

멀티캐스트 ATM에서 ABT 블록 스케줄링 알고리즘을 이용한 UBR 트래픽의 성능 향상에 관한 연구

이호섭, 김원태, 박용진
한양대학교 전자공학과 네트워크 컴퓨팅 연구실

Study on Improvement of UBR Traffic Performance using ABT Block Scheduling Algorithm in Multicast ATM

Ho Seop Yi, Won Tai Kim, Yong Jin Park
Dept. of Electronic Engineering, HanYang University

요 약

최근의 네트워크의 특징은 '광대역 통합 서비스 네트워크'라 할 수 있다. 뿐만 아니라, 최근의 ATM 연결은 점대점 연결은 물론, 점대다점 연결을 특징으로 하고 있다. 이 논문에서는 하나의 ATM 멀티캐스트(MVCC) 세션 내에서, ATM 계층 상위에 TCP와 같은 LAN 기반 네트워크의 연동에 대해 다룬다. ATM 네트워크 상에서 멀티캐스트 연결을 설정한 경우, 공유 트리 방식에 의해 연결 트리를 구성하고 AAL5 계층을 사용하므로 CIP가 발생한다. 이 문제를 해결하기 위해 ABT/IT RM 셀을 이용한 블록 단위의 전송을 고려한다. 또한, ATM VC 위에 LAN 기반 네트워크 연동 서비스를 제공하기 위해 UBR 클래스를 이용하게 되는데, 그 속성상 QoS를 보장하지 못하고 네트워크에 혼잡 발생 시에 우선적으로 폐기되며 단지 EPD 매커니즘과 같은 버퍼 관리 방식만을 사용할 뿐이다. 따라서, ABT RM 셀을 통한 블록 단위 전송을 이용하게 되면 CIP를 해결할 뿐만 아니라, 여러 응용 트래픽 유형을 고려한 스케줄링을 통해 네트워크 상에 혼잡이 발생할 경우에 UBR 트래픽이 무차별적으로 폐기되는 현상을 막고, 효율적이고 공평한 서비스를 제공할 수 있다. 이를 위해 ATM 스위치 내에 하나의 멀티캐스트 세션에 대한 블록 스케줄링 알고리즘을 제안한다.

1. 서론

최근의 네트워크의 특징은 멀티미디어, 실시간 트래픽(Traffic) 등의 활성화로 인해 여러 다양한 서비스 트래픽이 네트워크 상에서 함께 서비스되는 '광대역 통합 서비스 네트워크(Broadband Integrated Service Networks)'라 할 수 있다. 뿐만 아니라, 화상 회의, DIS 등 멀티캐스트 서비스 수요가 증가하면서 최근의 ATM 연결에서는 멀티캐스트가 중요한 이슈가 되고 있다. 본 논문에서는 하나의 ATM 멀티캐스트 세션 내에서, ATM 계층 상위에 TCP와 같은 LAN 기반 네트워크의 연동시 종단간(end-to-end) 트래픽의 성능 향상에 대해 다룬다.

2. 관련 연구

2.1. CIP (Cell Interleaving Problem)

최근의 ATM 연결은 점대점(point-to-point) 연결뿐 아니라, 점대다점(point-to-multipoint) 연결의 특징을 나타내고 있다. 이와 같은 멀티캐스트 ATM에서 트리를 구성하는 방법에는 망상 구조(mesh) 방식, 서버 기반 방식 등의 여러 가지가 있지만, 단일한 VCI/VPI로 트리가 구성되므로 확장성이 높고(scalable), 트리 변경에 따른 시그널링 오버헤드도 훨씬 적어 효율적인(efficient) 공유 트

리 방식이 멀티캐스트 ATM에서 큰 장점을 갖는다.

그러나, 이렇게 공유 트리 방식에 의해 멀티캐스트 ATM 연결을 설정하게 될 경우, 여러 VC들이 스위치에서 하나의 VC로 병합(merging)되는 과정에서 몇 가지 문제점이 제기된다. 그 중에서도 무엇보다 중요한 문제점은 CIP(Cell Interleaving Problem)이다. 즉, AAL5 계층을 통해 전송할 경우, 각 소스로부터의 셀들이 병합(merging)되어 서로 뒤섞이지만 구분할 방법이 없기 때문에, 수신측에서 원래의 메시지로 재조립(reassemble)할 수 없게 된다.

CIP를 해결하기 위해, 여러 가지 방식이 제안되었다[3]. 첫째, 앞서와 같이 멀티캐스트 서버를 통해 셀을 재조립한 후 다시 전송하는 방식이 있고, 둘째로 하나의 멀티캐스트 세션을 VP로 구별하고 세션 내의 각 연결을 VC로 구별하는 방식이 있다. 그 외에도 ATM 셀 헤더 내에 GFC 필드를 두어 각 연결을 구별하는 방식 등이 있다. 하지만, 그 중에서도 여러 셀들의 의미 있는 집합인 메시지 블록을 두어, 각 연결에 대해 블록 단위 전송을 하는 방법이 가장 적합한 방식으로 제안되고 있다.

2.2. UBR 서비스 트래픽의 성능 향상 문제

블록 단위 전송 방식 중 대표적인 것이 SEAM 방식이다[2]. 하지만, SEAM과 같은 블록 단위의 전송방식은 CBR이나 rt-VBR 서비스 클래스의 QoS(CDV)를 제공하기에 부적합하다. 따라서, 엄격한

QoS를 요구하지 않는 ABR이나 UBR 서비스를 제공하게 된다.

LAN 기반 네트워크의 연동 서비스를 ABR을 통해 제공할 경우, 전송 지연의 증가 등의 여러 이유로 인해 UBR을 통한 연동 서비스보다 성능이 떨어진다[4]. 따라서, LAN 기반 네트워크의 연동 서비스는 UBR 서비스 클래스를 통해 제공하며, UBR의 성능을 더 높이기 위해 EPD(Early Packet Discard)라는 버퍼 관리 메커니즘을 도입할 수도 있다[5].

(1) 멀티캐스트 세션 내에서의 UBR 트래픽의 성능 향상 문제

최근 들어 인터넷은 멀티미디어, 실시간 트래픽 등 여러 다양한 형태의 서비스를 제공하고 있고, 이에 따라 각기 다른 여러 트래픽 유형이 존재한다. 만약 스위치에 혼잡이 발생하게 되면, ATM 레벨에서는 CBR/VBR 트래픽 대신에 UBR 트래픽의 전송 대역폭을 제한할 것이다. 따라서, 트래픽의 유형에 따라 스케줄링을 통해 차별화하여 전송하지 않는다면, 실제 종단간(end-to-end)의 응용(application) 레벨에서는 전송 지연 및 셀 손실을 증가 등 트래픽 성능이 현저히 떨어질 것이다.

따라서, CIP(Cell Interleaving Problem)을 해결하면서 동시에 스케줄링을 통해 UBR 트래픽의 성능 향상을 얻을 수 있는 새로운 방법이 필요하다. 그래서 제안되는 것이 블록 단위 전송인 ABT 방식이다.

2.3. ABT/IT를 이용한 블록 단위 전송 및 스케줄링

ITU-T는 ATM에서 보내고자 하는 트래픽의 성능 향상 등의 트래픽 관리를 위해 네트워크 자원을 예약하는 방법으로 ATM Block Transfer(ABT) 방식을 제공하고 있다[1],[6].

ABT는 보내고자 하는 셀을 블록 단위로 묶고, 각 블록의 앞뒤에 RM(Resource Management) 셀을 두어 수락 제어(Admission Control)를 하고, 네트워크로부터 허가된 블록에 대하여 네트워크 자원을 예약한 후, 보장된 QoS를 통해 전송하는 방식이다. ABT에는 두 가지 동작 모드가 존재하는데, 전송 지연이 상대적으로 낮은 ABT/IT(ABT with Immediate Transmission)를 사용하여 블록 단위 전송을 하게 된다

이와 같이 ABT의 속성인 RM 셀을 통한 블록 단위의 전송을 이용할 경우, 첫째, CIP를 해결하고, 둘째, 각 종단간 연결 트래픽의 유효 throughput을 향상시키며, 셋째, 소스 트래픽들의 서비스 유형에 따라 클래스로 분류하고, 각 스위치에서 해당 클래스에 기반하여 블록 스케줄링(block scheduling)을 수행함으로써, 서비스들의 유형별로 종단간 전송 지연이나 트래픽 손실을 등 트래픽 성능을 향상시킬 수 있다. 이를 위해 ABT RM 셀의 예비 영역에 '송수신측 주소'와 'Classification ID' 필드를 추가한다.

2.4. 큐 관리 (Queue Management)

네트워크 상에서 트래픽의 성능 향상을 위해 라우터나 스위치와 같은 네트워크 중간 노드들은 여러 가지 유형의 트래픽 관리 메커니즘을 제공하는데, 그 중의 하나가 큐 관리이다[7] 큐 알고리즘으로는 도착한 순서에 따라 처리하는 FIFO 큐 알고리즘, 우선 순위가 높은 큐부터 서비스하는 우선 순위(Priority) 큐 알고리즘, 각 큐에 대역폭을 할당하여 round-robin 방식으로 서비스하는 클래스 기반 큐 알고

리즘 등이 있다. 하지만, 이상적인 GPS(Generalized Processor Sharing) 큐 모델에 가장 근사한 WFQ(Weighted Fair Queuing) 알고리즘이 가장 개선된 알고리즘으로 제안되고 있다[8].

3. ATM 스위치에서의 블록 스케줄링 알고리즘 설계

3.1. 네트워크 모델 구성도

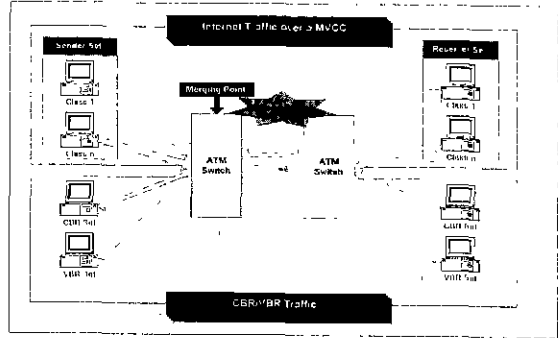


그림 1 멀티캐스트 ATM 연결을 포함한 네트워크 모델 구성도

3.2. MVCC 세션에서의 트래픽 관리

ATM 스위치 내에는 여러 CBR 및 VBR 트래픽과 MVCC(Multicast Virtual Channel Connection) 세션이 함께 통과한다. 일반적인 네트워크 상황에서는 모든 트래픽이 원활하게 서비스되지만, 혼잡이 발생할 경우에는 UBR 트래픽인 MVCC 세션에서 먼저 서비스 제한을 받게 된다. 따라서, 제한된 전송 대역폭을 최대한 효율적으로 활용하여 트래픽의 성능을 향상하도록 하는 메커니즘이 필요하다

MVCC 세션 내에는 여러 유형의 트래픽이 서비스된다. MVCC 세션 내 여러 트래픽들을 기 속성에 따라 클래스로 분류하고, 할당되는 대역폭의 가중치를 부여한다. 각각의 ATM 스위치에서 MVCC 세션 내의 각 트래픽을 클래스 분류에 따라 스케줄링하여 서비스함으로써 전체적인 트래픽 성능의 효율을 높일 수 있게 된다.

3.3. 스위치에서의 블록 스케줄링을 위한 시스템 (Block Scheduler) 구성도

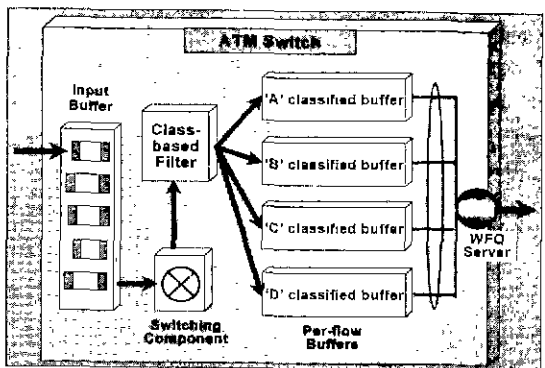


그림 2. ATM 스위치에서의 Block Scheduler

기본적인 ATM 스위치에 '클래스 기반 필터'와 '클래스 기반 버퍼', 그리고 'WFQ 서버'가 새롭게 추가되었다. 클래스 기반 필터 (Classifier)는 출력 VCI/VPI로 교환된 후, 하나의 특정 출력 링크로

나가는 ATM 셀 블록들에 대해 RM 셀의 'Classification ID' 필드를 체크하여, 트래픽의 우선 순위에 따른 클래스별로 서로 다른 클래스 기반 버퍼에 할당해 주는 역할을 한다 ATM 셀 블록들은 멀티캐스트 ATM에서 설정된 하나의 VCI/VPI를 갖는 MVCC를 통과하며, 따라서 스위칭 요소를 지나서 모두 동일한 출력 링크를 공유하며 나가게 된다. 클래스 기반 필터는 MVCC를 통해 전송되는 ATM 셀 블록들에 대해서만 적용되는 구성 요소이다 MVCC와 같은 출력 링크로 전송되는 그 밖의 셀 트래픽들은 클래스 기반 필터를 거치지 않는다

WFQ 서버는, ① CBR, VBR, ABR 트래픽에 대해 우선적으로 보장된 서비스를 제공해 주고, ② 여분의 대역폭에 대해서 WFQ 알고리즘을 적용, 스케줄링하여 각 클래스 기반 버퍼의 ATM 셀 블록들에게 향상된 서비스를 제공한다.

위 그림에 블록 스케줄러를 나타내었다.

3.4. 큐 알고리즘 설계

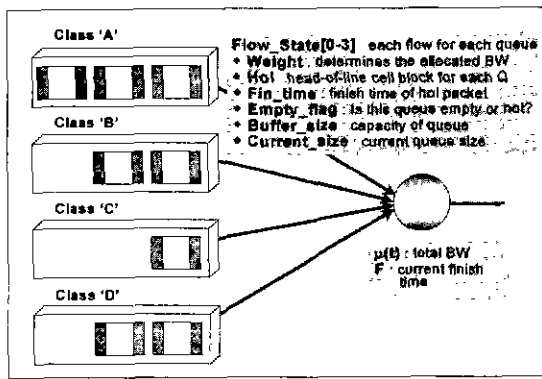


그림 3 Block Scheduling Algorithm Design Model

블록 스케줄러에서 발생할 수 있는 이벤트는 '큐 진입(Enqueue)', '큐 갱신(Update)', '큐 탈출(Dequeue)'의 세 가지이다. 이 블록 스케줄러에서는 큐 진입이 이루어지는 동시에, 큐 탈출 즉, 셀 블록의 서비스가 이루어진다

이 알고리즘은 'Flow_State'와 각 'Cell_Block'의 두 구조체(structure)로 구성된다. 여기서 Flow는 각 클래스 기반 버퍼 내의 셀 블록의 집합으로 정의된다 Flow_State에 포함되는 변수는,

㉞ for '버퍼 관리'

- 각 버퍼의 용량 즉, 수용 가능한 셀 블록의 수(Buffer_size),
- 각 버퍼의 현재 용량 즉, 현재 셀 블록의 수(Current_size)의 변수를 두며 큐 진입 시, 버퍼 용량(Current_size)의 증가로 나타낸다.

㉞ for '큐 알고리즘'

- 각 Flow의 대역폭 할당 가중치(Weight),
- 각 Flow의 맨 앞의 셀 블록 (Hol, Head-of-line),
- Hol의 GPS 서비스 종료 시간(Fin_time),
- 각 버퍼의 비어 있음을 나타내는 플래그(Empty_flag)의 변수를 두며 큐 탈출 시, 버퍼 용량(Current_size)의 감소로 나타낸다.

이제, 각 Flow의 Fin_time을 비교하여 가장 작은 셀 블록을 서비스한 후, 시스템의 GPS 서비스 종료 시간(F)을 갱신하고 그에 준하

여 서비스된 Flow의 Fin_time을 갱신한다. 이런 방식으로 알고리즘을 적용한다 위 그림에 큐 알고리즘을 나타내었다.

4. 성능 평가

MVCC 세션 내에 여러 유형의 UBR 트래픽이 응용 레벨에 있을 때, 블록 스케줄링 알고리즘을 적용할 경우 중단간 트래픽의 성능 향상을 큐 이론(Queueing Theory)을 이용하여 다음과 같이 검증한다 우선, MVCC 세션 내 트래픽 유형을 다음의 네 가지로 나누었다.

- Real-time, Reliable
 - Real-time, Unreliable
 - Non-Realtime, Reliable
 - Non-Realtime, Unreliable
- 그리고, 각 트래픽 별로 다음의 변수에 대해 성능을 평가한다.
- 중단간 전송 지연 (end-to-end packet delay)
 - 중단간 손실률 (end-to-end packet loss rate)

MVCC 세션 내 중단간 트래픽의 성능이 블록 스케줄링 알고리즘을 적용했을 때 충분히 향상됨을 보인다.

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 ATM MVCC를 통해 LAN 기반 네트워크의 연동 서비스를 제공할 경우에, CIP를 해결하고 UBR 중단간 트래픽의 성능 향상을 위해 ABT를 이용한 블록 스케줄링 알고리즘을 제안했다. 이를 통하여, 중단간 트래픽의 전송 지연이나 데이터 손실률 등 트래픽의 성능 면에서 충분히 향상됨을 알 수 있다.

큐 알고리즘을 통한 네트워크 자원 관리(Resource Management)는 혼잡 제어 등 네트워크 트래픽 관리 메커니즘 중의 하나로, 특히 UBR과 같이 할당된 대역폭의 사용을 보장하기 위한 트래픽 관리 메커니즘이 전혀 없는 상황에서는 스위치 내에서의 큐 관리 메커니즘이 중요한 트래픽 관리 요소로 사용될 수 있다. 현재, 많은 큐 알고리즘이 연구되고 있는데, 향후 그 알고리즘들이 MVCC 위에서의 LAN 기반 연동 서비스 환경에 맞게 적절히 응용된다면, 전체 트래픽의 성능을 크게 향상시킬 수 있을 것이다.

6. 참고 문헌

- [1] ATM Forum, "Traffic Management Specification Version 4.0," May 1996.
- [2] M. Grossglauser, K. Ramakrishnan, "SEAM: Scalable and Efficient ATM Multicast," *IEEE INFOCOM '97*, Kobe, Japan, April 1997.
- [3] E. Gauthier, J.-Y. Le Boudec, "SMART: A Many-to-Many Multicast Protocol for ATM," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 1Q 1997.
- [4] Sam Manthorpe and J.-Y. Le Boudec, "A comparison of ABR and UBR to support TCP traffic," *DI Technical Report 97/224*, April 1997.
- [5] A. Romanow and S. Floyd, "Dynamics of TCP Traffic over ATM Networks," *Proc. SIGCOMM '94*, August 1994.
- [6] T. M. Chen, S. Liu, V. Samalam, "The ABR Service for Data in ATM Networks," *IEEE Comm Mag.*, May 1996, pp. 56-71.
- [7] Cisco Systems, "Queue Management," *White Paper*, 1996
- [8] C. Bennett and H. Zhang, "Why WFQ Is Not Good Enough for Integrated Services Networks?," *Proceedings of NOSSDAV'96*, Apr, 1996.