

# 무선 ATM망에서 다양한 트래픽 클래스를 위한

## 실시간 만족 스케줄링

양영록<sup>0</sup> 이현정 엽재훈 이은희 김명준  
충북대학교 컴퓨터학과  
marine95@korea.com

### Various Traffic Class Data for Real Time Scheduling in the Wireless ATM Network

Young-Rok Yang<sup>0</sup> Hyun-Jung Lee Jae-Hun Yip Eun-Hui Lee Myung-Jun Kim  
Dept. of Computer Science, Chungbuk National University

#### 요 약

최근 정보 통신 기술의 발달에 따라 음성 서비스 등과 같은 단일 서비스를 제공하던 무선 통신망이 음성, 데이터, 고화질 정지화면, 동영상 및 다양한 정보형태의 멀티미디어 서비스를 추구하고 있다. 이처럼 다양한 종류의 멀티미디어 트래픽을 지원하기 위해서는 매체 접근 제어(MAC) 프로토콜이 필요하다. 본 논문에서는 서로 다른 종류의 트래픽이 혼재된 무선 ATM 환경에서 폭주제어 정보를 가지고 각 트래픽 클래스의 QoS를 만족할 수 있는 동적 자원 할당 방식 기반의 MAC 프로토콜을 제안한다. 각 트래픽 클래스의 데이터 전송 스케줄링을 제한함으로써 CBR이나 VBR의 실시간 데이터의 손실을 최소화하고, 네트워크 상태에 따른 ABR 트래픽 클래스에 최소의 고정적인 대역폭을 할당함으로써 실시간 비실시간 데이터의 비효율성 문제 해결 방안을 제시한다. 그리고 각각의 트래픽 모델에 대한 허용 테스트 식을 제공함으로써 다른 실시간 또는 비실시간 채널에 영향을 주지 않고 새로운 채널을 설정할 수 있는 방안을 제시한다.

#### 1. 서 론

초고속 정보 통신망의 출현으로 다양한 멀티미디어 응용 서비스에 대한 수요가 증가하고 있다.

현재 ATM(Asynchronous Transfer Mode)망에서 제공하는 다양한 멀티 미디어 데이터 서비스를 무선 구간으로 확장 지원하는 무선 ATM망에 대한 연구가 ATM Forum을 중심으로 활발히 진행되고 있다[1].

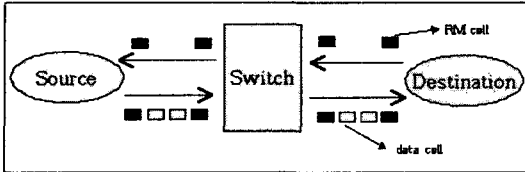
다양한 멀티미디어 서비스로 인한 ATM 포럼에서는 서비스 품질(QoS: Quality of Service)에 따라 크게 CBR(Constant Bit Rate), VBR(Variable Bit Rate), ABR (Available Bit Rate)과 같은 ATM 기반의 서비스들을 정의하고 있다[2]. 이러한 여러 형태의 트래픽이 혼재하는 환경 하에서 (CBR, VBR, ABR) 각 형태의 트래픽은 요구하는 QoS를 보장하기 위해서 고유의 트래픽 특성을 갖는다. 이를테면, CBR 트래픽과 VBR 트래픽은 엄격한 시간 제약 조건이 결부되는데, CBR 트래픽이 일정한 양의 대역폭을 지속적으로 요구하는 반면, VBR 트래픽의 대역폭 요구는 시간이 흐름에 따라 다양하게 변화하는 특성을 가진다. 두 트래픽이 사용하고 남은 대역폭을 ABR트래픽이 사용함으로써 각 트래픽 서비스에 대

한 품질 서비스(QoS)가 보장 되어질 수 있다[3]. 이처럼 상이한 요구 조건을 만족시키기 위해서 동적 채널 할당 기법이 이용된다.

본 논문에서는 무선 ATM 망에서 실시간 가변성 서비스를 위한 동적 슬롯 할당 알고리즘의 개선에 대한 것이다. 일반적인 슬롯할당 알고리즘은 이동국(Mobile)에서 요구하는 서비스를 몇 개의 형태로 나누고 거기에 따른 평균 대역폭을 기준으로 슬롯을 할당하는 방식을 사용하였다. 이에 따라 실시간 가변성 서비스의 경우 이동국에서 요구하는 서비스의 대역폭의 범위가 광범위함에도 불구하고 이러한 방식을 사용함으로써 슬롯의 낭비가 발생하게 되었고 동적 할당방식에서는 트래픽이 심한 경우 불공정한 대역폭 할당으로 인한 ABR트래픽의 패킷손실이 나타나게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 폭주 제어를 통한 ABR의 버퍼 상태에 따른 우선 순위가 낮은 ABR 트래픽에 대한 최소의 고정적인 대역폭을 제공함으로써 다양한 형태의 트래픽 클래스에 QoS를 제공할 수 있는 방법을 제안한다. 본 논문의 2장에서는 폭주 제어에 따른 트래픽 클래스 제어 정책을 설명하고 3장에서는 각 트래픽 클래스에 따른 예약슬롯 할당에 대하여 설명하고 4장에서는 허용 테스트 5장에서는 결론 및 향후 연구 과제를 제시한다.

2 폭주 제어에 따른 트래픽 클래스 제어

전송률을 할당하는 알고리즘은 크게 사용권 기반 방식(Credit Based Scheme)과 전송률 기반 방식(Rate Based Scheme)으로 나누어지며 ATM Forum에서는 전송률 기반 방식을 채택하였다[2]. 전송률 기반 방식은 소스에서 망의 상태에 대한 정보를 얻기 위해서 일정한 수의 데이터 셀 마다 RM(Resource Management) 셀을 전송한다.



<그림 1> RM Cell 흐름

<그림1>처럼 주기적인 RM 셀을 보냄으로써 미래의 신속하고 정확한 폭주 상태 정보를 이용할 수가 있다.

RM셀 내의 CI(Congestion Indication) 필드와 NI(Non Increase) 필드가 있는데 필드 값에 따른 네트워크 허용 전송량(ACR) 값은 <표 1>와 같다.

NI	CI	Action
0	0	$ACR \leftarrow \text{Min}(ER, ACR+RIF*PCR, PCR)$
0	1	$ACR \leftarrow \text{Min}(ER, ACR-ACR*RDF)$
1	0	$ACR \leftarrow \text{Min}(ER, ACR)$
1	1	$ACR \leftarrow \text{Min}(ER, ACR-ACR*RDF)$

<표 1> 네트워크 상태에 따른 전송량

NI값이 0으로 세트되는 경우는 폭주가 발생하지 않은 상태이거나 폭주상태에서 안정 상태로 전이되는 과정으로서 ACR 값을 점진적으로 증가시키거나 그 값을 유지한다. 이와 반대로 CI 값이 1로 세트되는 경우에는 폭주가 지속되는 상황이거나 또 다른 폭주가 발생 가능성이 있기 때문에 ACR 값을 선형적으로 감소를 시킨다. 만약 폭주 상태가 지속되어 진다면 앞에서 언급한 CBR 트래픽과 VBR 트래픽에 비해 상대적으로 우선순위가 낮은 ABR 트래픽 서비스는 하지 못하게 되며 최악의 경우에는 버퍼에 무한정 대기 해야 하는 경우가 발생한다.

본 논문에서는 비 실시간을 요하는 ABR 트래픽 데이터가 서비스 폭주에 따른 패킷 손실 또는 무한정 대기로 인한 긴 지연시간을 줄임으로서 품질서비스(QoS) 하기 위한 스케줄링을 적용하고자 한다.

3 트래픽 클래스에 따른 슬롯 할당

동적 채널 할당(Dynamic Channel Allocation Scheme) 기법이 효과적으로 동작하기 위해서는

BS(Base Station) 트래픽의 최대 양( $R_p$ ), 평균 양( $R_m$ ), 그리고 NS (Number of request Slot) 필드를 통하여 전송되어지는 이동국이 요구하는 슬롯의 개수 등에 대한 정보를 유지해야 한다. BS는 이러한 정보를 이용하여 각 이동국에 할당할 reservation slot의 개수를 결정한다[4,5].

BS가 available slot 개수( $N_a$ )를 결정하고 나면, 한 프레임의 나머지 reservation slot들은 각 이동국의 트래픽 데이터를 서비스하기 위하여 예약이 된다. 식으로 나타내면 수식(3-1)과 같다.

$$N_r = N_f - N_a \quad (3-1)$$

- 단  $N_r$  = 한 프레임 내의 reservation slot의 총 개수
- $N_f$  = 한 프레임 내의 슬롯의 총 개수
- $N_a$  = 한 프레임 내의 available slot 총 개수

여기서  $N_a$ 개의 슬롯은 네트워크 액세스를 위한 경로를 제공하며  $N_r$  개의 슬롯은 각 형태의 트래픽 서비스하기 위하여 할당되어 진다. 트래픽의 우선순위에 근거하여 클래스 중 CBR이 우선순위가 가장 높으므로 먼저 할당을 받게 된다. 그 다음으로 VBR 트래픽에 할당이 되어지고 마지막으로 우선순위가 가장 낮은 ABR에 나머지 슬롯이 할당되어 진다. CBR 트래픽을 전송하는 이동국  $i$ 에는  $R_{p,i}$ 개의 슬롯이 할당되어지며 각각의 수식은 다음과 같다.

$$N_{r,CBR} = \sum_{i \in S_c} R_{p,i} \quad (3-2)$$

$$N_{r,ABR} = \min [ N_r - N_{r,CBR} - \min(D_v, \sum_{i \in S_v} R_{m,i}), D_d ] \quad (3-3)$$

$$N_{r,VBR} = \min(D_v, N_r - N_{r,CBR} - N_{r,ABR}) \quad (3-4)$$

- 단  $S_c$  = CBR 트래픽을 전송하는 이동국의 집합
- $S_v$  = VBR 트래픽을 전송하는 이동국의 집합
- $R_{p,i}$  = 이동국  $i$ 에 한 프레임 기간동안 생성되는 cell
- $D_v$  = VBR 트래픽 전송 요구 슬롯
- $D_d$  = ABR 트래픽을 전송하는 이동국이 요청하는 슬롯 개수

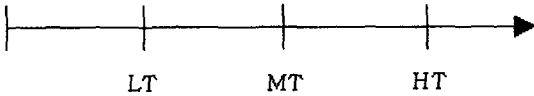
전체 예약 슬롯중  $N_{r,CBR}$  트래픽과  $N_{r,VBR}$  트래픽이 할당되고 남은 슬롯은  $N_{r,ABR}$  트래픽에 할당되어 진다. 각 트래픽 데이터에 슬롯을 할당하고 남은 슬롯은 VBR 트래픽에게 할당되어 진다. 이처럼 각각의 슬롯들이 예약을 통하여 동적으로 대역폭을 서비스함으로써 해서 각각의 클래스에 대한 품질 서비스(QoS)를 만족 할 수 있다.

CI, NI 값이 1로 세트 되었을 때는 ACR 값이 감소함에 따라 우선순위가 낮은 ABR 트래픽은 서비스를

받지 못하거나 버퍼에 무한정 대기하거나 최악의 경우에는 패킷 손실로 인한 품질 서비스(QoS) 하지 못하게 된다.

CBR, VBR 트래픽 데이터는 경쟁을 통해서 슬롯을 할당을 받을 수 있지만 ABR 트래픽 데이터는 이동국에서 기지국으로 필요한 대역폭을 요청하는데 사용되며 경쟁을 하지 않는 요구 슬롯이다. 그러므로 우선 순위가 낮을 뿐만 아니라 어느 순간에 얼마나 많은 셀들이 RB(Reservation Buffer)에 저장되는 가도 알 수 없다.

이런 한 문제점을 해결하기 위해서 <그림 2>와 같이 ABR 트래픽 데이터의 셀을 저장하고 있는 RB는 3단계의 LT, MT, HT를 두고 RB가 High Threshold일 때



<그림2>

LT : Low Threshold  
 MT : Medium Threshold  
 HT : High Threshold

ABR트래픽 데이터를 위해 임의의 최소의 대역폭을 할당하게 된다.

High Threshold값은 다음 수식과 같다.

$$HT_{max} = \lfloor B/L \rfloor \quad (3-5)$$

단 B = 버퍼의 최대 크기  
 L = 셀 하나의 크기

ABR 트래픽 데이터를 위해 B를 무한히 크게 하게 되면 패킷손실은 없으나 지연시간이 너무나 크게 되고 작게 하게 되면 패킷손실이 일어난다 그러므로 적당한 사이즈의 버퍼를 뒤야 한다.

그리고 너무 많은 ABR 트래픽 데이터에 슬롯을 할당을 하게 되면 실시간 데이터에 긴 지연시간을 갖게 되므로 기지국의 MAC 스케줄러는 최소의 ABR 대역폭을 설정하여 이동국의 ABR 서비스의 연결에 대한 최소 보장(Minimum Guarantee)을 확보해 설정해 준다[6].

ABR 최소요구 슬롯을 뺀 VBR을 표현하면 수식(3-6)와 같고 이때 ABR값은 수식(3-7)과 같이 표현되어 질 수 있다.

$$N r . VBR = \min(N r - N r . CBR - \min(Dd, \sum_{i=1}^n R m . i), D v) \quad (3-6)$$

$$N r . ABR = \min(D d, N r - N r . CBR - N r . VBR) \quad (3-7)$$

단 Sa = ABR을 전송하는 이동국의 집합

이처럼 각각의 트래픽에 할당된 슬롯들은 채널을 설정하여 UNI로 전송되어 지는데 각각의 새로운 채널들은 다른 채널에 영향을 주지 않고 새로운 채널을 설정할 수 있는지 허용 테스트를 해야만 한다.

#### 4 허용 테스트

연결을 설정할 때는 일반적으로 많이 사용되어 지는 LB

(Leaky Bucket) 모델을 채택하고 LB 모델은 (ai, pi)로 나타내어질 수 있는데 여기서 ai는 버킷에 들어오는 셀들의 총 합을 나타내며 pi는 UNI로 진입하는 셀들의 진입 속도를 나타낸다 [7].

ai값을 너무 크게 하면 지연시간이 크므로 ai값과 pi값을 적당히 조절하여 지연을 낮게 유지하고 토큰의 손실을 최소화 할 수 있다. 다양한 트래픽 데이터를 전송하기 위해 어떤 기준에 따라서 새로운 채널을 받아들일지 거부할지를 결정하는데 필요하다. 일반적인 기준은 현재 서비스중인 채널들의 QoS 요구들을 어기지 않으면서 새로운 채널의 QoS 요구를 들어줄 수 있다면 받아들일 수 있다.

일반 적으로 Uplink 허용 테스트와 Downlink 허용 테스트를 고려해야 하지만 여기서 는 Downlink 허용테스트만 고려하겠다. 단 CBR 과 VBR 실시간 트래픽은 같은 성질의 실시간 데이터로 가정을 하고 허용 테스트 식을 표현하겠다. 물론 VBR트래픽의 bursty한 특성을 가지고 있지만 Traffic Shaping 기법으로 네트워크로 보내기 전에 일정한 패턴을 조절함으로써 지속적인 데이터를 보낼 수 있기 때문이다.

단 전체 채널의 집합은 { i, i=1, 2, ..., n}으로 나타낸다

- C = 셀 하나의 전송시간
- ci = 채널 i의 전송 속도
- L = 셀 하나의 크기
- L/ci = 채널 i의 셀의 링크 지연한계
- Nb = 네트워크 전체 대역폭
- u = Uplink에 사용되는 연결 인덱스
- b = Downlink시 CBR에 사용되는 연결 인덱스
- v = Downlink시 VBR에 사용되는 연결 인덱스
- a = Downlink시 ABR에 사용되는 연결 인덱스

Downlink시에 새로 연결된 인덱스가 Nk.VBR이라면 새로 연결된 채널이 전체 대역폭에서 Uplink 대역폭을 뺀 것 보다 작다면 채널이 설정되어질 수 있다. 식은 (4-1)

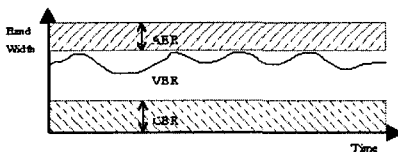
과 같이 표현되어질 수 있다.

$$\sum_{i=1}^N C \frac{L}{p_i} + \sum_{i=1}^N C \frac{L}{p_i} + \sum_{i=1}^N C \frac{L}{p_i} + C \frac{L}{P_{VBR}} \leq Nb - \sum_{i=1}^N C \frac{L}{p_i} \quad (4-1)$$

위의 식에 만족한다면  $Nk.VBR$  트래픽 데이터는 downlink 스케줄링이 가능하게 된다. 만약 새로 연결된 인덱스가  $Nk.ABR$  이라면 다음 식 (4-2)과 같이 표현되어질 수 있다.

$$\sum_{i=1}^N C \frac{L}{p_i} + \sum_{i=1}^N C \frac{L}{p_i} + \sum_{i=1}^N C \frac{L}{p_i} + C \frac{L}{P_{ABR}} \leq Nb - \sum_{i=1}^N C \frac{L}{p_i} \quad (4-2)$$

위의 식이 만족한다면  $Nk.ABR$  트래픽 데이터는 downlink 스케줄링을 만족하게 되어진다. 즉 CI, NI가 1로 세트되었을 경우에는 우선순위가 상대적으로 높은 CBR, VBR은 대역폭을 할당받게 되지만 ABR같은 경우에는 대역폭을 할당받지 못하므로 버퍼가 High Threshold일 때 패킷 손실이 발생하지만 ABR최소한은 대역을 할당함으로써 <그림 3>처럼 여러 트래픽 클래스 데이터에 품질 서비스를 할 수 있다.



<그림3>

### 5 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 무선 통신 환경 하에서 주요 문제가 되고 있는 실시간 데이터와 비실시간 데이터가 혼재된 무선 ATM 환경에서의 망의 상태에 각각의 트래픽 데이터에 동적으로 대역폭을 할당함으로써 실시간 비실시간 트래픽 데이터에 대한 품질 서비스(QoS)의 효율적인 방법을 제안한다. 먼저 RM셀을 이용하여 네트워크 상태를 예측하고, 네트워크 트래픽이 증가한 상태에서 RB에 비실시간 데이터가 High Threshold일 때 ABR 트래픽에 최소한의 대역폭을 제공함으로써 좀더 효율적인 네트워크를 구축할 수 있다. 향후 과제로서는 무선 통신에서 중요한 Nrt-VBR 이나 UBR 트래픽 데이터에 대해서는 고려하지 않았으며 앞으로 Nrt-VBR 이나 UBR 트래픽 데이터를 고려한 스케줄링 정책이 필요하다.

### 참고문헌

- [1] Osama Kubbar, Hussein T. Mouftah, "Multiple Access Control Protocol for Wireless ATM : Problems Definitions and Design Objectives," IEEE Communications Magazine, pp.93-99, Nov .1997.
- [2] Shirish S. Sathaye. "ATM forum Traffic Management Specification Version 4.0" ATM Forum 950013R8, October, 1995
- [3] R Jain, S. Kalyanaraman, "The OUS Scheme for Congestion Avoidance in ATM networks Using Explicit rate Indication," Proceedings WATM'95 First Workshop on ATM Traffic Management, Paris, December 1995.
- [4] J. G. Kim and I. Widjaja, "PRMA/DA: A New Media Access Control Protocol for Wireless ATM," In Proceedings of the ICC '96, Jun. 1996, pp.1-19.
- [5] Yu-Wen Lai "Performance Analysis of PRMA/DA in Wireless ATM Network" Telecommunication Laboratories [8] Nikos Passas, Lazaros Merakos, Dimmitris Skyrianoglou, Frederic Bauchot, Gerard Marmiger and Stephane Decrauzat, "MAC protocol and traffic scheduling for wireless ATM network," Mobile Networks and Applications, Vol.3, pp.275-292, 1998
- [6] Nikos Passas, Lazaros Merakos, Dimmitris Skyria noglou, Frederic Bauchot, Gerard Marmiger and Stephane Decrauzat, "MAC protocol and traffic scheduling for wireless ATM network," Mobile Networks and Applications, Vol.3, pp.275-292, 1998
- [7] E. Knightly, D Wrege, J.Liebeherr, and H. Zhang "Fundamental limits and tradeoffs of providing deterministic guarantees to VBR video traffic," in Proc. of ACM SIGMETRICS, pp-107, 1995