

# 무선 ATM 서비스를 위한 지연 적응적인 스케줄링 방법

정희원 예병호\*, 김해숙\*, 이성창\*\*

## Delay Adaptive Traffic Scheduling Algorithm for Wireless ATM Services

Byung-Ho Yae\*, Hae-Sook Kim\*, Sung-Chang Lee\*\* *Regular Members*

### 요약

본 논문은 비동기 전송 방식인 ATM 서비스를 수용하기 위하여 무선 단말을 대상으로 전송순서를 결정하는 기지국에서의 셀 스케줄링에 대한 내용이다. 무선 ATM 망에서는 유선 망에서 제공되고 있는 음성, 데이터 및 영상과 같은 다양한 형태의 사용자 요구에 대한 서비스 질을 만족시키면서 수용하는 것이 가장 중요한 요구사항으로 전제되어야 한다. 기본적으로 이러한 요구 사항을 효과적으로 해결하기 위한 방법은 단말과 기지국간의 무선 채널 구간에서의 자원관리와 오류 제어 및 트래픽 특성을 고려한 전송 순서의 결정에 해당되는 스케줄링 방법이며, 이를 위해서는 관리의 주체가 기지국이 되는 중앙 제어 방식이 바람직한 것으로 제시되고 있다. 본 논문에서는 이러한 기술 요소 중에서 트래픽 설정 단계에서 제공되는 트래픽 특성 및 QoS 정보를 바탕으로 망에서 발생하는 전달 지연 시간에 적응적인 스케줄링 방법을 제시한다. 또한 본 방법은 ATM 서비스와 같이 혼합된 트래픽 특성을 갖는 구조에서 트래픽 구성비율에 따라 적용되는 지연 여유치를 매우 융통성 있고 효과적으로 조절할 수 있는 방법을 제공한다. 그리고 시뮬레이션을 통해 제안된 방법에 대한 서비스 질과 성능적인 요소들을 확인할 수 있었다.

### ABSTRACT

This paper discusses cell scheduling policy for a wireless asynchronous transfer mode(ATM) service in base station. One challenging requirement is that mobile systems convey of diverse types of information including voice, computer data, and image data that have different quality of service constraints. Basically, a key challenge in the design of wireless ATM services is to manage radio link resource and to control error in radio environment, and also scheduling policy determines the order in which queued packets are served. The proposed delay adaptive scheduling policy is performed on the basis of traffic descriptors and QoS parameters, which required in the connection set up phase. As a consequence, this scheduling policy is very flexible and can accommodate different traffic rate and delay constraints such as ATM traffic. The simulation result shows that average performance for delay sensitive and insensitive services is found to be well within its performance bound.

### I. 서론

지금까지 유선 망에서의 서비스 질에 대한 요구

사항은 일반적으로 흐름 단위의 자원 예약과 패킷 단위의 자원 할당 및 패킷 스케줄링 방법의 조합에 의하여 만족시켜 왔다. 그러나 패킷 셀룰라 환경에서는 사용자의 이동성과 무선 채널의 오류로 인하여

\* 한국전자통신연구원 ATM보전팀(bhyae@etri.re.kr),  
논문번호 : 99014-0120, 접수일자 : 1999년 1월 20일

\*\* 한국항공대학교 통신정보공학과(sclee@hangkong.ac.kr)

자원 예약과 공평한 패킷 스케줄링 방법을 사용하는 데 어려움이 있다. 반면 최근까지 패킷 셀룰라 망에서의 이동 흐름 단위의 자원 예약 방법에 대해서는 많은 연구가 진행되고 있지만 무선 망에서의 공평한 패킷 스케줄링과 관련된 문제점에 대해서는 아직까지 활발하게 진행되고 있지 않다. 더욱이 다양한 트래픽 특성과 서비스 질에 대한 요구사항으로 구성되는 상호 이질적인 ATM 서비스를 무선 망에서 수용하기 위해서는 실시간 서비스에 대한 지연 제한, 비실시간 서비스에 대한 지연 여유, 손실 여유, 군집성 등으로 구분되는 CBR, VBR, ABR, UBR 트래픽에 대하여 서비스 우선 순위, 여유 대역폭의 사용, 서비스 공평성 등을 고려하여야 한다. 이러한 ATM 서비스를 위해서는 연결 설정 단계에서 동작하는 연결 허가 제어(Call Admission Control: CAC) 및 자원 할당 방법과 연계하여 각각의 패킷을 전송하는 단계에서 적용되는 스케줄링 방법이 기본적인 구조를 이루고 있다<sup>1)</sup>. 이들 기능 중에서 시스템 성능에 가장 큰 영향을 미치는 요소가 일반적인 스위치 노드에서의 패킷 전송 순서를 결정하는 서비스 원칙으로 구분되는 패킷 스케줄링 방법이며, 본 논문에서는 기지국과 무선 단말을 대상으로 셀 환경에서 기지국이 다음 패킷 전송 단말의 순서를 결정하는 방법에 해당한다. 이러한 패킷 스케줄링 방법의 일반적인 원칙은 상호 트래픽 요소들에 대한 독립성이 보장되어야 하며, 휴지 상태에 있는 자원에 할당되어 있거나 할당되지 않은 대역폭의 이용 방법과 통계적 다중화 방법의 적용, 적절한 지연 및 손실율의 유지, 서비스 질에 대한 일관성이 유지 되어야 하며, 다수의 연결에 대하여 공평한 서비스가 제공되어야 한다<sup>1)</sup>.

$C \cdot \Delta t \cdot (r_f / \sum_{i \in B(t)} r_i)$ 로 주어지며, 여기서  $B(t)$ 는 시간  $t$ 에서의 전송할 패킷을 가지고 있는 연결들의 집합을 나타낸다. 이러한 기본적인 개념을 바탕으로 제안된 방법들이 Weighted Fair Queuing (WFQ)<sup>2)</sup>이며, Packet Generalized Processor Sharing (PGPS)<sup>3)</sup>로도 표현되고 있다. 또한 보다 정확한 FFQ 모델을 따를 수 있도록 개선된 방법이 WF2Q<sup>4)</sup>이며, 실제로 구현상의 복잡함을 배제하여 패킷 전송 순서를 결정하는데 기준이 되는 서비스 시작 및 종료 시간을 계산하는 절차를 간소화 하여 ATM 방식과 같은 고속 전송에 적합하도록 제안된 방법들이 Self-Clocked Fair Queuing (SCFQ)<sup>5)</sup>, Start-Time Fair Queuing (STFQ)<sup>6)</sup>이다. 이상에서

설명한 스케줄링 방법을 무선 ATM 환경에서 적용하는데 있어 가장 큰 영향을 미치는 두 가지 요소는 군집성의 무선 채널상의 오류 발생과 단말의 위치와 밀접한 관계를 갖는 채널 용량과 오류 발생율의 변화이다. 그리고 기지국에서 각 단말을 대상으로 효과적인 전송 순서를 결정하기 위해서는 각 단말에 대한 패킷의 도착 트래픽 정보를 알 수 있어야 하나 이를 위해서는 상향 링크상에서 여분의 정보가 포함되어야 하며 이것은 무선 환경에서의 매체 접근 방법과 연계하여 고려되어야 할 사항이다. 무선 망에서 가장 흔하게 적용되고 있는 패킷 스케줄링 방법은 Fluid Fair Queueing (FFQ) 모델을 사용하고 있으며, 이것은 용량  $C$ 인 하나의 채널을 여러 개의 패킷 흐름들이 주어진 비율에 따라 분배되어 마치 유체의 흐름과 같이 모델화한 것이다. 즉, 모든 패킷 흐름  $f$ 에 대하여 가중치  $w_f$ 를 할당하면 주어진 미소 시간 구간  $t$  동안 전송할 패킷을 저장하고 있는 연결  $f$ 에 할당되는 채널 용량은

따라서 본 논문에서는 지금까지 ATM 방식의 고속 유선 망에서 가장 효과적인 패킷 스케줄링 방법으로 제시된 SCFQ 방식을 대상으로 무선 환경에서 군집성 및 위치에 따른 채널 오류 등 고려되어야 할 요소를 포함한 가장 적절한 패킷 스케줄링 방법을 제시하며, 동시에 다양한 형태로 분류되는 ATM 트래픽 특성을 고려한 요소들을 대상으로 시뮬레이션을 통하여 얻어진 결과와 비교한다. 이러한 결과를 통하여 본 논문에서는 무선 ATM 환경에서의 패킷 스케줄링 방법을 구현하는데 있어 고려되어야 할 요소들을 검토하며, 전달 지연 및 처리율에 대한 한계치 등 성능적인 요소들을 분석함으로써 실제적으로 무선 ATM 방법을 실현하는데 있어 가장 이상적인 방법을 제시하는데 목적이 있다.

본 논문의 구성은 II장에서 유무선 통신망에서 적용되고 있는 스케줄링 방법에 대한 배경을 살펴보고, III장에서는 단말과 기지국간의 시스템 구성 및 무선 구간에서의 데이터 전달구조를 설명하며, IV장에서는 본 논문에서 적용하고 있는 ATM 트래픽에 대한 특징과 QoS 요소들을 살펴보고, V장에서는 제안된 방법에 대한 처리과정을 설명하며, VI장에서는 시뮬레이션 과정과 결과를 분석하며, VII장에서는 제안된 방법에 대한 결론과 추후 연구추진 방향에 대하여 기술한다.

## II. 배경

1. ATM QoS

ATM 망에서의 QoS 변수는 개별적인 트래픽에 대한 요구사항을 규정하는 것으로써 가상 회선 단위로 미리 설정된 대역폭, 지연, 지연변이 등을 보장할 수 있어야 한다. ATM 포럼<sup>[9]</sup>에서 규정한 서비스 분류는 표 1과 같이 분류할 수 있으며<sup>[8]</sup>, 각 서비스별 적용되는 QoS 요소들을 표시하고 있다. VBR 트래픽은 최대 CTD에 따라 실시간과 비실시간 VBR로 구분되며, ABR 및 UBR은 VBR 트래픽의 시간적인 대역폭 변화에 따른 여유분을 효과적으로 활용할 수 있도록 한다. UBR 서비스는 피드백 방식을 제공하지 않으며, 망에서 체증이 발생하면 셀이 유실되는 트래픽이다. 반면 ABR 서비스는 송신측에서 망으로부터 자원관리 셀을 통한 여유 대역폭 및 체증 상태 정보를 받아 이에 따른 송신측의 전송률을 조절하는 기능을 수행한다.

표 1. ATM QoS 변수

Notation	CBR	rtVBR	nrtVBR	ABR	UBR
CDV	O	O			
CDVT	O	O	O	O	O
CLR	O	O	O	O	
CTD	O	O			
MBS		O	O		
MCR				O	
PCR	O	O	O	O	O
SCR		O	O		

2. Fair Queueing Algorithms

일반적으로 유선망에서의 Fluid Fair Queueing에 대한 정의는 다음과 같이 설명된다<sup>[3][8]</sup>.

$$\left| \frac{W_i(t_1, t_2)}{\phi_i} - \frac{W_j(t_1, t_2)}{\phi_j} \right| \approx 0 \tag{1}$$

여기서  $W$ 는 해당 연결에 대한 전송량을 나타내며, 는 해당 연결에 가중치를 나타내며 어떠한 요소들을 기준으로 할당하느냐에 따라 다양한 형태의 특성을 갖는 기능을 구성할 수 있다. 그리고 이 정보는 주어진 시간동안 해당 연결에 대하여 전송이 허용되는 비트 수 또는 패킷 수로 대응된다. 이상적으로 공평한 서비스를 제공하려면  $[t1, t2]$  시간 간격에서 위의 식 (1)이 0에 가깝도록 하는 것이며, 이것은 할당된 가중치에 비례한 만큼의 전송이 이루어졌다는 것을 의미한다. 그리고 특정 흐름에 대하

여 보장되는 전송률은 다음 식으로 주어진다.

$$g_i = \frac{\phi_i}{\sum_{j \in F} \phi_j} C \tag{2}$$

여기서  $C$ 는 링크의 전송률을 나타내며,  $F$ 는 링크상의 모든 연결의 집합을 나타낸다. 그리고 임의의 시간 간격에 있어 개별적인 연결의 실효 전송량은 식 (2)를 이용하여 해당 시간 간격을 곱한 값으로 다음과 같이 주어진다.

$$W_i(t_1, t_2) = \frac{\phi_i}{\sum_{j \in B(t)} \phi_j} C \cdot (t_2 - t_1) \tag{3}$$

여기서  $B(t)$ 는 시간  $t$ 에서 전송할 정보를 갖고 있는 연결의 집합을 나타내며, 이것은  $[t1, t2]$ 에서 변경되지 않기 때문에 서비스율의 순간 증가율은 다음과 주어진다.

$$g_i^{inst} = \frac{\phi_i}{\sum_{j \in B(t)} \phi_j} C \tag{4}$$

이상에서의 내용은 비트 단위의 전송을 고려한 경우로써 실제로 적용하기 위해서는 패킷 단위로 고려되어야 하며, 이에 대한 패킷 단위의 모델에서 계획된 전송시간의 한 패킷씩의 전후 범위 내에서 위의 식들이 보장되고 있음을 보여 주고 있다<sup>[4]</sup>. 여기서 가상 시간은 패킷들에 대한 전송 순서를 결정하기 위해 사용되고 있으며, 이때 주어지는 가상 시작 및 종료 시간은 각각의 패킷 단위로 계산되어지며, 이에 대한 일반적인 수식은 다음과 같다.

$$s_{i,n} = \max\{V(A_{i,n}), f_{i,n-1}\} \tag{5}$$

$$f_{i,n} = s_{i,n} + \frac{L_{i,n}}{r_i} \tag{6}$$

여기서  $A_{i,n}$ 은 연결  $i$ 의 패킷  $n$ 의 도착 시간을 나타내며,  $V(A_{i,n})$ 은 가상 시간으로 이에 대한 변화율은 다음으로 주어진다.

$$\frac{dV(t)}{dt} = \frac{C}{\sum_{j \in B(t)} \phi_j} \tag{7}$$

이상과 같은 기본적인 개념을 바탕으로 구현상의 복잡성을 단순화시키고 트래픽 특성을 만족하는 형

태의 여러 가지 유형들이 대두되었다<sup>[5][6][7][8]</sup>. 그리고 위의 식에서 볼 수 있듯이 이러한 Fair Queueing 유형들은 임의 시간  $t$ 에서 전송할 패킷이 있는 단말을 대상으로 전송이 이루어지므로 Work conserving 형태이며, 임의의 연결의 패킷 과다로 인하여 다른 연결에서 전송하는데 영향을 미치지 않는 독립성을 보장하며, 또한 제한된 지연과 주어진 최소한의 처리율을 제공하는 특징을 가지고 있으며, 이러한 요소들의 보장을 통하여 QoS 제공할 수 있는 방법을 제공한다. 그러나 패킷 단위의 반복적인 많은 계산을 필요로 하기 때문에 현실적으로 적용하기가 어려우며, 동일한 개념을 바탕으로 보다 간단한 방법을 통하여 효과적으로 적용하고 있다<sup>[6]</sup>.

무선 환경에서의 Fair Queueing 방법은 지금까지 연구된 방식을 대상으로 무선 환경에 국한된 채널 오류에 의한 영향과 ATM 방식에서의 일정한 패킷 길이 및 QoS요소를 고려하는 것이 가장 바람직하다. 즉 채널 오류가 발생한 연결에 대해서는 서비스를 억제하고 대신 대기중인 다른 채널을 대상으로 서비스가 이루어질 수 있도록 하여 전체적인 처리율을 향상시킬 수 있다<sup>[10]</sup>. 물론 이 경우 오류가 발생한 채널에 대한 가상 시간이 변경되지 않고 유지되므로 채널의 상태가 복구되는 시점에서 최우선적으로 서비스를 받을 수 있는 조건을 유지한다. 또한 ACTS 프로젝트의 WAND 시스템에서는 ATM 트래픽 특성에 따른 트래픽 조절을 통하여 무선 구간에서의 지연 제한 범위를 유지하기 위하여 Leaky Bucket 방법을 이용한 스케줄링 방법을 제안하였다<sup>[12]</sup>.

그러나 이 두 가지 방법에서도 서비스 등급별 우선순위를 고려하여 반영하였으나 상호 이질의 트래픽 특성을 갖고 구성 비율이 다른 형태에서의 각 서비스 등급별 QoS 요소를 향상시킬 수 있는 방법을 제공하지는 못하였으며, 실 시간적인 트래픽에 대하여 서비스가 편중되는 결과를 보였다. 즉, 시스템의 처리율을 향상시키고 제한된 자원의 이용률을 최대한 활용하기 위하여 통계적 다중화 방법을 적용하는 ATM 서비스를 환경에서 CAC 및 UPC 기능의 제어를 받아 입력되는 트래픽을 대상으로 우선순위를 부여하여 서비스하는 방법에서는 QoS를 만족하는 범위 내에서 최대한 공평성을 갖도록 할 수 밖에 없다. 따라서 위의 식 (2)와 (4)에서와 같이 순간에서의 정량적인 전송률을 적용하기 보다는 해당 연결이 요구한 대역폭을 기준으로 셀 단위의 전송이 이루어지는 환경으로 환산한 주기를 설정하

여 처리하는 것이 계산상의 복잡성을 줄이는 효과를 가져올 수 있으며, 결과적으로는 동일한 개념을 갖는다고 볼 수 있다. 아울러 셀 전송 순서를 결정하는데 있어 적용되는 서비스 종료 시간은 일반적인 스위치에서의 셀이 버퍼에 도착시간이나 무선환경에서는 단말이 전송을 요구한 시점에 해당되는 근본적인 차이를 갖고 있으며, 따라서 무선환경에서는 요구한 시점을 기준으로 QoS를 만족하는 범위 내에서 무선 채널에서의 오류발생 확률이나 망에서의 전달 지연 등의 요소를 활용하는 것이 보다 효과적인 방법이 될 수 있다.

### III. 시스템 구성 및 매체접근 방법

본 장에서는 무선환경에서의 B-ISDN 서비스를 수용하기 위한 단말과 기지국간의 구조를 나타낸 것으로 기지국을 중심으로 한 셀 범위 내에 여러 가지 형태의 음성 및 데이터 서비스를 위한 단말들이 위치하는 구조이다. 이때 다수의 단말들은 각각 상호 다른 성격의 서비스를 비주기적으로 요구하는 동시에 서비스 질에 대한 요구사항도 다르게 나타난다. 이것은 기존의 음성을 위주로 한 서비스에서는 일정한 데이터의 입력속도와 서비스 질에 대한 개념과는 상당한 차이를 나타낸다. 그리고 무선환경에서는 제약된 자원을 상호 공유하기 위한 방법으로 한정된 자원에 대한 사용권한의 관리를 통해 분배가 이루어진다. 이것을 위해서는 앞에서 설명한 상호 다른 데이터 입력속도와 서비스 질에 대한 요구사항을 기반으로 한 방식이 가장 바람직한 방법이다.

본 논문에서는 이러한 기본적인 특징을 고려할 때 단말에서 전달하고자 하는 데이터가 입력되는 시점에서 기지국으로 전송요구를 접수하고, 기지국에서의 접수와 허가를 받아 자원이 할당된 상태에서 데이터의 전송이 이루어지는 예약기준의 다중접근방법을 적용하였다.

그림 1에서는 기본적인 형태의 단말과 기지국간의 시스템 구성도를 나타낸 것이다. 단말로부터 데이터 전송요구를 접수하면 충돌이 발생되었는지를 확인 후, 정상이면 해당 단말에 대한 전송요구를 접수하고 비정상이면 무시한다. 이때 요구한 단말에서는 일정시간 범위 내에 접수응답 신호를 접수하면 전송대기 상태로 천이하고, 그렇지 않으면 전송요구를 재전송한다. 기지국에서는 접수된 전송요구 단말

과 계속적으로 전송상태로 유지되는 단말들을 대상으로 각 단말로부터 전송요구 시 접수된 일정 비트 속도, 가변 비트 속도, 여유 분을 이용한 데이터 전송요구인지와 이들에 대한 서비스 만족도 정보를 이용하여 어느 단말에서 데이터 전달이 이루어져야 하는지에 대한 순서를 할당한다. 이때 허가된 단말에서는 허가된 타임슬롯 동안 데이터를 전송하고 다음 주기에서 또 다른 순서를 결정하기 위한 반복적인 수행결과에 따라 각 단말에서 데이터 전달이 이루어진다. 이러한 기지국에서의 다중접근 제어방식은 가능하면 단말로부터 데이터 전송 시 충돌을 최소한으로 줄여 자원에 대한 이용률을 최대화 시키고 다양한 서비스 요구에 대한 서비스의 질을 만족시키는데 있다.

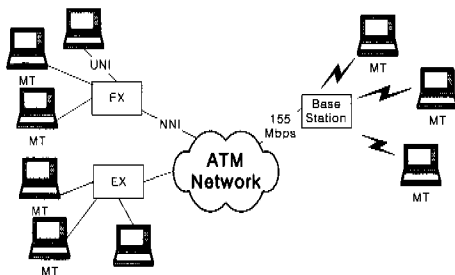


그림 1. 유무선 ATM 서비스를 위한 시스템 구성도

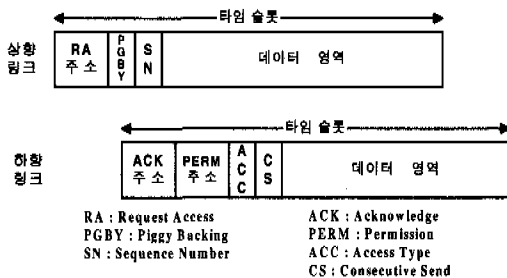


그림 2. 프레임 구성도

그림 2는 단말과 기지국간의 프레임 구조를 설명한 것으로써 단말에서 기지국으로 향하는 상향 링크와 기지국에서 단말로 향하는 하향 링크로 구분된다. 이때 타임슬롯의 구성은 하나의 타임슬롯을 세분화하여 미니 슬롯<sup>[20]</sup>으로 구성하거나 전달되는 데이터가 많은 경우는 오버헤드를 최소화하는 방법으로 별도의 타임 슬롯으로 구분하여 사용할 수 있다<sup>[18]</sup>.

상향 링크에서의 프레임구성은 전송요구에 해당하는 RA(Request Access) 채널이 주어지며 각 단

말은 이 채널을 공유하여 전송요구를 한다. 이때 데이터 영역에는 CBR, rtVBR, nrtVBR, ABR로 분류되는 데이터 형태와 서비스 질을 포함하여 스케줄링 알고리즘을 수행하는 데 필요한 트래픽 기술 정보들이 주어진다. 그리고 기지국에서 전송이 허가된 단말에서는 데이터 전송영역을 이용하여 데이터 전달이 이루어지며, 이때 각 데이터 전달 채널에서는 사용자 단말의 현재 동작 상태를 나타내는 피기 백 요소를 추가하여 ON/OFF 트래픽에 대한 RA의 횟수를 줄이고, 충돌이 발생하지 않는 상태에서 계속적인 데이터 전달이 이루어질 수 있도록 기지국에 관리된다. 여기서 피기 백 요소는 2 비트로 구성하여 00인 경우는 단말이 버퍼에 전송할 데이터를 갖지 않은 상태이고, 01의 경우는 전송할 데이터를 가진 경우이며, 10인 상태는 데이터 전송을 재개하는 Wake-up 요구를 나타내며, 11의 경우는 모든 전송이 완료된 상태를 나타내도록 구분한다. 이러한 구성은 음성과 비디오 같은 ON/OFF 트래픽에 대하여 OFF 구간에서는 전송을 위한 자원 할당이 이루어지지 않도록 하고, 다시 ON 구간에서는 재개하는 절차를 이용하여 처리율을 향상시키는데 목적이 있다. SN 정보는 한 단말을 대상으로 연속적인 데이터 전송이 허가된 경우 일련번호를 구분하기 위하여 4비트로 구성되는 정보이다.

반면 하향 링크에서는 RA에 대한 정상적인 접수 상태를 나타내는 ACK와 다음 타임슬롯에서 전송이 허가된 단말에 대한 정보를 나타내는 PERM 정보, 그리고 무선자원의 처리율을 향상시키기 위한 목적으로 ACC 정보로 구분한다. 여기서 ACC 정보는 일반적인 전송요구와 재개하는 전송요구를 구분하여 Wake-up 대상이 되는 단말에 대해서만 RA 채널을 통해 전송요구를 하도록 지정하는 1 비트로 구성된다. 또한 전송 대기 중인 단말이 적은 경우에 한하여 이미 단말에 대기중인 비실시간성의 데이터를 대상으로 연속적인 전송이 이루어 질 수 있도록 한다. 이를 위해 CS 영역을 4 비트로 구성하여 최소한 개에서 최대 15개 슬롯까지 연속해서 전송이 가능하도록 하여 전송 효율을 향상시킬 수 있도록 하였다.

#### IV. 서비스 구조

ATM 트래픽의 가장 큰 특징은 상호 다른 QoS 요소를 요구하는 다양한 서비스로 분류된다는 것이며, 무선 ATM 정합 부분의 기지국에서의 트래픽

Scheduling 방법은 이들 요소 중에서 실시간성과 비 실시간성의 특성과 보장성 및 비보장성 트래픽의 특성에 따라 우선 순위를 구분할 수 있다. 그리고 동일한 서비스 등급에 대해서는 같은 우선 순위를 갖도록 하며, 이들 동일한 트래픽에 대한 Scheduling 방법은 공평성이 유지될 수 있도록 우선망에서 활용된 여러 가지 방법을 사용할 수 있는 구조를 갖는다. 그림 3에서도 볼 수 있듯이 타임 슬롯 단위의 Scheduling이 수행되는 절차는 일차적으로 CBR, rtVBR, nrtVBR, ABR 순서로 이루어지며, 다음 단계로 선택된 서비스 등급 내에서 이차적인 scheduling이 진행되는 절차로 수행된다<sup>[7]</sup>.

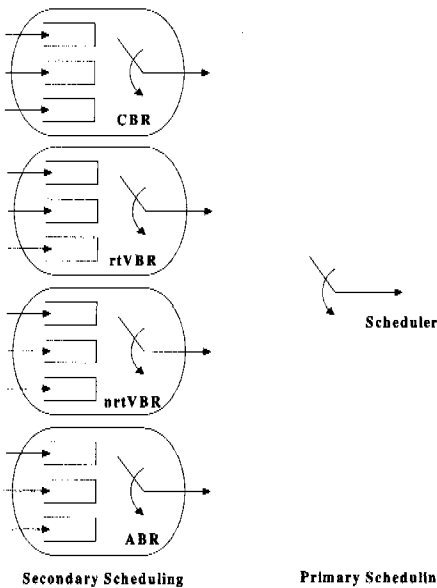


그림 3. 계층적인 구조의 서비스 등급별 스케줄링 방법

Scheduling 방법은 무선자원의 공유와 실시간 및 Best-effort 트래픽에 대하여 모두 만족할 수 있는 방법이 제공되어야 한다. 그러나 하나의 전송 채널을 통하여 각각 다른 트래픽 특성을 갖는 ATM 서비스를 제공하기 위해서는 각 트래픽 특성이 갖는 QoS 요소를 고려하여 우선순위를 정하고 이를 바탕으로 한 전송이 이루어질 수 있도록 할 수 밖에 없다. 따라서 표 1에서 정의된 QoS 요소에 다른 서비스별 우선 순위는 일반적으로 표 2와 같이 분류할 수 있다<sup>[8][12][13]</sup>.

표 2에서 나타낸 우선 순위는 시간 지연 요소를 최우선적으로 고려한 형태이며, 다음 단계로 최소 전송률을 보장하는 관점에서 기술한 것이다. 이것은

적용되는 Scheduling 방법의 특성에 따라 어느 정도 조정이 가능하다. 그리고 이러한 우선 순위에 의한 방법의 가장 큰 단점은 높은 순위의 트래픽이 많은 경우 낮은 순위의 트래픽에는 전송할 기회가 주어지지 않기 때문에 우선 순위가 없는 방법에서 보다 훨씬 큰 지연이 발생할 수 있다는 것이다. 실제로 Fair Scheduling이 이루어지기 위해서는 각 서비스별 가중치를 결정하는 것이 중요한 사항이며, 이를 위한 정보로써는 셀 전송률에 의해 결정되는 대역폭을 바탕으로 지연 요소를 만족할 수 있도록 CTD에 의하여 가중치가 결정된다. 또한 전송률의 변화가 발생하는 VBR 및 채널 오류의 발생으로 인한 전송 지연 등에 대비하여 전송 대기 버퍼의 크기가 결정된다.

표 2. 트래픽 종류별 우선순위

Priority	Traffic Type	Parameters	Rate	Weight
1	CBR	PCR,CTD	PCR	1/maxCTD
2	rtVBR	SCR,MBS, CTD	SCR	1/maxCTD
3	nrtVBR	SCR,MBS, MCR	SCR	N/A
4	ABR	SCR,MCR	MCR	N/A
5	UBR	Unspecified	N/A	N/A

## V. 제안된 Scheduling 방식

### 1. 구성 요소

II 절에서 볼 수 있듯이 ATM 트래픽에 대한 Fair Scheduling 방식은 서비스별 QoS 요소를 기준으로 우선 순위를 부여하여 제공할 수 있다. 그러나 이 경우 실제로 서비스별 트래픽 구성비율이 어떻게 형성되는지에 따라 각각의 서비스 종류에 대한 QoS 요소들의 만족도가 다르게 나타날 수 있다. 아울러 무선 채널상의 오류발생율이 훨씬 높다는 것을 고려할 때 이러한 영향은 더욱 크게 나타날 것이다. 그리고 CTD는 단말의 호 설정 시에 주어지는 종단간의 최대 전송 시간에 해당되므로 모든 망 요소에 대하여 일률적으로 적용하기에는 바람직하지 못한 점이 있다. 즉, 종단간에 거치게 되는 중간 노드가 많은 경우에는 CTD가 커질 것이며, 상대적으로 적은 수의 중간 노드를 거치는 경우에는 작게 나타날 것이다. 그리고 패킷의 도착 및 종료 시간에 대한  $S_i$ ,  $F_i$ 는 버퍼에 도착한 시점에서

제산되어지는 값이며, 본 논문에서는 단말과 기지국의 셀 전송 순서를 결정하는 방법에서는 해당 단말에서 전송하고자 하는 패킷의 정보를 알 수 없기 때문에 동일한 방법을 적용하기가 어렵고, 한번의 전송기회가 주어졌을 때 전송되는 데이터량을 나타내는 가중치 정보는 ATM 셀의 크기가 일정하므로 다른 방법으로 해석되어야 한다.

따라서 본 논문에서는 무선 환경에서의 단말과 기지국간의 데이터 전송 구간에서 오류발생 확률이 높고 이에 따른 일차적인 복구절차가 기지국에서 이루어져야 한다는 점에서 기지국에서 주관적으로 수행할 수 있고 셀 전송 지연에 적응적인 방법을 제안한다. 즉, 서비스별 전송 순서를 결정하는데 있어 실제로 측정된 순방향 전달 지연을 반영할 수 있도록 한다. 이때 전달 지연 측정은 연결 단위로 수행되는 성능 관리 셀<sup>[11]</sup>의 Time Stamp(TSTP, 32비트)를 이용하여 얻을 수 있다. 현재의 이 필드는 옵션 사항으로 OAM 셀이 인가되는 시점의 시간을 기록하도록 되어 있으나 보다 효과적인 ATM 망의 운용을 위해서는 순방향 및 역방향에 대한 전송 전달 시간을 측정할 수 있도록 분리하여 제공되어야 한다.

단말과 기지국간의 무선 채널의 용량을  $C$  Mbps 라고 했을 때 셀 전송률로 변환하면 53 바이트에 해당되는 424 비트로 나눈 값이 되며, 각각의 ATM 트래픽에 대한 셀 전송 간격을 가중치로 했을 때 다음과 같이 표현된다. 식 (8), (9), (10)은 해당 서비스에 대한 셀 전송이 CBR, VBR, ABR 간격으로 이루어진다는 것을 의미한다. 이때 한번에 전송되는 양은 한 셀이며 이것은 타임 슬롯의 크기와 동일하게 구성할 수 있으며, 시간 폭은 식 (11)로 주어진다.

$$\phi_{CBR} = \text{int}\left(\frac{C}{424 \cdot PCR}\right) \quad (8)$$

$$\phi_{VBR} = \text{int}\left(\frac{C}{424 \cdot SCR}\right) \quad (9)$$

$$\phi_{ABR} = \text{int}\left(\frac{C}{424 \cdot MCR}\right) \quad (10)$$

$$T_{tick} = \frac{424}{C} [\text{sec}] \quad (11)$$

위의 식에서 알 수 있듯이 각

$$CBR_{int} = \phi_{CBR} \cdot T_{tick} = \frac{1}{PCR} \text{로 주어진다. 이것은 서}$$

비스 등급별 셀 전송률에 반비례한다는 것을 알 수 있다. 서비스별 셀 전송 시간 간격은 CBR, VBR, ABR 에 Tick을 곱하여 얻을 수 있으며, CBR 트래픽의 경우

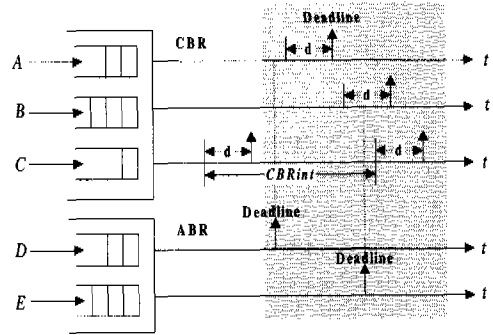


그림 4. 전송 순서 결정

그림 4는 실제로 scheduling이 수행되는 관계를 설명한 것으로서 CBR 및 ABR 서비스를 요구한 단말을 대상으로 한 것이다. 여기서 Deadline 정보는 일반적인 Fair Queuing 방법에서의 Finish Time인  $F_i$ 에 해당되며, CBR에 의한 값에서 해당 연결에 대한 성능 감시 셀을 이용하여 얻어진 순방향 전송 지연값에 따라 적응적으로 얻어진  $d$ 가 더한 값이 된다. 따라서 Deadline을 초과한 셀에 대해서는 해당 연결에서 설정된 CTD를 만족하지 못할 확률이 커지게 되고 결과적으로 QoS에 영향을 미치게 된다. 이때 CBR, VBR, ABR, UBR 서비스에 대한 우선 순위만을 고려한 Scheduling의 경우에는 A, B, C, D, E의 순서로 셀이 전송되어 ABR 서비스에서 MCR을 기준으로 설정된 Deadline 내에서 전송이 되지 않아 MCR를 보장할 수 없는 상태가 발생한다. 그러나 본 논문에서 제안한 지연 적응적인 방법에서는 D, A, B, E, C의 순서로 셀 전송이 이루어진다. 즉 순방향 전송 지연이 큰 경우에는  $d$ 는 작아지게 되며, 이 경우 Deadline은 보다 빠른 시간에 설정되어 보다 우선적으로 전송이 이루어질 수 있다. 이때  $d$ 에 대한 정의는 다음 식으로 주어진다.

$$d_i = (\max CTD - \text{meas } CTD_i) \cdot CBR_{tolerance} (\%) \quad (12)$$

여기서 tolerance 정보는 실시간성 전송 특성을 갖는 CBR 및 rtVBR에 대하여 적용되는 것으로서 전체 트래픽 구성비율이 어떻게 이루어지는가에 따

라 적응적으로 부여할 수 있으며, 이것은 식 (12)로 주어지는 시간에 대하여 다른 서비스 등급의 트래픽을 처리함으로써 해당 서비스에 대한 QoS 및 서비스를 효과적으로 제공할 수 있는 방법을 나타낸다. 또한 무선 채널상의 오류가 발생하였을 경우, 군집성의 오류 특성을 반영하여 tolerance 값을 조정함으로써 해당 단말에 대한 전송 순서를 효과적으로 제어할 수 있는 방법을 제공할 수 있다.

## 2. 알고리즘 설명

```

/* 서비스 등급별 최대 경과시간 단말의 선택 */
for (each mobile with permission state) {
    if (type == CBR) or (type == rtVBR) or
        (type == nrtVBR) or (type == ABR) {
        increment buf[type].counter for
            tx ready state;
        /* 최대 경과시간 검출 과정 */
        if (elapse time larger than buf[type].amount)
        { 해당 등급에 대한 최대 경과시간 정보 갱신
            해당 등급에 대한 최대 경과시간 단말 갱신
        }
    }
}

```

위의 pseudo 코드는 기지국에 접수된 전송을 요구한 단말을 대상으로 서비스 등급별 최대 경과시간의 단말을 선택하기 위한 절차이다. 여기서 비교 대상이 경과시간 정보는 연결단위로 설정 시 주어지는 트래픽 특성 및 QoS 요소를 이용하여 얻을 수 있는 이론적인 전송주기를 바탕으로 실제로 셀 전송이 수행되는 과정에서 측정된 전송시간과 실시간 트래픽에 대하여 주어지는 Margin을 이용하여 계산된 값으로 결정된다. 즉, 실 시간 전달이 필요한 CBR 및 rtVBR에 대해서는 QoS 만족을 위한 전송 지연 한계점에 근접하였음을 나타내며, 비 실시간 트래픽에 대해서는 FIFO 원칙에 의한 연결의 선택을 의미한다.

```

/* 서비스 등급별 전송 허가 순서 결정 */
if (CBR 및 rtVBR이 존재하는 경우) {
    if(buf[CBR].amount >= CBR margin) {
        최대 경과시간 CBR 단말 선택;
    } else if(buf[rtVBR].amount>=rtVBR margin) {
        최대 경과시간 rtVBR 단말 선택;
    } else {
        if (near to CBR margin <= near to rtVBR
            margin)
            최대 경과시간 CBR 단말 선택;
    }
}

```

```

} else {최대 경과시간 rtVBR 단말 선택;}
if (nrtVBR 및 ABR이 존재하는 경우) {
    nrtVBR 및 ABR 선택을 위한
    절차수행(mobile);
}
}
} else if (CBR이 존재하고 rtVBR이 존재하지 않을 경우)
{ if(buf[CBR].amount >= CBR margin) {
    최대 경과시간 CBR 단말 선택;
} else { nrtVBR 및 ABR 선택을 위한 절차
수행(mobile);
}
}
} else if (CBR은 존재하지 않고 rtVBR이 존재하는 경우)
{ if(buf[rtVBR].amount >= rtVBR margin) {
    최대 경과시간 rtVBR 단말 선택;
} else { nrtVBR 및 ABR 선택을 위한 절차
수행(mobile);
}
}
} else if (CBR 및 rtVBR이 모두 존재하지 않을 경우) {
nrtVBR 및 ABR 선택을 위한 절차수행(mobile);
}
}

```

본 수행절차는 각 서비스 등급별 최대 경과시간에 해당되는 단말을 선택한 다음 과정으로써 실제로 전송을 허가하기 위한 절차에 해당된다. 우선 실시간 전송을 필요로 하는 CBR 및 rtVBR을 대상으로 경과시간이 주어진 Margin을 경과하였는지를 점검하고 해당 단말이 존재하면 최우선으로 전송이 이루어진다. 다음 단계로써 Margin 보다 적어 아직 여유가 있는 경우에는 비실시간 트래픽에 대한 전송을 허가하기 위하여 이를 선택하기 위한 절차를 수행한다. 물론 이때 비실시간 서비스가 요구한 단말이 없을 경우에는 한계치에 가까운 실시간 트래픽에 대한 전송이 이루어진다. 이러한 방법은 일 보 존 법칙이 적용되어 전송 대기중인 단말이 하나라도 존재할 경우에는 이에 대한 전송이 이루어질 수 있도록 하여 전체적인 무선 채널상의 처리율을 최대한 향상할 수 있도록 한 것이다.

## VI. 시뮬레이션 및 결과분석

본 논문에서 제안된 스케줄링 방법은 다음과 같은 시스템 변수들을 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 여기서 무선채널 속도는 무선환경에서의 B-ISDN 서비스를 위하여 제안하고 있는 무선 ATM 방식을 제공하기 위한 5GHz 대역에서의 20Mbps를 사용하였다<sup>[14][15]</sup>. 그 외의 변수들은 무선 환경에서의 멀티미디어 서비스를 위하여 많이 사용



하고 있는 값을 선택하였고<sup>[16][17]</sup>, 시뮬레이션은 C 언어를 이용하여 SUN 워크스테이션에서 수행하였다.

표 3. 시뮬레이션을 위한 변수값

변수 구분	변수 값
TDMA 프레임 속도	20 Mbps
TDMA 프레임 길이	8msec
프레임 당 슬롯 수	40 슬롯/프레임
타임 슬롯 크기	53 바이트
CBR 트래픽	64 Kbps, Talkspurt 기간:1000msec Silence 기간:1350msec
rtVBR,nrtVBR 트래픽	24 프레임/초 PCR:2Mbps,SCR:1Mbps
ABR 트래픽	PCR:2Mbps, MCR:100Kbps

표 3에서는 시뮬레이션에 적용한 요소들을 나타낸 것으로서 식 (12)에서 볼 수 있듯이 CBR 트래픽에 대한 최대 CTD와 측정 최대 전달 지연의 차이를 5msec로 하였으며 일반적으로 많이 적용하는 ON/OFF 모델을 적용하였다. 그리고 실시간성 VBR 트래픽은 비디오 회의에 준하는 평균 셀 전송률은 1Mbps로 설정하고 최대 CTD와 측정 최대 전달 지연의 차이는 100msec로 수행하였다. 이때 비디오 트래픽에 대한 프레임 구성은 초당 24 프레임으로 하였으며, 매 프레임 단위로 가변적인 전송률이 발생하도록 구성하였다. ABR 트래픽은 데이터 전송에 대한 일반적인 모델인 평균이 100Kbps이고 흐름 제어를 위한 최소 전송률은 1Kbps 정도로 임의로 설정하였다. 그리고 각 단말의 전송 대기를 위한 큐의 크기는 VBR 트래픽에 대한 최대 전송률에 대한 최대 지연값을 고려하여 1 메가 비트로 설정하였다. 그리고 각각의 서비스 등급에 대한 서비스 지속 시간은 실험 시간을 고려하여 CBR 및 ABR의 경우는 10초, VBR에 대해서는 5초로 제한하였으며, 서비스간 도착시간은 평균 1초의 지수 분포로 발생하였다. 본 실험에서는 오류발생율을 고려한 요소는 적용하지 않았으며, 비 실시간 트래픽의 경우는 재전송에 의한 복구 방법이나 실시간 트래픽의 경우는 전방향으로 복구 코드를 이용한 방법으로 시스템 전체적인 처리율을 향상시킬 수 있을 것이다.

그림 5는 그림3에서 나타난 스케줄링 방법에서 서비스 등급별 우선순위를 부여하고 동일한 등급

내에서는 먼저 요구한 단말에 대하여 전송의 우선순위가 주어지는 일반적인 FIFO 방법을 통하여 얻어진 결과를 나타낸다. 위의 실험에서는 100개의 단말을 설정하여 전체 트래픽 구성비율을 CBR 40%, rtVBR 10%, nrtVBR 20% 및 ABR을 30%로 되도록 하였으며, 실험 수행 시간은 1000초로 수행하였다. 따라서 임의의 한 단말에서의 평균 트래픽 발생 형태는 주어진 트래픽 구성비율에 따라 각 종류별로 트래픽이 인가되며, 이때 인가 부하는 70%로 하였다. 결과에서 볼 수 있듯이 CBR, rtVBR에 대한 처리가 최우선적으로 전송되기 때문에 셀 평균전송 시간은 매우 작은 값으로 주어지며, 상대적으로 비실시간 트래픽들은 다소 높게 나타난다. 물론 이 경우 트래픽 구성비율이 다른 경우 평균 지연 값들은 어느 정도의 차이가 있을 수 있으나 동일한 형태를 갖는다는 것을 예측할 수 있다.

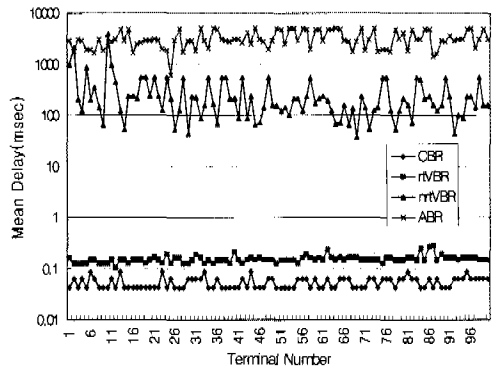


그림 5. 등급별 우선순위 및 FIFO 방법에 의한 셀 평균 지연

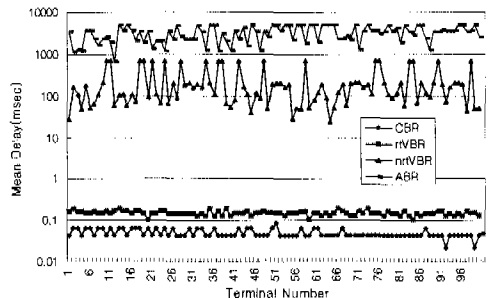


그림 6. 등급별 우선순위 및 Margin이 없을 경우의 셀 평균 지연

그림 6에서는 그림 5와 동일한 실험환경에서 본 논문에서 제안한 지연에 적응적인 방법에서 CBR, rtVBR에 대한 측정된 전송 지연에 대한 여유치를

두지 않고 수행하는 경우에 대한 결과를 나타낸다. 즉, 이 경우는 서비스 등급별 우선순위에 따른 해당 등급의 데이터 전송이 요구된 상태이면 이에 대한 처리가 우선적으로 수행되는 구조를 갖으며, 그림 5에서 설명한 형태와 동일한 수행절차를 거치며, 그림 6의 결과를 통해서도 이를 확인할 수 있다.

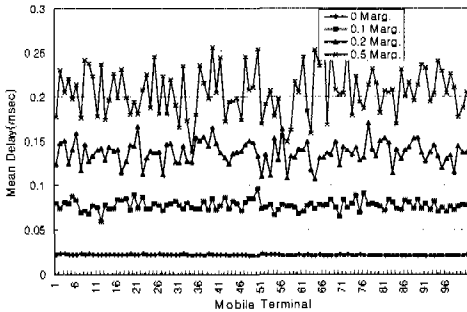


그림 7. Margin별 CBR 트래픽의 셀 평균 지연

그림 7은 CBR 트래픽에 대하여 Margin 비율을 변화했을 때 이에 대한 평균 지연시간을 나타낸 것이다. 결과에서 볼 수 있듯이 Margin율이 증가함에 따라 CBR 트래픽에 대한 평균지연이 커짐을 알 수 있다. 즉, Margin으로 주어진 여유 시간동안 다른 등급에 대한 서비스를 수행할 수 있다는 것을 의미한다. 본 실험에서는 실시간 트래픽에 대한 기지국과 종단간의 측정할 수 있는 전달지연을 일정한 것으로 가정하고 CBR 및 rtVBR 트래픽에 대하여 각각 Margin을 동일하게 적용한 것이다. 그러나 실제 상태에서는 연결에 따라 측정되는 전달지연이 상호 다르게 나타날 것이며, 이 값의 크고 작음에 따라 적응적으로 Margin을 적용할 수 있다. 이러한 지연에 적응적인 스케줄링 방법은 무선 단말과 기지국 구간에서의 평균 지연변이를 Margin으로 주어지는 범위 내로 줄일 수 있기 때문에 유무선 ATM 망에서 발생할 수 있는 셀간 전달지연의 차이로 발생할 수 있는 지터의 영향을 줄일 수 있는 효과적인 방법이 될 수 있다.

그림 8에서는 100개의 단말에서 CBR, rtVBR, nrtVBR, ABR에 대한 트래픽 비율을 30%, 20%, 20%, 30%로 구성되도록 하여 약 90%의 인가 부하로 실험을 수행한 결과이다. Margin값의 변화에 따라 CBR 및 ABR 트래픽의 평균 지연분포를 나타낸 것으로써 Margin이 증가함에 따라 CBR 지연은 커지지만 ABR 지연은 상대적으로 감소함을 볼 수 있다. 이러한 현상은 Margin이 주어지지 않은 상태

에서 ABR 트래픽에 대하여 MCR를 만족하지 못하는 비율이 32%에서 점차적으로 감소하여 Margin이 0.8일 경우에는 20% 정도로 감소하며, 이것은 CBR에 대한 QoS에 영향을 미치지 않는 범위 내에서 지연 여유분을 이용하여 ABR 서비스에 대한 QoS를 향상시킬 수 있다는 것을 보여 주고 있다. 따라서 CBR 및 rtVBR에 대한 Margin 값의 할당은 서비스 구성비율에 대한 함수의 형태로 주어지며 이에 대한 최적의 값을 구하는 방법은 다양한 형태의 실험을 통하여 얻을 수 있을 것으로 보며, 본 논문에서는 실험 환경의 제약상 다루지 않았다.

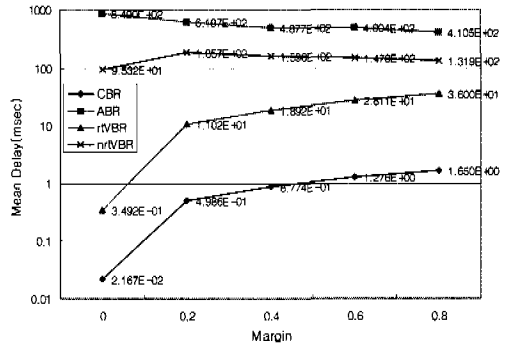


그림 8. Margin별 서비스 종류에 대한 셀 평균 지연

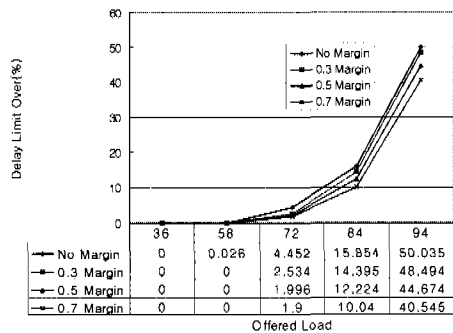


그림 9. 인가된 부하에 대한 ABR의 MCR 한계치 변화

그림 9는 서비스 종류별 트래픽 구성비율을 30%, 20%, 10%, 40%로 설정하고 인가되는 트래픽 부하에 따라 각각의 Margin에서의 ABR 트래픽에 대한 MCR을 초과하는 셀 지연 비율을 나타낸 것으로써 인가 부하가 증가할수록 증가함을 알 수 있으며, 동일한 인가 부하에서는 Margin이 클수록 초과 비율이 낮아짐을 볼 수 있다. 이때 CBR 및 rtVBR에 대한 Margin은 동일하게 주고 실험을 수행한 결과로써, 트래픽 구성비율에 따라 Margin을

다른 비율로 줄 경우 결과에는 다소의 차이가 발생할 수 있겠지만 거의 유사한 형태의 결과를 얻을 수 있을 것으로 예측해 볼 수 있다. 그리고  $\pi$ VBR에 대한 결과는 Margin에 따라서 다소의 영향을 받을 것으로 미리 판단할 수 있으며, 그림 9의 실험 과정에서 나타난 값은  $\pi$ VBR에 대하여 최대 전달 지연과 측정된 전달 지연의 차이로 주어질 한계치를 초과한 비율로써 표 4와 같다. 여기서 Margin이 0일 때는 실시간 트래픽이 존재하는 한 최우선적으로 처리가 되기 때문에 한계치를 초과한 지연비율이 발생하지 않으나, Margin이 커질수록 지연 한계치에 가까워 짐으로써 지연 비율이 증가하게 됨을 볼 수 있다.

표 4. 인가된 부하에 대한  $\pi$ VBR의 한계치 지연 비율(%)

인가부하	0 Mar.	0.3Mar	0.5Mar.	0.7Mar.
36	0	0	0	0
58	0	0	0	0
72	0	0	0	0.014
84	0	0.016	0.023	0.040
94	2.41	1/987	2.038	3.046

### VII. 결 론

본 논문에서는 무선 ATM 멀티미디어 서비스를 구조에서 연결 단위로 얻을 수 있는 망 내에서의 전송 지연 값을 이용하여 이에 적응적인 기지국을 중심으로 한 셀 전송 순서를 결정하는 스케줄링 방법을 제시하였다. 현재까지는 ATM과 같이 혼합된 서비스 형태에서는 서비스 종류별로 구분하여 가중치를 부여하여 처리하는 방법이 지금까지 가장 효율적인 방법이며, 연결 설정 시에 주어지는 ATM 트래픽 기술 및 QoS 정보를 이용하는 것이 가장 바람직한 방법으로 대두 되었다. 그러나 실제적인 시스템 구성에 있어서는 이러한 가중치 정보를 설정하는 것이 가장 어려운 문제이며 시스템에 부가되는 트래픽의 구성비율에 따라 적응적인 방법이 제공되지 못하였다. 반면 본 논문에서는 연결 설정 시 주어지는 트래픽 및 QoS 정보를 바탕으로 실제로 동작중인 환경에서 측정되는 전달 지연 요소를 이용하여 이에 적응적인 셀 스케줄링 방법을 제공한다. 그리고 보다 안정적인 서비스를 제공하기 위해서는 시스템 주어질 수 있는 트래픽 구성비율에 따라 실 시간적인 CBR 및  $\pi$ VBR에 대한 최적의

Margin 할당 정보를 사전에 구성함으로써 이 범위 내에서 융통성 있게 동작이 가능하도록 하였으며, 실험을 통한 결과로써 제안된 스케줄링 방법의 효율성을 확인할 수 있었다. 또한 본 스케줄링 방법에서 적용한 동일한 트래픽 등급 내에서의 우선 순위는 지연 한계치를 기준으로 한 방법에서 가장 효율적인 방법으로 제안되고 있는 셀 단위의 서비스 종료 시간을 기준으로 한 방법을 사용하였다<sup>19)</sup>.

그리고 본 연구에서는 ATM 망에서의 연결 단위의 OAM 기능의 하나인 성능 관리 기능을 이용하여 전송 지연에 적응적인 방법을 제안한 것으로써, 유무선 ATM을 위해서는 기존의 OAM 기능에서 보완되어야 할 기능적인 요소들에 검토가 병행되는 것이 바람직하며, 실제적인 시스템 구현 측면을 고려할 때 이러한 OAM 정보들을 최대한 활용할 수 있는 구조가 가장 바람직하다. 향후 연구과제로서는 무선환경을 고려한 CAC 및 UPC 기능에 대한 연구와 트래픽 관리 기능으로부터 얻어지는 정보를 이용하여 보다 최적의 조건을 만족할 수 있는 스케줄링 알고리즘으로 발전시키는 것이 필요하다.

### 참 고 문 헌

- [1] Mark W. Garrett, A Service Architecture for ATM: From Applications to Scheduling, IEEE Network, pp.6-14, May/June 1996.
- [2] A. Demers, S. Keshav, S. Shenker, Analysis and Simulation of a Fair Queueing Algorithm, ACM SIGCOMM89, pp.3-12, 1989.
- [3] A. Parekh, A Generalized Processor Sharing Approach to Flow Control in Integrated Services Networks, PhD Dissertation, MIT, February 1992.
- [4] J.C.R. Bennett, H. Zhang, WF2Q: Worst-Case Fair Weighted Fair Queueing, IEEE INFOCOM96, pp.3-12, March 1996.
- [5] S. Golestani, A Self-Clocked Fair Queueing Scheme for Broadband Applications, IEEE INFOCOM94, pp.636-646, June 1994.
- [6] P. Goyal, H. Vin, H. Chang, Start-Time Fair Queueing: A Scheduling Algorithm for Integrated Services Packet Switching Networks, ACM SIGCOMM96, pp.157-168, August 1996.

- [7] J. C. R. Bennett and H. Zhang, Hierarchical Packet Fair Queueing Algorithms, ACM SIGCOMM, pp.143-156, August 1996.
- [8] H. Jonathan Chao, Jun S. Hong, Design of an ATM shaping multiplexer with guaranteed output burstiness, Intl Journal of Computer System Science & Engineering, Vol.12, No.2, pp.131-141, March 1997.
- [9] Traffic Management Specification V4.0, ATM Forum Document AF-TM-0056.000, April 1996.
- [10] Songwu Lu, V. Bharghavan, R. Srikant, Fair Scheduling in Wireless Packet Networks, ACM SIGCOMM'97, pp. 63-74, Sept. 1997.
- [11] I.610, ATM Forum Document AF-TM-0056.000, April 1996.
- [12] Nikos Passas, Lazaros Merakos, Dimitris Skyrianoglou, Traffic Scheduling in Wireless ATM Networks, IEEE ATM Workshop, pp.391-400, 1997.
- [13] Christian Schuler, A Quality of Service Concept for Wireless ATM Networks, IEEE ATM Workshop, pp.381-390, 1997.
- [14] Wireless ATM Workshop, Espoo, Finland, Sep. 1996.
- [15] D.Raychaudhuri, ATM Based Architecture for Multiservices Wireless Personal Communication Networks, ICC94, pp.559-565, 1994.
- [16] Leandro Fernandes, Developing a System Concept and Technologies for Mobile Broadband Communication, IEEE Personal Comm., pp.54-59, Feb. 1995.
- [17] J.Meierhofer, Medium Access Control for Wireless Extensions of ATM Networks, GLOBECOM96, pp.29-33. Nov. 1996.
- [18] John Dunlop, Performance of a Statistically Multiplexed Access Mechanism for a TDMA Radio Interface, IEEE Personal Comm., pp.56-64, June 1995.
- [19] Jorg Liebeherr, Dallas E. Wrege, et al., Exact Admission Control for Networks with a Bounded Delay Service, IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 4, No. 6, pp. 885-901, Dec. 1996.
- [20] Mark J. Karol, Distributed-Queueing Request Update Multiple Access(DQRUMA) for Wireless Packet(ATM) Networks, ICC95, pp.1224-1231, 1995.

예 병 호(Byung-Ho Yae) 정회원  
 1982년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업  
 1984년 2월 : 경북대학교 전자공학과 석사  
 1984년 3월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원  
 ATM보전팀 책임연구원  
 1996년 3월 ~ 현재 : 한국항공대학교 통신정보공학과  
 박사과정  
 <주관심 분야> ATM 트래픽관리, 광대역 무선통신,  
 교환시스템

김 해 속(Hae-Sook Kim) 정회원  
 1980년 2월 : 고려대학교 수학과 졸업  
 1990년 2월 : 고려대학교 전산공학과 석사  
 1979년 3월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 ATM보전  
 팀 책임연구원  
 <주관심 분야> ATM 교환시스템, 소프트웨어 공학

이 성 창(Sung-Chang Lee) 정회원  
 1983년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업  
 1985년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과  
 석사  
 1991년 : Texas A&M University, Dept. EE 박사  
 1985년~1987년 : 한국과학기술원 시스템공학센터  
 1992년~1993년 : 한국전자통신연구원 선임연구원  
 1993년~현재 : 한국항공대학교 통신정보공학과 부교  
 수  
 <주관심 분야> 광대역 통신시스템, 트래픽 관리,  
 인터넷