

# ATM망에서 멀티미디어 서비스를 위한 셀 스케줄링 기법

정희원 김 남 희\*, 전 병 실\*\*

## Cell Scheduling Scheme for Multimedia Service in ATM Networks

Nam-Hee Kim\*, Byoung-Sil Chon\*\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는 기존의 smoothing scheme의 문제점을 개선한 향상된 WRR 셀 스케줄링 알고리즘을 제안하였다. 제안된 셀 스케줄링 알고리즘에서는 각 VC 큐에 실제로 입력된 멀티미디어 셀의 개수, 가중치 및 큐의 상태를 나타내는 변수를 사용하여, 가중치를 초과하여 셀이 입력된 버퍼와 가중치보다 셀이 적게 입력된 버퍼의 VC를 효율적으로 서비스할 수 있도록 하였다. 그리고 실시간 트래픽에 할당하고 남은 대역을 비실시간 트래픽에 제공함으로써 멀티미디어 서비스가 가능하도록 하여 서비스되는 평균 셀의 개수를 증가시키고, 버퍼의 길이를 감소시킬 수 있도록 하였다. 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 제안된 알고리즘의 성능을 평가하였으며, 그 결과 만족할만한 성능을 확인하였다.

### ABSTRACT

In this paper, we propose WRR cell scheduling algorithm that improve current smoothing scheme. In proposed cell scheduling algorithm, using the number of practical input cell in each VC and variable that indicate weight and state of queue, we could service VC of buffer efficiently that input cells over weight value and input cells smaller than weight value. And, we could service multimedia data by providing remained bandwidth after that allocate to real time traffic with non-real time traffic. In this result, the number of serviceable average cells were increased and length of buffer was decreased. Through the computer simulation, we evaluated the performance of proposed algorithm. According to the results, the proposed algorithm showed good performance.

### I. 서 론

ATM망에서 다양한 QoS(Quality of Service) 특성을 갖는 멀티미디어 트래픽을 수용하기 위해서는 각 트래픽의 특성에 맞게 서비스를 제공할 필요가 있고, 이를 위해서 트래픽 제어는 필수적이다. ATM망에서 망 폭주를 예방하기 위한 트래픽 제어기능으로는 연결 수락제어(connection admission control), 사용/망매개변수제어(usage/network parameter control), 우선순위 제어 및 선택적인 셀 폐기, 트래픽 형태 변환(traffic shaping), 망 자원 관리(network resource management), 고속 자원 할당(fast resource allocation) 등이 있다<sup>[1,2]</sup>. 이러한 트

래픽 제어 방법들 중 ATM 망 자원의 효율적인 사용을 위하여 연구되고 있는 분야중의 하나가 트래픽 흐름 제어이다. 트래픽 흐름 제어를 위해서는 각 스위치의 출력단에서 각 VC(Virtual Connection)에 공평한 대역을 할당할 수 있어야 하고 이를 수행하기 위해서는 셀 스케줄링 메커니즘이 상당히 중요한 역할을 한다. 셀 스케줄링의 성능을 결정하는 요소들은 트래픽의 통계적 특성, QoS 파라미터, 스케줄링 알고리즘이다. 이 중 스케줄링 알고리즘은 셀 스케줄링의 성능을 결정하는 가장 중요한 요소이다. 셀 스케줄링 알고리즘이 고려해야 할 사항은 트래픽 흐름의 분리, 셀 지연, 자원 이용률, 공정성, 알고리즘의 간편성, 알고리즘의 확장용이성 등이다<sup>[3,4]</sup>.

\* 전북대학교 BK사업단 기금교수 (nhk@mail.chonbuk.ac.kr) \*\* 전북대학교 전자정보공학부 교수 (bschon@moak.chonbuk.ac.kr)  
 논문번호 : K01148-0627, 접수일자 : 2001년 6월 27일

지금까지 연구되어온 셀 스케줄링 알고리즘의 일반적인 특징은 첫째 스케줄러는 셀 소스와 일정한 전송률  $r_s$ 로 협상한다고 가정하므로 대부분의 스케줄러는 각 셀 소스가 협상된 전송률을 위반하지 않는 한 일정한 성능을 보장하는 방식으로 구성된다. 둘째는 대부분의 스케줄러는 각각의 가상 연결에 하나의 큐가 할당되는 per-connection 큐잉을 사용한다. 또한, 대부분의 셀 스케줄러들은 작업 보존형(work conserving)과 비작업보존형(non-work conserving)의 두 가지로 분류되어 진다는 특징이 있다<sup>5)</sup>.

셀 스케줄링 방법에는 지연 특성을 고려한 방법과, 대역폭 할당을 기본으로 하는 방법, 그리고 우선 순위를 고려한 스케줄링 방법 등으로 나눌 수 있다. 첫 번째 방법의 대표적인 것으로 Deadline 스케줄링이 있다<sup>6,7)</sup>. 이 방법에서 입력되는 셀은 각 소스가 요구하는 QoS에 따라 큐에서의 목표 출발 시간(target departure time)을 갖게 된다. Deadline을 넘긴 셀의 처리는 스위치 구현에 의존하게 된다. 이 방법에서는 Deadline이 가장 촉박한 셀을 우선적으로 처리함으로써 QoS를 제공하고 폐기되는 셀의 수를 최소화한다. 두 번째 방법의 대표적인 것으로 WRR(Weighted Round Robin) 방법이 있다<sup>8)</sup>. 사이클(cycle)이라고 하는 고정된 시간동안 각 소스에 할당된 가중치(weight)에 따라서 서비스를 제공하는 방법이다. 가중치를 결정하는 기준은 각 소스에서 발생하는 데이터의 발생량이다. 하지만 고정된 가중치를 할당하기 때문에 VBR 트래픽과 같이 셀 발생률이 일정하지 않고, 가변적인 트래픽의 경우에 QoS를 제공하기 어렵다. 이러한 단점을 개선한 방법이 동적으로 가중치를 할당하는 DWRR(Dynamic Weighted Round Robin)이다<sup>9)</sup>.

세 번째 방법에는 다시 공간 우선 순위와 시간 우선 순위의 두 가지 방법이 있다. 그리고 시간 우선 순위 방법은 다시 고정(Static or Fixed) 우선 순위 방법과 동적 우선 순위 방법(DPS : Dynamic Priority Scheduling)으로 나눌 수 있고, 대표적인 것으로는 QLT(Queue Length Threshold), MLT(Minimum Laxity Threshold), DMLT(Double MLT) 등이 있다<sup>10)</sup>. 기존의 WRR 스케줄링 기법 중의 하나인 smoothing scheme은 셀 손실보다는 지연에 민감한 서비스 클래스인 CBR과  $\pi$ -VBR 트래픽에 대해 초점을 맞춘 WRR 스케줄링 알고리즘으로 멀티미디어 서비스를 함께 처리하는 경우 심각한 성능 저하를 일으키며, 셀 스케줄링의 중요한

선행 조건 중의 하나인 버퍼 관리 측면을 간과하여 버퍼 대기 지연, 셀 손실, 버퍼의 낭비 등의 문제들을 초래하게 된다<sup>11)</sup>. 따라서, 본 논문에서는 기존의 smoothing scheme의 문제점을 개선한 새로운 WRR 셀 스케줄링 알고리즘을 제안하였다. 제안된 셀 스케줄링 알고리즘에서는 각 VC의 큐에 실제로 들어온 셀의 개수를 표시하는  $QL_i$ 와 가중치를 나타내는  $W_i$ , 큐 상태를 나타내는  $Diff_i (QL_i - W_i)$ 의 추가적인 변수를 사용하여 가중치를 초과하여 셀이 입력된 버퍼와 가중치보다 셀이 적게 입력된 버퍼의 VC를 서비스할 수 있도록 하였다. 그리고, 실시간 트래픽에 할당하고 남은 대역을 비실시간 트래픽에 제공함으로써 멀티미디어 서비스가 가능하도록 하여 서비스되는 평균 셀의 개수가 증가하고 버퍼의 길이가 감소하는 효과를 얻을 수 있도록 하였다. 본 논문의 구성은 서론에 이어 2장에서 제안된 알고리즘의 베카니즘에 대해 기술하였고, 3장에서 시뮬레이션 모델을 제시하고 제시한 모델에서 시뮬레이션하여 기존의 셀 스케줄링 방법과 제안한 방법의 성능을 비교·분석하였다. 마지막으로 4장에서 결론을 맺었다.

## II. 제안된 WRR 셀 스케줄링 알고리즘

기존의 BSM과 smoothing scheme은 셀 손실보다는 지연에 민감한 서비스 클래스인 CBR과  $\pi$ -VBR 트래픽에 대해 초점을 맞춘 WRR 스케줄링 알고리즘으로, 멀티미디어 서비스를 함께 처리하는 경우 심각한 성능 저하를 일으킬 수 있으며, 셀 스케줄링의 중요한 선행 조건 중에 하나인 버퍼 관리 측면을 간과하여 버퍼의 대기 지연, 셀 손실, 버퍼의 낭비 등의 문제들을 초래할 수 있다. 본 논문에서는 기존의 smoothing scheme의 문제점을 개선한 새로운 WRR 셀 스케줄링 알고리즘을 제안하였다. 제안된 셀 스케줄링 알고리즘에서는 각 VC의 큐에 실제로 들어온 셀의 개수를 표시하는  $QL_i$ 와 가중치를 나타내는  $W_i$ , 큐 상태를 나타내는  $Diff_i (QL_i - W_i)$ 의 추가적인 변수를 사용하였고, 가중치를 초과하여 셀이 입력된 버퍼와 가중치보다 셀이 적게 입력된 버퍼의 VC를 서비스할 수 있도록 하였다. 서비스는 smoothing scheme의 constant delay scheduling algorithm에 의해서 각 round에 할당된 VC들의 목록을 전체 VC들에 대한 상태정보를 담고 있는 함수인 Variable\_Table( $QL_i, W_i, Diff_i$ )과

상호 비교하면서 재구성하게 된다. 제안된 알고리즘에서 사용되고 있는 함수 Variable\_Table은 각 VC의 버퍼 길이와 할당된 가중치에 대한 정보를 저장하고 있으며, 한 사이클의 매 round마다 정보를 갱신하게 된다. 제안된 알고리즘의 서비스 과정은 다음과 같다. 우선 한 사이클의 각각의 round에 smoothing scheme의 constant delay scheduling algorithm에 의해 할당된 VC를 배치하는데, 해당 VC의 큐가 비어있지 않는 경우에는 계속해서 smoothing scheme의 동작으로 서비스가 이루어진다. 그러나, Diff<sub>i</sub>값이 음인 VC, 즉 가중치보다 적은 수의 셀이 입력된 VC를 해당 round에 할당하는 경우에 기존의 알고리즘에서는 Diff<sub>i</sub>값이 음인 VC에 할당된 round의 슬롯을 비워서 보내게 되는데, 이런 문제를 해결하기 위해서 Diff<sub>i</sub>값이 음인 VC가 할당된 round에서 서비스를 받지 않는 VC중 Diff<sub>i</sub>값이 최대인 VC를 선택하여 해당 round의 슬롯을 할당하게 된다. 그리고 모든 VC의 Diff<sub>i</sub>값이 0이거나 서비스하고 있는 round에 속한 다른 VC의 Diff<sub>i</sub>값이 최대인 경우에는 ABR 트래픽에 우선 순위를 두고 ABR 트래픽이 존재하지 않는 경우, UBR 트래픽을 서비스할 수 있게 하였다. 이러한 버퍼 상태에 따른 셀 스케줄링 기법의 적용으로 기존 알고리즘의 문제점인 출력 셀이 없는 경우에 빈 슬롯에 대한 처리 미흡으로 인한 대역의 손실을 예방함으로써 전체적인 처리량을 높일 수 있고 많은 수의 셀이 차있는 버퍼에 대한 셀 지연 대기 시간을 줄일 수 있도록 하였다. 그리고, smoothing scheme과 제안된 셀 스케줄링 알고리즘에서 32개의 round에 각각 VC를 할당할 때 몇 개의 round에는 VC들이 할당되지 않는 경우가 발생하는데, 서비스가 이루어지지 않는 빈 round를 처리하지 않는 경우, 대역 할당 분포의 편차가 심하게 되고 대역 할당의 낭비를 초래하게 된다. 이를 해결하기 위해 ABR 트래픽에 우선 순위를 두고 ABR 트래픽이 없는 경우 UBR 트래픽을 처리하기 위한 round로 할당함으로써 실시간 서비스를 지원하는 네트워크에서 다양한 서비스를 지원하도록 하였다. 기존의 알고리즘은 CBR 트래픽과 rt-VBR 트래픽을 제외한 nrt-VBR, ABR, UBR 트래픽의 서비스 품질을 만족시키는데 문제점을 내포하고 있다. 즉, 버스티한 특성을 가지고 있는 nrt-VBR 트래픽이나 ABR 트래픽의 QoS를 만족하기 위해서는 버퍼 상태를 고려한 스케줄링

기법이 요구되는데 만약 버퍼가 차 있는 경우, 각 VC에 할당된 가중치만큼의 셀만을 서비스한다면 그 VC의 버퍼에 계속해서 셀들이 축적되어 버퍼 대기 지연이 커지며 최악의 경우에는 오버플로 현상이 발생하여 셀을 폐기할 수밖에 없는 상황에 이르게 된다. 즉, 트래픽에 대한 지연편차를 최소화하는 스케줄링 기법은 지연에 민감한 실시간 트래픽인 CBR과 rt-VBR 트래픽을 처리하는데 우수한 성능을 보인다.

그러나, nrt-VBR과 ABR, UBR 트래픽을 포함한 멀티미디어 서비스 처리에는 매우 미흡하고 각 VC의 큐 상태에 관계없이 서비스를 수행하기 때문에 버퍼 대기 지연 및 셀 손실을 초래할 수가 있다는 문제점이 있다. 따라서, 제안된 알고리즘에서는 이를 개선하기 위해서 다음과 같은 스케줄링 기법을 사용하였다. 제안된 알고리즘에서 사용된 함수와 변수는 다음과 같다.

- QL<sub>i</sub> : VC<sub>i</sub>의 큐의 길이
- W<sub>i</sub> : VC<sub>i</sub>의 가중치 (1 ≤ W<sub>i</sub> ≤ 32)
- VC<sub>i</sub> : Constant Delay Scheduling Algorithm에 의해서 각 round에서 서비스를 받게되는 VC
- VC<sub>j</sub> : 현재 할당되고 있는 round에서 서비스 받지 않는 VC
- Search() : VC<sub>i</sub>를 검색하는 함수
- Serve() : VC<sub>i</sub> 또는 VC<sub>j</sub>을 서비스하는 함수
- Variable\_Table( QL<sub>i</sub>, W<sub>i</sub>, Diff<sub>i</sub> ) : 각 VC의 큐의 길이, 가중치, ( QL<sub>i</sub> - W<sub>i</sub> )에 대한 정보 테이블
- Service\_Table( Round<sub>k</sub>, VC<sub>i</sub>, VC<sub>j</sub> ) : 전체 round에 각각 할당된 VC에 대한 정보 테이블

위에서 설명한 변수와 함수들을 이용하여 제안된 WRR 셀 스케줄링 알고리즘은 그림 2.1과 같은 pseudo-code로 나타낼 수 있다. 다음에 기술하는 pseudo-code에서 Variable\_Table은 매 round마다 갱신되며 Service\_Table은 한 사이클마다 갱신되어 한 사이클의 전체 round에 할당할 VC들을 미리 선정하여 서비스가 수행된다.

제안된 셀 스케줄링 알고리즘에 대한 흐름도를 그림 2.2와 2.3으로 나타낼 수 있다. 그림 2.2는 실시간 트래픽을 서비스하기 위한 흐름도로서, 버퍼 관리 기법이 적용되어 있고 그림 2.3은 비실시간 트래픽을 서비스하기 위한 흐름도로 멀티미디어 트래픽 처리를 위한 부분이다.

WHILE(Each  $VC_i$  is allocated in Kth round of the Service\_Table)

```

IF( $VC_i$  queue is empty)
    Search Max[  $QL_j - W_j$  ]  $VC_j$ 
    IF(Max[  $QL_j - W_j$  ]  $\neq 0$ )
        Allocate  $VC_j$  in the Kth round
         $QL_j = QL_j - 1$ 
    ELSE(Max[  $QL_j - W_j$  ] = 0)
    IF(There is a ABR source)
        Allocate ABR source in the Kth round
    ELSE
        Allocate UBR source in the Kth round
    END
END
ELSE(  $VC_i$  queue is not empty)
    Allocate  $VC_i$  in the Kth round
END
Update Variable_Table(  $QL_i, W_i, Diff_i$  )
K=K+1
IF(There is no allocated  $VC_i$  in the Kth round)
    IF(There is a ABR source)
        Allocate ABR source in the Kth round
    ELSE
        Allocate UBR source in the Kth round
    END
END
END
Call setup
Update the Service_Table( Roundk ,  $VC_i$  ,  $VC_j$  )
    
```

그림 2.1 제안된 셀 스케줄링 알고리즘

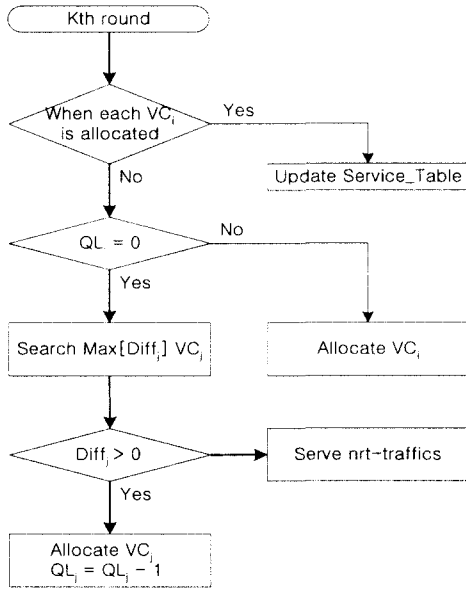


그림 2.2 실시간 트래픽 서비스를 위한 제안된 알고리즘의 흐름도

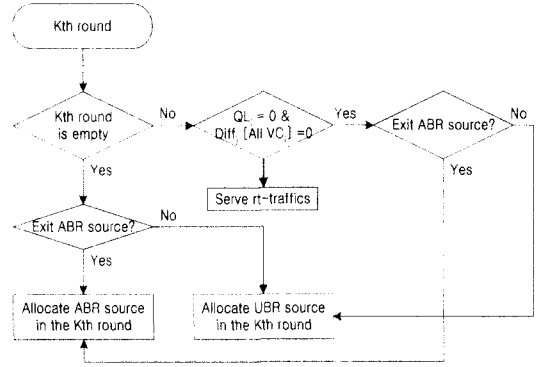


그림 2.3 비실시간 트래픽 서비스를 위한 제안된 알고리즘의 흐름도

제안된 알고리즘에서는 멀티미디어 서비스를 위하여, 서비스가 이루어지지 않는 round의 슬롯을 ABR과 UBR 트래픽에 할당하게 되는데, 입력 부하에 따라서 ABR과 UBR 트래픽에 대한 대역 할당에 제한을 두었다. 왜냐하면 출력 링크의 대역은 고정되어 있고 각 VC들이 자신의 전송률을 가지고 입력되는 경우, 입력 부하와 ABR, UBR 트래픽에 할당된 대역의 합이 출력 링크의 대역을 초과할 수 없기 때문이다.

출력 링크 대역( $BW_{total}$ )이 155M, 입력 부하가 Load%라고 할 경우에 식 2.1과 같이 비실시간 트래픽에 할당할 수 있는 대역이 남게 된다.

$$BW_{available} = BW_{total} - Load \cdot BW_{total} \quad (2.1)$$

예를 들어 식 2.1를 살펴보면,

부하가 80%인 경우 ( $Load_{80\%}, BW_{total} = 128M$ )

$$\begin{aligned}
 BW_{available} &= BW_{total} - Load \cdot BW_{total} = (1 - Load)BW_{total} \\
 &= (1 - 0.8) \times 128 \\
 &= 25.6 [M]
 \end{aligned}$$

부하가 80%인 경우, 25.6 [M]의 여분의 대역이 남는다. 또한

부하가 99%인 경우 ( $Load_{99\%}, = 128M$ )

$$\begin{aligned}
 BW_{available} &= BW_{total} - Load \cdot BW_{total} = (1 - Load)BW_{total} \\
 &= (1 - 99\%) \times 128M \\
 &= 1.28 [M]
 \end{aligned}$$

부하가 99%인 경우, 1.28[M]의 여분의 대역이 남는다. 위의 예처럼 입력 부하에 따라 사용 가능한 여분의 대역이 달라지게 되고, 이에 따라 연결 설정이 가능한 비실시간 트래픽의 수도  $BW_{total}$  결정된다.

본 논문에서는 연결 설정 가능한 ABR 트래픽의 수만을 고려하였다. 이는 ABR 트래픽은 자신의 MCR(Minimum Cell Rate)값이 네트워크에서 보장

받아야 하지만 UBR 트래픽에 대해서 망이 폭주 상태에 있는 경우 어떠한 QoS도 보장하기 않기 때문이다. 식 2.3은 입력 부하에 따른 연결 설정이 가능한 ABR 트래픽의 수를 나타낸다.

$$BW_{available} \geq MCR_1 + MCR_2 + \dots + MCR_N \quad (2.3)$$

$$\geq \sum_{i=1}^N MCR_i$$

$$\sum_{i=1}^N PCR_i \quad (2.4)$$

입력 부하량에 따른 ABR 트래픽의 수는 식 2.3을 만족해야하는데 전체 ABR 트래픽의 PCR(Peak Cell Rate)값의 합을 나타내는 식 2.4는 사용 가능한 남은 대역을 초과해도 무관하다. 그래서 식 2.3을 만족하지 않는 경우 나머지 ABR 트래픽에 대해서는 연결이 설정되지 않게 된다.

### III. 시뮬레이션 및 성능 평가

#### 3.1 시뮬레이션 환경

시뮬레이션 모델은 그림 3.1에서와 같이 N개의 입력 소스와 매 타임 슬롯마다 특정 입력 소스를 선택하여 서비스하는 스케줄러 및 스케줄러에 의해 선택된 셀들이 출력 링크로 빠져나가기 전에 잠시 대기하는 출력 버퍼로 구성되어 있다. 스케줄러는 WRR 셀 스케줄링 방식으로 동작하며, Variable\_Table에 의해 미리 작성된 Service\_Table을 참조하여 서비스를 수행하게 된다.

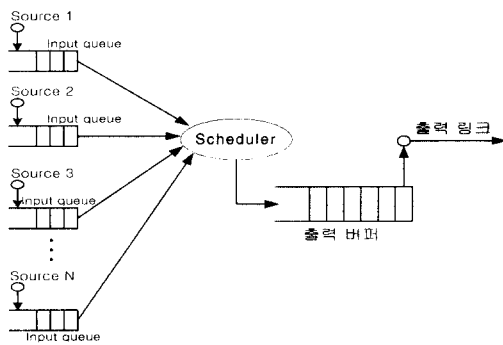


그림 3.1 시뮬레이션 모델

시뮬레이션 환경에서 출력 링크의 용량은 128Mbps이고 실시간 트래픽에 할당된 대역과 VC의 개수는 입력 부하에 따라 변화를 주었으며, 비실시간 트래픽에 대해서는 이용 가능한 남은 대역의

30%을 할당하였다. 표 3.1은 입력 부하에 따른 실시간 트래픽의 개수와 할당 대역을 나타내고 있다.

표 3.1 입력 부하와 대역에 따른 실시간 트래픽의 개수

부하 전송률	50%	70%	80%	95%
8M	0	4	4	4
4M	4	4	4	8
2M	8	8	8	8
1M	16	8	16	16
0.5M	16	16	16	16
256K	16	16	16	16
128K	16	16	16	16
64K	32	32	32	32

#### 3.2 시뮬레이션 결과 및 분석

표 3.1의 시뮬레이션 환경에서 시뮬레이션을 수행하여 기존 알고리즘과 제안된 알고리즘을 서비스되는 평균 셀 수, 최대 버퍼의 크기, 대역 할당의 공평성, 서비스 편차의 측면에서 그 결과를 실시간 트래픽만 존재하는 경우와 비실시간 트래픽이 공존하는 두 개의 상황에서 비교, 분석하였다. 그리고 CBR 트래픽과 UBR 트래픽은 시뮬레이션 환경에서 제외가 되었는데, 그 이유는 전자에 대해서 완벽한 QoS가 보장된다고 가정했기 때문이고, 후자에 대해서는 망 상황에 따라 어떠한 QoS도 보장될 수 없기 때문이다.

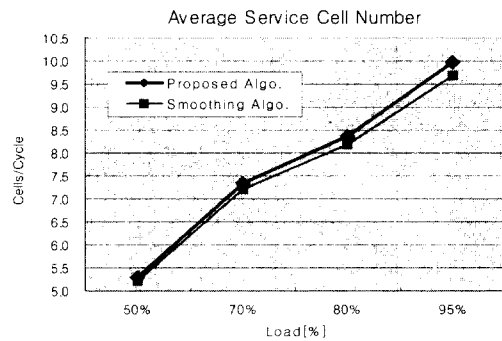


그림 3.2 부하에 따른  $U_F$  값(실시간 트래픽)

그림 3.2는 실시간 트래픽만을 서비스하는 경우 파라미터  $U_F$ 의 값을 비교한 그래프이다. 파라미터  $U_F$ 는 한 사이클에서 서비스되는 전체 셀의 수를 round의 개수로 나눈 값으로 한 개의 round에서 평균 서비스되는 셀의 수를 나타내고 단위는 [cells/round]이다. 그림에서와 같이 제안된 알고리즘이 기

존의 알고리즘보다 약간의 우수한 성능 향상을 보이고 있다. 기존의 알고리즘에서는 가중치보다 적은 수의 셀이 입력된 VC에 할당된 슬롯 중에서 빈 슬롯을 처리하지 않는데 비해 제안된 셀 스케줄링 알고리즘에서는 빈 슬롯에 해당 round에서 서비스를 받지 않는 VC중에서 큐의 길이와 가중치의 차가 가장 큰 VC의 셀을 대신 할당하기 때문에 평균 서비스되는 셀의 수가 많아지게 되기 때문이다. 제안된 스케줄링 알고리즘에서는 이러한 버퍼 상태 관리 기법으로 버퍼에 셀이 많이 차 있는 VC의 버퍼 대기 지연 시간을 줄일 수가 있으며, 그 결과 전체적인 평균 큐의 길이도 감소하였다.

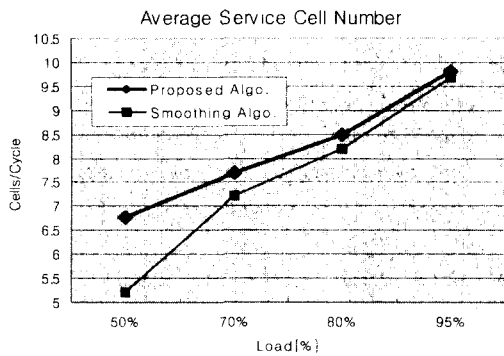


그림 3.3 부하에 따른  $U_F$  값 (실시간 · 비실시간 트래픽)

그림 3.3은 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽을 함께 서비스하는 경우에 한 개의 round에서 서비스되는 평균 셀의 수를 나타낸다. 그림 3.2과 비교하면 성능향상을 보이고 있는데, 그림 3.2와 다른 점은 부하가 증가함에 따라서 한 round에서 평균 서비스되는 셀 수의 증가율이 작아짐을 알 수 있다. 왜냐하면 부하가 작은 경우 빈 round와 빈 슬롯이 많아지게 되어 그만큼 비실시간 트래픽을 서비스할 확률이 높아지게 되지만 부하가 증가할수록 실시간 트래픽을 처리하는데 대부분의 슬롯을 할당하기 때문에 남은 빈 슬롯이 적어지게 되어, 그 결과 비실시간 트래픽이 서비스를 받을 기회가 줄어들게 되기 때문이다.

그림 3.4는 실시간 트래픽만을 서비스하는 경우 부하에 따른 평균 버퍼의 길이를 나타내고 있는 그래프이다. 그림에서 보는 바와 같이 부하가 증가함에 따라 제안된 알고리즘에서 평균 버퍼 길이의 증가율이 작아지는 향상된 성능을 보이고 있다.

기존의 알고리즘에서는 가중치를 초과하여 입력된 셀에 대한 처리를 하지 않기 때문에 전체 VC에

할당된 가중치 값의 합보다 적은 셀을 서비스하게 되는데 부하가 증가할수록 전체 VC에 할당된 가중치 값의 합과 실제로 서비스되는 셀의 수와의 차이가 증가하여 평균 버퍼의 길이가 커지게 된다. 그러나 제안된 셀 스케줄링 알고리즘에서는 부하가 증가할수록 전체 VC에 할당된 가중치 값의 합과 실제로 서비스되는 셀의 수와의 차에 대해서 버퍼 상태를 고려한 스케줄링으로 인하여 버퍼 증가율이 감소되는 결과를 얻게 되었다.

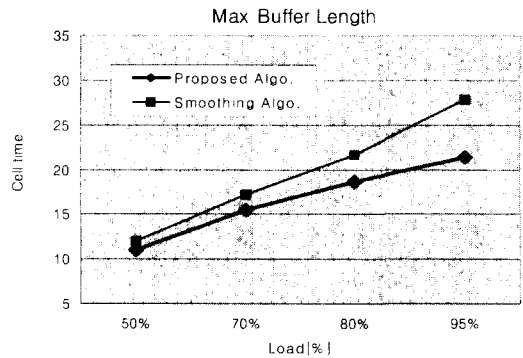


그림 3.4 최대 버퍼의 길이(실시간 트래픽)

그림 3.5는 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽을 함께 서비스하는 경우 평균 버퍼의 길이를 나타내는 그래프이다. 그림 3.4와는 다르게 부하가 증가함에 따라 제안된 셀 스케줄링 알고리즘에서는 평균 버퍼의 길이가 더 커짐을 볼 수가 있다.

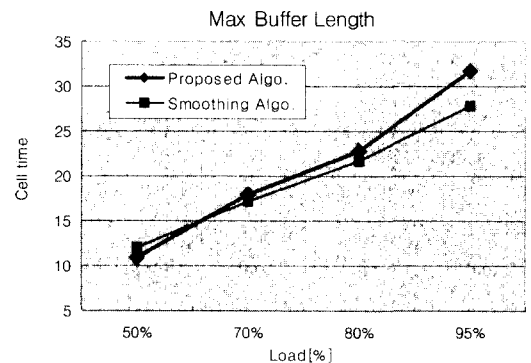


그림 3.5 최대 버퍼의 길이(실시간 · 비실시간 트래픽)

부하가 50%인 경우에는 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽을 모두 처리할 수가 있기 때문에 제안된 알고리즘이 기존의 알고리즘에서보다 버퍼의 길이가 약간 작아지지만, 부하가 증가할수록 실시간 트래픽

의 처리에 대부분의 슬롯을 할당하기 때문에 남은 빈 슬롯이 적어지게 되고, 그 결과 비실시간 트래픽이 서비스를 받을 기회가 줄어들게 되어 비실시간 트래픽의 버퍼 길이가 증가하게 된다. 결국 부하가 증가할수록 평균 버퍼의 길이도 커지게 되는데, 이는 비실시간 트래픽의 연결 설정에 제한을 줌으로써 해결할 수 있게 될 것이다.

그림 3.6은 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽을 함께 서비스하는 경우에 부하에 따른 서비스의 편차를 보여주고 있다. 부하가 작은 경우 현저한 성능 저하를 보이고 있는데, 부하가 적은 경우 비어있는 round에 비실시간 트래픽을 할당하게 되고, 이러한 비실시간 트래픽이 전체적인 서비스 표준편차를 악화시키는 결과를 초래하기 때문이다.

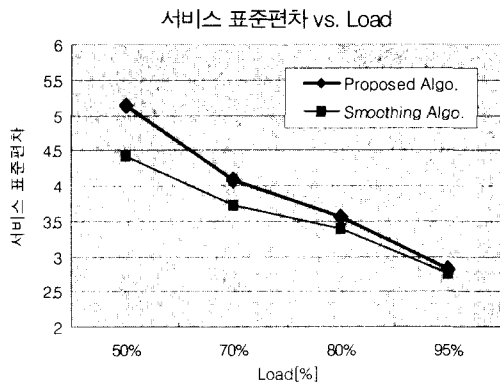


그림 3.6 부하에 따른 서비스 표준편차 (실시간·비실시간 트래픽)

#### IV. 결 론

셀 스케줄링 알고리즘은 짧은 시간에 모든 계산을 수행해야 하므로 계산 복잡도가 작아야 한다. 이에 적합한 알고리즘이 WRR 알고리즘이다. 이러한 WRR 알고리즘을 개선한 BSM과 smoothing scheme과 같은 여러 알고리즘이 제안되었으나 편협한 성능 개선의 문제를 내포하고 있다. BSM과 smoothing scheme은 실시간 트래픽에 적합한 스케줄링 기법으로 멀티미디어 서비스를 위한 결함을 가지고 있으며 버퍼의 상태를 간과한 스케줄링으로 대역 할당에 낭비를 초래하게 된다. 본 논문에서는 이러한 문제점들을 개선한 WRR 셀 스케줄링 알고리즘을 제안하였다. 그리고 기존 알고리즘과 제안된 알고리즘의 시뮬레이션을 수행하고 성능을 평가하여 그 결과를 비교, 분석하였다. 시뮬레이션 결과에서

제안된 알고리즘이 기존의 알고리즘보다 최대 버퍼 크기는 8%~23%, 평균 서비스 셀 수는 최대 22%, 대역 할당의 공평성은 최대 9.5%까지의 향상된 성능을 확인할 수 있었다. 결과적으로 전체 트래픽에 대한 버퍼 관리와 효과적인 대역 할당으로 throughput을 높였으며 버퍼 용량을 줄였다. 향후, 연구과제는 실시간 트래픽의 지연편차를 줄이면서 비실시간 트래픽의 수율을 향상시킬 수 있는 안정된 스케줄링 기법의 연구가 필요하다.

#### 참 고 문 헌

- [1] ITU-TS Recommendation I.311, "B-ISDN General Network Aspects," Geneva. 1991.
- [2] A. Y. Lin and J. A. Silvestre, "Priority queueing strategies and buffer allocation protocols for traffic control at an ATM intergrated broadband switching system," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 9, no. 9, pp. 1524-1536, Dec. 1991.
- [3] H. J. Chao and I. H. Pekcan, "Queue Management with Multiple Delay and Loss Priorities for ATM Switches," *Proc. ICC. 94*, pp. 1181-1189, 1994.
- [4] T. Wang, T. Lin, and K. Gan, "An Improved Scheduling Algorithm for Weighted Round-Robin Cell Multiplexing in an ATM Switch," *Proc. ICC'94*, vol. 2, pp. 1032-1037, 1994.
- [5] Yao-Tzung Wang, Tzung-Pao Lin, Kuo-Chung Gan, "An Improved Scheduling Algorithm for Weighted Round-Robin Cell Multiplexing in an ATM Switch," *IEEE*, pp. 1032-1037, 1998.
- [6] Sung Won Lee, Dong Ho Cho, Yong Ki Park, "Improved Dynamic Weighted Cell Scheduling Algorithm based on Earliest Deadline First Scheme for Various Traffics of ATM Switch," *Proceedings of the IEEE Globalcom*, vol. 3, pp. 1959-1963, Nov. 1996.
- [7] 이상태, 김남희, 노기용, 전병실, "ATM 스위치에서의 QoS 향상을 위한 출력큐잉 제어 기법에 관한 연구", *한국통신학회논문지* vol. 24, no. 5B, pp. 839-849, 1999.
- [8] J. S. Cha, C. Oh, K. Kim, "A Two-phased Weighted Fair Queueing Scheme for Improving CDV and CLP in ATM networks,"

