

WDM 네트워크의 효율적인 설계와 최단경로 라우팅 방안에 관한 연구

오 호 일, 김 장 북
홍익대학교 전자공학과 디지털 통신연구실
02-333-6232

A Study on the Efficient Design of WDM Network and Shortest Path Routing Scheme

Ho-II Oh, 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 are assigned for each node, and the network is simulated using OPNET simulation tools. Here, we investigate the shortest routing scheme using OPNET simulation tools. As a result, the realistic WDM network design for Korea topology is proposed.

1. 서론

정보화 사회에서 기하급수적으로 증가하고 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. WDM은 노드에서의 전·광변환이 없이 광신호로 교환

할 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.

또한 기하급수적으로 증가하고 있는 국내 인터넷 수요를 감안하여 볼 때, 전국규모의 전달망을 WDM으로 구성하는 것이 바람직하다고 하겠다.

트래픽 모델링에 대한 연구로는 인구-거리 및 인구-1인당 생산액 모델이 있으나, 실제적인 트래픽의 분포가 아닌 일반적인 지표만을 사용함으로써 인구수는 적으나 상대적인 트래픽성장율을 보이는 노드의 특성을 반영하지 못하는 등의 한계점이 있다[2]. 또한 예측 모델로 트래픽의 성장률과 트래픽의 발생, 사용 데이터의 신뢰성등을 고려하여 모델링을 하고 WDM광전달망의 채널수 할당을 한 결과가 제시되었다[1][2]. 이 결과는 우리나라 남한 지역의 토폴로지를 사용함으로써 보다 실제적으로 접근하였으나 발생 트래픽의 목적지를 랜덤(random) 선택을 함으로써 한계점이 있었다. 따라서 본 논문에서는 이 결과를 발전시켜 대용량의 링크를 제공하는 전국규모의 WDM 광전달망을 설계하고, 이를 위해 트래픽 할당 모델링결과[1]를 이용하여 트래픽을 발생시킨 후, 가중치 목적지에 대한 최단경로 라우팅을 모의실험하였다. 실험은 OPNET tool을 이용하여 수행되었으며 먼저 각 노드에 예측한 트래픽을 발생시키고, 본문에서 제시할 최단경로 알고리즘을 사용하여 진행되었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 기존의 모델링을 분석하여 트래픽 수요예측방안을 제시하고 최단경로 알고리즘

을 제시한다. 그 후 이에 대한 모의실험결과를 보이고 결론을 맺는다.

II. 최단 경로 설정

본 논문에서 사용한 트래픽 수요예측 모델링 식은 식 (1)과 같으며[1] 이를 우리나라 토폴로지에 적용하였다.

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

T_i 는 상대적인 트래픽값을 의미한다. 전체 망의 트래픽 예측치가 T_{total} 이고, 각 권역별 트래픽양이 T_i 일 때, $T_{total} = \sum_{k=1}^{10} T_k$ 가 된다. 마찬가지로 D_i , Pop_i 는 각 권역별 도메인 등록수와 인구수가 되고, D_{total} 과 Pop_{total} 은 전체의 도메인 등록수와 인구이다. 서울을 비롯한 6대 권역별 중계기지로 하여 전국을 10개의 지역(제주포함)으로 나누었으므로 이 때, $k=1, \dots, 10$ 이다. 추계 인구는 통계청에서 제시한 2005년의 추계인구수를 사용한 것이며[3] 도메인 등록수는 한국인터넷정보센터에서 실시한 전국단위의 조사 결과를 사용하였다[4]. 2005년의 필요대역폭 B_{total} 과 각 권역별 발생트래픽량 B_i 은 식 (2)와 식 (3)과 같다[1].

$$B_{total} = e^{0.75n} \times 0.384 \times 0.282 \times \alpha \quad (2)$$

$$B_i = B_{total} / T_i \quad (3)$$

식에서 α Mbps는 사용자가 만족도를 느끼는 최소한의 전송속도이며 요구대역폭은 시간에 따라 지수함수적으로 증가한다는 가정에 따른 것이다. 0.384는 접속자가 최대인 시간대(오후 6~12시)에 이용하는 이용자수가 전체의 38.4%인 것에서, 0.282는 매일 사용하는 이용자가 28.2%임을 이용한 것이다. n 은 2000년 당시의 연도증가치로 따라서 2005년의 전체이용자수는 $e^{0.75n}$ 이 되며 이는 1994년부터의 이용자수의 증가추이곡선으로 구한 것이다. α 는 서비스 종류에 따른 잠재수요추정방법[5]에 따라, 대표적으로 서비스의 종류를 동영상서비스와 일반 데이터 서비스 두 가지로 분류, 각각의 가중치를 0.579, 0.534로 하여 3.4Mbps를 계산하였다. 수요예측방안의 결과는 [표 1]과 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

[표 2] 각 링크별 할당채널수

링크	채널용량(Gbps)	할당채널수
광주<-부산	15,000	150
광주->전북	42,000	420
대전->광주	72,000	720
대전->충북	35,000	350
부산->대구	63,000	630
부산->울산	35,000	350
서울->강원	36,000	360
서울->대구	68,000	680
서울->인천	97,000	970
대전<-대구	17,000	170
인천->대전	113,000	1,130

이 결과를 이용하여 10개의 노드로 구성된 WDM광전달 망을 구성하고 모의 실험을 통하여 각 구간별 링크용량을 구하였다. 각 노드에서 발생하는 트래픽은 Poisson 분포로 발생하는 것으로 가정하였다.

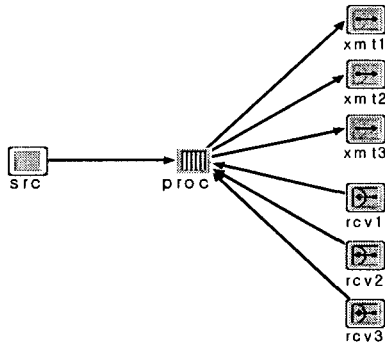
이 때 중요한 것은 효율적인 라우팅 기능이 수행되는 것이다. 그 이유는 라우팅방안이 적용되지 않을 경우 특정 링크나 노드로 트래픽이 집중되어 충돌이 발생하거나 트래픽발생지와 목적지사이의 경로가 필요이상으로 증가하여 지연(delay)을 초래하게 되기 때문이다. 또한 수요예측을 하여 발생시킨 트래픽은 그 특성에 따라 목적지 또한 발생에 비례한 가중(weight) 선택을 해야 한다.

따라서 본 논문에서는 가중 목적지에 대한 최단 경로 알고리즘을 실험하였다. 알고리즘의 구현은 OPNET simulation tools[7]을 사용하였다.

OPNET에서 망의 설계를 하는 경우, 이는 크게 네트워크 계층, 노드 계층, 프로세스 계층의 3 가지로 나뉜다. 각 노드에 필요한 트래픽 발생이나 라우팅 기능은 노드 내부의 프로세스 모델에서 구현된다. 서울의 경우, 노드의 구조는 [그림 1]과 같다. 그림에서 src의 이름을 가진 모듈이 트래픽발생기이다. 처리된 트래픽들은 xmt와 rcv로 표현된 송수신기를 통하여 보내지거나 받게 된다.

WDM 네트워크의 효율적인 설계와 최단경로 라우팅 방안에 관한 연구

핵심부분은 proc 모듈로 소스에서 발생하거나 수신된 패킷을 처리하는 프로세스이며 라우팅알고리즘이 바로 여기에서 수행된다.



[그림 1] seoul node 구조

제안한 라우팅 알고리즘은 다음과 같다.

송신부분

step 1 : 소스에서 발생시킨 패킷을 받아서 각 노드에 해당하는 수만큼의 랜덤 수를 발생한다. 이는 각 노드의 목적지가 된다.

step 2 : 할당된 수에 해당하는 목적지와 모든 경로에 대한 비용(cost)을 계산한다. 본 논문에서는 이 때 비용을 홉(hop)수로 정하였다.

step 3 : 모든 경로 중에서 가장 비용이 적은 경로를 선택하여 패킷에 그 경로를 할당한다.

step 4 : 경로에 따라 다음 홉의 노드를 찾고 그 노드에 해당되는 송신기로 패킷을 전송한다.

수신부분

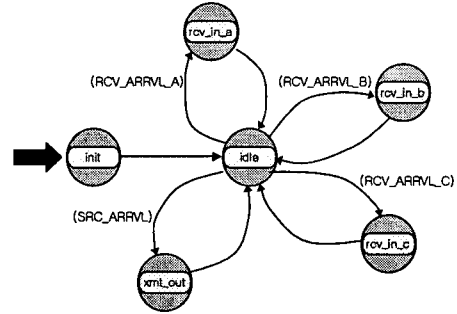
step 1 : 패킷을 받아서 목적지를 확인하여 자신의 노드인 경우 패킷을 폐기한다.

step 2 : 목적지가 자신의 노드가 아니라면 그 패킷에 들어있는 경로 정보를 알아낸다.

step 3 : 경로 정보를 바탕으로 다음 홉의 노드를 알아내어 그 노드에 해당되는 송신기로 패킷을 전송한다.

이러한 기능들은 노드 내부의 프로세스 모듈에서 각 상태(state)에 따라서 분기하여 수행하게 되는데 서울을 예

를 들면 [그림 2]와 같다.



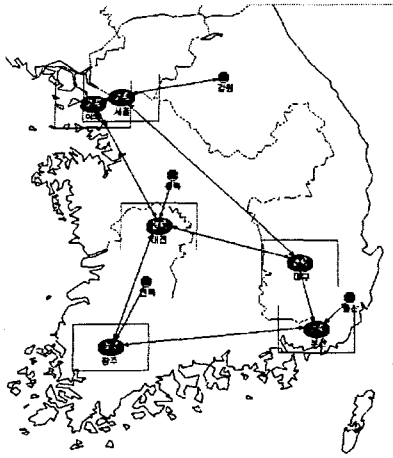
[그림 2] seoul process 모듈

위 그림을 보면 기본적으로 모의실험 시작시에 수행되는 init 부분과 각 상태로 분기하기 위해 대기하고 있는 idle 부분, 그리고 패킷을 처리하기 위한 transceiver 부분으로 구성되어 있다. transceiver 부분을 설명하면, xmt_out에서는 소스에서 들어온 패킷에 주소를 할당하여 해당 송신기로 보내는 부분이 코딩되어 있고, rcv_in_a, rcv_in_b, rcv_in_c(서울은 3개의 수신기를 가지고 있음)에서는 각각의 수신기에서 들어오는 패킷을 처리하는 부분이 코딩되어 있다. 이 때 각 수신기에 들어온 패킷이 동시에 들어올 경우가 생길 수가 있으므로 수신기 부분은 3개의 상태로 나누어서 처리하였다. 라우팅 관련부분은 [7]의 op_rte() 계열함수를 사용하였다. 이렇게 작성된 프로세스 모듈은 노드의 proc 내부에 들어가게 되며, 또한 지역별 노드들은 링크로 연결되어 전국 규모의 전달망을 구성하게 되는 것이다.

III. 모의실험

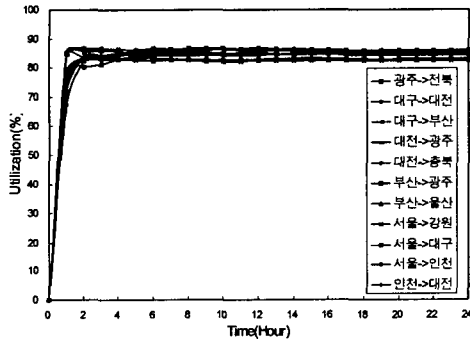
본문의 결과를 이용하여 최단거리 라우팅을 모의실험하였다. 실험에 사용한 토폴로지는 [그림 3]과 같다. 트래픽을 발생시켜 망이용율의 분산이 53.414인 경우로 트래픽 발생량이 많은 경인지역의 권역별 노드를 인천과 서울로 분리한 토폴로지이다[1]. WDM 한 채널의 용량을 100Gbps로 하였으며 포화이용율은 85%로 하였고 경로는 제안한 최단경로 알고리즘으로 구하였다. 모의실험을 위한 기간은 망이 충분히 안정화 될 수 있는 하루(24시간)동안에 이루어진 것으로 설정하였다. 앞서 밝힌바와 같이 각 소스의 트래픽은 Poisson분포로 발생하고 트래픽의 양은 식 (2), (3)에서 사용한 수식에서 나온 결과를 이용하였다.

<참고문헌>



[그림 3] 실험 토폴로지[1]

[1] 오호일, 송재연, 김장복, "트래픽수요예측모델링을 통한 WDM네트워크 설계에 관한 연구", 추계전자공학회 논문집, Vol.23, No.2, Nov. 2000.
 [2] 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
 [3] 통계청 <http://www.nso.go.kr/>
 [4] 한국인터넷 정보센터 <http://stat.nic.or.kr>
 [5] <http://netgate.etri.re.kr/etri2/service/>
 [6] Biswanath Mukherjee, *Optical Communication Networks.*, McGraw-Hill, 1997.
 [7] "OPNET Modeler online documentation", *Simulation Kernel.*



[그림 4] 링크에 따른 망 이용율

[그림 4]는 [표 2]에서 구한 링크에 따른 망 이용율 결과이다. 그림을 보면 모든 링크에서 망이 빠른 속도로 안정화되고 있음을 볼 수 있어 각 링크당 채널할당과 경로 설정이 적절하게 이루어지고 있음을 확인할 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 트래픽 수요예측방안을 발전시켜 OPNET tool을 사용, 모의실험하여 한국의 토폴로지를 생성하고 각 링크에 요구되는 채널할당수에 따른 효율적인 최단경로 알고리즘을 수행하였다. 향후 연구과제는 파장변환(wavelength conversion)문제에 대해서 연구할 계획이다.