

ATM ABR의 공평성들을 위한 새로운 스케줄링 알고리즘

오 미 진, 강 정 립, *정 경 택, *정 동 수
군산대학교 전자정보공학부
전화 : 063-442-6080 / 핸드폰 : 011-9437-6080

New Scheduling Algorithm for Fairness Criteria of ATM ABR

Mi-Chin Oh, Jung-Lim Kang, Kyung-Taek Chung, Dong-Soo Jeong
School of Electronic and Information Engineering, Kunsan National Univ.
E-mail : kjitomch@kunsan.ac.kr

Abstract

The WRR scheduling algorithm is widely used in ATM networks due to its simplicity and the low cost of hardware implementation. It guarantees minimum cell rate according to the weight of each queue. The fairness is a important factor for ABR service. That is, scheduling algorithm allocates network resources fairly to each VC. In this paper, we propose a scheduling algorithm for satisfying the two fairness criteria, MCR plus equal share and Maximum of MCR or Max-Min share, among the six criteria defined by ATM Forum TM 4.1 specification. The WRR, Nabeshima et al, and the proposed scheduling algorithms are compared with respect to fairness and convergence time throughout experimental simulation.

ABR 서비스 클래스는 CBR과 VBR 서비스 클래스가 사용하고 남은 대역폭을 사용하며, 전송 지연 시간에 대해서는 민감하지 않으나 매우 적은 셀 손실률을 요하는 애플리케이션 사이에 귀환 흐름 제어 알고리즘을 사용하여 전송 대역을 공평하고 효율적으로 분배하고자 하는 서비스 클래스이다. ATM이 지향하는 목표인 다양한 서비스 요구 조건과 특성을 갖는 사용자 트래픽을 수용하고 ABR 트래픽과 같은 버스티(bursty)하고 예측 불가능한 자원의 효율적인 사용을 위해서 집중적으로 연구되고 있다.

본 논문에서는 ABR 서비스 클래스를 위한 공평성 기준들 중 MCR plus equal share와 Maximum of MCR or Max-Min share 공평성 기준을 만족시키면서 수렴속도가 빠른 스케줄링 알고리즘을 제안한다. 그리고 제안된 알고리즘이 공평성 기준을 만족하고, 네트워크 자원을 각 ABR VC들에게 빠르고 공평하게 할당해 주는지를 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 비교, 분석한다.

I. 서론

ATM(Asynchronous Transfer Mode) Forum에서는 현존하는 다양한 통신 서비스들을 전송율(Bit rate)과 QoS(Quality of Services)의 요구에 따라 CBR(Constant Bit Rate), rt-VBR(real time Variable Bit Rate), nrt-VBR(non-real time Variable Bit Rate), UBR(Unspecified Bit Rate), ABR(Available Bit Rate) 등과 같이 5가지 서비스 클래스로 나누어 정의하였다.

II. 기존의 스케줄링 알고리즘

2.1 WRR 알고리즘

WRR 알고리즘은 ATM과 같은 고속 패킷 스위칭 네트워크에서 계산의 단순성과 저 비용 구현의 장점을 가지고 있어 스케줄링 알고리즘으로 널리 쓰인다.

그림 2.1은 WRR 기법을 나타내는데, 각각의 큐 1, 2, 3에 할당된 weight 값은 2, 1, 3이다. 그림에서 '0'

이상의 카운터 값을 가지고 있는 큐의 셀들은 순환적으로 보내어지고 여섯 개의 패킷을 보내고 카운터는 복구된다. 그래서 각각의 큐에 대해서 2/6, 1/6, 3/6의 최소대역이 할당된다.

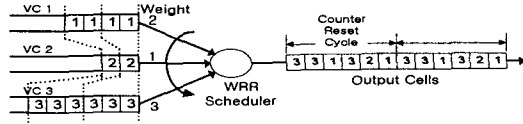


그림 2.1 WRR 기법의 구조

그러나, WRR 기법은 버스티한 트래픽에 대해서 낮은 효율성의 문제점이 있다. 또한 WRR 기법은 입력 트래픽을 일정율로 스케줄링하기 때문에 ABR 서비스 클래스의 공정성 기준을 만족시킬 수 없다. 따라서 ABR VC들의 서비스를 위한 공정성 기준을 만족시키는 스케줄링 기법이 필요하다.

2.2 Nabeshima et al 알고리즘

per-VC 큐잉을 가정하였고, 셀이 도착한 시간 $t(i)$ 에서 $LCT(i)$ (Last Compliance Time)를 뺀 값이 $1/mcr(i)$ 보다 클 경우에만 각 VC의 가중치를 증가시켜 주고, 빈 슬롯에 대해서는 RR 방식을 채택하여 각 VC에게 대역을 할당해 주는 방식이다.

III. 제안된 스케줄링 알고리즘

3.1 MCR plus equal share를 위한 제안된 스케줄링 알고리즘

공평성 기준은 식 3.1과 같이 표현된다.

$$B(i) = MCR(i) + (B - M) / n \quad (3.1)$$

모든 MCR 값들이 0에 가까워지면 이 조건은 Max-Min 공정성 기준으로 수렴된다.

식 (3.1)의 파라미터 정의는 다음과 같다.

B : 현재의 링크에서 ABR VC 들에 의해 공유되는 대역

n : 현재의 링크에서 active ABR VC의 수

M : n 개의 active ABR VC들의 MCR의 합

$B(i)$: ABR VC(i)의 공평한 할당 대역

$MCR(i)$: ABR VC(i)의 MCR

제안된 스케줄링 기법에서 사용되는 파라미터는 다음과

같다.

- $w(i)$: 각 ABR VC(i)의 weight
- $w_{mcr}(i)$: MCR에 대한 각 ABR VC(i)의 weight up 값
- $w_{eq}(i)$: equal share에 대한 각 ABR VC(i)의 weight up 값
- $q(i)$: 각 ABR VC(i)의 queue size
- $Q(i)$: 각 ABR VC(i)에 할당된 Queue
- $t(i)$: 각 ABR VC(i)의 셀 도착 시간
- $mcr(i)$: 각 ABR VC(i)의 MCR
- $eq(i)$: 각 ABR VC(i)의 equal share
- $t_{mcr}(i)$: MCR에 대한 각 ABR VC(i)의 마지막 weight 갱신 시간
- $t_{eq}(i)$: equal share에 대한 각 ABR VC(i)의 마지막 weight 갱신 시간
- $w_{lim}(i)$: 각 ABR VC(i)의 weight 상한 값
- $count(i)$: weight가 '0'보다 큰 모든 ABR VC들의 큐에 셀이 존재하지 않을 때 weight가 '0'인 다른 VC의 셀이 전송된다. 그때 서비스된 ABR VC의 $count(i)$ 를 '1' 증가시킨다.
- $count_{lim}(i)$: 각 ABR VC의 count 상한 값

제안된 스케줄링 기법은 각 VC의 셀들을 최소한 MCR로 서비스하고, equal share도 보장을 해주기 때문에 공정성 기준을 만족한다.

그림 3.1은 공정성 기준을 만족하는 스케줄링 기법의 흐름도이다.

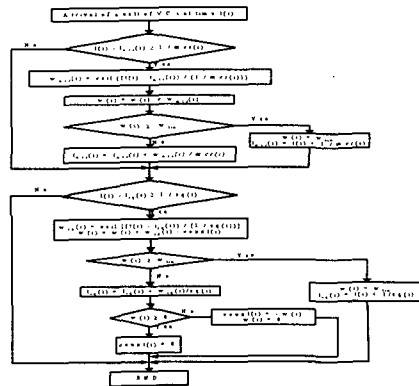


그림 3.1 제안된 스케줄링 기법의 흐름도

3.2 Maximum of MCR or Max-Min share를 위한 제안된 스케줄링 알고리즘

공평성 기준은 식 3.1과 같이 표현된다

$$B(i) = \max[MCR(i), \text{Max-Min share}] \quad (3.2)$$

각 VC의 공평 할당 대역 값은 각 VC의 MCR 값과 Max-Min share 값 중에서 큰 값으로 정해진다. 제안된 알고리즘에서 사용되는 파라미터를 다음과 같이 정의한다.

- $w_{mm}(i)$: Maximum of MCR or Max-Min share에 대한 각 ABR VC(i)의 가중치 증가값
- $mm(i)$: 각 ABR VC(i)의 Maximum of MCR or Max-Min share
- $t_{mm}(i)$: Max-Min share(B/n)에 대한 각 ABR VC(i)의 마지막 가중치 갱신 시간

그림 3.2은 Maximum of MCR or Max-Min share를 위한 제안된 알고리즘의 흐름도이다.

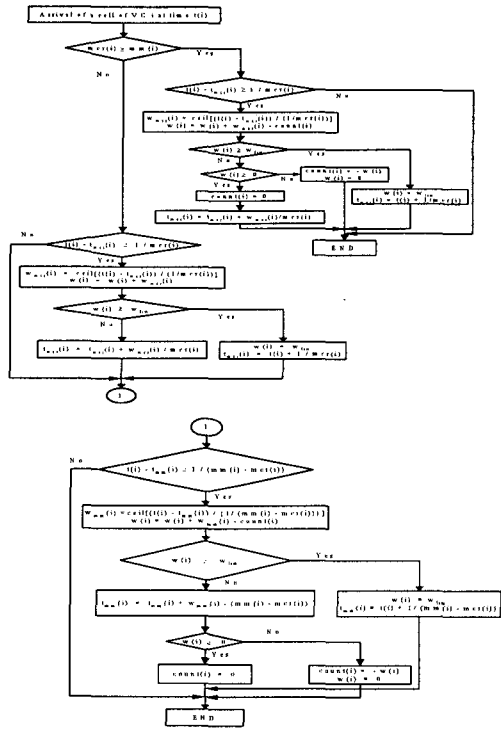


그림 3.2. 제안된 알고리즘의 흐름도(Maximum of MCR or Max-Min share)

IV. 시뮬레이션 및 결과

1. 시뮬레이션 환경

본 논문에서 제안된 알고리즘의 시뮬레이션을 위하여 그림 4.1과 같이 5개의 소스와 5개의 목적지를 갖

는 단순한 네트워크 모델을 구성한다. 성능 측정을 위하여 스위치는 non-블로킹 특성을 가지며 스위치의 출력포트에 per-VC 버퍼를 사용한다. 그리고 ABR 서비스를 위하여 버퍼 용량은 무한대로 설정하고, 링크의 용량은 150Mbps로 가정한다. 그리고, 소스들은 하나의 경로로만 전송되는 버스트 소스로 가정한다.

각 블록은 8kbytes로 고정되고 각 VC의 MCR은 50, 30, 10, 5, 5Mbps이다. 제안된 스케줄링 기법의 공평한 대역할당 여부를 공평성 기준에 대하여 성능을 평가한다.

2. 시뮬레이션 결과 및 분석

본 논문에서는 제안된 스케줄링 알고리즘의 성능 측정을 위해 여러 가지 상황을 고려하여 WRR, Nabeshima et al 알고리즘과 비교, 분석하였다.

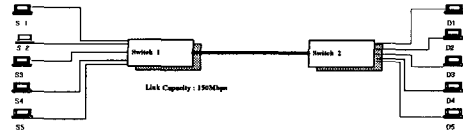


그림 4.1 시뮬레이션을 위한 네트워크 모델

1) MCR plus equal share의 경우

시뮬레이션 파라미터는 VC1의 셀 평균 도착율이 일정 기간동안 MCR plus equal share보다 작을 때의 상황을 고려하여 성능 측정을 하였다. 그림 4.2에서는 4 msec간격으로 20msec동안 각 VC의 셀 도착율을 나타낸다.

그림 4.3은 VC1에 대한 3가지 스케줄링 기법의 셀 서비스율을 나타낸다. 그림에서 VC1이 4 msec동안 MCR로 스위치에 도착한 후에 공평성 기준에 다시 수렴하는 시간을 비교해보면 제안된 스케줄링 기법이 Nabeshima et al 기법의 수렴 시간보다 빠르고 대역 이용율이 높음을 알 수 있다.

표 4.1은 제안된 스케줄링 기법, Nabeshima et al 기법, WRR 기법의 각 VC의 서비스된 셀 수를 나타낸다. 따라서, 제안된 기법이 다른 두 기법보다 공평성 기준에 거의 일치한다는 것을 알 수 있다.

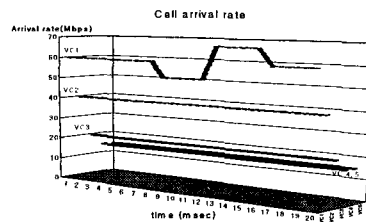


그림 4.2. 각 VC의 셀 도착율(VC1의 부하 < 1)

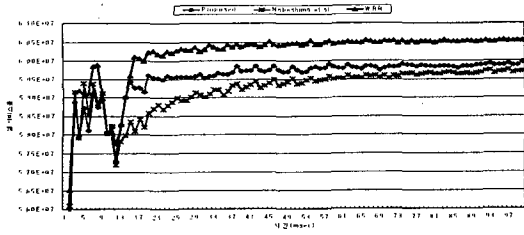


그림 4.3. 각 스케줄링 기법의 셀 서비스율(VC1)

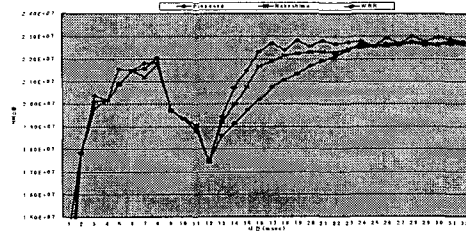


그림 4.5. 각 스케줄링 기법의 셀 서비스율(VC3)

표 4.1 각 VC의 서비스 셀 수(VC1의 부하<1)

기법	VC 1	VC 2	VC 3	VC 4	VC 5
공평성 기준	60000000	40000000	20000000	15000000	15000000
제안된 기법	59971100	39998410	19895920	14954490	14957490
Nabeshima 기법	59676050	38984740	19784840	14882970	14882970
WRR 기법	60583450	40349390	20081410	14153660	14153660

표 4.2 각 VC의 서비스 셀 수(VC3 load<1)

기법	VC 1	VC 2	VC 3	VC 4	VC 5
공평성 기준	50000000	30000000	23333333	23333333	23333333
제안된 기법	50000880	30022120	23241050	23258010	23028010
Nabeshima 기법	50067840	30122120	23041050	23049530	23049530
WRR 기법	52688260	30113640	23041050	21743560	21743560

2) Maximum of MCR or Max-Min share의 경우

시뮬레이션 파라미터는 VC3의 셀 평균 도착율이 Maximum of MCR or Max-Min share보다 작을 때의 상황을 고려하여 성능 측정을 하였다. 그림 4.4은 VC3의 셀이 스위치에 대역 할당 값보다 적게 도착할 때의 각 VC의 셀 도착율을 나타낸다.

그림 4.5은 VC3에 대한 3가지 스케줄링 기법의 셀 서비스율을 나타낸다. 그림에서 VC3이 4 msec동안 MCR로 스위치에 도착한 후에 공평성 기준에 다시 수립하는 시간을 비교해보면 제안된 기법이 Nabeshima et al 기법과 WRR 기법의 수립시간보다 빠르다는 것을 알 수가 있다.

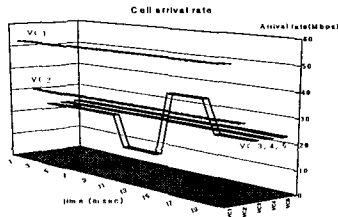


그림 4.4. 각 VC의 셀 도착율(VC3 load < 1)

표 4.2는 제안된 스케줄링 기법, Nabeshima et al 기법, WRR 기법의 각 VC의 서비스된 셀 수를 나타낸다.

V. 결론

본 논문에서는 ABR 서비스를 위한 대역 할당의 공평성 기준인 MCR plus equal share를 만족하는 스케줄링 기법이 제안되었다. 여러 가지 상황을 고려하여,

제안된 스케줄링 기법의 성능을 측정하였고, Nabeshima et al 기법, WRR 기법들과 비교 분석하였다. 시뮬레이션을 통하여 각 스케줄링 기법의 성능을 측정한 결과 제안된 기법은 신속한 응답 시간 및 다른 두 기법보다 공평성에 거의 근접하는 높은 공평성을 제공하여 다른 두 기법보다 좋은 성능을 보이는 것을 알 수 있었다. 따라서, 제안된 스케줄링 기법을 ATM 스위치에 수용하여 ABR 트래픽 서비스를 한다면 각 ABR VC들에게 MCR을 보장해 줄뿐만 아니라 공평한 대역을 할당해 줄 수 있으며 네트워크의 어떤 상황에서도 높은 공평성을 제공할 것으로 기대된다.

참고문헌(또는 Reference)

- [1] ATM Forum, "Traffic Management Specification, Version 4.1," ATM Forum Technical Committee, Mar. 1999.
- [2] M. Nabeshima, N. Yamanaka, "New Scheduling Mechanisms for Achieving Fairness Criteria," IEICE Trans. Commun., vol. E82-B, no. 6, pp. 962-966, June 1999.
- [3] 조해성, 정경택, 전병실, "BSW 기반의 WRR 셀 스케줄링 알고리즘," 한국통신학회 논문지, vol. 25, no. 11, pp. 1717-1723, Nov. 2000.
- [4] 정경택, "ATM 스위치의 폭주제어 및 최대링크 이용률을 위한 대역할당 알고리즘," 한국통신학회 논문지, Vol. 25, No. 11, pp. 1709-1716, Nov. 2000.