

OBS 네트워크에서 QoS를 보장을 위한 BECN 방식의 우회 라우팅

최영복, 노석조

동명정보대학교 정보통신공학과

E-mail : ybchoi@tit.ac.kr

A BECN Typed Deflection Routing for QoS Guaranteed Optical Burst Switching

Young-Bok Choi and Seok-Jo Roh

Dept. of Information and Communication Eng.
Tongmyong University Of Information Technology
E-mail : ybchoi@tit.ac.kr

Abstract

In recent years, WDM networks have received much attention as the Internet backbone networks because of the explosive growth of the Internet IP-based traffic. The Optical Burst Switching (OBS) has been proposed as an effective optical switching technology in the WDM networks. OBS has the advantages in 1) the high usage rate of the bandwidth, and 2) no necessity of optical buffer. However OBS has the burst-contention problem in the networks. The deflection routing is proposed as one of means to solve this problem. In this paper, we propose a new routing method of using deflection routing. In addition, we propose a QoS/CoS control method using a new routing algorithm. Finally, we show the variety of the proposed methods by computer simulations

I. 서론

최근 IP 기반의 인터넷 트래픽의 폭발적인 증가로 인해 네트워크 간에 통신 용량 부족이 심각한 문제로 대두되고 있다. 이를 해결하기 위해 높은 속도와 높은 성능을 가진 백본 네트워크를 필요로 한다.

광 패킷 교환에서 페이로드(data)는 경로설정 없이 헤더와 같이 전송된다. 광 패킷 교환은 패킷 교환을 위한 광 영역에서 광-전-광 변환이 필요 없으므로 높은 성능을 보장한다. 그러나 광 패킷 교환 방식은 다음과 같은

단점이 있다. 첫째, 경로설정을 위해 헤더를 처리하는 동안 패킷 지연이 일어난다. 둘째, 광 패킷 교환은 높은 오버헤드 제어를 요구한다. 셋째, 하드웨어가 매우 정교하고 가격이 비싸다.

OBS(Optical Burst Switching)는 제어 패킷을 발신지 노드에서 목적지 노드까지 보내고, 제어 패킷의 ACK 응답을 기다리지 않고 'offset time'이라는 지정된 시간 이후에 데이터 버스트를 전송한다. OBS는 다른 두 가지 교환 기술보다 장점을 가지는 효율적인 광 교환 기술이다. 게다가 OBS는 단순한 제어로써 높은 성능을 얻을 수 있다. 하지만, OBS는 버스트 경쟁이라는 문제를 가진다.

본 논문에서는 OBS에서 문제점인 버스트 경쟁 문제를 해결하기 위해 BECN(Backward Explicit Congestion Notification) 기반의 새로운 우회 라우팅 알고리즘을 제안한다. 제안 방법은, 노드가 링크 혼잡을 감지했을 때, 선행한 노드에 혼잡 정보를 전송한다. 따라서, 링크의 정보를 통해 데이터 버스트는 혼잡한 링크를 회피할 수 있다. 제안된 방법은 시뮬레이션으로 평가하고, 제시한 방법의 다양성을 보이는 세가지 성능 측정을 소개한다. 그리고 제안 방법이 버스트 블로킹률과 손실률이 두드러지게 방지된다는 것을 증명한다.

II. BECN/CRN 방식의 우회 라우팅

OBS의 문제점인 버스트 경쟁을 개선하기 위한 새로운 라우팅 아키텍처를 제안한다. 또한, 제안된 라우팅 알고리즘에 적합한 QoS/CoS(Quality of Service/Class of Service)를 제공하기 위한 효과적인 제어 방식을 제안한다. 이전 장에서 중간 노드에서 경쟁이 발생할 때 해결할 수

※ 본 연구는 한국과학재단의 지역 대학 우수 과학자 지원 사업의 지원으로 수행되었음.

있는 세가지 해결방법에 대해 설명하였다. 본 논문은 그 중 하나인 우회 라우팅을 사용한다. 우회 라우팅의 문제점은 트래픽 증가에 따라 대체 경로가 줄어드는 것이다. 이번 장에서는, 이 문제를 해결하기 위해 BECN/CRN 방식의 우회 라우팅을 제안한다.

2.1 BECN(Backward Explicit Congestion Notification)

네트워크에서 경로 혼잡이 감지되면, 앞선 노드에 BECN을 전송한다. 이로 인해서, 송신자는 네트워크의 혼잡을 알 수가 있다. 송신측에서 BECN을 수신하면 적당한 흐름제어를 필요하게 된다.

2.2 BECN/CRN 유형의 우회 라우팅

우회 경로 라우팅의 문제점은 트래픽 증가에 따라 대체 경로가 줄어드는 것이다. 더욱이, 중간 노드에 제어 패킷이 도착하기 전에 대체 경로를 확인 할 수 없다. BECN을 우회 경로 라우팅에 적용하여, 네트워크 상태를 짐작하여 알 필요가 있다.

경로 혼잡이 감지되면, 혼잡 노드는 이웃 노드에게 BECN을 전송한다. 그러면, 일부 데이터 버스트는 혼잡 정보를 가진 선행 노드로부터 우회 라우팅 알고리즘에 의해 대체 경로로 전송된다. 따라서, 버스트 충돌을 미리 회피함으로써 버스트 블로킹률을 감소시킬 수가 있다.

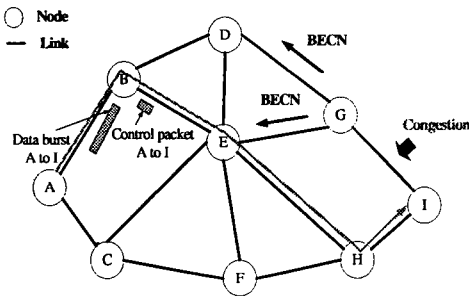


그림 1. BECN방식의 우회 라우팅

예를 들어 그림 1의 네트워크를 고려해 보자. 노드 G와 노드 I 사이가 혼잡 구간 이며, 데이터 버스트는 ABEGI 경로를 통해 노드 A에서 I로 전송한다고 가정한다. 혼잡의 이유로 노드 G는 BECN을 노드 D와 노드 E에 보낸다. 각 노드(노드 D와 E)는 노드 G와 I 사이에서 발생한 혼잡 정보를 가진다. 데이터 버스트(노드 A에서 I)의 제어 패킷이 노드 E에 도착하면, 노드 E는 혼잡 정보를 참조하여 제어 패킷을 다음 노드로 전송할 것을 결정한다. 따라서, 데이터 버스트(노드 A에서 I)는 혼잡 링크를 회피하고 노드 I로 전송한다.

2.3 BECN/CRN 신호 프로토콜

링크의 이용 수준을 링크 k라고 하자. 링크 k에서의 사용 가능한 모든과장수의 합에 대한 사용중인 과장수의 비율을 U_k 사용률이라고 정의 할 수 있다. 링크 k는 N개의 상태를 가지며, 한 개의 정상 상태와 U_k 사용률에 따른 N-1개의 혼잡 상태를 가지고, 각 링크는 N-1개의 다른 임계값인 $D_i (i = 1, 2, \dots, N-1 \text{ 이고 } 0 < D_j < D_{j+1} < 1)$ 를 가진다. 그림 2는 링크 상태를 보여준다. 노드는 출력 링크 k의 U_k 사용률을 감시 한다. 노드가 U_k 사용률이 D_1 를 넘음을 감지하면, 노드는 선행하는 각 노드에 BECN을 보낸다. 언제든지 U_k 가 D_i 를 넘으면, 노드는 그 상태 정보인 BECN를 전송한다. 또한, 링크의 동작 상태를 아래와 같이 나타낸다.

- 1) $0 \leq U_k \leq D_1$ 이면, 링크 상태는 정상.
- 2) $D_i < U_k < D_{i+1}$ 이면, 링크는 i-혼잡 상태.
- 3) $D_{N-1} < U_k \leq 1$ 이면, 링크는 거의 치명적인 혼잡 상태.

또한, CRN(Congestion Restoration Notication)을 도입한다. CRN은 i-혼잡 상태를 (i-1)-혼잡 상태로 회복하기 위해 사용된다. 노드가 U_k 감소와 임계값 D_i 를 넘음을 감지하면, 노드는 선행한 노드에게 CRN 전송하고, 링크 k의 혼잡 상태 회복 정보를 알린다.

각 노드는 혼잡 상태에 의해 라우팅 처리되어 결정되며, 각 노드는 링크 상태 테이블을 가진다. 노드가 BECN이나 CRN을 수신하면, 링크 상태 테이블은 갱신된다. 제어 패킷은 중간 노드의 링크 상태 테이블을 참조하여 데이터 버스트의 출력 링크를 결정한다.

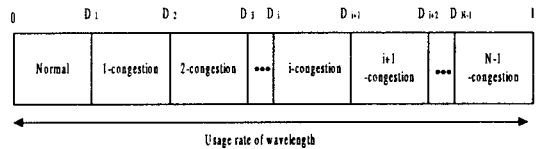


그림 2. 링크 상태

2.4 QoS/CoS 제어 방법

이번 장에서는 제안된 BECN/CRN 방법을 사용하여 QoS/CoS 제어 방법을 제안한다. 이 방법은, 트래픽을 N개의 등급으로 나누고 각 각에 대해 우선순위를 할당하는 것이다. 여기에서는 N=3인 경우로 가정한다. 트래픽을 3개의 등급-class0, class1, class2로 나누며, class0은 최고 높은 우선순위를 가진다. 각 중간 노드에서의 라우

팅 절차는 링크의 사용률에 의해 결정된다. 사용률에 대한 두 임계값인 D1과 D2 (예로, D1 : 60%, D2 : 80%)를 정의한다.

예로 주어진 그림 1을 이용하여 동작을 설명한다. 링크 k(링크 G와 I 사이)의 링크 상태를 정상 상태라고 가정한다. 링크 k가 정상 상태일 때에는, A에서 I로 가는 모든 class의 트래픽은 최단 경로로 전송된다. 링크 k의 링크 상태가 D1을 넘으면 이웃 노드(D, E)로 첫 번째 BECN을 전송한다. BECN을 수신한 노드 E는 링크 상태를 정상 상태인 링크 k에서 1-혼잡 상태로 갱신한다. 이때, class2 트래픽만이 우회 경로 라우팅 알고리즘에 의해 우회하게 된다. class0과 class1은 이전 경로를 그대로 유지한다. 또한, 링크 k의 링크 사용률이 D2를 넘으면 이웃 노드로 두 번째 BECN을 전송한다. 유사한 방식으로, 링크 k의 상태는 1-혼잡 상태에서 2-혼잡 상태로 갱신된다. 링크 상태가 2-혼잡 상태가 되면, class1 트래픽은 노드 E에서 class2 트래픽과 함께 경로가 우회된다. 오직 최고 우선순위를 가진 class0만이 동일한 경로를 유지한다. 후에 사용률이 D2 혹은 D1 보다 낮아지면 라우팅 절차는 회복된다.

그러므로, class0은 항상 가장 짧은 경로에 의해 목적지까지의 경로가 설정된다. class0 트래픽은 높은 QoS를 보장할 수 있다. 또한, 트래픽은 미리 사용률에 의해 혼잡을 회피하므로 트래픽 혼잡과 블로킹 확률은 감소된다. 네트워크로 들어온 트래픽의 부하는 공평하게 분배될 수가 있다.

III. 성능 평가

3.1 시뮬레이션 모델

이 장에서는, 제안된 알고리즘의 성능을 평가하기 위한 두 가지 방법의 컴퓨터 시뮬레이션 수행한다. 시뮬레이션을 위해 다음 가정한다. 먼저, 시뮬레이션의 공통 파라미터는 다음과 같다.

- 1) 네트워크 모델 : 4x4 격자 네트워크 구조
- 2) 노드의 수 : 16
- 3) 링크당 파장의 수 : 32
- 4) 데이터 버스트의 생성은 각 노드 마다 균등하게 분배된다.
- 5) 버스트 길이는 20kbyte 에서 50kbyte까지 균등하게 분배된다.
- 6) 노드의 대역폭 : 10Gbps

시뮬레이션에서, 비 제어 방법과 기존 방법을 제안한 방법과 비교한다. 비 제어 방법은 버스트 경쟁 발생시, 어떠한 우회 경로 라우팅을 이용하지 않는다. 기존 방

법은 기존의 우회 경로 라우팅을 이용한다. 성능을 위해, 다음 세가지를 측정한다.

- 1) 버스트 블로킹률 : 경로에서 어떠한 노드에서 데이터 버스트가 버스트 충돌 될 확률로 정의한다.
- 2) 버스트 손실률 : 사용하지 않는 경로와 사용은 가능하지만 파장 부족 때문에 데이터 버스트가 버스트 충돌에 의해 폐기될 확률로 정의
- 3) 평균 홉의 수 : 데이터 버스트가 목적지로 가는 동안의 홉의 개수로 정의한다.

3.2 QoS/CoS 방법의 특징

제안된 QoS/CoS 제어 방법의 컴퓨터 시뮬레이션을 위한 시스템 파라미터는 다음과 같다

- 1) 트래픽의 class 수는 3개이다. 각 class는 class0, class1, class2 우선순위를 가지며, class0이 가장 높은 우선 순위를 가진다.
- 2) 링크 상태를 정상 상태, 1-혼잡 상태, 2-혼잡 상태로 나눈다.
- 3) 링크는 두 개의 임계값 D_n 를 가진다. : $D_1 = 0.6, D_2 = 0.8$

그림 3, 4, 5는 QoS/CoS 제어 방법이 효과적임을 보여준다. 여기서는 BECN/CRN 프로토콜을 사용은 하지만 우선순위 메커니즘은 사용하지 않는 비 제어 BECN/CRN을 추가하여 비교하고, 비 우선 순위 BECN/CRN 방법의 임계값은 0.6이다. 그림 3은 입력부하에 따른 버스트 블로킹률의 특징을 보여준다. class0의 트래픽은 가장 좋은 성능을 보이고, class1 트래픽과 비 우선 순위 BECN/CRN 방법의 성능은 거의 동일하다는 것을 알 수 있다. class0 트래픽은 유효한 파장 수의 경로 선택 우선을 가지며, class0 트래픽의 버스트 블로킹률은 다른 것보다 낮다. 또한, class1은 BECN에 의해 혼잡 링크 정보를 알 수 있기 때문에 class1은 기존 방법보다 성능이 좋다. class2 트래픽은 우선 순위가 가장 낮기 때문에, class2는 자주 경로를 변경한다. 따라서, class2 트래픽의 성능은 기존 방법보다 성능이 낮다.

그림 4는 입력 부하에 따른 버스트 손실률을 보여준다. 그림 3에서 보았듯이 class0의 성능이 가장 좋고, class1 트래픽은 비 우선 순위 BECN/CRN 방법과 거의 유사하다. class0 트래픽은 가장 높은 우선 순위를 가지기 때문에, 다른 class 트래픽과 충돌이 발생하더라도 삭제되지 않는다. class1 트래픽은 혼잡 링크를 회피하고, 기존 방법보다 충돌이 낮다. 그러나 class2 트래픽은 가장 낮은 우선 순위를 가지기에 다른 class 트래픽과의 빈번한 충돌로 손실된다. 따라서 class2 트래픽의 버스

트 손실률은 특정 방법에 비해 좋지 않다.

그림 5은 입력 부하에 따른 평균 홉 수의 특징을 보여준다. class0의 성능이 가장 좋다. class0 트래픽은 가장 짧은 경로를 선택하기 때문에 평균 홉 수가 가장 낮다. 입력 부하가 상승하면, class1 트래픽은 평균 홉 수는 기존 방법과 비 우선 순위 BECN/CRN에 비해 적다. class1 트래픽은 BECN에 의해 미리 더 좋은 경로를 선택하기 때문에 class1의 성능은 기존 방법 보다 좋다. 더욱이, class1 트래픽의 임계값이 0.8이기 때문에 class1 트래픽은 원활하게 최단 경로를 지나간다. 따라서 class1 트래픽의 평균 홉 수는 비 우선 순위 BECN/CRN 방법보다 적다. 그러나 class2 트래픽은 선택 경로를 사용하므로 평균 홉 수가 매우 증가한다.

IV. 결론

본 논문에서는 WDM 네트워크에서의 버스트 경쟁과 OBS에 대해 논하였다. OBS에서의 새로운 라우팅 아키텍처와 QoS/CoS 제어 방법을 제안하였다. 제안된 알고리즘을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 평가하였다. 시뮬레이션 결과는 제안된 알고리즘이 성능이 향상됨을 보여준다. 그리고, 시뮬레이션의 결과에서 QoS/CoS 제어 방법은 높은 우선 순위를 가지는 트래픽의 QoS를 보장함으로써 달성되었다. OBS에서 BECN/CRN 유형의 우회 라우팅이 가장 적절함을 증명하였다.

참고 문헌

- [1] C.Qiao and M.Yoo, « Optical Burst Switching(OBS) – A New Paradigm for an Optical Internet, » Journal of High Speed Networks, vol.8, no1, 1999, pp.69 -84.
- [2] J.Turner, « Terabit Burst Switching, » Journal of High Speed Networks, vol.8, no1, 1999, pp.3 -16.
- [3] J.Y.Wei and R.I Mcfarland Jr, « Just-In-Time Signaling for WDM Optical Burst-Switching Networks, » Journal of lightwave Technology, vol.18, no.12, Dec 2000
- [4] Y.J.Xiong, M.Vandenhoute and H.C.Cankaya, « Control Architecture in Optical Burst-Switched WDM Networks, » IEEE Journal on Selected Areas in commun. Vol.18, no.10, Oct.2000, pp.1838-1581.
- [5] Ilia Baldine, « JumpStart: A Just-in-Time Signaling Architecture for WDM Burst-Switched Networks, » IEEE Communication Magazine, vol.40, no.2, February 2003, pp.82-89.

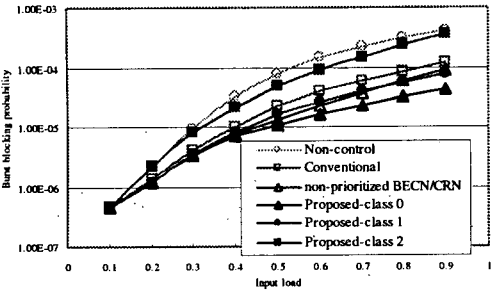


그림 3. 버스트 블로킹률

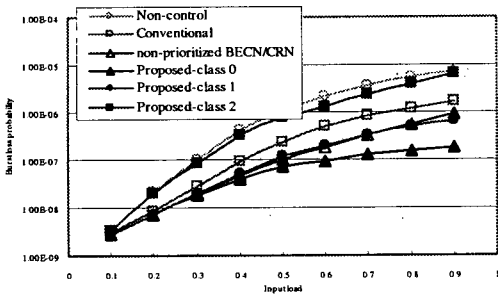


그림 4. 버스트 손실률

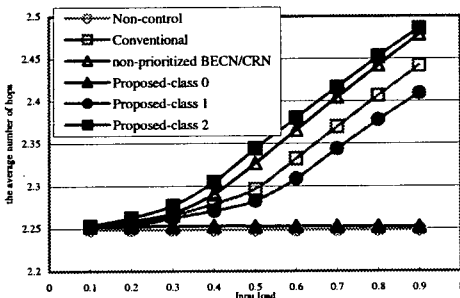


그림 5. 평균 홉 수