양을 그룹별 송신자와 수신자의 업링크와 다운링크간의 트래픽 용량을 나누기 위한 식이다. (한 채널당 10Gbps로 한다.) 예를 들어 송신노드가 서울이고 수신노드가 원주라면 식 (4)를 이용하여 다음과 같이 구해 낼 수 있다.

$$Traffic_{서울,원주} = \frac{Traffic'_{원주}}{1 - Traffic'_{서울}} \times Traffic''_{서울}$$

$$= \frac{0.02095}{1 - 0.61180} \times 61 \approx 3.3$$

송신	수신	T s.t	T s.t'	Path	Path'
서울	원주	3.3	0.9	a-b	a-c-d-b
	대전	11.9	3.4	a-c	a-b-d-c
	대구	15.8	4.5	a-b-d	a-c-d
	부산	16.5	4.7	a-b-d-f	a-c-d-f
	광주	13.5	3.8	a-c-e	a-b-d-c-e
원주	서울	1.2	0.3	b-a	b-d-c-a
	대전	0.2	0.1	b-d-c	b-a-c
	대구	0.2	0.1	b-d	b-a-c-d
	부산	0.2	0.1	b-d-f	b-a-c-d-f
	광주	0.2	0.1	b-a-c-e	b-d-c-e
대전	서울	5.3	1.5	c-a	c-d-b-a
	원주	0.2	0.1	c-d-b	c-a-b
	대구	0.9	0.3	c-d	c-e-f-d
	부산	0.9	0.3	c-e-f	c-d-f
	광주	0.7	0.2	c-e	c-d-f-e
대구	서울	6.8	1.9	d-b-a	d-c-a
	원주	0.2	0.1	d-b	d-c-a-b
	대전	0.8	0.2	d-c	d-f-e-c
	부산	1.2	0.3	d-f	d-c-e-f
	광주	1.0	0.3	d-c-e	d-f-e
부산	서울	6.8	1.9	f-e-c-a	f-d-c-a
	원주	0.2	0.1	f-d-b	f-e-c-d-b
	대전	0.8	0.2	f-d-e	f-e-c
	대구	1.1	0.3	f-d	f-e-c-d
	광주	1.0	0.3	f-e	f-d-c-e
광주	서울	6.0	1.2	e-c-a	e-f-d-c-a

원주	0.2	0.1	e-f-d-b	e-c-d-b
대전	0.7	0.2	e-c	e-f-d-c
대구	1.0	0.3	e-c-d	e-f-d
부산	1.0	0.3	e-f	e-c-d-f

표2. 식(3)을 이용한 업, 다운 링크간의 트래픽용량 할당과 경로배정 (path:원경로, path':대체경로)

3. 제안된 트래픽 모델링에 따른 망설계

표 2 에서 구성된 트래픽 비율은 전 6대 광역을 모두 Point-to-Point망으로 연결시에 업 링크와 다운 링크의 비율(T_{st})과 링크 에러시 대체 경로의 트래픽 비율(T_{st}')을 나타내고 있다.

대체 경로의 트래픽 비율은 식(5)와 같이 구해 낼 수 있다.

$$Traffic_{st}' = Traffic_{st} \times 0.282 \dots\dots\dots\text{식(5)}$$

여기서 T_{st} 에 0.282는 하루 중 제일 많이 인터넷을 이용하는 시간(오후 6시~자정12시)의 이용자 비율이 0.282% 정도[7]라는 것을 적용하여 유희 대역폭 할당을 구하였다.

표 2 에서 Path는 원경로 테이블, Path'는 대체 경로 테이블을 말하며 이는 각 그룹의 라우터별로 각각 경로 설정을 한다.

그림 2에서는 OPNET에서 모델링한 국내 패킷교환 방식의 기간망 토폴로지를 나타내고 있다. 국내의 WDM 기간망 구성이 초기에 링형으로 이루어질 것으로 예상되기 때문에 링형 구축 이후 대전과 대구간에 광채널을 연결함으로써 하여 패킷교환 형태로 진화시킬 수 있다는 장점이 있다.

그룹별 패킷교환 방식의 경로 설정은 다음에 따른다.

- 1.원경로는 송신과 수신노드의 최소 홉수로 고정 설정하며, 대체경로도 원경로에 근접한 최소 홉수의 경로를 고정 선택한다.
- 2.대체경로는 원경로에 비교하여, 유희 대역폭 할당이 최소화 된 경로를 설정한다.
- 3.링크의 장애는 이웃 한 그룹 링크 뿐이라 가정한다.
- 4.서울(a),원주(b),대전(c),대구(d),광주(e),부산(f)로 기호화 하였다.

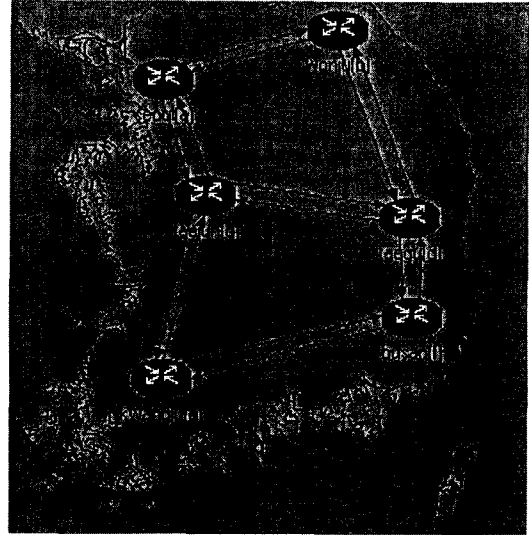


그림2. OPNET 에서 구현한 토폴로지 모습

위 4가지 원칙을 지켜 라우팅 테이블은 각 라우터가 독립적으로 관리하며 대체 경로를 고려한 전체의 대역폭은 식(6)으로 구해낼 수 있다.

$$B_{total} = (Traffic_{st} + Traffic_{st}') \times 1.1 \dots\dots\dots\text{식(6)}$$

식(6)의 전체 트래픽 발생 비율의 합에 1.1을 곱한 이유는, 망의 안정화를 위하여 최대 이용률이 90%를 넘지 않게 하기 위함이다.

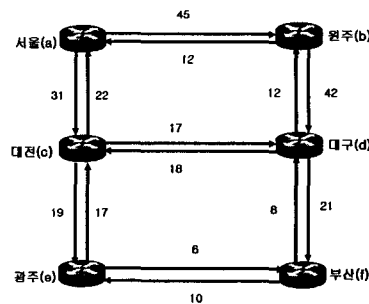


그림 3. 패킷교환방식의 토폴로지구성예 파장할당

4. 제안된 알고리즘의 모의 실험과 결과

이 장에서는 OPNET을 이용하여 제안된 트래픽 모델링과 대역폭 할당의 성능을 보인다. 모의 실험의

복잡도를 줄이기 위해서 다음과 같은 부가 가정을 하였다.

- 모의 실험 시간은 1시간으로 제한한다.
- 고정 방식을 사용하기 때문에, 라우팅 테이블을 갱신하지 않는다.
- 링크의 우회 경로를 검색하기 위한 지연 시간은 전체 결과값에 큰 영향을 미치지 않기 때문에 고려하지 않는다.
- 각 그룹의 버퍼는 무한 버퍼로 설정한다.
- 송신측의 그룹별 트래픽은 균일하게 발생시킨다.

그림4.에서 보여지는 바와 같이 하단 4지역이 지역의 이용률이 50%가 되지 못하는 저조한 이용률이 나왔으나, 이것은 서울과 타 지역간의 인구, 도메인 불균형 차이가 심하기 때문에 피하기 어려운 사항으로 본 결과는 이러한 링크들을 최소화 하였음을 알 수 있다.

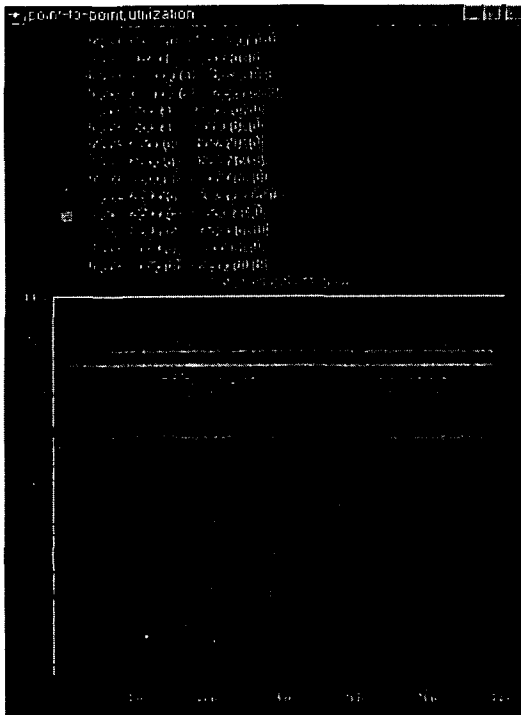


그림4. OPNET 에서 구현한 링크 이용률 도표 식(6)에서 망의 안정성을 위해 고려한 결과로 최대 링크 이용률이 90%가 넘지 않고 있다.

5. 결론

본 논문에서는 전광 패킷교환을 기반으로 한 기간망 설계에 대한 연구를 하였으며, 이를 기반으로 하여 2000년대 중반의 초고속 기간망 설계 모델을 제안 하였다.

이 모델에 대한 장점으로서는 국내의 전체 트래픽 규모와 그룹별 트래픽 전송 용량을 구할 수 있기 때문에 링크의 대역폭 할당에 융통성을 가진다. 또한, 대체 경로의 설정으로 인하여 유휴 대역폭은 반드시 발생하게 되는데 이것의 무원칙적인 할당은 링크의 이용률을 저하시킬 수 있을 것이다. 따라서 하루에 최대로 이용하는 시간의 이용률 비율을 이용하여 유휴 대역폭을 줄 일 수 있음을 제시하였다. 아울러 국내의 여건상 수도권에 인구가 밀집되어 있는 이유로, 지역간의 균형 있는 대역폭 할당이 어려워 이를 최소화하여야 된다는 사실을 확인하였다. 그러나 복수의 링크 장에서 본 논문에서 제안된 방식으로는 수용하기 어렵다. 결국 이러한 경우에는 동적인 라우팅 기법과 새로운 파장 할당이 필요하게 되는데, 이를 향후 연구 과제로서 진행 할 것이다.

본 논문은 링형에서 패킷형으로 진화하는 초기의 국내 WDM 기간망 설계와 고도의 응용 서비스 개발자에게 필요한 수요 대역폭 예측 모델로 활용 할 수 있다.

참고문헌

- [1] M.J, OMahony, A. Yu , J. Zhou, The Design of European Optical Network, IEEE Journal of Lightwave Technology, Vol 13, No. 5, May 1995.
- [2] 정노선, 홍상기, 안기석, 박효준, 강철신, 신종덕, 한국 실정에 맞는 트래픽 모델링 및 전광 WDM 기간망의 설계, 한국통신학회논문지, 99-6 Vol24 No.6B
- [3] 정노선, 안기석, 홍상기, 강철신, Mesh 구조의 WDM 기간망 구조 설계, 한국통신학회논문지, 00-5 Vol25 No.5B
- [4] 오호일, 김장복, 비균일적인 링크 구조를 갖는 WDM 네트워크에서의 최단경로 라우팅 방안에 관한 연구, 한국통신학회 2001년도 하계종합학술 발표회논문집(下), pp. 1751~1754
- [5] Wade Rubinstein, Optical Network Tutorial, APRICOT 2000 in Seoul
- [6] 통계청 <http://www.nso.go.kr>
- [7] 한국인터넷 정보센터 <http://stat.nic.or.kr>
- [8] Biswanath Mukherjee, Optical Communication Networks, McGraw-Hill, 1997