

지연 특성을 고려한 개선된 DWRR 셀 스케줄링 알고리즘

곽지영*, 김체훤*, 김두현**, 남지승*

*진남대학교 컴퓨터공학과 *고품질전기전자부품 및 시스템 연구센터 **한국전자통신연구원

전화 : (062) 530-0422 / 팩스 : (062) 530-1809

An Improved DWRR Cell Scheduling Algorithm based on the QoS of Delay

Ji-Young Kwak, Che-Hwun Kim, Du-Hyun Kim, Ji-Seung Nam

* Dept. of Computer Engineering Chonnam National University, RRC

** Electronics and Telecommunications Research Institute

E-mail : jykwak@mdclab.chonnam.ac.kr

Abstract

Scheduling algorithm proposed in this paper is based on both DWRR(Dynamic Weighted Round Robin) method and QLT(Queue Length Threshold) method. The proposed scheduling algorithm guarantees delay property of realtime traffic, not considered in previous DWRR method, with serving realtime traffic preferentially by using RR(Round Robin) method which service each channel equally and QLT algorithm that is dynamic time priority method. Proposed cell scheduling algorithm may increase some complexity over conventional DWRR scheme because of delay priority based cell transmission method. However, due to reliable ABR service and congestion avoidance capacity, proposed scheduling algorithm has good performance over conventional DWRR scheme. Also, delay property based cell transmission method in proposed algorithm minimizes cell delay and requires less temporary buffer size.

I. 서론

최근에 정보가 음성, 텍스트, 데이터, 그래프 및 동영상상이 포함된 멀티미디어 정보형태로 발전함에 따라 컴퓨터 통신망에서도 점차 데이터 및 음성으로부터 동영상의 정보전송이 가능한 광대역 정보통신 기능이 요구된다. 본 논문은 정보통신부 대학 기초 사업에 의한 것임

되고 있으며, 고속 LAN, WAN 및 광대역 정보 통신망이 개발되고 있다. 그 중에서 ATM(Asynchronous Transfer Mode)은 모든 정보를 셀(cell)이라는 고정 길이의 짧은 패킷에 실어서 전송하는 멀티플렉싱/스위칭 기술로서 광대역 종합 통신망(B-ISDN)에 가장 적합한 전송 방식으로 각광을 받고 있다. ATM 네트워크에서는 연결 설정 시에 각 연결이 요구하는 최대 전송률보다 낮은 대역폭을 할당하는 통계적 멀티플렉싱에 의해 한정된 대역폭을 효율적으로 사용하기 때문에 네트워크 상에서 보다 많은 연결 설정이 가능하지만, 많은 수의 트래픽 소스들이 동시에 활성화(active)될 경우, 네트워크 상에 과도한 트래픽이 유입되어 심각한 네트워크 혼잡이 발생할 수 있다[1]. 그러므로, 이를 적절히 예방하고 해결할 수 있는 트래픽 제어 기능이 요구된다[4]. 특히 기존의 데이터 네트워크와는 달리, ATM 네트워크에서는 여러 가지 트래픽이 혼재하는 멀티미디어 트래픽을 전송하기 때문에, 지연 특성 및 셀 손실 허용률과 같은 특성을 바탕으로 한 트래픽 제어가 반드시 수행되어야 한다.

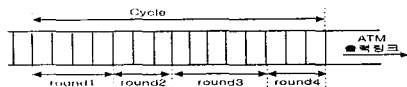
본 논문에서는 ATM 환경 하에서 다중 트래픽 속성을 지원하는 스위치 혹은 멀티플렉서에서 효율적인 성능을 나타내는 스케줄링 방안을 제시하기 위해, 기존의 셀 기반의 스케줄링 방안들을 고찰하였다. 이러한 과정을 통하여 기존의 방안들이 주로 CBR, VBR에 중심을 두는 방안을 제시함으로써, 현재 데이터 서비스를 위하여 각광받고 있는 ABR과 같은 트래픽 속성의 지원에 문제가 있음을 알아내었다. 그리고 주로 트래픽의 공정한 대역폭 할당에 관한 셀 스케줄링 방안들은 연구되었으나 트래픽의 서로 다른 지연 특성을 고

려한 셀 스케줄링 방안은 드물었다. 그래서, 본 논문에서 DWRR에서 고려하지 못한 실시간성 트래픽의 지연 특성을 보장하고, ABR 트래픽의 서비스에 대한 미비점을 보완하는 셀 스케줄링 방안을 제안하고, 그 성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 평가하였다.

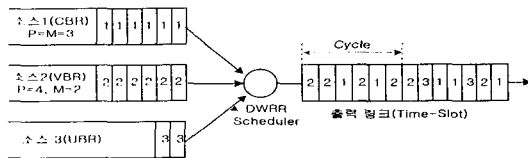
II. 기존 스케줄링 방안의 특성 및 문제점

II.1 DWRR(Dynamic Weighted Round Robin)

DWRR 스케줄링 알고리즘은 WRR[3][4]의 단점을 보완한 것으로 트래픽의 Peak Cell Rate(PCR)와 Mean Cell Rate(MCR)에 해당하는 두 변수 P, M을 사용하여, ATM 환경에서의 대역폭 할당과 관계된 PCR, MCR을 지원할 수 있다. DWRR은 그림1과 같이, 사이클을 주기로 하여 각각의 채널들을 서비스하는 라운드를 가지며, 한번의 라운드에서 출력 링크에 대하여 출력을 요구하는 채널들을 RR 형태로 셀 단위 전송 지원을 수행하도록 하고 있다. 그리고, 각각의 채널은 호 진입 시 요구된 PCR와 MCR에 따른 P, M 두 변수 값을 가지며, 하나의 채널이 셀 전송을 서비스 받는 경우는 두 변수의 값을 하나씩 줄이므로, 출력 링크에 대한 각 VCC들의 출력 상황 및 사이클 내에서 해당 링크의 전송 가능한 잔여 대역폭을 나타내도록 되어 있다.[5]



<그림1> 사이클과 라운드



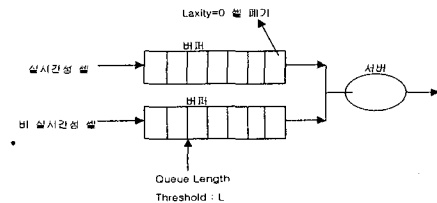
<그림2> DWRR 셀 스케줄링

CBR 트래픽은 PCR과 MCR이 동일한 값을 가지고, VBR 트래픽은 PCR이 MCR보다 큰 값을 갖는다. 이러한 특성을 고려하여 스케줄링을 하기 때문에 DWRR은 WRR[3][4]에 비해서 VBR 트래픽에 대해서 더 나은 성능을 보여준다. 즉, 제일 먼저 서비스하는 것은 CBR 소스와 MCR 이하의 VBR 트래픽이다. 다음으로 MCR이상 PCR이하의 VBR 트래픽이 서비스되고 마지막으로 UBR 트래픽이 서비스된다[5]. 그러나, 이 알고리즘에서 ABR 트래픽은 고려되지 않고 있다. 따라서, ABR 트래픽이 DWRR에 적용될 경우 ABR 소스는 VBR이나 UBR 트래픽으로 취급됨으로써 망의 전체적인 효율을 떨어뜨리고, 기존 다른 트래픽들의 QoS에 손실을 주는 단점을 가지고 있다. 그리고 이 알고리즘은 각 채널에 해당하는 트래픽의 PCR과 MCR에 따른

공정한 대역폭 할당을 제공하나, 각 채널에 해당하는 트래픽의 서로 다른 지연 특성을 고려하지 않고 있다.

II.2 QLT(Queue Length Threshold)

QLT 방식은 실시간 트래픽, 비실시간 트래픽 클래스를 입력 트래픽으로 가정한다. 이 방법은 큐에 대기 중인 비실시간 셀의 수가 임계치보다 많으면, 비실시간 트래픽을 우선적으로 서비스하고, 임계치보다 적으면 실시간 트래픽을 우선적으로 서비스한다[6]. 따라서 비실시간 트래픽이 실시간 트래픽보다 상대적으로 많은 경우, 비실시간 트래픽을 우선적으로 처리하게 되어 실시간 트래픽에서 상대적으로 많은 지연이 발생하게 된다. QLT는 모든 트래픽을 실시간과 비실시간으로만 분류하기 때문에, 실시간 트래픽 중에서도 서비스의 특성에 따라 셀 손실 및 지연 민감도가 서로 다른 트래픽들을 일률적으로 제어하게 되어 서비스 품질이 저하될 수 있다.



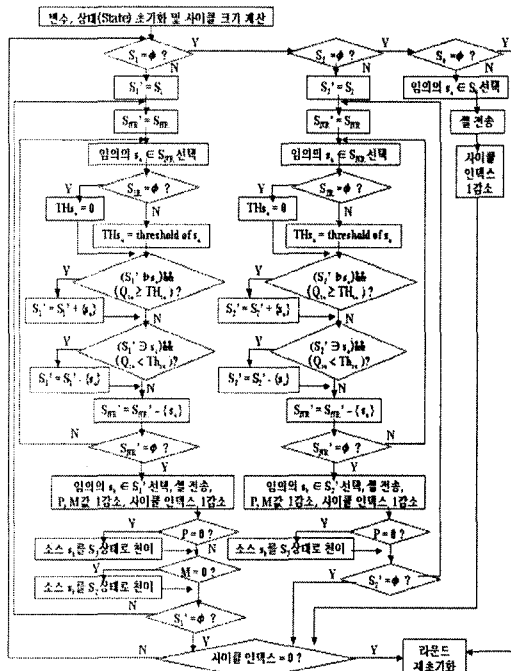
<그림3> QLT 우선 순위 제어 방식

III. 제안한 셀 스케줄링 알고리즘

본 논문에서 제안하는 스케줄링 알고리즘은 DWRR (Dynamic Weighted Round Robin) 기법[5]과, QLT (Queue Length Threshold) 기법[6]을 혼합한 방안이다. 제안한 셀 스케줄링 알고리즘은 II장에서 소개한 DWRR이 가지는 ABR 트래픽의 서비스에 대한 미비점을 보완하여 CBR, VBR의 지원뿐만 아니라 대역폭에 유연성을 지니는 ABR 트래픽의 서비스를 효과적으로 지원한다. 그리고 DWRR에서 각각의 채널이 동등한 우선순위로 서비스 받는 RR(Round Robin) 방식을 동적 시간 우선 순위 방식인 QLT 알고리즘과 혼합해서 사용하여 실시간성 트래픽을 우선적으로 서비스함으로써, 기존의 DWRR에서 고려하지 못한 실시간성 트래픽의 지연 특성을 보장하여 지연을 최소화하며, 버퍼의 크기를 감소시킨다.

ATM 계층에서 제공되는 멀티미디어 서비스에 대해 다양한 QoS를 제공하고 다양한 트래픽을 효율적으로 관리하기 위해, ATM Forum에서는 ATM 트래픽을 CBR, RT-VBR, NRT-VBR, ABR, UBR의 다섯 가지 서비스 클래스로 규정하고 있다. ATM 서비스 분류 중에서 CBR과 RT-VBR은 주로 오디오나 비디오 등의 실시간 서비스에 응용되어지며, NRT-VBR, ABR과 UBR은 실시간성이 요구되지 않는 데이터 서비스에 응

용되어진다[2]. 현재 ITU-T(International Telecommunication Union)과 ATM Forum 등에서 고려되는 서비스 품질 파라미터는 지연, 셀 손실률, 지연변이 등이 있으며, 이 중에서 지연은 멀티미디어 실시간 트래픽에 있어 정해진 최대 범위를 초과하는 경우 곧바로 셀 손실을 의미하게 되므로 매우 중요한 문제이다.



<그림4> 제안한 셀 스케줄링 알고리즘의 flowchart

따라서 지연 특성을 고려하기 위해서, CBR, rt-VBR 트래픽은 서비스 지연 시간에 민감한 실시간 트래픽이므로, 비실시간 트래픽인 nrt-VBR, ABR 트래픽보다 높은 우선순위를 제공한다면, 실시간 트래픽의 지연 시간을 줄일 수 있다. 그러나 실시간 트래픽의 지연 시간을 줄이기 위해 무조건 실시간 트래픽인 CBR, rt-VBR 트래픽을 비실시간 트래픽인 nrt-VBR, ABR 트래픽보다 먼저 서비스한다면, 실시간 트래픽을 서비스하는 동안 비실시간 트래픽은 계속 버퍼에 쌓여 언젠가는 버퍼의 오버플로우로 셀 손실이 발생하게 될지도 모른다. 이러한 오버플로우에 의해 손실된 셀들은 재전송을 통해 복원이 가능하지만 손실된 셀의 재전송으로 인하여 더 많은 트래픽들이 네트워크에 발생하여 네트워크의 혼잡을 가중시킬 수 있다. 따라서 비실시간 트래픽인 nrt-VBR, ABR 트래픽의 셀 손실을 막기 위해 적당한 임계치를 설정한다. 그런데, 임계치를 설정해서 RR 방식대신에 QLT 알고리즘을 사용한다면, 비실시간 트래픽이 실시간 트래픽보다 상대적으로 많은 경우, 비실시간 트래픽을 우선적으로 처리하게 되어 실시간 트래픽에서 상대적으로 많은 지연이 발생하

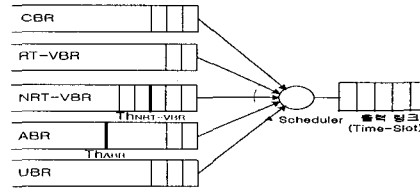
게 된다. 따라서 QLT 알고리즘과 RR 방식을 혼합해서, 비실시간 트래픽인 nrt-VBR, ABR 트래픽이 임계치를 넘지 않는 경우에는 실시간 트래픽인 CBR, rt-VBR 트래픽만을 RR 방식으로 서비스하고, 임계치를 넘어서면 임계치를 넘은 비실시간 트래픽도 실시간 트래픽과 함께 RR방식으로 서비스한다. 그러면, 실시간 트래픽의 지연시간을 줄이면서, 실시간 트래픽을 우선적으로 서비스함으로써 발생할 수 있는 비실시간 트래픽의 셀 손실을 방지할 수 있다. 또한, 비실시간 트래픽 중에서 nrt-VBR 트래픽의 임계치를 ABR 트래픽의 임계치보다 작게 설정함으로써, ABR 트래픽보다는 nrt-VBR 트래픽에 높은 우선순위를 제공한다.

- <기본 DWRR의 RR 방식 => QLT 알고리즘+RR 방식>
1. $S_R = \{ \text{CBR, RT-VBR 트래픽} \} \rightarrow$ 실시간 트래픽
 2. 비실시간 트래픽(NRT-VBR, ABR)의 소스 i에 대하여
 $Q_i \geq TH_i \rightarrow S_R = S_R + \{ \text{소스 } i \}$
 $Q_i < TH_i \rightarrow S_R = S_R - \{ \text{소스 } i \}$
 3. S_R 의 각 소스들을 RR(Round Robin) 방식으로 서비스

<표1> 기존의 DWRR과 제안한 알고리즘의 차이점

IV. 시뮬레이션 환경 및 분석

본 논문에서 제안하는 셀 스케줄링 방안을 적용하여 시뮬레이션을 하기 위한 시뮬레이션 모델은 그림5와 같다.



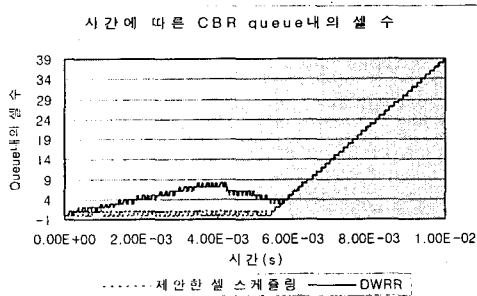
<그림5> 시뮬레이션 모델

시뮬레이션 모델링은 UltraSAN을 이용하였으며, 출력링크의 채널속도는 155Mbps로 설정하였다. 트래픽은 다섯 가지로 구성되어 있는데, 본 시뮬레이션에서는 보장해주어야 하는 트래픽 속성을 갖고 있는 CBR, rtVBR, nrtVBR, ABR에 대해서만 고려하였으며, 보장해주지 않아도 되는 best-effort에 해당하는 UBR 트래픽은 제외하였다. 그리고 각각의 트래픽 모델링은 표2와 같은데, CBR은 트래픽 발생이 고정적인 셀 발생 크기와 고정적인 셀간 간격을 가지므로 Deterministic한 발생분포로 모델링하였고, rtVBR, nrtVBR, ABR 트래픽은 셀 발생률과 셀간 간격도 일정하지 않아서, 가변적으로 데이터가 발생하고 버스티(bursty)한 특성을 가지므로 ON-OFF 소스로 모델링하였다. 제안한 셀 스케줄링 알고리즘을 그림5의 시뮬레이션 모델로 성능 평가한 결과는 그림6, 7과 같다. Queue 길이는 각 소스로부터 셀이 버퍼에 도착해서 출력 링크로 나가기까지의 지연 시간과 관련이 있다. 실제로 지연 시간을 측정하지는 않았지만, Queue 길이가 작아지면 작

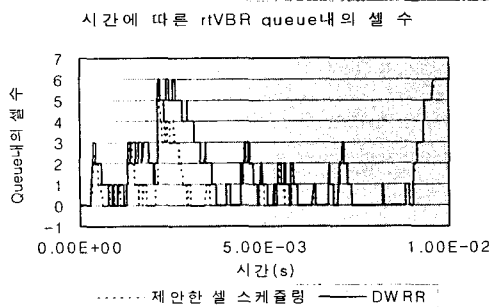
아절수록 Queue에 머무르는 시간이 작아지기 때문에 지연 시간도 작아진다고 할 수 있다. 따라서, 그림6, 7에서 보면 알 수 있듯이 제안한 셀 스케줄링 알고리즘은 실시간 트래픽(rtVBR, CBR)에 대해서 DWRR 알고리즘에 비해 더 나은 처리 지연 시간을 갖는다고 할 수 있다. 대신에, 상대적으로 비실시간 트래픽(nrtVBR, ABR)은 기존의 DWRR에 비해 더 긴 Queue 길이를 갖는다. 비실시간 트래픽은 어느 정도의 지연시간은 수용할 수 있으므로, 셀손실이 발생되지 않는다면 Queue 길이가 길어진다고 해서 문제될 것은 없다. 임계치를 너무 크게 설정하면, 비실시간 트래픽은 Queue에 너무 많이 쌓여 오버플로우에 의해 셀이 손실될 수 있다. 반대로, 임계치를 너무 작게 설정하면, 실시간 트래픽의 지연특성을 제대로 보장할 수 없다. 따라서, 실시간 트래픽의 지연특성도 보장하면서 비실시간 트래픽의 셀 손실을 방지할 수 있는 적당한 임계치를 선택하는 것이 중요하다.

CBR	Deterministic Distribution, $\lambda=0.00012$
rtVBR	ON-OFF, $\lambda=1.67e-4$, $E[tm]=0.005$, $E[tm]=1.43e-3$
nrtVBR	ON-OFF, $\lambda=1.64e-4$, $E[tm]=1.43e-3$, $E[tm]=0.005$
ABR	ON-OFF, $\lambda=1.69e-4$, $E[tm]=1.67e-3$, $E[tm]=1.67e-3$

< 표 2 > 각 소스의 트래픽 모델



< 그림 6 > nrtVBR threshold = 12, ABR threshold = 26



< 그림 7 > nrtVBR threshold = 12, ABR threshold = 26

V. 결론

본 논문에서 제안하는 스케줄링 알고리즘은 기존의 DWRR에서 고려하지 못한 실시간성 트래픽의 지연 특성을 보장하기 위하여, DWRR에서 각각의 채널이 동등한 우선순위로 서비스 받는 RR(Round Robin) 방식을 능적 시간 우선 순위 방식인 QLT 알고리즘과 혼합해서 사용함으로써 실시간성 트래픽을 우선적으로 서비스할 수 있다. 제안한 스케줄링 알고리즘은 기존의 DWRR에 비하여 지연 우선순위 기반의 셀 전송방식이 추가되어 복잡도가 다소 증가할 수 있으나, CBR, VBR의 지원뿐만 아니라 대역폭에 유연성을 지니는 ABR 트래픽의 서비스를 효과적으로 지원하며, 지연 우선순위 기반의 셀 전송 방식으로 셀들을 스케줄링함으로써 지연을 최소화하고 버퍼 크기를 감소시킬 수 있다.

시뮬레이션을 통해 제안된 알고리즘이 실시간 트래픽(CBR, rtVBR)에 대해서 기존의 DWRR 알고리즘에 비해 더 나은 처리 지연 시간을 가짐을 알 수 있었다. 또한 DWRR이 사이클의 크기를 정함에 있어서, VBR과 CBR만을 고려하였기에 발생하는 ABR 서비스의 비신뢰성을, 전체대역폭을 고려한 사이클 크기를 사용함으로써 개선하였다. 이를 통하여 손실에 민감하여 스위치 내에 많은 양의 버퍼를 필요로 하는 ABR 트래픽이 과다한 CBR, VBR 트래픽으로 인하여 우선순위에 밀려나기 때문에 서비스 되지 못하는 상황을 억제하여 신뢰성 있는 서비스를 보장하도록 하였다.

참고문헌(또는 Reference)

- [1] J. J. Bae and T. Suda, "Survey of Traffic Control Protocol in ATM Networks", IEEE GLOBECOM'90, pp. 1-6, 1990.
- [2] ATM Forum, "Traffic Management Specification Version 4.0", at-tm-0056.000, April. 1996.
- [3] M.Katevenis, S.Sidiropoulos, and C.Courcoubetis, "Weighted Round-Robin Cell Multiplexing in a General Purpose ATM Switch Chip", IEEE Journal on Selected Area in Communications, Vol.9, No.8, Oct. 1991.
- [4] Y.T.Wang, T.P.Lin and K.C.Gan, "An Improved Scheduling Algorithm for Weighted Round-Robin Cell Multiplexing in an ATM Switch", Proceedings of IEEE ICC94, New Orleans, Louisiana, USA, pp.1032-1037, May. 1994.
- [5] C.S.Wu, Gin-Kou Ma and Bao Shuh P.Lin, "A Cell Scheduling Algorithm for VBR Traffic in an ATM Multiplexer", Proceedings of IEEE Globecom95, Singapore, pp.632-637, November. 1995.
- [6] R.Chipalkatti, et al., "Scheduling Polices for Real-Time and Non-Real-time Traffic in Statistical Multiplexer", IEEE INFOCOM, pp.124-131, 1989.