

최적의 라우팅과 WDM/SHR 기반의 생존성 있는 망 설계에 대한 연구

A Study on Design of Survivable Networks Based on Optimal Routing and WDM Self-Healing Rings

현 기 호, 정 영 철

광운대학교 전자공학부/전자통신공학과

kiho00@opto.kwangwoon.ac.kr

높은 전송용량이 요구되어지는 멀티미디어 통신은 WDM을 통하여 구현이 가능하다.⁽¹⁾ WDM은 단일 광섬유 안에 여러 개의 병렬채널을 공급하므로 이용 가능한 광섬유의 대역폭을 증가시켰고 그 결과 대용량 트래픽을 단일광섬유를 통해 전송이 가능해졌다. 이러한 시스템에서의 단일광섬유의 절단은 사용자의 중단 대 중단 연결들이 해제되는 결과를 초래할 수 있다. 따라서, 오늘날 이러한 대용량 트래픽의 보호를 위해 생존성 있는 망에 대한 연구가 이루어지고 있다.

본 논문에서는 WDM self healing Rings with Line protection problem(WRL problem)⁽²⁾의 ILP 수식화를 구현하였다. WRL problem의 목적은 1:N line protection mechanism을 사용한 SHR/WDM을 이용하여 주어진 Network에서 주어진 traffic demand의 집합을 지탱할 수 있도록 요구되어지는 total wavelength-mileage를 최소화시키는데 목적이 있다.

WRL problem은 세 가지의 sub-problem으로 구성되어 있다. 각 traffic demand에 대한 working-lightpath의 선택에 관한 문제(WL sub-problem)와 working-lightpath를 갖는 모든 링크를 커버할 수 있는 링의 선택 문제(RC sub-problem) 그리고 선택된 링을 사용하여 각 working-lightpath를 보호하는 방법을 선택하는 문제(SW sub-problem)로 구성되어 있다. 이러한 WRL problem은 이 세 가지 sub-problem을 동시에 풀어야만 최소 wavelength-mileage를 구할 수가 있다. 그러나 WRL problem은 노드 수가 증가하게 되면 노드 수의 4제곱승으로 되는 복잡성을 가지고 있다. 따라서 이러한 노드 수에 증가에 따른 복잡성을 줄이기 위해 간단한 Sub-Optimal WRL problem(SO-WRL)을 구현하였다.

SO-WRL에서는 두 개의 알고리즘이 사용되는데 하나는 사전선택된 링의 집합을 구성하는 것이고 다른 하나는 사전선택된 working-lightpath의 집합을 구성하는 것이다. 사전선택된 링의 집합은 모든 node-pair를 연결하는 허가된 Ring들중 최소의 노드로 구성된 링을 선택하는 것이고, 사전선택된 working lightpath는 lightpath 자체가 통과하는 링의 수를 최소화시키는 working-lightpath를 선택하는 것이다. 이러한 두 개의 알고리즘을 풀기 위해 사용된 다른 알고리즘이 있는데 각각 Shortest Ring, Shortest Path, Minimum Ring Distance Path 알고리즘이다. 이러한 알고리즘을 이용하여 사전선택된 Ring과 working-lightpath를 구하였다.

다음의 목적함수와 제약조건은 각각 WRL problem과 SO-WRL problem을 ILP로 수식화한 것이다.

< WRL problem >
Objective function :

$$\min \sum_{mn} d_{mn} (\sum_{sd} \lambda_{mn}^{sd} + \sum_r C_{mn}^r)$$

Subject to :

$$\sum_n \lambda_{sn}^{sd} = \Lambda_{sd} \quad \forall s, d \in V, s \neq d \quad (1)$$

$$\sum_n \lambda_{nd}^{sd} = \Lambda_{sd} \quad \forall s, d \in V, s \neq d \quad (2)$$

$$\sum_r \lambda_{in}^{sd} - \sum_r \lambda_{nj}^{sd} = 0 \quad \forall s, d, n \in V, n \neq s, d \quad (3)$$

$$\sum_r t_{mn}^r = \sum_{sd} \lambda_{mn}^{sd} \quad \forall (m, n) \in E \quad \forall r \quad (4)$$

$$T_{Max} \cdot (x_{mn}^r + x_{nm}^r) \geq t_{mn}^r + t_{nm}^r \quad \forall (m, n) \in E \quad \forall r \quad (5)$$

$$x_{mn}^r - x_{nm}^r = 0 \quad \forall (m, n) \in E \quad \forall r \quad (6)$$

$$\sum_m x_{mi}^r - 2 \cdot y_i^r = 0 \quad \forall i \in V \quad \forall r \quad (7)$$

$$\sum_m x_{mi}^r - \sum_n x_{in}^r = 0 \quad \forall i \in V \quad \forall r \quad (8)$$

$$c_{mn}^r \leq C_{Max} \cdot x_{mn}^r \quad \forall (m, n) \in E \quad \forall r \quad (9)$$

$$\sum_{ij} c_{ij}^r \geq t_{mn}^r \quad \forall (m, n) \in E \quad \forall r \quad (10)$$

$$\sum_{ij} c_{ij}^r \geq c_{ij}^r \quad \forall (i, j) \in E \quad \forall r \quad (11)$$

$$\sum_r y_i^r \leq N_n \quad \forall r \quad (12)$$

$$\sum_r y_i^r \leq N_v \quad \forall i \in V \quad (13)$$

$$\sum_r x_{mn}^r \leq N_r \quad \forall (m, n) \in E \quad (14)$$

< SO-WRL problem >

Objective function :

$$\min \left(\left(\sum_{sd} \sum_{r \in P_{sd}} t_{sd}^r \cdot t_{sd}^r \right) + \left(\sum_r t_{sd}^r \cdot (c_1^r + c_2^r) \right) \right)$$

Subject to :

$$\sum_{r \in P_{sd}} t_{sd}^r = \Lambda_{sd} \quad \forall s, d \in V, s \neq d \quad (1)$$

$$T_{Max} \cdot \sum_r k d_{mn}^r \cdot \delta^r \geq \sum_{sd} \sum_{r \in P_{sd}} k t_{mn}^{sd} \cdot t_{sd}^r \quad \forall (m, n) \in E \quad (2)$$

$$c_1^r + c_2^r \leq C_{Max} \cdot \delta^r \quad \forall r \in R \quad (3)$$

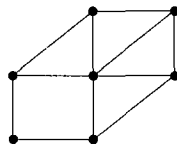
$$\sum_r (k c_1 t_{mn}^r \cdot c_1^r + k c_2 t_{mn}^r \cdot c_2^r) \geq \sum_{sd} \sum_{r \in P_{sd}} k t_{mn}^{sd} \cdot t_{sd}^r \quad \forall (m, n) \in E \quad (4)$$

$$\sum_r \sum_n k d_{in}^r \cdot \delta^r \leq 2 \cdot N_v \quad \forall i \in V \quad (5)$$

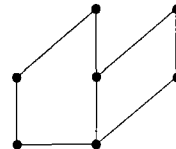
$$\sum_r k d_{mn}^r \cdot \delta^r \leq N_r \quad \forall (m, n) \in E \quad (6)$$

$$\delta^r \leq 1 \quad \forall r \in R \quad (7)$$

이러한 WRL과 SO-WRL을 이용한 Network model이 그림 1과 그림 2에 있고 그에 대한 각각의 결과를 표 1과 표 2에 나타냈다. 표 1과 표 2에 나타난 것처럼 WRL를 이용하여 풀었을 경우 최적의 total-mileage가 나오게 되는데 cpu time이 길게 나타났다. 그에 반면 SO-WRL를 이용하게 되면 비록 total-mileage가 WRL total-mileage보다 약 10-15% 및 1-2%정도 증가를 하였으나 cpu time은 상당히 줄어들었음을 알 수가 있다.



<그림 1>



<그림 2>

#	total mileage	wor-λ mileage	pro-λ mileage	ring-set	path-set	method	cpu time
1	15880	7940	7940	all	all	WRL	100.65s
2	15880	7940	7940	all	all	SO-WRL	16.821s
3	15880	7940	7940	all	MRDP	SO-WRL	7.3935s
4	17850	7620	10230	all	SP	SO-WRL	2.815s
5	16080	8040	8040	SR	all	SO-WRL	5.573s
6	16080	8040	8040	SR	MRDP	SO-WRL	2.975s
7	17880	7620	10260	SR	SP	SO-WRL	1.5s

<표 1 >

#	total mileage	wor-λ mileage	pro-λ mileage	ring-set	path-set	method	cpu time
1	21360	10120	11240	all	all	WRL	3.828s
2	21840	9800	12040	all	SP	WRL	3.38s
3	21360	10120	11240	SR	all	SO-WRL	0.15s
4	21360	10120	11240	SR	MRDP	SO-WRL	0.058s
5	21840	9800	12040	SR	SP	SO-WRL	0.025s

<표 2 >

참고문헌

1. C.A.Brackett, "Dense wavelength division network: principles and applications," IEEE journal on Selected Areas in Communications, Vol. 8, Aug. 1989.
2. A.Fumagalli, I.Cerutti, M.Tacca, F.Masetti, R.Jagannathan, and S.Alagar, "Survivable networks based on optimal routing and WDM self-healing ring," in Proceeding of INFOCOM '99, 1999.

