

# 단일 홉 WDM 네트워크에서 링크 정보를 이용한 파장 할당 알고리즘

유승연 김성천  
서강대학교 공과대학 컴퓨터학과  
{asura, ksc}@arqlab1.sogang.ac.kr

## Wavelength Assignment Algorithm Using Linkage Information of Single-hop WDM Network

Seung-Yeon You Sung-Chun Kim  
Department of Computer Science, Sogang University

### 요 약

WDM 네트워크에서는 파장이 어떻게 할당되는지에 따라 다양한 논리적 토폴로지가 형성되기 때문에 파장 할당이 매우 중요한 문제이다. 기존의 파장 할당 알고리즘은 무한한 수의 ADM을 가정하거나 시간 복잡도를 고려하지 않았다. 제안되었던 알고리즘 중 가장 성능이 좋은 RCL 알고리즘의 경우, 불필요한 블로킹을 발생시킨다는 문제점이 있다. 본 논문에서는 동적인 트래픽 요청에 대해 기존 기법보다 시간 복잡도를 줄이면서 I/O 블로킹과 파장 블로킹을 모두 최소화할 수 있는 파장 할당 알고리즘을 제안한다.

### 1. 서론

WDM(Wavelength Division Multiplexing) 네트워크에서 각 연결(connection)에 대해 파장을 라우팅하고 할당함으로써 광경로(lightpath)를 설정하는 것을 RWA(Routing and Wavelength Assignment) 문제라고 한다[1]. 이는 라우팅과 파장 할당의 두 가지 문제로 구분되며, 다시 파장 할당은 트래픽이 정적인지 동적인지에 따라 정적인 파장 할당과 동적인 파장 할당 문제로 구분된다. 정적인 파장 할당의 목표가 사용 가능한 파장의 수를 최소화하는 것인데 반하여 동적인 파장 할당의 목표는 제한된 수의 파장만으로 블로킹을 최소화하는 것이다. 이에 대한 연구로는 임의 할당(Random), 최초 적합(First-Fit), 최소 사용(Least-Used), 최대 사용(Most-Used), 최소 부하(Least-Loaded) 방법 등이 있다. 현재까지 제안되었던 기법 중에 가장 블로킹을 최소화하는 것은 Relative Capacity Loss(RCL) 알고리즘이다[2,3]. 하지만 이 기법은 무한한 수의 ADM(Add/Drop Multiplexer)을 가정함으로써 I/O 블로킹을 배제시켰으며,  $O(W \cdot N^3)$ 의 시간 복잡도를 갖게 되어 동적인 파장 할당 알고리즘으로 부적합하다.  $W$ 는 파장의 수를,  $N$ 은 노드의 수를 의미한다. 본 논문에서는 동적인 네트워크 환경에서 효율적인 파장 할당 알고리즘을 제안한다. 이는  $O(W \cdot N^2)$ 의 시간 복잡도로 I/O 블로킹과 파장 블로킹 모두를 최소화할 수 있는 기법이다.

### 2. 기존 기법과 문제 제기

RCL 알고리즘의 기본 아이디어는 다음과 같다. 새로운 요청에 어떤 파장을 할당했을 때, 이로 인하여 잠재적으로 영향을 받게 되는 패스들을 고려하여 가장 블로킹을 최소로 야기시키는 파장을 선택한다. RCL 알고리즘의 시간 복잡도는  $O(W \cdot N^3)$ 인데, 이 중  $O(N^2)$ 의 계산 비용은 잠재 패스를 고려하기 때문이다[3]. 동적인 파장 할당 알고리즘에서 시간 복잡도는 블로킹 발생 확률과 더불어 매우 중요한 문제이다. 블로킹은 크게 I/O 블로킹과 링크 블로킹 또는 파장 블로킹으로 구분된다[4,5]. 기존 기법에서는 무한한 수의 ADM을 가정하여 I/O 블로킹을 고려하지 않았다. 네트워크에서 사용 가능한 파장의 수에 제한이 있듯이, 사용 가능한 ADM 혹은 그 내부의 송수신기 수에도 제한이 있으며 부족할 시에는 I/O 블로킹이 발생된다. 그러므로 제한된 송수신기로 블로킹을 최소화하며, 최소의 송수신기 사용이 가능하도록 해야 한다.

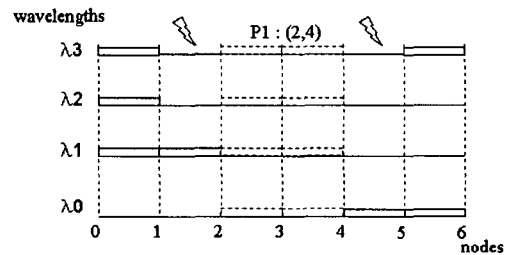


그림 1. 파장의 불연속성



다음 시뮬레이션은 네트워크의 크기를 의미하는 변수인 노드 수를 증가시키면서 그에 따른 수행 시간을 측정하는 것이다. 그림4는 그 결과를 보여주고 있다. 노드의 수가 증가함에 따라 수행 시간의 차이가 현저하게 크다는 것을 확인할 수 있었다.

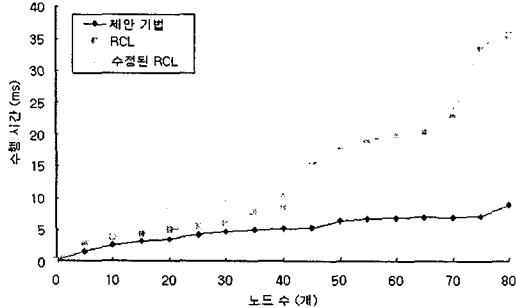


그림 4. 노드 수 증가에 따른 수행 시간

시뮬레이션 과정에서 임의의 시점에 각 노드의 ADM 이용률을 측정하는 것이 그림5이다. RCL 알고리즘 수행시, ADM 이용률이 최대 50%를 넘지 않음을 알 수 있다. 반면, 제안 알고리즘과 수정된 RCL 알고리즘의 경우는 100% 이용한다. 하지만 제안 알고리즘은 되도록 연속적으로 파장을 할당하고, 연속적으로 잔여 링크를 유지하기 때문에 수정된 RCL 알고리즘보다 약 10% 정도 ADM을 더 잘 활용한다.

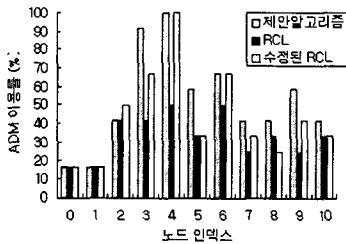


그림 5. 노드별 ADM 이용률

### 5. 결론

동적인 파장 할당 알고리즘의 관건은 블로킹 발생률을 최소화하는 것이다. 현재까지 제안된 파장 할당 알고리즘 중에는 RCL 알고리즘이 가장 좋은 성능을 보인다. 이는 잠재적으로 영향을 받을 수 있는 패스들을 고려하는 방법으로서, 시간 복잡도를 고려하지 않았다. 그리고 I/O 용량, 즉 송수신기의 개수에 의한 블로킹을 가정으로부터 배제시켰다. 가장 큰 문제점은 불연속적인 파장을 생성함으로써 불필요한 파장 블로킹을 발생시켰다는 점이다. 본 논문에서는 기존 알고리즘에 비해 계산 비용을 감소시키면서 I/O 블로킹과 파장 블로킹을 모두 고려할 수 있는 파장 할당 알고리즘을 제안하였다. 요청 트래픽에 파장을 할당한 이후, 해당 파장이 연속적으로 할당될 수 있는 링크의 수를 최대화하는 것이다. 다시 말해서, 네트워크에서 파장의 불연속성

을 최소화하려는 것이다. 그 결과, 트래픽 분포 정도에 따라 기존 RCL 알고리즘보다는 약 35%, 수정된 RCL 알고리즘보다는 약 22% 블로킹이 감소하였다. 트래픽 길이편차에 대해서는 기존 RCL 알고리즘과 수정된 RCL 알고리즘과 비교했을 때, 제안 알고리즘이 각각 20%, 10%의 성능 향상을 보였다. 수행 시간의 측면에서는 약 3배 이상의 시간이 절감하였으며 ADM 이용률 역시 최대 100%까지 높아졌다. 이는 잠재적으로 I/O 용량으로 인한 블로킹을 감소시키는 효과를 가져온다.

### 6. 참고문헌

[1] Ahmed Mokhtar and Murat Azizoglu, "Adaptive Wavelength Routing in All-Optical Networks", IEEE/ACM Transactions on Networking (TON), October 1999, Volume 7, Issue 5, pp. 779-786

[2] Shizhong Xu, Lemin Li, Sheng Wang and Chibiao Chen, "Wavelength Assignment for Dynamic Traffic in WDM Networks", Networks, 2000. (ICON 2000). Proceedings. IEEE International Conference on, 2000 pp. 375-379

[3] Xijun Zhang and Chunming Qiao, "Wavelength Assignment for Dynamic Traffic in Multi-fiber WDM Networks", International Conference on Comp Comm and Networks (IC3N), October 1998, pp. 479-485

[4] Liwu Liu, Xiangyang Li, Peng-Jun Wan and Ophir Frieder, "Wavelength Assignment in WDM Rings to Minimize SONET ADMs", IEEE INFOCOM 2000, Volume. 2, pp. 1020-1025

[5] Ramesh Kandula and Galen Sasaki, "Grooming of Dynamic Tributary in WDM Rings with Rearrangements", 39<sup>th</sup> Allerton Conference, Monticello IL, October, 2001. <http://www-ee.eng.hawaii.edu/~sasaki/Papers/allerton01.pdf>