

트래픽수요예측모델링을 통한 WDM네트워크 설계에 관한 연구

오 호 일, 송 계 연, 김 장 복
홍익대학교 전자공학과 디지털 통신연구실
02-333-6232

A Study on the Design of WDM Network using Traffic Demand Estimation Modeling

Ho-II Oh, Jae-Youn Song, Chang-Bock Kim
Dept. of Electronic Engineering, Hong-ik Univ.
ohhoil@hotmail.net

Abstract

In this paper, the design of WDM network using the traffic estimation modeling is implemented. Because of the lack of data of real traffic volumes, the information of statistic data is used. using the modeling results, the WDM channels is assinged for each node, and the network is simulated using OPNET simulation tools. As a result, the realistic WDM network design for Korea topology is proposed.

I. 서론

정보화 사회에서 기하급수적으로 늘어나고 있는 정보 교환에 대한 인간의 욕구 성취를 위해서 광통신은 필수적인 것이 되었다. 이러한 이유로 많은 지점간의 국간 전송라인이 광섬유로 교체되고 있으며 21세기초까지는 모든 거점이 광섬유로 연결되고 전·광 신호의 변환이 필요 없는 전광네트워크(All Optical Network: AON)의 완성이 이루어지리라 전망된다. 특히 광선로의 기술은 최근 급속도로 발전하여 Terabits/sec에 이르는 전송용량을 얻을 수 있게 되었으나 아직까지는 전기적

신호처리로 인한 전송 한계가 문제로 제기되고 있으며, 또한 단일 파장을 이용하는 기존의 광전송기술로는 10~20Gbps의 전송속도가 최대치이므로 보다 높은 대역폭을 얻기 위해서는 광선로를 추가로 포설해야 하는 점도 한계로 지적되었다.

이에 OTDM(Optical Time Division Multiplexing), WDM(Wavelength Division Multiplexing) 등의 기법이 제안되었다. WDM의 경우 노드에서의 전·광변환이 없이 광신호로 교환할 수 있는 광증폭기(EDFA : Erbium Doped Fiber Amplifier)의 개발로 ADM(Add/Drop Multiplexer)가 가능해짐으로 비약적인 발전을 이룰 수 있었으며 따라서 정보의 투명성은 물론 낮은 전송대기로 SONET이후의 초고속 정보통신망의 물리계층의 기반구조를 제공할 것으로 기대된다. 수백개의 채널분기가 실험에 성공했으며 OC-192급에 이어, OC-768 급의 링크 용량이 제공될 예정이다.

또한 기하급수적으로 증가하고 있는 국내 인터넷 수요를 감안하여 볼 때, 전국규모의 전달망을 WDM으로 구성하는 것이 바람직하다고 하겠다. 따라서 본 논문에서는 대용량의 링크를 제공하는 전국규모의 WDM 광전달망을 설계하고, 이를 위한 보다 실제적인 트래픽 할당 모델링을 하고자 한다. 트래픽량에 대한 실측통계치가 부재한 실정 이므로[4] 예측 모델을 사용하였다.

이에 대한 연구로는 [1]과 [2]에서 사용한 연구-

거리 및 인구-1인당생산액 모델이 있으나, 실제적인 트래픽의 분포가 아닌 일반적인 지표만을 사용함으로써 인구수는 적으나 상대적인 트래픽성장율을 보이는 노드의 특성을 반영하지 못하는 등의 한계점이 있다. 이에 본 논문에서는 예측 모델로 트래픽의 성장률과 트래픽의 발생, 사용 데이터의 신뢰성등을 고려하여 예측모델링을 하였으며 이의 결과를 이용하여 WDM광전달망의 채널수 할당을 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 기존의 모델링을 분석하여 트래픽 수요예측방안을 제시하고 이에 대한 모의실험결과를 보인 후 결론을 맺는다.

II. 트래픽 수요 예측 제안

EON(European Optical Network)에서 사용한 수요예측모델링식[1]은 다음과 같다.

$$\text{Traffic}_{s,d} = K \frac{\text{Pop}_s \text{Pop}_d}{\text{Dist}_{s,d}} \quad (1)$$

이 때 $\text{Pop}_{s/d}$ 는 송신노드와 수신노드의 각각의 인구(million)이고, $\text{Dist}_{s,d}$ 는 송신노드에서 수신노드까지의 거리(kilometer)를, 그리고 K는 적정 상수이다. 이는 인구수와 트래픽 발생이 비례할 것이라는 가정으로 인구와 거리만을 고려하고 실제 트래픽 컨피규레이션(configuration) 정보가 없어 한계가 예상된다. 그리고 [2]에서의 모델링 방안은 [1]을 기반으로 한 것으로 여기서 사용한 1인당 생산액이나 경제활동성등은 그 그룹의 인구구성과 비례하는 모습을 보인다. 따라서 인구와 함께 보정 파라미터로 사용한다는 것은 같은 의미의 파라미터를 중복사용하는 것과 마찬가지로 되므로 의미가 적다. 그리고 발생 트래픽의 대부분을 차지하는 인터넷의 최근 이용 실태를 볼 때, 단순히 인구나 생산액과 같은 일반적인 지표가 아닌, 보다 구체적이고 실제 트래픽의 분포를 알 수 있는 새로운 지표가 필요하다. 예를 들어 폭발적으로 증가하고 있는 PC방이나, 가정내 전용선 사용, 연령별 인터넷 이용자에서 1위인 20~30대와 비슷한 값으로 2위를 차지하고 있는 20대이하의 분포는 경제활동인구와 트래픽 발생과는 일치하지 않음을 보여주는 예라고 하겠다[3]. 또한 음성 트래픽과는 달리 IP 트래픽은 거리에 따라 그 양이 감소하지 않는 특징을 보인다[5].

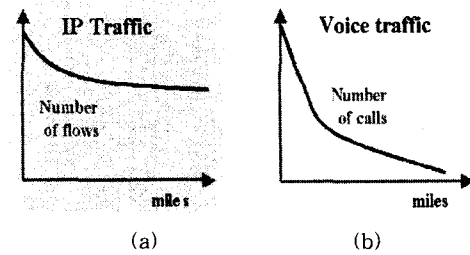


그림 1. IP, 음성트래픽과 거리와의 관계[5]

그러므로 [1]에서 트래픽의 양과 거리를 반비례관계로 설정한 것은 실제 IP 트래픽 특성과는 차이가 난다. 따라서 본 논문에서는 인구수외에 실제 트래픽 발생과 직접적으로 관련이 있는 지수인 IP 도메인(domain) 등록수를 사용하여 수요예측을 하였다. 도메인은 발생 트래픽의 목적지 또는 발생지가 될 확률이 높으므로 트래픽의 분포에 영향을 미칠 것이다. 이는 발생 트래픽의 대부분이 인터넷으로 구성되는 것을 감안할 때 의미있는 지표라고 사료되며 실제로 지역별 인터넷 도메인 등록은 인구수와는 완전히 비례하지 않는 양상을 띤다[6]. 특히 서울권과 경인지역, 강원, 제주등이 절대적 비율에서 많은 차이를 보이며 다른 그룹들은 상대적 비율은 비슷하나 전국을 중심으로 하는 절대적 수치에서는 다른 의미를 내포하였다. 또한 KRNIC의 보유 DB중 가장 신뢰성 있는 지표로 도메인 등록 DB가 선정되었으므로 기존의 예측방법에 비해 오류율이 감소할 것으로 예상된다[6].

본 논문에서 제안한 지역별 수요예측방안은 다음과 같다. 먼저 전국을 서울을 비롯한 5대 광역시를 각 권역별 중계기지로 하여 전국을 8개의 지역(제주포함)으로 나누었다. 이 때, $k = 1, \dots, 8$ 이다. 전체 망의 트래픽예측치가 T_{total} 이고, 각 권역별 트래픽양이 T_i 일 때, $T_{total} = \sum_{k=1}^8 T_i$ 이 된다. 마찬가지로 D_i , Pop_i 는 각각 권역별 도메인등록수와 인구수가 되고, D_{total} 과 Pop_{total} 은 전체의 도메인 등록수와 인구이다. 추계인구는 광전달망이 구성되는 시기를 감안, 통계청에서 제시한 2005년 추계인구수를 사용하였다. 추계인구는 현재(2000)년과 그 이전의 인구분포를 감안하여 볼 때 서울과 대도시의 인구는 감소하고, 발전하고 있는 일부 광역시(광주, 울산)들과 특히 경인지역이 증가되는 특징을 가지고 있다. 도메인 등

록수는 한국인터넷정보센터에서 실시한 전국단위의 조사의 결과를 사용하였다[4]. 그 결과 각 권역별 트래픽예측비율은 식 (2)와 같으며 T_i 는 상대적인 트래픽값을 의미한다.

$$T_i = \frac{T_i}{T_{total}} = \frac{1}{2} \left(\frac{D_i}{D_{total}} + \frac{Pop_i}{Pop_{total}} \right) \quad (2)$$

사용자가 만족도를 느끼는 최소한의 전송속도를 α Mbps로 가정하여 필요한 대역폭을 계산하고 요구대역폭은 시간에 따라 지수함수적으로 증가한다는 가정하에 2005년에 필요한 전체 대역폭을 산출하였다. 그러나 이 수치는 모든 인터넷 사용자가 동시에 사용하였을 경우이므로 이를 각 인터넷 사용자의 시간별 이용을 이용하여 실제 사용형태에 맞게 수정하였다. 동일 시간대에 접속하는 이용자수추정은 다음과 같이 도출된다[1][7]. 접속자가 최대인 시간대(오후 6~12시)에 이용하는 이용자수는 전체의 38.4%이고, 매일 사용하는 이용자는 28.2%임을 이용하였다. 2000년당시의 전체 이용자수를 n 이라고 할 때, 2005년의 전체이용자수는 $e^{0.75n}$ 이 되며 이는 1994년부터의 이용자수의 증가추이곡선으로 구한 것이다. 그 결과, 2005년의 필요대역폭 B_{total} 과 각 권역별 발생트래픽량 B_i 은 다음과 같다.

$$B_{total} = e^{0.75n} \times 0.384 \times 0.282 \times \alpha \quad (3)$$

$$B_i = B_{total} / T_i \quad (4)$$

α 는 서비스 종류에 따른 잠재수요추정방법[8]에 따라, 대표적으로 서비스의 종류를 동영상서비스와 일반 데이터 서비스 두 가지로 분류, 각각의 가중치를 0.579, 0.534로 하여 3.4Mbps를 계산하였다. 제안한 수요예측방안의 결과는 표1과 같다.

표 1. 권역별 추계인구 및 도메인등록수비

지역	추계인구비	도메인등록수비
서울	19.88	61.81
강원(춘천)	3.05	0.95
대전(충남)	7.09	3.26
경북(대구)	11.04	5.34
전남(광주)	8.15	3.35
부산(경남)	14.05	6.19
인천(경기)	27.29	15.83
충북(충주)	3.14	1.20
전북(전주)	3.91	1.21
울산	2.40	0.86

III. 실험결과

전술한 수요예측방안 결과를 이용하여 각 링크별 채널 할당량을 모의실험하였다. 실험에 사용한 툴(tool)은 MIL3사의 OPNET을 사용하였다.

실험에 사용한 토폴로지는 크게 4가지로, 시나리오 1은 가장 기본적인 토폴로지인 링(ring)형을 대표 권역노드인 서울, 대전, 광주, 대구, 부산으로 구성된 것이고 시나리오 2는 AON[1] 방식으로 구성하였다. 시나리오 3은 제안한 수요예측치의 결과를 분석하여 서울과 거리상으로는 가까우나 발생트래픽양이 다른 노드들보다 월등하게 큰 값을 갖는 경인지역노드를 분리하여 대표 권역노드에 추가하여 시나리오 2에 적용시킨 것이다. 끝으로 시나리오 4는 분리한 경인지역노드를 시나리오1의 링형에 추가한 것이다. 그림 2는 각 시나리오에 따른 토폴로지 구성을 나타낸다. 적합한 토폴로지 시나리오를 선택하기 위하여 트래픽을 발생시켜 망이용율의 분산을 구하였다. 분산이 작을수록 망이용율이 안정화되어있다는 것을 의미한다. 표 2의 결과를 보면, 트래픽의 발생 크기를 고려하여 경인지역을 분리한 시나리오 3, 4의 경우가 현저하게 낮은 값을 보임을 알 수 있다. 따라서 이후의 실험은 시나리오 3에 의한 토폴로지를 사용하였다.

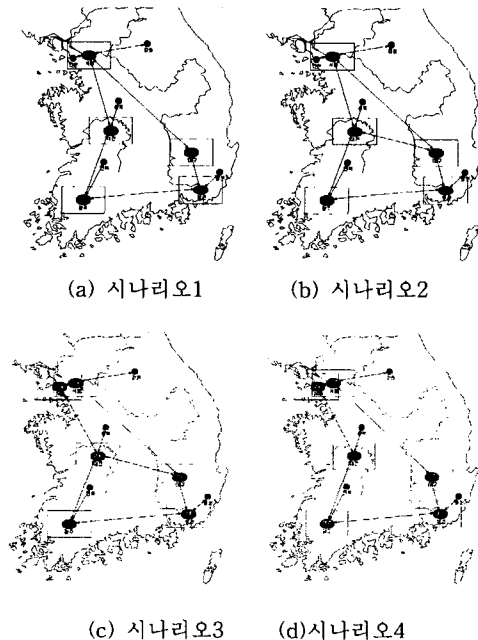


그림 2. 각 시나리오에 따른 토폴로지

표 2. 토폴로지에 따른 망이용율의 분산

시나리오	#1	#2	#3	#4
Var.	121.999	125.983	53.414	55.383

표 3. 각 링크별 할당채널수

링크	채널용량(Mbps)	할당채널수
광주<-부산	7,400,000	74
광주->전북	29,500,000	295
대전->광주	26,500,000	265
대전->충북	13,200,000	132
부산->대구	4,400,000	44
부산->울산	7,400,000	74
서울->강원	24,000,000	240
서울->대구	15,800,000	158
서울->인천	15,800,000	158
대전<-대구	18,900,000	189
인천->대전	23,800,000	238

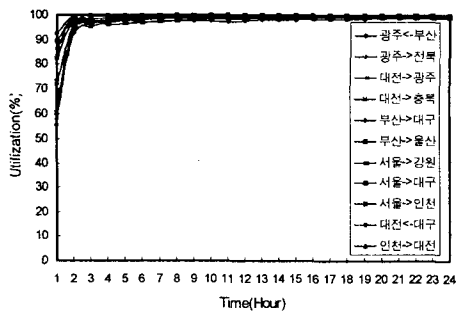


그림 3. 링크에 따른 망이용율

표 3은 제안한 수요예측방안을 OPNET으로 모의 실험한 결과로, 각 링크별 채널할당량에 대한 실험결과이다. WDM 한 채널의 용량을 100Gbps로 하였으며 포화이용율은 85%로 하였다. 발생 트래픽의 목적지는 랜덤(random)하게 설정하였다. 그 결과 각 링크에 요구되는 WDM 채널수를 구할 수 있었다.

그림 3은 표 3에서 구한 링크에 따른 망이용율이다. 결과를 보면 모든 링크에서 망이 빠른 속도로 안정화되고 있음을 볼 수 있어 각 링크당 채널 할당이 잘 이루어졌음을 확인할 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 실제 IP 트래픽의 분포를 알 수

있는 지표인 인구와 도메인등록수비를 이용하여 트래픽 수요예측을 하였다. 이 결과를 이용하여 우리나라 전국범위의 토폴로지를 생성하였고, OPNET으로 모의실험하여 각 링크에 요구되는 채널할당수를 구하였다.

향후 연구과제는 링크 이용율뿐만 아니라 전송지연과 라우팅방안에 대해서 연구할 계획이다.

참고문헌

- [1] M.J.O' Mahony, A.Yu, J.Zhou, " The Design of a European Optical Network", Journal of Lightwave Technology, Vol.13, No.5, May 1995
- [2] 정노선, ...강철신, 신종덕, " 한국실정에 맞는 트래픽 모델링 및 전광 WDM기간망의 설계", 한국통신학회논문지, Vol.24, No.6B, p.1165, 1999
- [3] 통계청 <http://www.nso.go.kr/>
- [4] 한국인터넷 정보센터 <http://stat.nic.or.kr>
- [5] Wade Rubinstein, "Optical Network Tutorial", APRICOT 2000 in seoul
- [6] 한국인터넷정보센터, 2000년도 상반기 인터넷 이용자수 산출 및 통계조사기법 검증·개선에 관한 연구, 2000.4
- [7] 한국 인터넷 백서, 2000, 한국전산원
- [8] <http://netgate.etri.re.kr/etri2/service/>
- [9] Biswanath Mukherjee, *Optical Communication Networks.*, McGraw-Hill, 1997.