

SDH기반 Multiple Self-Healing Ring 구조의 전광 전달망 구성방안 및 성능분석

안기석*, 정노선*, 홍상기*, 홍종일*, 강철신*
*한남대학교 전자공학과 통신망연구소

Study of An All-Optical WDM Transport Network of a Multiple Self-Healing Ring Architecture in SDH Based

Ki-Seok Ahn*, No-Seon Jung*, Sang-Kee Hong*, Jong-Il Hong*, Cheoul-Sin Kang*
*Electronic Engineering Department, Hannam University
E-mail : autumn@ee.hannam.ac.kr

Abstract

In these days, wavelength division multiplexing(WDM) all-optical network are being deployed to support various multimedia communication services. In this paper, various WDM all-optical network are discussed, and a design of an all-optical backbone network has been proposed by using multiple self-healing ring technology. The proposed multiple self-healing ring network improves network expandability and efficiency of bandwidth, while it retains simplicity and ease of network control, which are from the nature self-healing ring. Using PDI traffic modeling technique, a well-balanced all-optical backbone network using multiple self-healing ring is designed for the 2010s in Korea.

I. 서 론

향후 2010년대의 차세대 통신망은 기존의 음성뿐만 아니라 전자우편, 전자상거래, 화상회의, DB검색, 영상을 포함한 새로운 응용 서비스 등의 멀티미디어 서비스가 요구됨에 따라 통신망의 대용량화, 고속화가 요구된다.

그러므로 현재의 전달망을 이용한 통신서비스는 한계에 이를 것으로 예상된다. 이미 미국(Cisco)에서는 1997년 데이터 트래픽이 음성 트래픽을 초과하여 2000년경에는 음성 트래픽의 5배, 2005년에는 23배에 달할 것으로 예측하고 있다. 따라서 이와 같이 급증하는 멀티미디어 데이터들을 수용하기 위해서는 광대역(broadband)의 전송이 가능한 전광 통신망이 필수적이다. 일반적으로 실현 가능한 미래 광대역 통신망으로서 파장 분할 기술을 이용한 WDM 기반의 전광전달망이 가장 유망하게 고려되어지고 있다[1].

WDM은 광섬유의 넓은 주파수 대역을 여러 통신 채널로 나누는 다중화 방식으로 각 데이터 채널이 하나의 파장을 갖는 광학적 반송파로 변조되며 이 광학적 반송파들이 다중화되어 단일 광섬유로 전송된다. 이러한 파장다중전송 기술의 발달과 고속 전자소자의 발달은 Tb/s이상의 초대용량 전송의 가능성을 예시하고 있다. 실험실 레벨의 전송속도는 이미 2.64Tb/s 에 도달하였으며[1], 상용 광전송 시스템도 Ciena에서 80Gb/s가 발표되었다. 이처럼 통신망이 대용량 및 초고속화됨에 따라 장애시 신뢰도, 경쟁력, 비용 손실이 막대하다. 그러므로 전송망에서 장애가 발생하더라도 서비스를 안정적으로 제공할 수 있는 생존성(Survivability)을 높이는 것이 중요하다.

본 연구는 한국과학재단 '97 특정기초연구에 의해서 지원된 연구결과입니다.

전송망의 생존성(Survivability, 안정성)을 높이기 위한 방법으로 자기치유 기능을 지닌 자기치유 링 통신망과 DCS(Digital Cross-connect System) 시스템을 채용하는 자기치유 mesh망이 있다[2]. 따라서, 본 논문에서는 자기치유 mesh망에 비해 복잡한 라우팅 정책이 요구되지 않고, 시스템 하드웨어가 간단해 복구가 매우 신속한 자기치유 링(Self-healing Ring)에 대해 고찰한다. 또한 기본적으로 전체 통신망을 대규모의 단일 링 대신에 작은 수의 노드를 포함하는 소규모의 링들로 나눈 다중 링 구조의 새로운 광통신망 설계방안을 제안한다. 각 링들은 다른 링들로부터 독립적으로 운용되고, 관리되어지며, 전체 제어 시스템의 통제를 받는다. 그럼으로써 링 토폴로지의 망 자원의 장점을 극대화하고 생존성을 보장할 수 있다. 여기에 새롭게 적용한 트래픽 모델은 우리나라 실정에 적용 가능한 Population-Distance-Information(PDI) 트래픽 모델링 기법을 고안, 사용하여 향후 2010년대의 트래픽을 예측하고, 이를 수용하는 기간망을 설계하였다.

II. 트래픽 모델링

본 논문에서는 향후 2010년대 초고속 광대역 서비스의 제공을 위해 전국을 6개의 광역 그룹으로 분류하고, 각 그룹에서 가장 인구가 많은 도시인 서울, 대전, 대구, 부산, 광주, 원주를 기간망의 광역 중계국 노드(regional center)로 설정하였다. 각 광역 중계국 노드는 각 그룹의 하위 중계국과 연결되며 전체 노드수는 35개로 구성되는 것으로 가정하였다. 제주도는 광주권 광역중계 노드에 연결되어 있는 것으로 가정하였다.

1. 기존 트래픽 모델링 기법

전광전달망 구축시 노드간 트래픽은 망 전체의 성능 특성에 영향을 주는 중요한 요소이다. 실제 트래픽을 알지 못할 경우 근사한 각 지역간의 트래픽 예상값이 필요하다. 트래픽 예측의 대표적 기법에는 COST239 Project에서 제안한 PD(Population-Distance) 트래픽 모델과 PDF(Population-Distance-Factor) 트래픽 모델링 기법, 그리고 이들을 발전시킨 PDG(Population-Distance-Gross Group Product) 트래픽 모델링 기법이 있다[3]. PDF 트래픽 값은 PD 트래픽 값에 각각의 노드의 트래픽 보정치인 Penetration Factor를 적용하여 PD 트래픽 모델의 오차값을 보정한 것이다. 따라서 PDF 트래픽 모델의 값이 실제의 값과 유사한 값을 얻을 수 있으나, Penetration Factor를 적용하기 위해서는 실제 트래픽 통계치가 필요하다. PDG 트래픽 모델링

기법은 Penetration Factor로 사용 가능한 실제 트래픽 통계값이 없을 때 광역 그룹의 경제활동이 활발하면 트래픽 발생률이 높을 것이라 가정하고 각 그룹별 지역의 1인당 경제 총생산액의 비로 얻은 G Factor를 각 노드간의 트래픽 보정값으로 부여하는 트래픽 모델링 기법이다.

2. PDI 트래픽 모델링

본 연구에서 제안한 Population-Distance-Information(PDI) 트래픽 모델링 기법은 여러 가지의 정보 지표를 종합적으로 검토해 통계를 낸 정보화 지수를 이용한 것으로 각 지역의 정보화 수준을 측정, 계량화하여 이것을 토대로 그 지역의 트래픽을 예측하고자 한다. 정보화지수는 정보화의 최고 수준을 I(t)=1이라는 가정을 두고 각 해당 년도의 1인당 정보 이용량, 정보장비율, 정보관련종사자수, 매스컴보급수준, 정보공급주체 수준 등의 각 지표를 종합하여 작성되었다[4]. PDI 트래픽 모델은 다음 식(1)와 같이 나타낼 수 있다.

$$T_{s,t} = k \frac{P_s I_s P_t I_t}{Dist_{st}} \times \frac{P_s I_s}{P_s I_s P_t I_t} \dots \dots \dots (1)$$

여기서 k는 적절한 상수값이며, P_s와 P_t는 송신 노드와 수신 노드 각각의 인구, Dist_{st}는 송신 및 수신 노드간의 거리, I_s, I_t는 송신 노드와 수신 노드 각각의 I Factor 이다. 현재 서울-대전 구간에 설치된 약 60Gbps의 전송로가 현재의 트래픽을 충분히 수용한다고 가정하고, 향후 2010년대의 트래픽을 적절한 상수 k값을 1000으로 하여 우리나라 트래픽 용량을 추정하였다. 표 1은 주어진 식 (1)을 이용하여 인구, 거리, 정보화지수에 따른 구간별 필요 채널을 계산한 것이다.

표 1. 인구, 거리, 정보화지수에 따른 구간별 채널

송신노드	수신노드	인구수	거리	정보화지수	7	2010년	2010년	k=1000	10G
서울	대전	4605	141	0.70	0.382	13.49%	26.14%	382	39
	대구	5291	233	0.65	0.305	10.78%	20.80%	305	31
	부산	8694	326	0.63	0.311	10.99%	21.33%	311	32
	광주	6013	266	0.74	0.265	9.36%	18.15%	265	27
	원주	1531	92	0.64	0.197	6.97%	13.51%	197	20
대전	서울	21,339	141	0.91	0.063	2.23%	23.57%	63	7
	대구	5,291	117	0.65	0.062	1.63%	24.20%	52	6
	부산	8,694	199	0.63	0.065	1.27%	16.81%	36	4
	광주	6,013	136	0.74	0.044	1.54%	20.42%	44	5
	원주	1,531	126	0.64	0.019	0.66%	8.99%	19	2
대구	서울	21,339	233	0.91	0.071	2.49%	20.03%	71	8
	대전	4,605	117	0.70	0.072	2.55%	20.53%	72	8
	부산	8,694	95	0.63	0.130	4.61%	37.05%	130	13
	광주	6,013	172	0.74	0.068	2.07%	16.61%	58	6
	원주	1,531	177	0.64	0.020	0.72%	5.81%	20	2
부산	서울	21,339	326	0.91	0.114	4.02%	21.75%	114	12
	대전	4,605	199	0.70	0.079	2.80%	15.17%	79	8
	대구	5,291	95	0.65	0.205	7.29%	39.46%	205	21
	광주	6,013	193	0.74	0.101	3.57%	19.33%	101	11
	원주	1,531	273	0.64	0.022	0.79%	4.29%	22	3
광주	서울	21,339	266	0.91	0.061	2.14%	23.73%	61	7
	대전	4,605	136	0.70	0.060	2.13%	23.61%	60	6
	대구	5,291	172	0.65	0.068	2.04%	22.67%	58	6
	부산	8,694	193	0.63	0.063	2.23%	24.73%	63	7
	원주	1,531	266	0.64	0.013	0.47%	5.26%	13	2
원주	서울	21,339	92	0.91	0.010	0.36%	37.63%	10	1
	대전	4,605	126	0.70	0.005	0.21%	22.23%	6	1
	대구	5,291	177	0.65	0.004	0.16%	16.95%	4	1
	부산	8,694	273	0.63	0.003	0.11%	11.76%	3	1
	광주	6,013	266	0.74	0.003	0.10%	11.25%	3	1

III. 한국 실정에 적합한 Multi Self-Healing Ring 전광 전달망의 구성

자기치유 링(Self-healing Ring) 광 통신망의 노드는 ADM(add/drop multiplexing)으로 구성되며, 단방향 망과 양방향 망으로 구별된다. 단방향 링형 망은 2가닥의 광섬유로 구성되며, 하나의 광섬유는 한쪽 방향으로 진행되는 광신호에 의해서 노드와 노드가 통신을 하고 나머지 하나의 광섬유는 자기치유를 위한 보호용으로 사용한다[5]. 반면에 양방향 링형 망은 4가닥의 광섬유를 사용하는 방식(BSHR/4)과 2가닥의 광섬유를 사용하는 방식(BSHR/2) 두 가지가 있다. 이들 양방향 링형 망은 단방향 링형 망보다 대용량이 가능하며, 목적지에 도달하기 위해서 지나가야 하는 노드의 수를 감소시킬 수 있다[5]. 본 논문에서는 최적화 된 기간망을 설계하기 위하여 시스템이 간단하고 적은 수의 노드에서 경제적인 BSHR/4 구조의 링 3개를 이용 전달망을 구성하였다(그림2 참조).

PDI 트래픽 모델의 T값을 이용하여 작성된 표 2는 각 중계국 노드별 송신채널과 수신채널이 비대칭적으로 할당되었음을 보여준다. 이를 각 링이 포함하고 있는 노드별로 구분하여 링 각각의 최대 채널 수를 계산하면 표 3과 같다.

표 2. 각 중계국 노드별 채널 할당표

송신	수신	1	2	3	4	5	6	노드명	송신채널계
1			39	31	32	27	20	서울	149
2	7			6	4	5	2	대전	24
3	8	8			13	6	2	대구	37
4	12	8	21			11	3	부산	55
5	7	7	6	7			2	광주	29
6	1	1	1	1	1	1		원주	5
수신채널계		35	63	65	57	50	29		

표 3. 링별 채널 할당표

구분	노드	운용 파장수
링 1 (서부)	1-5-2	39
링 2 (중부)	1-2-3-6	36
링 3 (남부)	2-5-4-3	34

IV. 성능분석을 위한 시뮬레이션 연구

본 절에서는 10Gbps의 채널을 사용하여 설계된 우리나라 실정에 맞는 SDH기반의 다중 링망 구조 전광 전달망의 성능특성을 비교, 분석하기 위하여 시뮬레이션 모델을 설정하고 SLAM II 언어를 이용한 시뮬레이터를 구현하였다.

1. 시뮬레이션 모델 및 가정

전광 전달망의 성능평가를 위하여 다음의 구체적인

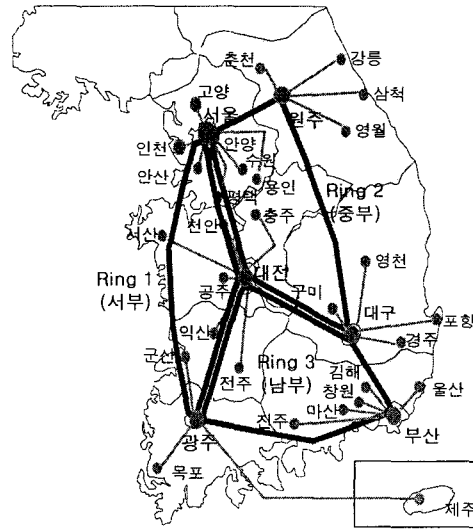


그림 1. 전체 광역 중계국 노드 구성의 예

사항들이 시뮬레이션을 위하여 설정되었다.

- (1) 각 노드들에서의 데이터 발생은 포아송 프로세스(Poisson process)에 의한다.
- (2) 각 광역 중계국 노드에서의 데이터 발생 분포는 본 연구의 PDI트래픽 분포를 따르는 것으로 가정한다.
- (3) 데이터 메시지의 평균 길이는 3이며 지수분포에 따른다.
- (4) 블록킹된 데이터들은 재전송을 위하여 계속 전송을 시도하는 것으로 가정한다.
- (5) 호 설정 시간은 데이터 메시지의 전송시간에 비하여 매우 작은 값이므로 무시한다.

전광 전달망의 일차적인 관심사는 평균 전달 지연시간, 구간별 처리율의 포화점이다. 따라서 시뮬레이터는 설계된 다중 링 구조 전달망의 성능 특성을 살펴볼 수 있도록 설계되었다. 일부 대표적인 시뮬레이션 결과들을 그림 2~그림 4에 도시하였다. 그림 2와 그림 3은 트래픽 변화에 따른 평균 전달 지연시간을 보여주고 있다. 그림 4는 송수신 채널이 비대칭적으로 설계된 전달망의 처리율(이용률)을 보여주고 있다. 시뮬레이션 결과로부터 다음의 사항들이 관찰되었다.

- (1) 제안된 다중 링 전달망에서 안정상태(트래픽이 적은 경우)에서는 평균전달 지연시간이 3~5정도로서 이는 호의 평균 지속시간 3정도의 평균전달 지연시간과 링의 거리(크기)에 따른 전파지연시간의 합에 기인한다. 그러나 그림 2에서와 같이 트래픽이 증가하여 평균 도착율이 30~60이 되면서 급격히 증가하기 시작하여 도착시간간격이 1/30~1/60이상이 되면서 모든 링크가 포화됨을 알 수 있다. 이는 서울을 기점으로 각 중계국 노드간의 송수신에 필요한

채널 수가 트래픽 요구값에 잘 부합되도록 할당되어 데이터들의 전달지연시간 특성이 고른 분포로 포화됨을 의미한다. 즉 링크 용량에 있어서 유휴용량이 상대적으로 줄어 트래픽에 따른 링크 용량 설정이 잘 이뤄졌음을 알려주고 있다.

- (2) 그림 4는 서울과 원주 기점의 채널 이용률을 나타낸 그래프이다. 그림과 같이 트래픽이 증가하게 되면 채널의 이용률이 증가하게 되며, 채널의 이용률이 80~90%를 상회할 때 전달지연 특성이 포화됨을 알 수 있다.
- (3) 그림 3은 원주기점의 평균전달 지연시간을 나타내는 그래프이다. 그림 2에 비해 원주-서울을 제외한 모든 구간이 전반적으로 늦게 포화되는 것을 볼 수 있다. 이는 원주-서울을 제외한 각 구간이 송수신에 필요한 트래픽 요구량에 비해 할당된 1채널이 10Gbps의 용량이므로 상대적 유휴 용량이 많이 존재하기 때문이다.

V. 결 론

본 논문에서는 다중 자기치유 링(Multi Self-Healing Ring) 구조의 WDM 전광 전달망의 새로운 설계모델을 제안하였다. 향후 우리나라의 2010년대의 우리나라 실정에 적용 가능한 트래픽 값을 도출하기 위하여 새로운 트래픽 모델링 기법인 Population-Distance-Information (PDI) 트래픽 모델을 사용하여 좀더 신뢰성있는 미래의 트래픽을 예측하고, SONET의 OC-192(9953.28Mbps)를 수용할 수 있는 10Gbps 광 채널을 사용하여 중계국 노드의 트래픽 발생량에 따른 채널할당을 통해 상호 비대칭적으로 할당된 통신망의 성능특성을 비교, 분석하였다. 본 연구에서 수행된 연구 결과는 추후 우리나라의 WDM 광 전달망의 구축시 미래에 요구되어 지는 트래픽을 안정적으로 수용하면서 경제적이고 신뢰성있는 망 구축을 위해 널리 활용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] Y. Yano, T. Ono, K. Fukuchi, T. Ito, H. Yamazaki, M. Uamaguchi, K. Emura, "2.6 terabit/s WDM transmission experiment using optical duobinary coding," Digest of 22nd European Conference on Optical Communication, Oslo, Norway, 15-19 Sept., 1996, paper ThB3.1.
- [2] T. H. Wu, D. J. Kolar, and R. H. Cardwell, "Survivable network architecture for broad-band fiber optic networks: model and performance comparison," J. Lightwave Technol., 6, pp.1698-1709, 1988.

- [3] 송영남, 박효준, 강철신, 박일중, 채창준, 서완석, 이성은, "트래픽 모델링 및 전광 WDM전달망 설계," Photonics Conference '97, 제주, pp. 361-362, 1997년 11월
- [4] 한국전산원, 우리나라 지역별 정보화수준 측정을 위한 지표개발 I, 1997. 12.
- [5] Tsong-Ho Wu, Fiber network service survivability, Artech house, 1992, Chapter 4.
- [6] 한국통계연감, 통계청, 1998.

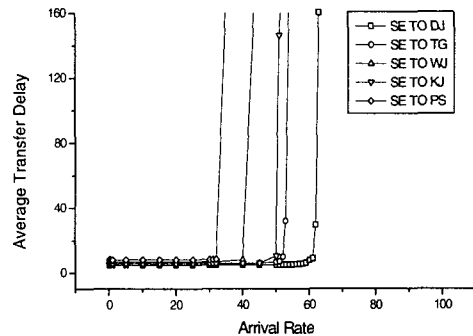


그림 2. 서울-각 중계국간 데이터 평균전달 지연시간

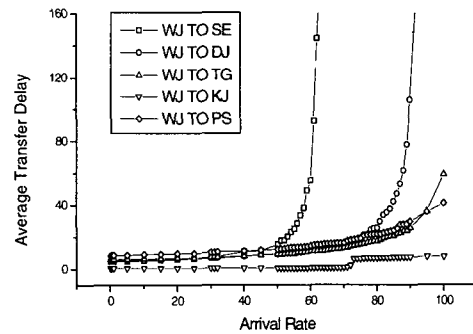


그림 3. 원주-각 중계국간 데이터 평균전달 지연시간

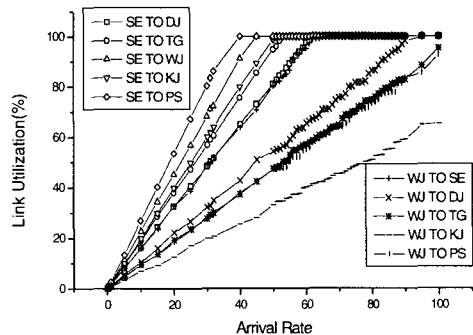


그림 4. 서울, 원주 - 각 중계국간의 링크 이용률