

# OBS 망의 에너지 소비 감소를 위한 통제 기반 동적 버스트 어셈블 알고리즘

강동기\*, 김영천\*\*, 윤찬현\*

\*한국과학기술원 전기및전자공학과

\*\*전북대학교 컴퓨터공학과

e-mail:dkkang@kaist.ac.kr, yckim@jbnu.ac.kr, chyoun@kaist.ac.kr

## Constraint based Dynamic Burst Assemble algorithm to Reduce Energy Consumed in OBS network

Dong-Ki Kang\*, Young-Chon Kim\*\*, Chan-Hyun Youn\*

\*Dept of Electrical Engineering, KAIST

\*\*Dept of Computer Engineering, Chonbuk National University

### 요 약

본 논문에서는 OBS 망의 에지 라우터에서 소비되는 에너지를 절감하기 위한 통제 기반 동적 버스트 어셈블 알고리즘 (Constraint based Dynamic Burst Assemble algorithm : CDBA) 을 제안한다. 기존의 버스트 어셈블 알고리즘은 망의 성능 및 QoS (Quality of Service) 만을 고려한 고정된 버스트 어셈블 임계값을 사용하였으나 제시한 알고리즘은 에지 라우터에서 발생하는 에너지 소비율을 감소시키면서도 버스트 길이 및 패킷 지연과 같은 지표를 일정 수준이내로 유지함으로써 망의 성능을 보장한다. 제시한 알고리즘 평가를 위해 OPNET Modeler 를 사용하여 시뮬레이션을 수행하였으며, 에너지 절감을 및 패킷 지연 시간 관점에서 기존의 버스트 어셈블 알고리즘과 성능을 비교, 분석하였다.

### 1. 서론

2000 년 초 이후 인터넷 유저수의 증가와 더불어 다양한 멀티미디어 데이터 전송 수요를 만족시키기 위해 네트워크 장치의 성능을 개선시킴에 따라 이에 따른 전력 소비량도 크게 증가하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 2010년 8 월 IEEE 802.3az 에서는 저 전력 대기 (Low Power Idle : LPI) 를 사용하는 EEE (Energy Efficient Ethernet) 를 채택하였다. 그러나 저 전력 대기는 이더넷 뿐 아니라 다양한 망에 적용하여 에너지 절감을 달성할 수 있다.

본 논문에서는 에너지 효율적인 OBS 망의 에지 라우터를 위한 저 전력 대기 방식을 연구한다. 이를 위해 망 성능에만 초점을 맞춘 기존의 버스트 어셈블 알고리즘이 아닌 에너지 절감을 고려한 통제 기반 동적 버스트 어셈블 알고리즘 (CDBA) 을 제시한다. 제시한 알고리즘은 에지 라우터에서 발생하는 에너지 소비량을 최소화시키면서도 버스트 길이 및 패킷 지연과 같은 망 성능 지표를 적정한 수준 이내로 보장할 수 있다.

제시한 CDBA 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 OPNET Modeler 를 이용하여 LPI 가 적용된 간단한 에지 라우터 모델을 설계하였다. 설계된 모델을 기반으로 에너지 절감을 및 평균 패킷 지연 시간 관점에서 기존의 시간 및 길이 버스트 어셈블 알고리즘과 CDBA 알고리즘의 성능을 비교, 분석 하였다. 시뮬레이션 결과를 통해 CBA 알고리즘이 기존의 버스트 어셈블 알고리즘과 비교하여

적절한 망 성능을 유지하면서도 에너지 소비율을 최소화하는 것을 보인다.

### 2. 통제 기반 동적 버스트 어셈블 알고리즘

네트워크 장치의 에너지 절감을 위하여 저 전력 대기 방식을 적용할 수 있으며 그림 1 에서 저 전력 대기의 각 구간을 보인다.

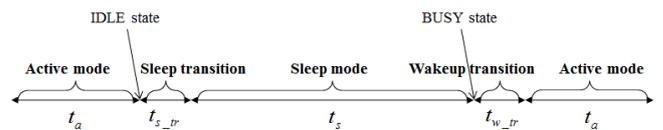


그림 1. 저 전력 대기의 시간 구간

네트워크 장치의 에너지 절감을 증가시키기 위해서 수면 시간  $t_s$  의 비율을 증가시키고 활성시간  $t_a$  및 상태 천이 시간  $t_{s-tr}$ ,  $t_{w-tr}$  의 크기와 횟수는 감소시켜야 한다. 저 전력 대기 방식을 사용하는 에지 라우터에서 기대할 수 있는 평균 수면 시간은 다음과 같다.

$$t_{avg\_sleep} = t_{avg\_burstInt} - (t_{avg\_burstServ} + t_{s-tr} + t_{w-tr}) \quad (1)$$

$$= \frac{1}{\lambda} + \frac{t_{assem}(C - l_{pk}\lambda) - l_{pk}}{C} - (t_{s-tr} + t_{w-tr})$$

식 (1) 을 통해 에너지 절감 성능의 향상을 위해 평균 수

면시간을 증가시키기 위해선 버스트 어셈블 시간  $t_{assem}$  을 증가시키는 반면 상태 천이 시간  $t_{s-tr} + t_{w-tr}$  은 감소시켜야 함을 알 수 있다. 그러나 버스트 어셈블 시간을 제한 없이 크게 증가시킨다면 버스트 길이 및 패킷 지연 시간 역시 크게 증가하므로 적절한 trade-off 값을 찾도록 하여야 한다. CDBA 알고리즘은 미리 정의된 버스트 크기 임계값  $l_{th}$  및 패킷 지연 시간 임계값  $\tau_{th}$  를 기반으로 임계값 벡터를 정의한다.

$$Th = (l_{th}, \tau_{th}) \quad (2)$$

$i$  번째 버스트 구간의 버스트 길이  $l_i$  와 패킷 지연 시간  $\tau_i$  가 임계값 벡터의 원소 값을 넘지 못하는 범위 내에서 버스트 어셈블 시간을 조정한다. 주어진 임계값 벡터를 고려함으로써 CDBA 알고리즘은 에너지 소비 크기를 최소화 시키면서도 망의 QoS 를 유지할 수 있다.

### 3. 시뮬레이션 결과

제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 OPNET Modeler 를 이용하여 저 전력 대기가 적용된 에지 라우터 모델을 설계하고 기존의 고정 시간 버스트 어셈블 알고리즘 및 CDBA 알고리즘이 저 전력 대기 성능에 미치는 영향을 분석하였다.

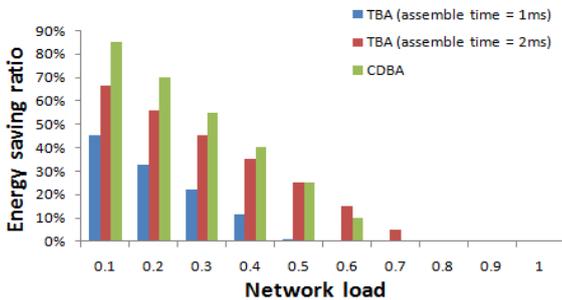


그림 2. 에너지 절감율

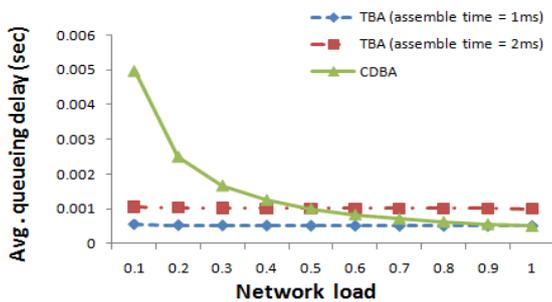


그림 3. 평균 패킷 지연 시간

그림 2 에서는 기존의 시간 버스트 어셈블 알고리즘과 제안한 CDBA 알고리즘의 에너지 절감율을 보이고 있다. 고정된 시간 임계값을 사용하는 버스트 어셈블 알고리즘은 입력되는 부하량을 고려하지 않은 고정된 임계값을 사용하므로 에너지 절감율이 낮지만, 제안한 CDBA 알고리

즘은 부하량이 낮은 때에는 에너지 절감율을 증가시키기 위하여 버스트 어셈블 값을 증가시키며, 부하량이 증가하면 버스트 길이와 패킷 지연 시간을 한계값 이내로 유지하기 위하여 버스트 어셈블 값을 감소시킨다. 부하량이 0.6 이상을 넘어가면서부터는 고정 시간 버스트 어셈블 알고리즘이 CDBA 알고리즘보다 에너지 절감율은 높으나 높은 부하량을 고려하지 않은 고정된 임계값 사용으로 인해 적절한 버스트 길이 값을 초과하는 결과를 가져올 수 있다.

그림 3 에서는 버스트 어셈블 알고리즘에 따른 평균 패킷 지연 시간을 보이고 있다. 제안한 CDBA 알고리즘의 경우 평균 패킷 지연 시간이 기존 시간 버스트 어셈블 알고리즘보다 크지만 본 논문에서 가정한 패킷 지연 임계값  $\tau_{th} = 5ms$  를 넘어서지 않으므로 이는 적절한 망의 QoS 를 넘어서지 않는다고 볼 수 있다. 그러므로 CDBA 알고리즘은 망의 QoS 를 허용하는 범위내 유지시키는 한도 내에서 에너지 절감율을 최대화시킴으로써 에너지 효율적 OBS 에지 라우터를 달성함을 알 수 있다.

### 4. 결론

본 논문에서는 저 전력 대기 (LPI) 가 적용된 OBS 망의 에지 라우터에서 에너지 절감 성능을 극대화할 수 있는 통제 기반 동적 버스트 어셈블 알고리즘 (CDBA) 을 제안하고 시뮬레이션을 통해 성능을 분석, 평가 하였다. 기존의 버스트 어셈블 알고리즘이 망의 성능에만 초점을 맞춘 것과 달리 제안한 알고리즘은 망의 성능을 적절한 수준 이내로 유지하면서도 에너지 소비율은 최소화 시킴으로써 기존의 버스트 어셈블 알고리즘보다 20% 이상의 에너지 절감율을 달성함을 알 수 있었다.

### Acknowledgement

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단-차세대정보컴퓨팅기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2011-0020522)

### 참고문헌

- [1] Energy Efficient Ethernet, Outstanding Questions, 2007.
- [2] IEEE 802.3az, "Energy Efficient Ethernet Task Force", 2010: <http://grouper.ieee.org/groups/802/3/az>.
- [3] B. G. Bathula and J. M. H. Elmighani, "Energy Efficient Optical Burst Switched (OBS) Networks", Proceedings of GLOBECOM, 2009.
- [4] D. Kang, W. Yang, J. Lee and Y. Kim, "Dynamic Time based Burst Assemble Scheme to Reduce Energy Consumption in OBS Network with Low Power Idle", Proceedings of APCC, 2010.