

# 실시간 채널에서 셀 멀티플렉싱 알고리즘 (A Cell Multiplexing Algorithm in Real-Time Channels)

김 형 일 <sup>†</sup> 이 승 룡 <sup>††</sup>  
(Hyung-Ill Kim) (Sungyoung Lee)

**요 약** 분산 멀티미디어 환경에서 사용자에게 명시된 수준의 서비스 품질 (QoS: Quality of Service)을 보장해주기 위해서는 CPU 사이클 및 전송 채널 등과 같은 자원을 예약하는 방법이 사용된다. Ferrari가 제안한 실시간 채널은 실시간 응용에서 사용자 수준의 QoS 지원을 위하여 통신 시스템 자원을 예약하는 메카니즘을 가지고 있다. 그러나, 실시간 채널 설정 시 대역폭은 최악의 트래픽을 고려하여 결정하기 때문에 채널의 효율성이 떨어진다는 문제점을 가지고 있다. 따라서, 사용되지 않는 실시간 채널의 이용률을 증진시키기 위하여 본 논문에서는 전송될 메시지 셀을 실시간, 연속미디어 및 비실시간 메시지 셀로 분류한 다음, 고정 우선순위와 EDD+ (Earliest Due Date+) 스케줄링을 적용하는 셀 멀티플렉싱 기법을 제안한다. 시뮬레이션 연구결과 QoS 파라미터인 실시간 트래픽 손실률과 지연시간의 득실(trade-off)을 고려했을 때 제안된 알고리즘이 실시간 채널의 효율을 증대에 적합하였다.

**Abstract** A resource reservation mechanism such as reservation of the CPU cycle and channel bandwidth, is widely used in multimedia applications to guarantee quantitatively specified Quality of Services (QoS). A real-time channel, which has network resource reservation mechanism for the real-time applications, promises us to support the different user-level QoS requirements. When determining the resource reservation level, the real-time channels however, use the worst case of real-time data traffic as a decision parameter, which in consequence causes a low channel utilization. In order to improve the utilization, we propose a cell-level multiplexing scheme. The scheme classifies the multimedia message cells into three different categories i.e., real-time, continuous, and non-real-time message, then applies both fixed priority and the Earliest Due Date+ (EDD+) scheduling algorithms to multiplexing. Our simulation study shows that the proposed scheme is suited for improvement of the channel utilization in terms of trade-off between loss rate and delay of the real-time traffics.

## 1. 서 론

실시간 멀티미디어 응용에서 다양한 사용자의 명시된 수준의 QoS를 보장해주기 위해서는 CPU 사이클, 전송 채널 등과 같은 자원을 예약하는 방법이 일반적으로 사용된다[6][9][13][14][17]. Ferrari가 제안한 실시간 채널[6]은 실시간 멀티미디어 응용에서 QoS를 지원하기 위한 자원 예약 기능을 가지고 있다.

실시간 채널은 실시간 통신서비스의 설계와 개발, 네

트워크에서 연속미디어의 지원을 목표로 미국 버클리 대학의 Tenet 그룹에 의해서 연구가 시작되었다[1][10][16][18]. 실시간 채널은 멀티미디어 응용의 QoS 요구 사항에 대한 네트워크 성능 (throughput 범위, 지연, 지연 지향, 신뢰도)을 보장해주는 연결형(connection-oriented) 단방향 고정 경로(simplex fixed-route)를 갖는 가상 회선이다. 실시간 채널은 대역폭의 하한 값과 지연시간의 상한 값을 보장하고, 손상되거나, 지연되거나, 잃어버린 데이터는 쓸모 없는 것으로 간주하며, 시간에 민감한 데이터의 오류 회복을 위한 재 전송 또는 회선 기능은 가지고 있지 않다. 또한, 이는 이종간 패킷 스위칭 네트워크 환경에서 작동되며, 채널당 송인제어 (per-channel admission control), 채널률 제어(channel rate control), 우선순위 스케줄링의 기능을 가지고 있다.

<sup>†</sup> 비 회 원 : 경희대학교 전자계산공학과  
hikim@oslab.kyunghee.ac.kr

<sup>††</sup> 종신회원 : 경희대학교 전자계산공학과 교수  
sylee@oslab.kyunghee.ac.kr

논문접수 1997년 2월 21일  
심사완료 1998년 4월 18일

새로운 실시간 채널을 필요로 하는 단말은 트래픽 속성과 QoS 요구사항을 네트워크 서비스 제공자에게 전송한다. 네트워크 서비스 제공자는 각 노드에서 이미 설정되어 있는 다른 실시간 채널의 QoS에 영향을 끼치지 않으면서 새로운 실시간 채널의 QoS 요구사항을 보장할 수 있는지를 검사한다. 요구사항을 보장할 수 있으면 필요한 자원을 예약하고 다음 노드에 결과 값을 전달한다. 목적지 노드는 각 노드에서 전달받은 값을 채널의 QoS 요구사항과 비교하여 채널 설정을 결정한다. 이러한 승인·검사는 가능한 링크 용량을 측정하는 결정적(deterministic) 검사, 지역과 지터, 패킷 손실률을 측정하는 통계적(statistical) 검사, 버퍼의 용량을 측정하는 버퍼 검사로 구성된다[19]. 실시간 채널의 설정이 승인되면 단말은 예약한 자원을 이용하여 패킷을 전송할 수 있다. 그러나, 패킷 스위칭의 특성상 사용하지 않는 예약 자원은 다른 비실시간 패킷에 의해서 사용될 수 있다.

그러나, 실시간 채널 서비스는 최악의 상황에서도 성능을 보장해야 하기 때문에 채널의 효율성이 낮다는 제약점을 가지고 있다. 따라서, 본 논문에서는 예약은 되어 있으나 사용되지 않는 채널을 활용하기 위하여 이종의 메시지 셀을 효율적으로 멀티플렉싱하는 기법을 제안한다. 이는 실시간 채널에서 사용되는 메시지를 실시간 메시지 셀, 연속미디어 메시지 셀, 비실시간 메시지 셀로 분류한 다음 소스에서 고정 및 가변 우선순위인 EDD+ (Earliest Due Date+) 스케줄링 기법을 적용하여 셀을 멀티플렉싱 하는 정책이다. 이와 같은 정책은 선점형 우선순위 기반 실시간 스케줄링 알고리즘을 사용하기 때문에 요구사항이 각기 다른 메시지들의 QoS를 지원할 수 있을 뿐만 아니라 예약된 실시간 채널의 이용률을 증진시킬 수 있다. 제안된 멀티플렉싱은 소스와 목적지간에 실시간 채널이 이미 설정되어 있다는 가정 하에서 작동된다. 이는 설정된 하나의 실시간 채널에서 각기 다른 셀들을 소스에서 멀티플렉싱하는 방법으로 네트워크 스위치에서 채널간에 멀티플렉싱하는 기법과는 그 성격이 다르다. 또한, 제안된 EDD+ 스케줄링은 전송이 되더라도 목적지에서 마감시간을 보장할 수 없는 셀은 전송 전에 폐기하여 채널의 부하를 줄임과 동시에 채널의 이용률을 증진시킬 수 있다는 점에서 EDD 스케줄링과는 다르다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구를 소개하며, 3장에서는 소스에서 셀 멀티플렉싱을 위한 시스템 모델을 제안한다. 4장에서는 제안된 셀 멀티플렉싱 알고리즘에 대하여 설명하고, 5장에서 시뮬레이션 결과를 분석한 뒤, 6장에서 결론을 맺는다.

## 2. 관련연구

셀 멀티플렉싱은 일반적으로 통신망 스위치에서 채널 간에 이루어진다 [2] [4] [5] [8] [11]. Rosberg [15]은 ATM 네트워크 스위치에서 셀 멀티플렉싱에 대한 연구를 수행하였다. 그는 트래픽 세이프 제어기능이 없는 상태에서 어떻게 여러 멀티플렉싱 기법들이 셀 지연 변수에 영향을 주는지에 대하여 연구하였다. Rosberg는 일정 비트 비율 트래픽 소스에 대하여 다섯가지의 멀티플렉싱 정책을 비교 분석하였는데 그것은 FIFO, Round Robin (RR), Least Time of Reach Bound (LTRB), Most Behind Expected Arrival (MBEA), Golden Rate (GR)이다. 이 연구결과에 의하면 모든 경우에 잘 적용되는 최상의 멀티플렉싱 정책은 존재하지 않으나, 셀 지연이 • 중요한 요소가 아닌 경우는 MBEA가 가장 적합하며, 그렇지 않으면 FIFO 또는 RR이 유리하다고 하였다. 그러나 이 연구는 네트워크 스위치에서 셀 멀티플렉싱이기 때문에 본 논문에서 다루는 소스에서 셀 멀티플렉싱과는 수행 환경이 다르다.

Chou[3]는 LAN 상에서 클라이언트의 트래픽 특성과 성능에 대한 요구가 주어졌을 때 실시간 통신 전략을 제안하였다. 이는 종단간 지연을 보장하기 위해 최악의 트래픽이 아닌 평균 트래픽만을 고려하였고, 멀티플렉싱을 통하여 네트워크 이용률을 높이며, 실시간 채널의 추가 또는 삭제 기능을 지원한다. 이는 자원을 활용하는 하나의 방법으로 통계적 멀티플렉싱과 MDD (Multiple -Due-Date) 스케줄링 방법을 함께 적용하였다. 그러나 이 전략은 네트워크 토폴로지가 토큰버스인 경우에 해당하는 것으로 본 논문에서 고려하는 다중 흡(multi-hop) 토폴로지와는 다른 환경이다.

Hansson[7]은 ATM 네트워크에서 경성 실시간 트래픽 전송을 보장하는 방법을 제시하였다. 이는 어떤 경성 실시간 트래픽도 손실되어서는 안된다는 요구 사항을 가지며 짧은 종단간 지연을 만족하기 위하여 우선순위 출력버퍼를 이용한다. 낮은 우선순위 패킷에 대한 종단간 지연 요구를 만족하기 위하여 셀 스페이싱 방법이 이용된다. 그러나, Hansson의 방법도 스위치에서의 셀 스케줄링을 다루었으며 고정 우선순위 알고리즘만 적용하였기 때문에 우선순위를 어떻게 할당하느냐에 따라서 채널간의 지연에 대한 격차가 심하다는 제약점을 가지고 있다.

## 3. 시스템 모델

소스에 입력된 메시지는 메시지-셀 컨버터에서 하나

이상의 셀로 바뀌게 되고 셀 스케줄러는 이를 멀티플렉싱하게 된다. 또한, 목적지에 도착한 셀은 셀-메시지 컨버터를 통하여 원래의 멀티미디어 메시지로 복원된다([그림1]).

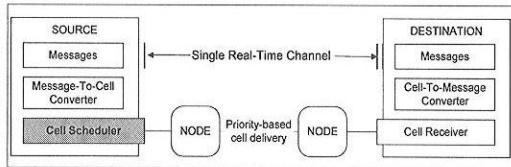


그림 1 셀 전송 모델

멀티플렉싱되는 메시지 셀은 요구되는 시간적 특성에 따라 세가지로 나뉘는데 이는 마감시간을 가지고 있는 주기적 실시간 메시지, 주기가 고정되어 있으나 전송량이 가변적 연속미디어 메시지, 그리고 비실시간 메시지이다. 이러한 분류방법은 ATM에서 트래픽의 종류[5]를 구분하는 것과 유사하다.

실시간 메시지는 마감시간이 엄격히 보장되어야 한다. 연속미디어 메시지는 시간에 민감하며, 만일 할당된 대역폭의 제약으로 인하여 마감시간 내에 목적지에 도달할 수 없는 경우는 전송 전에 폐기된다. 비실시간 메시지는 일반적으로 텍스트 데이터를 의미하며 마감시간을 가지고 있지 않기 때문에 전송 우선순위가 가장 낮지만 지연이 발생하거나 셀 손실이 발생할 경우에 상위레벨의 재 전송 메카니즘을 이용하여 반드시 재 전송되어야 한다. 또한, 여러 종류의 비실시간 메시지가 전송을 위해 서로 경쟁할 때 이들 간의 공정성을 보장되어야 한다. 제안된 알고리즘을 구현하기 위하여 실시간 채널을 세가지 종류의 메시지 타입에 해당하는 논리적 서브채널로 구성한 다음 소스에서 그들을 멀티플렉싱 한다. 실시간 서브 채널과 메시지 종류는 다음과 같이 정의할 수 있다.

**정의 1)** 실시간 채널 ( $C_{RT}$ )은 하나 이상의 서브채널로 구성되며 다음과 같이 정의한다.

$$C_{RT} = \{ C_R(i), C_M(j), C_N(k) \}, \quad n = i + j + k$$

여기서,  $C_R$ ,  $C_M$ ,  $C_N$ 은 각각 실시간, 연속미디어, 비실시간 서브 채널이며,  $i$ ,  $j$ ,  $k$ 는 각 서브 채널의 갯수이다. 각 서브 채널은 다음과 같이 정의된다.

$$C_R(i) = \{ C_{R1}, C_{R2}, \dots, C_{Ri} \},$$

$$C_M(j) = \{ C_{M1}, C_{M2}, \dots, C_{Mj} \},$$

$$C_N(k) = \{ C_{N1}, C_{N2}, \dots, C_{Nk} \}$$

**정의 2)** 실시간 메시지  $R_m(l_i, D_i)_{i,j}$ 는 서브 채널  $i$ 의  $j$

번째 메시지로, 크기가  $l_i$ 개의 셀로 구성되어 있으며 ( $R_m(l_i) = l_i$  cells), 주기와 마감시간 ( $D_i$ )을 가진다. 이 때, 마감시간을  $R_m(d)_{i,j}$ 라고 한다면,  $R_m(d)_{i,j} + D_i$ 은 다음 실시간 메시지의 마감( $R_m(d)_{i,j+1}$ )이 된다. 이를 식으로 나타내면  $R_m(d)_{i,j+1} = R_m(d)_{i,j} + D_i$ 이다.

**정의 3)** 연속미디어 메시지  $M_m(l_i, D_i)_{i,j}$ 는 서브 채널  $i$ 의  $j$ 번째 메시지로, 메시지의 길이가 평균적으로  $l_{avei}$ 이며, 메시지의 길이는  $l_{mini} \leq M_m(l_i,j) \leq l_{maxi}$  범위에 있고 ( $M_m(l_i) = \{l_{avei}, l_{mini}, l_{maxi}\}$  cells), 주기와 마감시간( $D_i$ )을 가진다. 연속미디어 메시지의 마감시간에 대하여  $M_m(d)_{i,j+1} = M_m(d)_{i,j} + D_i$  식이 성립한다. 소스에서 전송 우선순위는 실시간 메시지에 비하여 낮다.

**정의 4)** 비실시간 메시지  $N_m(l_i,j)_{i,j}$ 는 서브 채널  $i$ 의  $j$ 번째 메시지로, 평균적으로  $l_{avei}$ 이며, 메시지의 길이는  $l_{mini} \leq N_m(l_i,j) \leq l_{maxi}$  범위에 있고 ( $N_m(l_i) = \{l_{avei}, l_{mini}, l_{maxi}\}$  cells), 주기와 마감시간을 가지고 있지 않다. 소스에서 전송 우선순위는 비주기적 메시지에 비하여 낮다.

한편, 본 논문에서의 가정은 다음과 같다.

- A1) 소스와 목적지간에 최대 지연시간과 최소 대역폭을 보장하는 실시간 채널은 이미 설정되어 있다.
- A2) 실시간 채널로 전송되는 메시지는 같은 크기의 셀 단위로 나누어 전송되며, 스케줄링 되기 전의 메시지는 우선순위에 따라서 선점될 수 있으나, 전송되는 셀은 선점을 허용하지 않는다.
- A3) 소스와 목적지는 같으며, 메시지의 크기는 셀의 정수 배이다.
- A4) 전송되는 셀의 최대 지연시간은 이미 알고있다.

#### 4. 셀 멀티플렉싱 스케줄링

제안된 셀 멀티플렉싱 알고리즘은 소스에서 메시지의 특성에 따라 고정 우선순위[12]와 가변 우선순위인 EDD+ 알고리즘을 혼합하여 스케줄링 한다. EDD+ 스케줄링은 기본적으로 EDD 스케줄링과 같으나 전송이 되더라도 목적지에서 마감시간을 보장할 수 없는 셀은 전송 전에 폐기할 수 있는 메카니즘을 가지고 있어 채널의 부하를 줄임과 동시에 이용률을 증진시킬 수 있다. 메시지 분류 및 셀 스케줄링의 우선순위는 [그림 2]에 나타나 있다.

실시간 채널에서 멀티플렉싱되는 각 데이터의 요구사항을 만족시키기 위하여 제안된 스케줄링의 우선순위는 [그림 3]과 같이 두 가지로 분류할 수 있다. 마감시간이 엄격한 실시간 데이터에 대해서는 우선순위를 높게 설

정하고, 연속미디어 데이터는 마감시간에 가장 가까운 셀에 대하여 높은 우선순위를 부여하는 EDD+ 알고리즘을 적용한다. 또한, 메시지 셀 트래픽이 실시간 채널의 예약된 대역폭을 초과하는 경우에는 비실시간 데이터를 피드백하여 흐름제어를 수행하고, 연속미디어 데이터의 경우 최대 지연 시간을 초과하는 데이터는 전송을 하지 않고 폐기한다.

message type	period & deadline	cell priority	cell scheduling policy	message size
hard periodic real-time ( $R_n$ )	fixed period, fixed deadline	high	fixed-priority	fixed size
multimedia (continuous) ( $M_m$ )	fixed period, fixed deadline	low	EDD+	variable size
non-real-time ( $N_n$ )	no-period, no-deadline	low	EDD+	unknown size

그림 2 메시지 분류 및 셀 스케줄링 우선순위

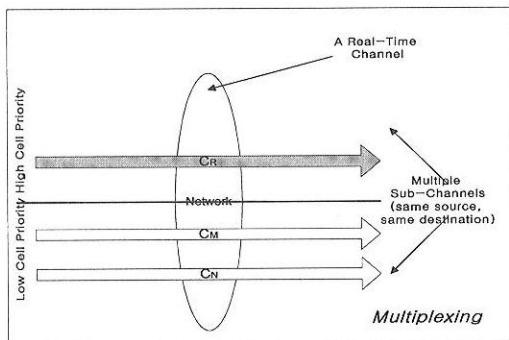


그림 3 스케줄링 우선순위 분류

전송될 셀에 대한 멀티플렉싱 스케줄링 알고리즘의 의사코드는 [그림 4]와 같다.

```

1 Proc Transfer_Message
2 split a message up into smaller cells and insert
   the cells into a priority_queue
3 pick a cell from the queue header
4 CASE (cell_type)
5   PERIODIC REAL-TIME message:
6     transmit the cell to the channel immediately
7   CONTINUOUS message:
8     If (deadline of the cell > current time +
        maximum_delay_bound)
       Then transmit the cell to the channel
9   Else discard the cell
  
```

```

10 NONREALTIME message:
11   If (the channel bandwidth is enough to
      transmit the cell)
      Then transmit the cell to the channel
12   Else insert the cell into the queue
13 EndCASE
  
```

그림 4 셀 멀티플렉싱 스케줄링 알고리즘

도착한 셀에 대하여 그것의 특성에 따라 처리 방법을 달리한다(2번 라인). 셀이 실시간 메시지인 경우는 바로 채널을 통해 전송되고(6번 라인), 연속미디어인 경우에는 셀의 마감시간이 목적지에서 전송 지연시간과 현재 시간을 더한 값보다 클 경우에 한하여 전송되며(8번 라인), 그렇지 않은 경우는 폐기해 버린다. 비실시간 메시지의 경우는 전송 시 손실을 입지 않기 위하여 트래픽이 채널의 대역폭을 넘었는지 여부를 검사하고 이를 넘지 않았을 때는 전송되지만(11번 라인), 그렇지 않으면 다시 큐에 삽입한다(12번 라인).

본 논문에서 제안된 알고리즘의 구현 모델은 [그림 5]와 같다. 구현 모델에서 주기적 실시간 메시지는 고정 우선순위 알고리즘을 이용하여 스케줄링하고, 연속미디어와 비실시간 메시지는 가변 우선순위인 EDD+ 알고리즘으로 스케줄링 한다. 특히, 비실시간 메시지 트래픽이 채널의 대역폭을 넘어섰을 경우에 피드백 시키고, 연속미디어는 폐기됨을 알 수 있다.

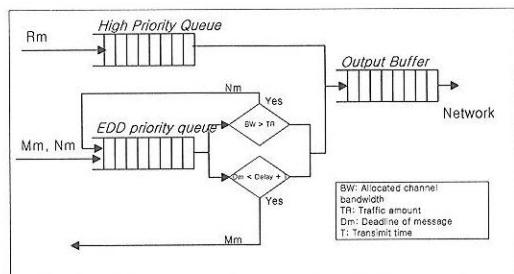


그림 5 소스에서 셀 멀티플렉싱 구현 모델

제안된 알고리즘은 주어진 채널의 효율을 증진시킨다는 측면에서 CBR(Constant Bit Rate)과 ABR(Available Bit Rate)을 혼합하는 기법과 유사하다 [5]. 이는 마치 고정대역폭을 가진 실시간 채널을 CBR로 간주하고 거기에 ABR 기법을 멀티플렉싱하여 CBR가 가지는 제한된 대역폭을 극대화하는 전략을 말한다. [그림 6]은 주어진 CBR 채널에 본 논문에서 제안한 세 가지 종류의 다른 형태의 메시지를 멀티플렉싱 하는 경우와

유사한 형태를 보여주고 있다.

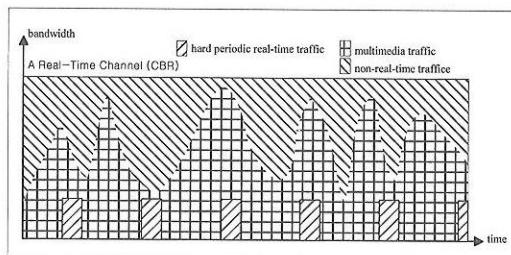


그림 6 CBR과 ABR의 멀티플렉싱

## 5. 시뮬레이션

시뮬레이션에서는 EDD 그리고, 제안된 고정 우선순위와 EDD+를 혼합한 스케줄링 기법들을 비교 대상으로 하였다. 연속 연속미디어 트래픽은 영화 스타워즈를 MPEG-1으로 인코딩 하였을 때 데이터의 일부를 사용하였다([그림 7]).

비실시간 데이터의 발생은 포아송(Poisson) 분포를 따르고, 전송량은 지수(exponential) 분포를 가지며, 충분한 지연을 허용한다고 가정하였다. [그림 8]은 시뮬레이션에 사용된 초기 트래픽 분포 및 특성을 나타낸다. 메시지 트래픽은 각각 두 종류의 연속 미디어 및 실시간 메시지와 하나의 비실시간 메시지로 되어있다.

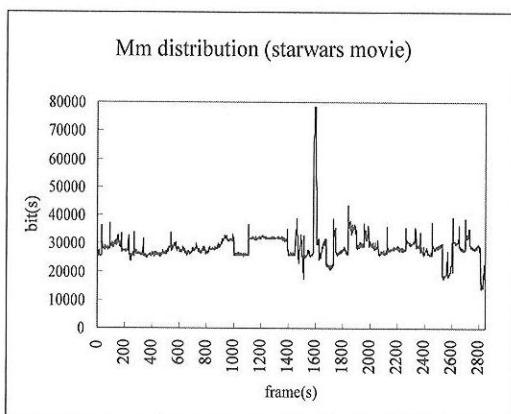


그림 7 시뮬레이션에 사용된  $M_m$  트래픽의 분포

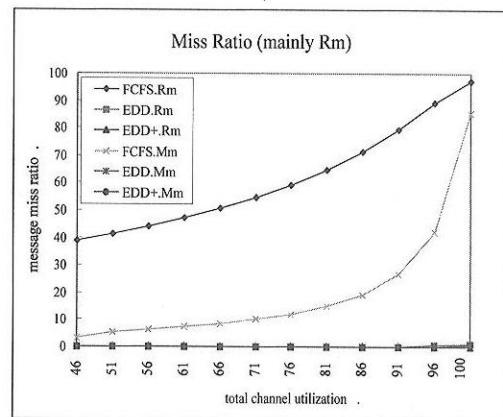
[그림 8]에서 경성 주기적 메시지의 주기나 크기는 임으로 결정하였다. 연속미디어는 샘플링 시간이 다르기 때문에 평균 메시지, 최소 메시지, 그리고 최대 메시지의 크기가 각각 다르다. 비실시간 메시지의 최소 크기와

최대 크기는 임의로 결정하였다. 그러나 시뮬레이션에 사용된 테이터들의 파라미터는 모두 실제 멀티미디어 응용에서 사용되는 데이터가 갖는 특성 범위 내에서 설정되었다.

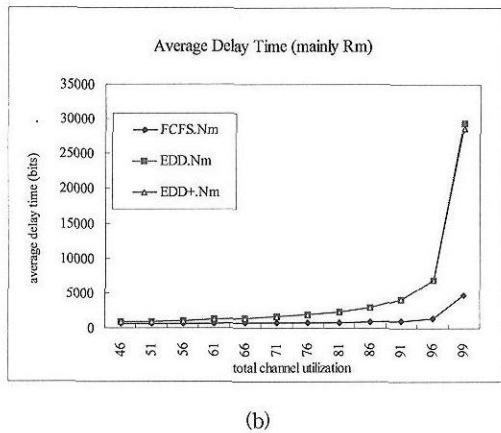
No	meagsse type	arrival pattern (period)	average message size	min message size	max message size
1	hard periodic ( $R_m$ )	periodic (1ms)	1kb	1kb	1kb
2	hard periodic ( $R_m$ )	periodic (5ms)	2kb	2kb	2kb
3	continuous media ( $M_m$ )	periodic (40ms)	4.30kb from MPEG-1. movie	2.59kb	11.68kb
4	continuous media ( $M_m$ )	periodic (40ms)	4.56kb from MPEG-1 movie	2.75kb	12.37kb
5	non-real-time ( $N_m$ )	poisson distribution average 1000ms	exponential 119.1kb	0.57kb	591.9kb

그림 8 시뮬레이션에 사용된 데이터의 특성

시뮬레이션 평가 기준은 마감시간을 넘긴 메시지 수의 비율과 (MR: miss ratio), 평균 지연시간 (ADT: average delay time)이다. [그림 9-a]는 첫번째 경우의 시뮬레이션 결과로 다른 트래픽은 일정하고 실시간 메시지 ([그림 8]의 No.1) 량이 약 5%씩 증가하는 경우이다. FCFS인 경우는 시뮬레이션 초기부터 실시간 메시지의 MR이 높고, 트래픽이 증가할수록 실시간 메시지 뿐 아니라 연속미디어 메시지의 MR도 증가함을 알 수 있다. EDD나 EDD+의 경우는 연속미디어 트래픽의 MR에 큰 영향을 미치지 않았다. 그러나, 전체 채널의 부하가 100%에 가까워질 때, EDD도 적은 량이지만 실시간 트래픽이 손실되었다. 이는 과부하 시 마감시



(a)



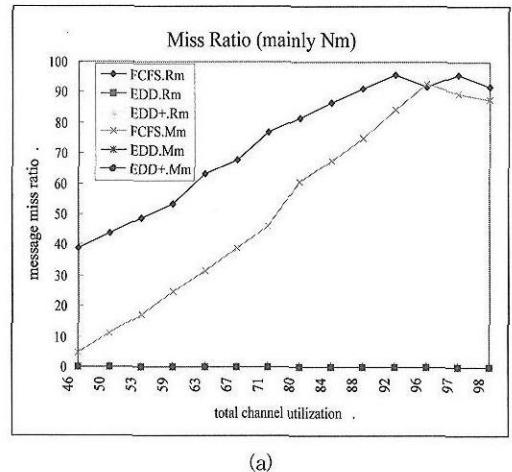
(b)

그림 9 (a)  $R_m$  트래픽 증가에 따른 MR의 변화 (b)  
 $R_m$  트래픽 증가에 따른 ADT의 변화

간을 넘긴 트래픽이 발생하게 되고 이들 트래픽이 전송되면서 실시간 트래픽의 지연이 발생되기 때문이다. 그러나, 본 논문에서 제안한 EDD+는 전체 채널의 부하가 100%에 가까워지더라도 실시간 트래픽의 손실이 거의 없었다. 한편, FCFS에 비하여 EDD 또는 EDD+의 경우 비주기적 메시지와 비실시간 메시지에 대한 지연시간이 전체 채널 부하가 90%를 넘어서면서 급격하게 증가함을 알 수 있다([그림 9-b]). 이는 실시간 메시지와 연속미디어 메시지를 우선해서 서비스하기 때문에 상대적으로 비실시간 메시지의 서비스 시간이 뒤로 미루어지기 때문이다.

두 번째 경우는 다른 트래픽은 고정시켜놓고  $M_m$  트래픽 ([그림 8]의 No. 3) 런을 점진적으로 증가시켰을 경우[그림 10-a]에 해당한다. FCFS는 첫 번째 시뮬레이션 경우와 마찬가지 이유로, 연속 미디어 메시지 런이 증가할수록 실시간 및 연속 미디어의 MR이 크게 증가함을 알 수 있다. EDD를 적용하였을 경우 높은 부하에서는 연속미디어 뿐만 아니라 실시간 메시지의 MR도 증가하게 된다. 이러한 문제점은 EDD+ 스케줄링 정책으로 해결할 수 있는데, 이는 트래픽 과부하 시에도 실시간 트래픽이 마감시간을 넘지 않도록 높은 우선순위를 할당하기 때문이다. EDD와 EDD+는 트래픽이 갑자기 몰렸을 경우에만 차이가 나타는데, 첫 번째 시뮬레이션의 경우와 마찬가지로 전체 트래픽이 과부하 시 EDD를 적용하였을 때는 실시간 트래픽의 손실이 겹출되었으나, EDD+의 경우에는 이를 방지할 수 있었다. 그리고, FCFS에 비하여 EDD 또는 EDD+는 비실시간 메시지에 대한 지연이 급격하게 증가함을 알 수 있다([그림

10-b]). 이는 실시간 메시지와 연속미디어 메시지를 우선해서 서비스하기 때문에 상대적으로 비실시간 메시지의 서비스 시간이 뒤로 미루어지기 때문이다.



(a)

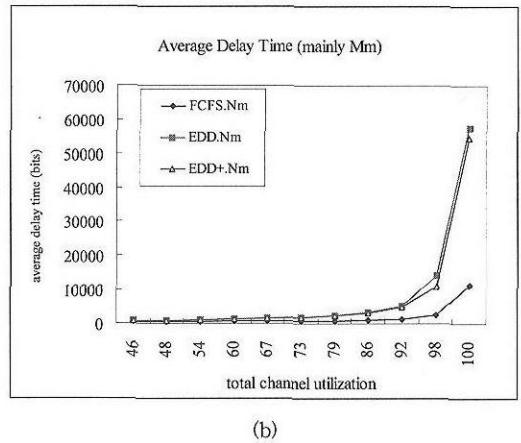


그림 10 (a)  $M_m$  트래픽 증가에 따른  $M_R$ 의 변화 (b)  
 $M_m$  트래픽 증가에 따른 ADT의 변화

세 번째 경우는 비실시간 메시지가 점진적으로 증가하였을 때, 실시간 데이터와 연속 미디어 데이터가 어떤 영향을 받는지를 살펴보았다([그림 11-a]와 [그림 11-b]).

FCFS를 적용하였을 때, 비실시간 데이터의 증가는 실시간 데이터와 연속 미디어 데이터의 MR과 평균지연시간에 많은 영향을 주는 것을 알 수 있다. EDD 또는 EDD+를 적용하였을 경우 MR는 전혀 영향을 받지 않으며,  $N_m$ 의 ADT는 서로 비슷하게 증가함을 알 수 있다.

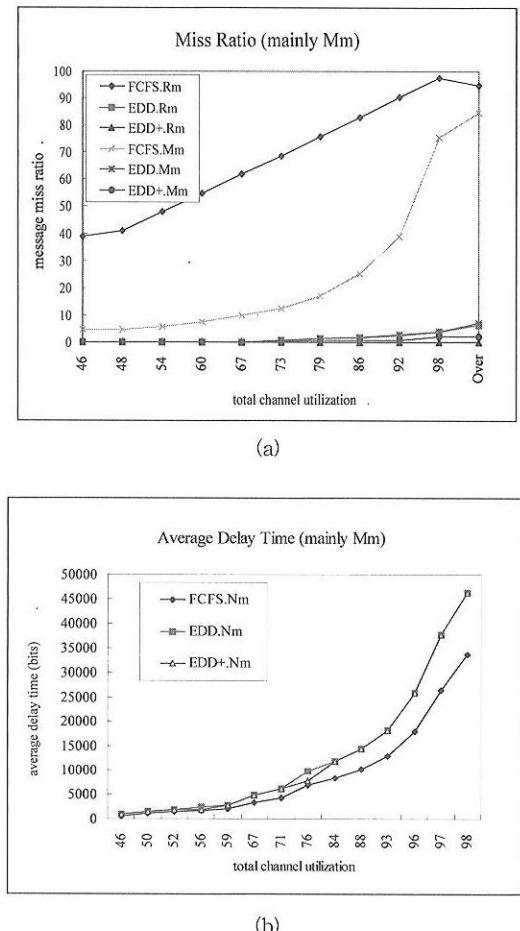


그림 11 (a)  $N_m$  트래픽 증가에 따른 MR의 변화 (b)  $N_m$  트래픽 증가에 따른 ADT의 변화

이같은 세 가지 시뮬레이션 결과를 분석해 보면 FCFS는 최대 지연시간과 최소 대역폭을 보장해주는 실시간 채널의 전송 측에서 멀티플렉싱할 경우 차별화된 서비스를 제공하기 어려움을 알 수 있다. 또한, 지연과 손실률에 대한 득실을 보면, EDD는 트래픽이 갑자기 크게 증가한 경우에 실시간 트래픽의 마감시간을 보장하지 못한다는 것을 알 수 있다. 그러나, EDD+는  $N_m$ 에 대한 지연시간은 상대적으로 높지만(이것이  $N_m$ 의 서비스 요구사항에 위배되는 것은 아니다) 항상  $R_m$ 에 우선순위를 두기 때문에 전체 채널의 부하가 높을 경우에도  $R_m$ 의 마감시간을 보장하였다. 따라서, 고정 우선순위와 가변 우선순위인 EDD+알고리즘을 혼합하여 메시지 셀을 멀티플렉싱하는 기법은 실시간 트래픽의 마감

시간을 보장하고, 선점형 우선순위를 기반으로 하고 있는 실시간 스케줄링 기법을 사용하기 때문에 시간적인 제약조건이 서로 다른 데이터의 서비스 요구사항을 만족시켜 결과적으로 실시간 채널의 이용률을 높이는데 적합함을 알 수 있었다.

한편, 본 논문에서 제안한 소스에서의 셀 멀티플렉싱 알고리즘은 대용량의 멀티미디어 서버에서 멀티미디어, 실시간, 비실시간 트래픽이 혼합되어있는 환경에도 적용할 수 있다. 특히 전송될 트래픽 부하가 높으며 트래픽 양의 변화가 심한 경우에 잘 적용된다. 예를 들면, 어느 특정 시점에서 마감시간은 가까우나 수행시간이 큰 연속미디어 메시지와, 마감시간은 그보다는 나중이지만 수행시간이 짧은 실시간 트래픽이 혼합되어 있다고 가정하자. 이때 EDD 정책으로만 스케줄링할 경우 연속미디어를 먼저 스케줄링 함으로써(그것의 수행시간이 길어) 실시간 메시지의 마감시간을 놓치게 될 수 있다. 그러나, 고정 우선순위와 EDD+ 스케줄링을 혼합하여 사용하는 경우, 실시간 메시지에게 높은 우선권을 부여하므로 실시간 메시지의 마감시간을 보장할 수 있다.

## 6. 결 론

본 논문에서는 실시간 채널에서 이종의 트래픽을 전송할 경우 채널 효율을 증진시키기 위하여 메시지의 종류를 크기와 마감시간에 따라서 세가지로 분류한 뒤, 이를 소스에서 멀티플렉싱 하는 스케줄링 기법을 제안하였다. 시뮬레이션 연구결과 고정 우선순위와 가변 우선순위인 EDD+ 스케줄링을 혼합하여 사용하는 제안된 셀 멀티플렉싱 스케줄링은 다른 스케줄링 알고리즘보다 채널의 이용률을 높일 수 있었다. 또한, 제안된 알고리즘은 선점형 우선순위를 기반으로 하고 있는 실시간 스케줄링 기법을 사용하였기 때문에 시간적인 제약조건이 서로 다른 데이터의 각각의 특성을 만족시킬 수 있었다.

## 참 고 문 헌

- [1] A. Banerjea, D. Ferrari, B. Mah, M. Moran, C. Verma, and H. Zhang, "The Tenet Real-Time Protocol Suite: Design, Implementation, and Experiences," IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 4, No. 1, Feb., 1996, pp. 1-10
- [2] Thomas M. Chen and Stephen S. Liu, ATM Switching Systems, Artech House Incorporated, 1995, Chapters 5-10, pp. 81-233
- [3] Chin-Che Chou and Kang G. Shin, "Multiplexing Statistical Real-Time Channels in a Multi-Access Network," IEEE Proceedings of the 16th ICDCS,

- 1996, pp. 133-140.
- [4] S. Fahmy, A Survey of ATM Switching Techniques, White Paper, URL [http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788/atm\\_switching/index.html](http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788/atm_switching/index.html), Department of Computer and Information Science, The Ohio State University, 1995
- [5] R. Fan, H. Suzuki, K. Yamada, and N. Matsuura, Expandable ATOM Switch Architecture (XATOM) for ATM LANs, White Paper, URL <http://www.cisco.com/warp/public/614/3.html>.
- [6] D. Ferrari and D. Verma, "A Scheme for Real-Time Channel Establishment in Wide-Area Networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 8, No. 3, April, 1990, pp. 368-379.
- [7] H. Hansson, Guaranteeing Real-Time Traffic Through an ATM Network, Invited Talk, 3rd. International Workshop on Real-Time Computing Systems and Applications, October 1996, Seoul, Korea.
- [8] T.-Y. Huang and J.-L.C. Wu, "Performance Analysis of ATM Switches Using Priority Schemes," IEEE Proceedings on Communications Vol. 41, No. 4, Aug., 1994, pp. 248-254.
- [9] G. Karlsson, "Capacity Reservation in ATM Networks," Computer Communications, Special Issue on Algorithms for ATM, March 1996.
- [10] E. Knightly, H. Zhang, "D-BIND: An Accurate Traffic Model for Providing QoS Guarantees to VBR Traffic", IEEE/ACM Trans. on Networking, Vol. 5, No. 2, 1997, pp. 219-231.
- [11] A. Lin, LightStream 1010 Switch Architecture and Traffic Management, White Paper, Cisco Systems, 1996.
- [12] C.L. Liu and J.W. Layland, "Scheduling Algorithms for Multi- Programming in a Hard Real-Time Environments", Journal of the Association for Computing Machinery, Vol. 20, No.1, January 1973, pp. 46-61.
- [13] C.W. Mercer, S. Savage, and H. Tokuda, "Processor Capacity Reserves: Operating System Support for Multimedia Applications," Proceedings of the International Conference on Multimedia Computing and Systems, IEEE, 1994, pp. 90-99.
- [14] A. Raha, S. Kamat, and W. Zhao, "Guaranteeing End-to-End Deadlines in ATM Networks," IEEE ICDCS, 1995.
- [15] Z. Rosberg, "Cell Multiplexing in ATM Networks," IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 4, No. 1, February 1996, pp. 112-122.
- [16] The Tenet Group, Recent and Current Research, White Paper, University of California, Berkeley, May, 1995.
- [17] L. Zhang, S. Deering, D. Estrin, S. Shenker, and D. Zappala, "RSVP: A New Resource ReSerVation Protocol," IEEE Network Magazine, September 1993.
- [18] H. Zhang and D. Ferrari, "Improving Utilization for Deterministic Service In Multimedia Communication", Proc. 1994 IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems, Boston, MA, May 1994, pp. 295-304.
- [19] D. Ferrari. A New Admission Control Method for Real-Time Communication in an Internetwork, Real-Time Systems, S. Son, Ed., Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1994.



김 형 일

1994 경희대학교 물리학과 이학사. 1996 경희대학교 전자계산공학과 석사. 1996 ~ 현재 경희대학교 전자계산공학과 박사과정 재학중. 관심 분야는 실시간 시스템, 실시간 멀티미디어 응용, 실시간 CORBA, 자바

이 승 룡

제 25 권 제 1 호(A) 참조