

한국 실정에 맞는 트래픽 모델링 및 전광 WDM 기간망의 설계

정희원 정노선*, 홍상기*, 안기석*, 박효준*, 강철신*, 신종덕**

Traffic Modeling and Design of An All-Optical WDM Backbone Network in Korea

No-Seon Jung*, Sang-Keek Hong*, Ki-Seok Ahn*, Hyo-Jun Park*, Cheoul-Shin Kang*,
Jong-Duk Shin** *Regular Members*

요 약

미래의 다양한 멀티미디어 통신 서비스를 효율적으로 지원하기 위해서는, 최근의 발달된 광통신 기술을 이용하여 현재의 기간망을 확충하거나 재구성할 필요가 있다. 본 논문에서는 차세대 국가 기간망으로 사용될 WDM 전광 전달망의 구조를 설계하였다. 전달망을 설계하기 위하여 전국을 6개의 광역 중계국으로 구분하여 각 도시별 인구 수, 광역 지역간의 거리, 그리고 각 광역 그룹의 평균 1인당 생산액에 기초한 PDG (Population-Distance-Gross Group Products) 트래픽 모델에 기초하여 6개의 광역 중계국 노드들을 연결하는 전광 전달망에서 링크 용량을 예측하여 전광 전달망의 설계에 반영하였다. 제안된 기간망의 성능 특성을 분석하기 위하여 SLAM II를 이용하여 시뮬레이터를 구성하였다. 시뮬레이션을 통한 기간망의 성능특성 분석 결과는 2000 년대의 다양한 통신 서비스를 효율적으로 수용할 수 있음을 보여준다. 본 연구 결과는 향후 WDM 전광 전달망의 구축시 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

ABSTRACT

In order to support various multimedia communication services, a well balanced backbone network should be designed using recently advanced optical communication technologies. In this paper an optimal backbone network configuration design is presented for Korean traffic environment. A new traffic model, Population-Distance-Gross Group Products(PDG) traffic model, is devised. In Korean network traffic environment, six regional centers are selected, link capacities between the regional centers are estimated from the PDG traffic model, and the overall network configuration is designed for the all-optical backbone network in Korea. A simulation study is carried out to verify the desired performance of the designed backbone network. Simulation results show that performance of the backbone network is well balanced to support various communication services in Korea in the 2000s.

I. 서 론

2000 년대에는 영상, 음성, 그리고 그 밖의 데이터들이 합성된 다양한 멀티미디어 서비스가 요구될 것으로 예상되어 현재의 기간망(Backbone Network)

을 이용한 통신 서비스는 한계점에 이를 것으로 예측된다. 따라서, 급증하는 데이터들을 효율적으로 수용하기 위해서는 현재의 국가 기간망 시스템을 확장하거나, 혹은 광대역 전송이 가능한 새로운 기간망의 구성이 필요하다^[1]. 파장 분할 다중화 방식

* 한남대학교 전자공학과 통신망 연구실(ckang@eve.hannam.ac.kr)

** 숭실대학교 전자공학부

논문번호 : 98513-1125, 접수일자 : 1998년 11월 25일

※ 본 논문은 한국과학재단(97 특정기초연구)에 의해서 지원된 연구 결과입니다.

(Wavelength Division Multiplexing; WDM)의 광통신 시스템에서는 넓은 광 주파수 대역을 각각의 통신 채널로 나누어 각 채널마다 광 신호를 전송하는 방법으로서, 정보 전송 용량을 획기적으로 증가시켜 준다^[2]. 이론적으로는 WDM을 사용할 경우 한 가닥의 광섬유는 10Tbps이상의 전송 능력을 가질 수 있다^[3]. 이러한 다채널 광통신 기술은 서로 다른 파장의 광을 사용하여 음성신호, 화상신호, 텍스트 데이터 등의 다양한 정보를 동일 광섬유를 통하여 송수신할 수 있다. 이를 위하여 선진 각국에서는 효율적인 라우팅 알고리즘을 갖는 파장 분할 다중화 방식의 전광 통신망을 구현하기 위하여 활발히 연구를 진행하고 있다^[2, 4-8].

본 연구에서는 우리나라 환경에 맞는 트래픽을 모델링하고, 향후 우리나라에서 2000년대에 기간망 구축시 활용될 수 있는 광 전달망 모델을 제안하였다. 우리나라 실정에 적용 가능한 트래픽 값을 도출하기 위하여 새로운 트래픽 모델링 기법인 Population-Distance-Gross Group Products(PDG) 트래픽 모델을 고안하였으며, 이로부터 도출된 트래픽 예상값을 적용하여 장거리 광전송 기간망의 구조를 설계하였다. 또한, 향후 우리나라에서 WDM 광전송 기간망 구축시 예상되는 성능지표를 분석할 수 있는 시뮬레이터를 설계하였으며, PDG 트래픽 모델링 기법을 이용하여 도출된 트래픽 예상 값을 시뮬레이터에 적용하여 제안된 광전송 기간망의 성능 특성을 분석하였다.

II. 트래픽 모델링

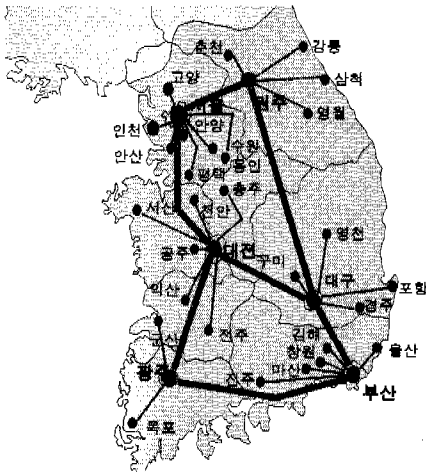


그림 1. 전체 광역중계국 노드 구성의 예

최적 전광전달망의 구축을 위해서는 각 지역간의 트래픽 예상값이 필요하다. 본 장에서는 2000년대에 우리나라 실정에 적합한 광전송기간망을 구축하기 위하여 우리나라를 6개의 광역 그룹으로 분류하고, 각 그룹에서 가장 인구가 많은 도시인 서울, 대전, 대구, 부산, 광주, 원주를 기간망의 광역 중계국 노드(regional node)로 설정하였다. 기간망의 중계국 노드들과 연결된 전체 노드의 수는 현재 우리나라 초고속 통신망^[9]에서의 노드 구성과 같은 35개로 구성되는 것으로 가정하였으며(그림 1 참조), 제주도는 광주권 광역 중계국에 연결되어 있는 것으로 가정하였다. 따라서, 최적 전광전달망을 구축하기 위한 입력 조건으로써 이들 중계국 노드들간의 트래픽 매트릭스(matrix)가 필요하다.

현재까지 보고된 트래픽 예측의 대표적 기법으로는 COST 239 Project에서 제안한 PD (Population-Distance) 트래픽 모델과 PDF(Population-Distance-Factor) 트래픽 모델이 있다^[10]. PD트래픽 모델은 각 지역의 인구 및 지역간의 거리에 의해서 다음의 식 (1)을 통해서 구할 수 있다.

$$T_{s,t} = k \frac{P_s P_t}{Dist_{st}} \tag{1}$$

여기에서, T_{st} 는 송신노드와 수신노드간의 링크 용량, k 는 적절한 상수, P_s 와 P_t 는 송신노드와 수신노드의 인구(백만 단위), $Dist_{st}$ 는 송수신 노드간의 거리(km)이다.

PDF 트래픽 값은 PD 트래픽 값에 각각의 노드의 Penetration factor를 적용하여 PD 트래픽 모델의 오차값을 보정한 것이다. PDF 트래픽 모델은 다음의 식 (2)를 통해서 얻을 수 있다.

$$T_{s,t} = k \frac{P_s F_s P_t F_t}{Dist_{st}} \tag{2}$$

여기에서, F_s 와 F_t 는 송신노드와 수신노드 각각의 penetration factor를 나타낸다. 일반적으로 PDF 트래픽 모델은 PD트래픽 모델보다 우수하여 실제의 값과 유사한 값을 얻을 수는 있으나, penetration factor를 적용하기 위해서는 실제의 트래픽 통계치가 필요하다^[10].

그러나, 현재 우리나라에서는 사용 가능한 실제의 통계값이 없기 때문에, 본 논문에서는 우리나라 실정에 맞는 트래픽을 예측하기 위해서 각 중계국 노드간의 트래픽을 송수신 노드간의 인구 및 거리, 그

리고 PD 트래픽 모델의 오차를 보정하기 위한 Factor로서 각 그룹별 지역의 1인당 경제 총생산액 (Gross Group Product: GGP)의 비로 각 노드간의 트래픽을 보정하는 새로운 트래픽 모델링 기법인 PDG(Population-Distance-Gross Group Product) 트래픽 모델을 고안하여 각 증계국간의 트래픽 값을 예상하였다. PDG 트래픽은 다음의 식 (3)으로 계산 된다.

$$T_{s,t} = k \frac{P_s G_s P_t G_t}{Dist_{st}} \quad (3)$$

여기에서, G_s 와 G_t 는 송신노드와 수신노드의 각각의 1인당 생산액(Gross Group Products)을 기준으로 계산된 노드의 Weight 값, G factor를 나타낸다.

표 1. 그룹별 인구수^[11]

| 그룹 | 인구수 | 인구비 |
|-----|------------|--------|
| 서울권 | 20,445,227 | 45.83% |
| 대전권 | 4,505,365 | 9.07% |
| 대구권 | 5,222,691 | 10.51% |
| 부산권 | 7,814,249 | 15.72% |
| 광주권 | 5,089,145 | 10.24% |
| 원주권 | 1,530,717 | 3.08% |

표 2. 그룹별 1인당 생산액^[11]

| 그룹 | 1인당 생산소득 | 서울기준 환산비율 | G Factor |
|-----|-----------|-----------|----------|
| 서울권 | 6,423,138 | 100.0% | 1.000 |
| 대전권 | 5,767,987 | 89.8% | 0.898 |
| 대구권 | 5,536,754 | 86.2% | 0.862 |
| 부산권 | 6,500,226 | 101.2% | 1.012 |
| 광주권 | 6,602,996 | 102.8% | 1.028 |
| 원주권 | 4,894,439 | 76.2% | 0.762 |

표 3. PDG 트래픽 모델로부터의 T값 (k=1 일 경우)

| 노드 A | 노드 B | 인구수 | Distance | G Factor | T(Traffic) | |
|------|------|-------|----------|----------|------------|-------|
| 서울 | 대전 | 4,505 | 141 | 0.897 | 0.586 | |
| | 대구 | 5,233 | 233 | 0.862 | 0.395 | |
| | 부산 | 7,814 | 326 | 1.011 | 0.496 | |
| | 광주 | 5,089 | 266 | 1.027 | 0.365 | |
| | 원주 | 1,531 | 75 | 0.761 | 0.318 | |
| 대전 | 대구 | 5,223 | 117 | 0.862 | 0.156 | |
| | 부산 | 7,814 | 199 | 1.011 | 0.161 | |
| | 광주 | 5,089 | 138 | 1.027 | 0.139 | |
| | 원주 | 1,531 | 174 | 0.761 | 0.027 | |
| | 대구 | 부산 | 7,814 | 95 | 1.011 | 0.375 |
| 광주 | | 5,089 | 172 | 1.027 | 0.124 | |
| 원주 | | 1,531 | 233 | 0.761 | 0.023 | |
| 부산 | | 광주 | 5,089 | 193 | 1.027 | 0.195 |
| | | 원주 | 1,531 | 326 | 0.761 | 0.028 |
| | 광주 | 원주 | 1,531 | 308 | 0.761 | 0.018 |

본 논문에서 고안된 PDG 트래픽 모델을 우리나라 환경에 적용할 경우, 각 광역 그룹의 인구수(표 1), 각 광역그룹간의 거리, 그리고 각 광역그룹의 G

factor(표 2)를 상기의 식 (3)에 부여하여 각 광역그룹간의 트래픽을 예상할 수 있다.

표 3은 각 광역 그룹의 인구수, 거리, 그리고 각 광역도시의 G Factor를 고려하여 식 (3)으로부터 얻어진 각 광역그룹 간의 T 값(k값이 1인 경우)을 보여주고 있으며, 표 4는 각 광역그룹을 송,수신 노드로 구분하여 발생하는 트래픽 및 우리나라 전체 그룹에서 각 광역도시 간의 트래픽이 차지하는 비율을 보여주고 있다. 실제로 예상되는 트래픽의 양은 적당한 k값을 적용하여 계산될 수 있다.

표 4. PDG 트래픽 모델로부터의 T값 및 전체에서의 백분율 (k=1 일 경우)

| 노드 A | 노드 B | 인구수 | G Factor | 거리(Km) | T | 백분율(%) |
|------|------|--------|----------|--------|-------|--------|
| 서울 | 대전 | 4,505 | 0.898 | 141 | 0.490 | 14.29 |
| | 대구 | 5,223 | 0.862 | 233 | 0.324 | 9.45 |
| | 부산 | 7,814 | 1.012 | 326 | 0.358 | 10.44 |
| | 광주 | 5,089 | 1.028 | 293 | 0.291 | 8.49 |
| | 원주 | 1,531 | 0.762 | 75 | 0.301 | 8.78 |
| 대전 | 서울 | 20,445 | 1.000 | 141 | 0.097 | 2.83 |
| | 대구 | 5,223 | 0.862 | 117 | 0.074 | 2.16 |
| | 부산 | 7,814 | 1.012 | 199 | 0.054 | 1.57 |
| | 광주 | 5,089 | 1.028 | 152 | 0.061 | 1.78 |
| | 원주 | 1,531 | 0.762 | 174 | 0.021 | 0.61 |
| 대구 | 서울 | 20,445 | 1.000 | 233 | 0.071 | 2.07 |
| | 대전 | 4,505 | 0.898 | 117 | 0.082 | 2.39 |
| | 부산 | 7,814 | 1.012 | 95 | 0.136 | 3.97 |
| | 광주 | 5,089 | 1.028 | 189 | 0.058 | 1.69 |
| | 원주 | 1,531 | 0.762 | 233 | 0.018 | 0.52 |
| 부산 | 서울 | 20,445 | 1.000 | 326 | 0.139 | 4.02 |
| | 대전 | 4,505 | 0.898 | 199 | 0.106 | 3.09 |
| | 대구 | 5,223 | 1.117 | 95 | 0.279 | 8.14 |
| | 광주 | 5,089 | 0.772 | 212 | 0.098 | 2.86 |
| | 원주 | 1,531 | 0.759 | 326 | 0.025 | 0.73 |
| 광주 | 서울 | 20,445 | 1.000 | 293 | 0.074 | 2.18 |
| | 대전 | 4,505 | 0.893 | 152 | 0.078 | 2.27 |
| | 대구 | 5,223 | 0.862 | 189 | 0.067 | 1.95 |
| | 부산 | 7,814 | 1.012 | 212 | 0.078 | 2.27 |
| | 원주 | 1,531 | 0.762 | 339 | 0.015 | 0.44 |
| 원주 | 서울 | 20,445 | 1.000 | 75 | 0.017 | 0.50 |
| | 대전 | 4,505 | 0.888 | 174 | 0.006 | 0.17 |
| | 대구 | 5,223 | 0.862 | 233 | 0.005 | 0.15 |
| | 부산 | 7,814 | 1.012 | 326 | 0.004 | 0.12 |
| | 광주 | 5,089 | 1.028 | 339 | 0.003 | 0.09 |

III. PDG 트래픽 모델링에 따른 파장할당 및 기간망의 최적구조 설계

실제의 통신망 설계에 있어서 트래픽 분포에 따른 각 링크 용량의 결정은 통신망의 설치 가격 및 성능 특성을 결정하는 가장 중요한 요소이다. 실제로 요구되는 트래픽의 양보다 적은 용량의 링크가 설정되어 있으면, 망 성능의 저하로 사용자의 데이터를 충분히 빠르게 전달할 수 없게 되며, 이와는 반대로 요구되는 트래픽 용량 이상의 링크 용량이 할당되면 불필요하게 망 설치 가격만 상승시키는 결과가 초래되기 때문이다.

현재 기간망을 사용하는 통신 트래픽을 분석하여

보면, 음성 트래픽이 데이터 트래픽보다 현저하게 많은 실정이다. 그러나 음성트래픽은 거의 한계에 이르고 있어서 무선전화의 보급에 힘입어 선형으로 조금씩 증가하고 있지만, 각 가정의 PC 보급율의 증가와 인터넷 이용자의 급속한 성장으로 인하여 데이터 통신에 의한 트래픽은 빠른 속도로 증가할 것으로 예측하고 있다. 그림 2와 그림 3은 미국과 일본에서의 음성 트래픽에 대한 데이터 통신 트래픽의 증가율의 예상값을 각각 비교하여 보여주고 있다. 미국의 경우에는 1999년경에 음성통신의 트래픽과 데이터 통신의 트래픽이 같아질 것으로 예상하고 있으며, 그 이후에는 데이터 통신 트래픽이 급격히 증가하여 전체 통신 트래픽의 70-80% 이상을 차지할 것으로 예측되고 있다. 일본의 경우에는 약 2002년경에 음성 트래픽과 데이터 통신 트래픽이 같아지고, 그 이후로 데이터 통신 트래픽이 음성 트래픽보다 높은 비중을 차지할 것으로 예측하고 있다. 우리나라의 경우에는 약 2005년경에 음성 트래픽과 데이터 트래픽의 양이 같아질 것으로 예측되며, 전체의 트래픽 양은 현재 트래픽 양의 약 3배 정도가 될 것으로 예측된다.

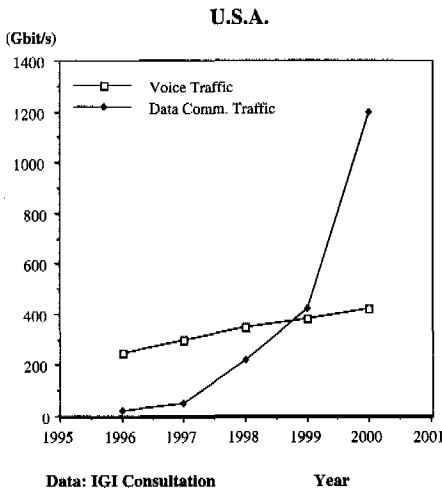


그림 2. 미국에서의 음성과 데이터통신 트래픽

본 장에서는 트래픽 분포에 따른 각 링크 용량을 최적화하여 전광기간망을 구성하기 위하여 제 II장에서 설명된 PDG 트래픽 모델링 방법에서 2000년대 중반의 우리나라 환경에서 예상되는 전체 트래픽 값을 현재의 약 3배가 될 것으로 가정하여 k 값을 100으로 설정하였다. 예측된 각 중계국 노드들간의 링크 용량을 기초로 하여 각 송수신 중계국 노드간의 최적 파장채널의 갯수를 계산하여 각 광

링크들에게 할당하였다. 각 중계국 노드들에서는 파장변환을 하지 않는 것으로 가정하여, 각 송수신 중계국간에 고정된 파장채널을 할당하였다. 표 5는 1개 파장채널의 용량을 10Gbps로 기준하여 $k=100$ 일 경우 PDG 트래픽에 의한 송수신 광역 중계국간 파장 채널의 할당표이다.

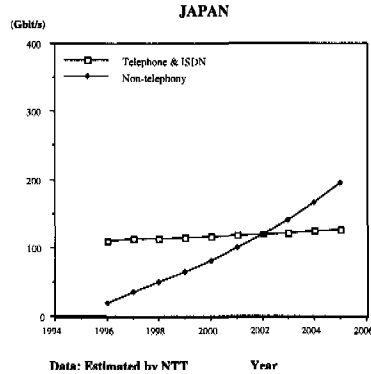


그림 3. 일본에서의 음성과 데이터통신 트래픽

표 5. 10Gbps의 채널을 사용할 경우 광역중계국 노드간의 파장 채널 할당표

| 노드 A | 노드 B | 트래픽 | $k=100$ | 10Gbps |
|------|------|-------|---------|--------|
| 서울 | 대전 | 0.586 | 58.6 | 6 |
| | 대구 | 0.395 | 39.5 | 4 |
| | 부산 | 0.496 | 49.6 | 5 |
| | 광주 | 0.365 | 36.5 | 4 |
| 대전 | 원주 | 0.318 | 31.8 | 4 |
| | 대구 | 0.156 | 15.6 | 2 |
| | 부산 | 0.161 | 16.1 | 2 |
| | 광주 | 0.139 | 13.9 | 2 |
| 대구 | 원주 | 0.027 | 2.7 | 1 |
| | 부산 | 0.375 | 37.5 | 4 |
| | 광주 | 0.124 | 12.4 | 2 |
| | 원주 | 0.023 | 2.3 | 1 |
| 부산 | 광주 | 0.195 | 19.5 | 2 |
| | 원주 | 0.028 | 2.8 | 1 |
| 광주 | 원주 | 0.018 | 1.8 | 1 |

표 6은 표 5에 의거하여 채널의 용량을 10Gbps 단위로 구성한 광전송 기간망에서 각 노드간 링크의 채널 용량을 계산한 표이다. 노드 A와 노드 B는 각각의 송수신 노드를 나타내며 송수신 노드간의 전송경로에 따라 채널 수를 표시하였다.

예를 들어서 서울에서 부산으로 데이터를 전송하기 위해서는 서울-대전, 대전-대구, 대구-부산으로 각 광역 중계국을 통과한다. 각각의 구간에서 서울-부산간의 데이터 전송을 위해서 3개의 파장채널이 사용된다. 그러므로 서울-대전간에 구축될 총 채널 용량은 서울-대전간의 통신을 위한 6개의 파장채널, 서울-대구간의 통신을 위한 4개의 파장채널, 서울-부산간의 통신을 위한 5개의 파장채널, 서울-광주간

의 통신을 위한 4개의 파장채널, 대전-원주간의 통신을 위한 1개의 파장채널, 그리고 광주-원주간의 통신을 위한 1개의 파장채널 등을 위하여 총 21채널×10Gbps (210Gbps)이다. 그림 4는 표 6에 의하여 10Gbps의 파장채널들을 사용하여 구축한 광전송 기간망의 구성도를 보여주고 있다.

표 6. 기간망에서의 광역 중계국 노드간 링크의 채널 할당표

| 노드A | 노드B | 서울-대전 | 대전-대구 | 대구-부산 | 서울-원주 | 대구-원주 | 대전-광주 | 광주-부산 |
|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 서울 | 대전 | 6 | | | | | | |
| | 대구 | 4 | 4 | | | | | |
| | 부산 | 5 | 5 | 5 | | | | |
| 대전 | 광주 | 4 | | | | | 4 | |
| | 원주 | | | | 4 | | | |
| | 대구 | | 2 | | | | | |
| 대구 | 부산 | | 2 | 2 | | | | |
| | 광주 | | | | | | 2 | |
| | 원주 | 1 | | | 1 | | | |
| 부산 | 광주 | | | 4 | | | | |
| | 원주 | | | | | | 1 | |
| | 대전 | | | | | 1 | | |
| 광주 | 원주 | | | | | | | 2 |
| | 대전 | 1 | | | | | | |
| 합 | | 20G | 18G | 12G | 8G | 2G | 8G | 2G |

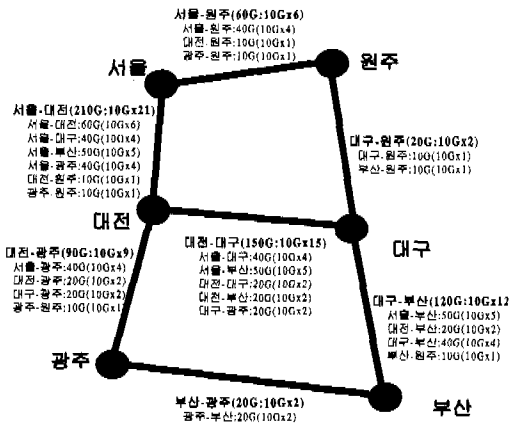


그림 4. 10 Gbps의 파장채널을 사용하여 구성된 광전송 기간망의 구조

IV. 성능분석을 위한 시뮬레이션 연구

본 장에서는 제 III장에서 도출된 2000년대 중반의 우리나라 실정에 맞는 최적 광전송 기간망 구조에서 10Gbps의 채널을 사용하여 설계된 기간망의 성능 특성을 비교, 분석하기 위하여 이 기간망에서의 망 성능의 중요한 지표인 구간별 처리율의 포화점(upper bound)을 예측하였다. 또한, 시뮬레이션 모델을 설정하고 SLAM-II(AweSim) 언어를 이용한 시뮬레이터를 구현하여 예측된 성능 특성을 검증하

기 위한 시뮬레이션 연구를 수행하였다.

1. 구간별 최대 처리율의 예측

본 절에서는 제안된 광전송기간망의 최대 처리율(upper-bound of throughput)의 값을 계산한다. 제안된 광전송 기간망의 최대 처리율은 데이터의 발생 간격, 데이터의 전송시간(처리시간), 그리고 광역중계국간의 채널의 개수에 가장 큰 영향을 받는다. 성능분석을 위한 본 장에서의 광전송기간망 모델은 다음과 같이 구성되어 있다. 각 중계국 노드들에서 데이터의 발생간격은 제 II장에서 제안된 PDG 트래픽 분포를 따라 전국 6개의 광역 중계국 노드에서 발생하는 것으로 한다. 그리고 데이터의 처리시간은 평균 3의 지수분포를 갖는다. 따라서 각 노드간 링크의 최대 처리율 S는 아래의 식 (4)와 같이 데이터의 처리시간의 역수, 파장 채널의 수 그리고 우리나라 전체 트래픽 중에서 그 구간이 차지하는 데이터 발생을 비율의 역수의 형태로 나타낼 수 있다.

$$S = \frac{1}{L} \times \lambda \times \frac{100}{\sigma} \quad (4)$$

상기의 식에서 L은 데이터의 처리시간이며, λ는 채널의 개수, σ는 우리나라 전체 트래픽 중에서 그 구간이 차지하는 데이터 발생율의 비율이다. 표 7은 상기의 식 (4)에 의해서 계산된 각 광역중계국 노드간의 링크의 최대 처리율을 보여주고 있다.

그림 5와 그림 6은 10Gbps단위로 구축된 광전송 기간망에서 서울 및 대전에 연결된 링크들의 포화점을 그림으로 각각 나타낸 것이다. 그림 5와 그림 6을 통해서 다음을 알 수 있다.

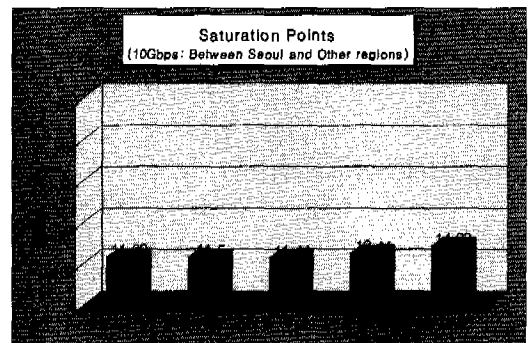


그림 5. 서울과 다른 중계국 노드간 링크의 포화점

그림 5는 10Gbps단위로 링크의 채널을 할당한

기간망에서 서울과 통신하는 각 광역중계국 노드들 간의 링크 포화점을 나타낸 그림이다.

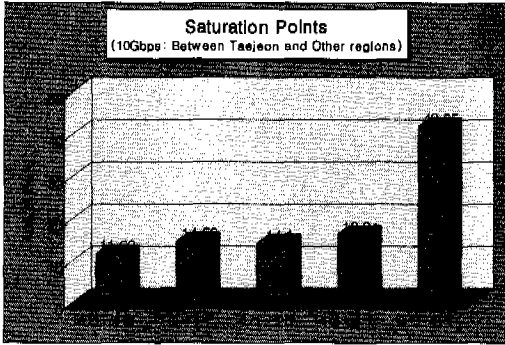


그림 6. 대전과 다른 중계국 노드간 링크의 포화점

표 7. 10Gbps 단위 용량 채널의 각 링크의 포화점

| 노드 A | 노드 B | 채널갯수 | 지속시간 | 트래픽발생율(%) | 포화점 |
|------|------|------|------|-----------|-------|
| 서울 | 대전 | 6 | 3 | 17.20 | 11.62 |
| | 대구 | 4 | 3 | 11.60 | 11.50 |
| | 부산 | 5 | 3 | 14.56 | 11.44 |
| | 광주 | 4 | 3 | 10.72 | 12.44 |
| | 원주 | 4 | 3 | 9.34 | 14.28 |
| 대전 | 대구 | 2 | 3 | 4.58 | 14.56 |
| | 부산 | 2 | 3 | 4.73 | 14.10 |
| | 광주 | 2 | 3 | 4.08 | 16.34 |
| | 원주 | 1 | 3 | 0.79 | 42.05 |
| 대구 | 부산 | 4 | 3 | 11.01 | 12.11 |
| | 광주 | 2 | 3 | 3.64 | 18.31 |
| | 원주 | 1 | 3 | 0.68 | 49.36 |
| 부산 | 광주 | 2 | 3 | 5.73 | 11.64 |
| | 원주 | 1 | 3 | 0.82 | 40.55 |
| 광주 | 원주 | 1 | 3 | 0.53 | 63.07 |

- (1) 제안된 광전송 기간망의 링크의 채널 수는 송수신 중계국 노드에서 예측되는 트래픽 발생량의 합을 기준으로 하여 적절한 수의 채널을 할당하였기 때문에, 각 중계국 노드들간의 포화 예상값은 고르게 잘 분포됨을 알 수 있다. 예를 들어서 58.6 Gbps의 트래픽이 예상되는 서울-대전간에는 6개의 채널(60Gbps)이 할당되었으며, 49.6Gbps의 트래픽이 예상되는 서울-부산간에는 5개의 채널(5-Gbps)이 할당되었다(표 5 참조).
- (2) 그러나, 대전-원주간에는 단지 2.7Gbps의 트래픽이 예상됨에도 불구하고 광전송 기간망 구축을 위하여 10Gbps의 채널이 사용되기 때문에 1개의 채널(10Gbps)이 할당됨으로 인하여 많은 여유 용량이 있게 된다. 따라서 그림 6에서 대전-원주간의 링크의 포화점이 다른 링크의 포화점보다 높은 것을 알 수 있다.

2. 시뮬레이션 연구

2.1 시뮬레이션 모델 및 가정

본 절에서는 제안된 광전송 기간망의 성능평가를 위하여 다음의 구체적인 사항들이 시뮬레이션을 위하여 설정되었다.

- (1) 각 노드들에서의 데이터 발생은 포아송 프로세스(Poisson process)에 의한다.
- (2) 각 광역 중계국 노드들에서의 데이터 발생 분포는 본 연구의 제 II장에서 제안된 PDG 트래픽 분포를 따르며, 각 광역 중계국 노드들은 자신을 제외한 다른 중계국 노드들에게 PDG 트래픽 비율에 따라 전송하는 것으로 가정한다.
- (3) 회선 교환 메시지 전송에서 데이터 메시지의 평균 길이는 3이며 메시지의 길이는 지수 분포를 따른다.
- (4) 블록킹된 데이터들은 재전송을 위하여 계속 전송을 시도하는 것으로 가정한다.
- (5) 호 설정 시간은 데이터 메시지의 전송시간에 비하여 매우 작은 값이므로 무시한다.

통신망 성능 측정의 일차적인 관심사는 처음 송신 중계국 노드에서 최종 수신 중계국 노드까지 호 설정을 기다리는 기다림 시간, 그리고 처음 송신 중계국 노드에서 최종 수신 중계국 노드까지 데이터 메시지가 도달하는 평균 전달 지연시간이다. 따라서 시뮬레이터에서는 통신망의 성능 특성을 살펴볼 수 있도록 평균 전달 지연시간(기다림 시간 + 실 데이터 전달시간)과 링크의 이용율 등이 출력값으로 제공되도록 설계되었다.

2.2 시뮬레이션 결과 및 고찰

상기와 같은 조건에서 6개의 광역중계국 노드들을 연결하여 제 III장의 그림 4와 같은 광전송 기간망을 모델로 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 7 그림 10은 시뮬레이션 결과중에서 일부 대표적인 결과를 보여주고 있다. 서울과 다른 중계국 노드들간의 데이터의 전달 지연시간과 링크 이용률을 그림 7과 그림 8에 각각 나타내었고, 대전과 다른 중계국 노드들간의 데이터의 전달지연시간과 링크 이용률을 그림 9와 그림 10에 각각 도시하였다.

상기의 시뮬레이션 결과들로부터 다음의 사항들을 관찰할 수 있다.

(1) 그림 7과 그림 9에서 트래픽이 낮을 경우(정상 상태의 경우) 데이터의 평균 전달지연시간은 대략 3이다. 이는 메시지 전달시간에 해당되는 값으로써 호 설정 시간은 상대적으로 짧기 때문에 무시한 것에 기인한다.

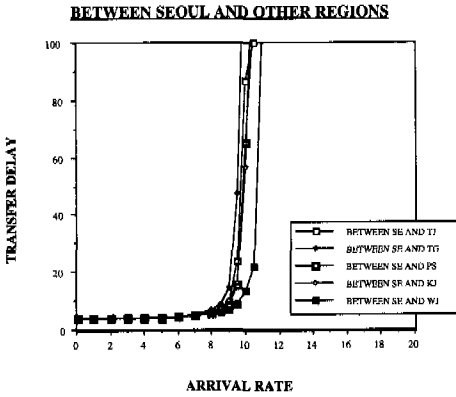


그림 7. 서울에서 다른 중계국 노드들로 전송되는 데이터의 전달지연시간

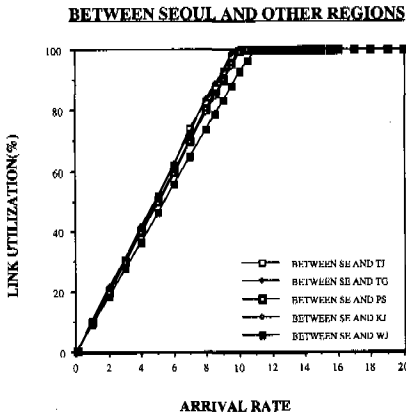


그림 8. 서울과 다른 중계국 노드들간의 링크 이용률

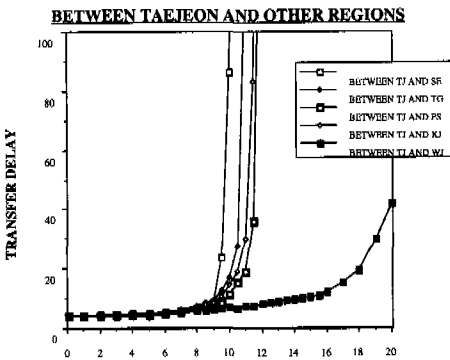


그림 9. 대전에서 다른 중계국 노드들로 전송되는 데이터의 전달지연시간

(2) 그림 7에서, 서울에서 다른 중계국 노드들로 데이터가 전송되는 경우 다른 중계국들로의 전달지연시간 특성 곡선이 고르게 데이터 발생율이 8에서 11 사이일 때 급격히 증가함을 볼 수 있다.

이는 표 7에서 보듯이 서울을 기점으로 각 중계국 노드간의 채널 할당이 트래픽 요구 값과 잘 부합되기 때문에 서울에서 발생되어 타 중계국으로 전송되는 데이터들의 전달지연시간 특성이 고른 분포로 포화됨을 의미한다. 즉 링크 용량 설정이 잘 이루어졌음을 알려주고 있다. 그림 5에서 처리율의 최대값(upper bound)이 데이터 발생율 11에서 14 정도로 분포되는 것과 비교하여 볼 때, 실제의 시물레이션에서는 8에서 11 사이에서 포화되는 이유는 호 설정 등으로 인한 부담(overhead)과 메시지의 길이가 일정하지 않기 때문이다.

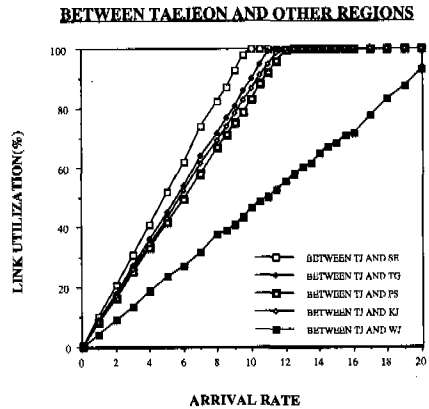


그림 10. 대전과 다른 중계국 노드들간의 링크 이용률

(3) 그림 8은 서울과 각 중계국 노드들간에 전송되는 데이터의 링크 이용율을 나타낸 그림이다. 그림 7의 결과와 비교하여 볼 때 링크의 이용율이 약 90% 정도에서 전달지연시간 특성이 포화됨을 알 수 있다.

(4) 그림 9는 대전에서 다른 중계국 노드들로 전달되는 데이터의 전달지연시간 특성을 보여주고 있다. 그림에서 망 전체의 데이터 발생율이 8에서 11사이일 때 대전-원주 구간을 제외한 모든 구간의 전달지연특성 곡선이 포화된다. 이는 대전-원주간에는 트래픽 요구량보다 많은 링크 용량이 할당되었기 때문이다.

(5) 그림 10은 대전과 다른 중계국 노드들간의 링크의 이용율을 나타낸 그림이다. 역시 대전-원주간에는 트래픽 요구량보다 많은 링크 용

량이 할당되었기 때문에 대전-원주간의 링크 효율이 낮음을 알 수 있다.

- (6) 전체적으로 2000년대에 요구되는 트래픽을 예측하여 구성된 광전송 기간망은 균형잡힌 성능특성을 보여주고 있다.

V. 결 론

본 연구에서는 우리나라 환경에 맞는 트래픽을 모델링하고, 향후 우리나라에서 2000년대에 기간망 구축시 활용될 수 있는 광전송 기간망 모델을 제안하였다. 우리나라 실정에 적용 가능한 트래픽 값을 도출하기 위하여 새로운 트래픽 모델링 기법인 Population-Distance-Gross Group Products(PDG) 트래픽 모델을 고안하였으며, 이로부터 도출된 트래픽 예상값을 적용하여 장거리 광전송 기간망의 콘피규레이션을 설계하였다. 또한, 향후 우리나라에서 WDM 광전송 기간망 구축시 예상되는 성능지표를 분석할 수 있는 시뮬레이터를 설계하였으며, PDG 트래픽 모델링 기법을 이용하여 도출된 트래픽 예상 값을 시뮬레이터에 적용하여 제안된 광전송기간망의 성능 특성을 분석하였다. 또한, 성능특성 분석 결과로부터 본 논문에서 제안된 광전송 기간망은 우리나라에서 2000년대에 요구되는 다양한 트래픽을 수용할 수 있도록 균형잡힌 성능특성을 보여주고 있음을 확인하였다.

본 연구에서 수행된 트래픽 분석 및 광전송 기간망 성능분석 연구 결과는 추후 우리나라의 WDM 광전달망의 구축시 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] Paul E. Green, "The Future of Fiber-Optic Computer Networks," *IEEE Computer Magazine*, vol. 18, No. 9, pp. 78-87, Sep. 1991.
- [2] M. J. O'Mahony, D. Simeonidou, A. Yu and J. Zhou, The Design of a European Optical Network, *IEEE Journal of Lightwave Technology*, Vol. 11, No. 5/6, pp.817-828, May/June 1993.
- [3] Hyun Deok Kim, Y. C. Chung, and Chang-Hee Lee, Capacity analysis of all optical networks based on the node throughput, *Technical Digest of 3rd Optoelectronics and*

Communications Conference, Chiba, Japan, July 1998.

- [4] Stephen B. Alexander, R.S. Bondurant, Donald Byrne, Vincent W. S. Chan, Steven G. Finn, Robert Gallager, Bernard S. Glance, Hermann A. Haus, Pierre Humblet, Raj Jain, Ivan P. Kaminow, Mark Karol, Robert S. Kennedy, Alan Kirby, Han Q. Le, Adel A. M. Saleh, Bruce Allen Schofield, Jeffery H. Shapiro, N. K. Shankaranarayanan, Robert E. Thomas, Richard C. Williamson, and Robert W. Wilson, "A Precompetitive Consortium on Wide-Band All-Optical Networks," *IEEE Journal of Lightwave Technology*, Vol. 11, No. 5/6, pp. 714-735, May/June 1993.
- [5] Charles A. Brackett, Anthony S. Acampora, John Switzer, Gregory Tangonan, Mark T. Smith, William Lennon, Keh-chung Wang, and Robert H. Hobbs, "A Scalable Multiwave Multihop Optical Network: A Proposal for Research on All-Optical Networks," *IEEE Journal of Lightwave Technology*, Vol. 11, No. 5/6, pp. 736-753, May/June 1993.
- [6] Anthony S. Acampora, "The Scalable Lightwave Network," *IEEE Communications Magazine*, vol. 32, No. 12, pp. 36-42, December 1994.
- [7] G. R. Hill, P. J. Chidgey, F. Kauthod, T. Lynch, O. Sahlen, M. Gaustavsson, M. Janson, B Lagerstrom, G. Grasso, F. Meli, S. Johannson, J. Ingers, L. Fernandez, S. Rotolo9, A. Antonielli, S. Tebaldini, E. Vezzoni, R. Caddeu, N. Caponio, F. Testa, A. Scavennan, M. J. O'Mahony, J. Zhou, A. Yu, W. Soher, U. Rust, and H. Herrmann, "A transport network layer on optical network elements," *IEEE Journal of Lightwave Technology*, Vol. 11, pp. 667-680, 1993.
- [8] M. J. O'Mahony, M. C. Sinclair, and B. Micac, "Ultra high capacity optical transmission network European research project COST 239," *Conf. on Telecomm. CONTEL'93*, Zagreb, July 1993.
- [9] 초고속 통신망을 위한 HAN/B-ISDN 워크샵, 한국통신학회, 대한전자공학회, 경주, June

1995.

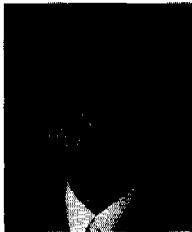
- [10] M.C. Sinclair, Improved model for European international telephony traffic, *IEEE Electronics letters*, Vol 30, No 18, pp. 1468-1470, Sep. 1994.
- [11] 한국통계연감, 대한민국 통계청, 1997.

정 노 선(No-Seon Jung) 정회원



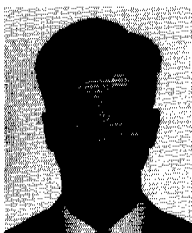
1998년 2월 : 한남대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1998년 3월~현재 : 한남대학교 전자공학과 석사과정
 <주관심 분야> WDM 전광 전송망 및 위성 ATM

홍 상 기(Sang-Kee Hong) 정회원



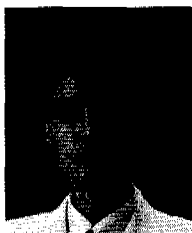
1998년 2월 : 한남대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1998년 3월~현재 : 한남대학교 전자공학과 석사과정
 <주관심 분야> WDM 전광 전송망 및 위성 ATM

안 기 석(Ki-Seok Ahn) 정회원



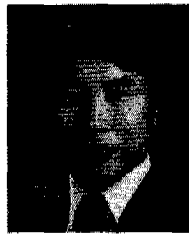
1998년 2월 : 한남대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1998년 3월~현재 : 한남대학교 전자공학과 석사과정
 <주관심 분야> WDM 전광 전송망 및 위성 ATM

박 효 준(Hyo-Jun Park) 정회원



1997년 2월 : 한남대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1998년 3월~현재 : 한남대학교 전자공학과 석사과정
 <주관심 분야> WDM 전광 전송망 및 위성 ATM

강 철 신(Cheoul-Shin Kang) 정회원



1972년-1979년 : 한양대학교 전자공학과 (공학사)
 1982년-1984년 : Oregon State University, 전기 및 컴퓨터공학과 (공학석사)
 1984년-1987년 : Oregon State University, 전기 및 컴퓨터공학과 (공학박사)
 1978년-1987년 : 금성사(현LG전자) 중앙연구소, 연구원
 1990년-1991년 : 미국연방 국방정보부(DIA), 초청교수
 1987년-1992년 : 미국 American University, Wshington, D.C. 전산정보학과 조교수
 1991년-1992년 : 한국전자통신연구소 선임연구원
 1992년~현재 : 한남대학교 전자공학과, 교수
 IEEE, Phi Kappa Phi, Sigma Xi : 정회원
 대한전자공학회, 한국통신학회, 한국정보과학회 : 종신회원
 <주관심분야> 광통신망의 설계 및 성능분석, 위성통신, 광대역통신망

신 종 덕(Jong-Duk Shin) 정회원

제23권 제7호 참조
 현재 : 숭실대학교 전자공학부, 교수