

전광 패킷 교환기의 성능 해석을 위한 통합적 모델

An Integrated Model for the Performance Analysis of All-Optical Multi-Hop Packet Switches

정 한 유, 이 충 근, 서 승 우
서울대학교 전기공학부 컴퓨터 통신 및 교환 연구실
bururu2@snu.ac.kr

전광 네트워크(All-optical Network)에서 중요한 기능을 담당하는 전광 교환기는 전광 교환 소자(All-optical Switching Element)로 이루어져 있는데, 각 교환 소자들은 스위칭 모듈(SM), 라우팅 제어 처리기(RCP), 헤더 처리 모듈(HPM), 그리고 입/출력 인터페이스 모듈(IIM, OIM)로 이루어져 있다. 스위칭 시스템 내에 도착하는 패킷은 원하는 스위치의 출력단에 도착하기 전에 많은 교환 소자(SE)들을 지나가게 되는데, 이 때 수많은 패킷들이 서로 충돌하게 되며, 이 과정에서 패킷이 손실된다.

이 논문에서는 전광 패킷 교환기의 전체적인 성능을 패킷손실을 관점에서 다룬다. 전광 교환기의 패킷 손실은 일반적으로 불충분한 하드웨어 성능이나 광신호의 손상에 의해 일어나므로, 이 두 가지 영향을 모두 고려하여 물리적 제약 조건에서 오는 신호의 손상과 시스템 파라미터 사이의 상호작용을 반영한 새로운 해석을 제시하고자 한다.

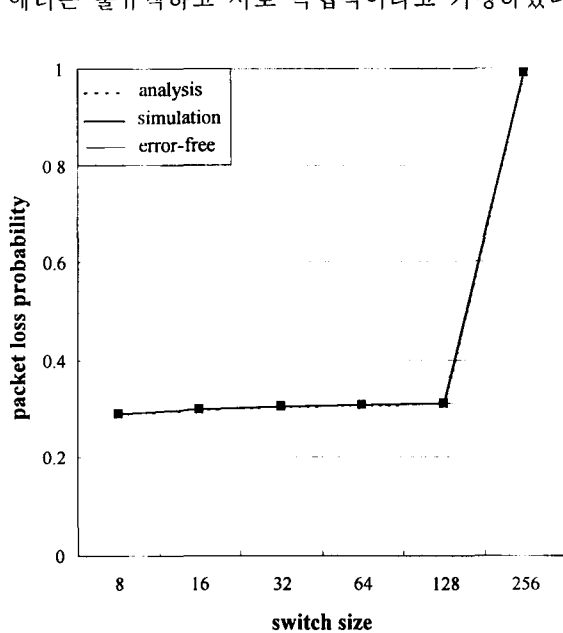
광신호의 손상은 광 패킷이 스위칭 네트워크를 지나가는 과정에서 통과하는 각각의 광소자(optical component)에서의 물리적 한계 때문에 일어나게 된다. 이 손상은 반도체 광증폭기(SOA)에서 발생하여 여러개의 증폭기를 지나가는 동안 축적되어 광수신기에서의 SNR을 떨어뜨리는 ASE(Amplified Spontaneous Emission) 잡음, 다른 패킷으로부터의 신호 누출에 의해 일어나는 간섭현상인 crosstalk, 그리고 패킷이 지나가는 전광 교환 소자들의 경로 길이의 차이로 인해 발생하는 timing jitter 등에 의한 비트에러율(BER)로 측정할 수 있다.

광교환기는 이러한 광소자들의 규칙적인 배열을 이용하여 주로 구성하게 되는데 시스템적인 측면에서 적은 하드웨어로 패킷 손실률을 최소화하기 위해 여러 가지 구조들이 제안되어 있다. 본 논문에서는 패킷 교환 시스템 중 fully-interconnection 구조를 사용한 Crossbar와 extension 구조를 사용한 Open-Loop Shuffleout에 대해 살펴본다.

Crossbar는 N^2 개 교환 소자들의 정사각형 배열로 이루어져 있으며, N 쌍의 입/출력 포트가 동시에 연결될 수 있도록 하여 들어오는 신호들이 서로 충돌하지 않도록 한다. 특히 만약 하나 이상의 패킷이 같은 출력으로 나가야 한다면 한 개의 패킷만이 출력으로 연결되고, 나머지는 버리는 방식(dropping)을 취한다. $N \times N$ Open-Loop Shuffleout은 K 단까지 연결된 교환 소자들로 이루어지며, 들어오는 패킷은 출력단까지 가장 빠른 길을 찾아서 연결된다. 만약 패킷들이 서로 충돌하게 되면, 두 패킷 중 하나는 성공적으로 연결되지만 다른 하나는 비껴나가게 하는 방법(deflecting)을 사용하는데, 이를 통해 dropping 보다 패킷 손실률을 줄일 수 있다². (전광 교환기에서 패킷 손실률을 줄이기 위해 buffering을 사용하지 않는 이유는 전광 교환 버퍼의 가격이 비싸기 때문이다.) 이 두 가지 구조에 대해 작업처리량(throughput)과 동시에 K 개의 패킷이 들어오게 될 확률을 각각 구하고, 이를 통해 교환기 내부에서의

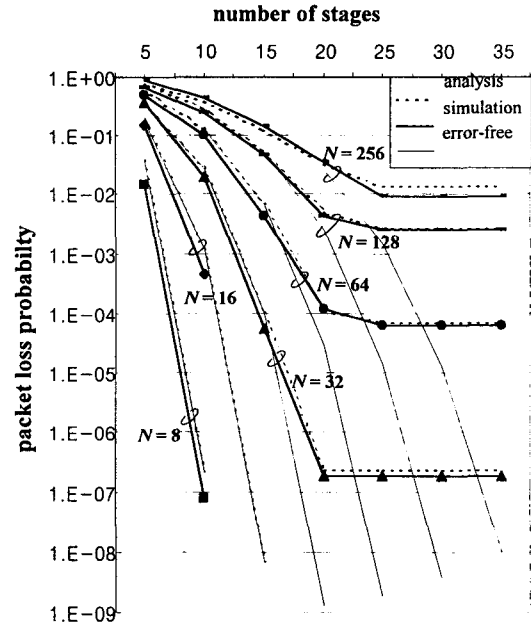
평균 BER과 그에 따른 패킷 손실률을 구하여 성능분석모델을 계산한다

본 논문에서는 시뮬레이션 결과를 통해 신호 손상에 관한 해석 모델의 정확성을 검증해 보았다. 비트 에러는 불규칙하고 서로 독립적이라고 가정하였다.



[그림 1. Crossbar에서의 패킷 손실 확률]

$$C_r = 30dB, \sigma = 1.0ps, \rho = 0.8$$



[그림 2. Open-Loop Shuffleout에서의 패킷 손실 확률]

$$C_r = 20dB, \sigma = 2.0ps, \rho = 0.8$$

그림 1과 2에서는 전광 패킷 교환기 상에서 신호에 물리적 에러가 있는 경우와 에러가 없는 경우에 대해 패킷손실률을 비교하였다. 본 시뮬레이션에서 패킷의 크기 L은 ATM의 경우와 같은 53 bytes로 가정하였다.

그림 1은 Crossbar에서의 패킷손실률을 도시한 것이다. 스위치의 크기가 128보다 작은 구간에서는 스위치 크기의 증가에 따른 패킷손실률의 증가가 미미하지만 그 크기가 128보다 크게 되면 물리적 제약 조건으로 인해 패킷손실률이 심각하게 증가하게 된다. 이를 통하여 물리적 제약 조건에 의한 입력 신호의 에러 유무가 패킷손실률에 중요한 영향을 미침을 알 수 있다.

그림 2는 Open-Loop shuffleout의 경우를 도시한 것이다. 처음에는 스위치 단 수가 증가할수록 패킷 손실률이 감소하다가 일정 단계 이상이 되면 더 이상 향상되지 않고 일정한 값으로 수렴하게 된다. 또한 스위치 크기 N이 증가하면 그 수렴하는 값이 커지는 것을 볼 수 있다. 이는 입력 신호에 에러가 없는 경우와는 큰 차이를 보이는 것이다. 따라서 물리적 제약 조건에 의한 입력 신호의 에러 유무가 이 시스템의 성능해석에 매우 중요한 역할을 한다는 것을 알 수 있다.

참고문헌

1. D. j. Blumenthal, P. R. Prucnal, and J. R. Sauer, "Photonic Packet Switches: Architectures and Experimental Implementations," Proc. IEEE, vol. 82, pp 1650-1667, (1994).
2. S. Bassi, M. Decina, P. Giacomazzi, and A. Pattavina, "Multistage Shuffle Networks with Shortest Path and Deflection Routing for High Performance ATM Switching: The Open-Loop ShuffleOut," IEEE Trans. Commun, vol. 42, pp 2881-2889, (1994).