

# ATM망에서 ABR서비스를 위한 효율적인 전송률 할당 알고리즘 설계 및 성능분석

김 명 균<sup>†</sup> · 허 정 석<sup>†</sup>

## 요 약

ATM망에서 ABR 서비스는 CBR, VBR에 할당된 전송률을 제외한 나머지를 이용해서 데이터를 전송한다. 오디오 또는 비디오 데이터와 같이 실시간 전송이 필요한 서비스들을 전송지연이 제한되는 CBR이나 VBR 트래픽을 이용하여 제공할 수 있지만, 이런 경우에는 전체 전송률을 효율적으로 사용하지 못하는 단점이 있다. 본 논문에서는 실시간 데이터를 ABR 서비스를 이용하여 효율적으로 전송하기 위한 전송률 할당 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 MCR을 보장하며, MCR에 비해 전송률을 할당한다. 그리고 접속의 상태를 만족(satisfied) 상태와 불만족(bottlenecked) 상태로 구분하고, 만족 상태인 접속이 사용하지 않는 전송률을 불만족 상태인 접속이 사용할 수 있도록 하여 전체 전송률 활용도를 높인다. 또한 제안된 알고리즘은 Ghani[5]에 의해 제안된 큐 제어 함수를 사용해서 큐 길이를 일정한 범위로 유지함으로써 셀의 전송지연을 일정하게 한다. 본 논문에서는 시뮬레이션을 통해 제안된 알고리즘의 성능을 분석하고, 기존에 제안된 ATM 포럼[1] 및 Kalampoukas 알고리즘[2]과 비교를 하였다.

## Design and Performance Evaluation of An Efficient Transmission Rate Allocation Algorithm for ABR Services in ATM Networks

Myung-Kyun Kim<sup>†</sup> · Jung-Suk Heo<sup>†</sup>

### ABSTRACT

On ATM networks, ABR services are provided using the remained bandwidth after allocating CBR and VBR traffic. Realtime services such as transmitting audio or video data may be provided using CBR and VBR which have a constrained transmission delay, but in these cases, the communications bandwidth may be wasted. This paper proposes an efficient bandwidth allocation algorithm to transfer real-time data using ABR service. The proposed algorithm guarantees MCR and allocates bandwidth to each connection proportional to its MCR. The proposed algorithm divides the connections in two groups - a satisfied state group and a bottlenecked state group - and enhances bandwidth utilization by allowing the remained bandwidth after allocating the connections in the satisfied state to be allocated to the connections in the bottlenecked state. Our algorithm uses a queue control function proposed by Ghani[5] to keep the queue length within some boundary, which makes the transmission delay constant. We simulate and compare the performance of the proposed algorithm with that of the algorithms proposed by ATM Forum[1] and Kalampoukas[2].

### 1. 서 론

ATM(Asynchronous Transfer Mode) 망은 고정 크기의 셀을 사용하는 비동기 전송 방식으로 다양한 서비스들을 효과적으로 지원할 수 있어 미래의 망

구현 측면에서 가장 유망한 기술이 되었다[1]. ATM 포럼은 사용자의 다양한 요구를 만족시키기 위해 서비스 종류를 트래픽의 특성과 서비스 품질에 따라 CBR(Constant Bit Rate), VBR(real time Variable Bit Rate), ABR(Available Bit Rate) 서비스 등으로 분류하였다 [2]. ABR 서비스는 CBR과 VBR 서비스에 할당하고 남은 나머지 전송률을 사용해서 데이터를 전송한다.

\* 본 논문의 연구결과는 97년도 학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 수행된 것입니다.

† 정 회 원 : 울산대학교 컴퓨터정보통신공학부 교수  
논문접수 : 1999년 10월 11일, 심사완료 : 2000년 8월 3일

전송률을 할당하는 알고리즘은 크게 사용권 기반 방식(Credit Based Scheme)과 전송률 기반 방식(Rate Based Scheme)으로 나누어지며 ATM 포럼에서는 전송률 기반방식을 채택하였다. 전송률 기반방식은 소스에서 망의 상태에 대한 정보를 얻기 위해서 일정한 수의 데이터 셀 마다 RM(Resource Management) 셀을 전송한다. 스위치를 거쳐 수신자에게 도착한 RM 셀은 송신자 측으로 되돌려지며 이 과정에서 ATM 망은 현재 할당할 수 있는 전송률을 계산하여 돌려준다. 이에 따라 송신자는 가장 혼잡이 심한 스위치에서 할당된 전송률을 자신의 전송률로 조정하게 된다. 이러한 전송률 할당 알고리즘의 목적은 높은 전송률 활용도, 작은 큐 지연, 작은 셀 손실을 유지하고 경쟁하는 송신자들 사이에서 공정성을 보장하는 것이다.

ABR 서비스를 이용하여 공정한 몫을 할당하기 위한 연구는 Charny, Kalampoukas와 ATM Forum 등에서 많이 연구되었다 [1-4, 6, 12]. Kalampoukas[1]가 제시한 알고리즘은 Charny[3]에 의해 제안된 MIT Scheme을 수행시간이  $O(1)$ 이 되도록 향상시킨 것으로, 총 할당 가능 용량(total available capacity)이나 접속의 요구량이 변할 때마다 최대-최소 할당(Max-min allocation) 방법에 따라 전송률을 할당한다. 이 알고리즘은 접속들 간의 상태를 만족 상태와 불만족 상태로 구분하여 아래와 같이 할당한다.

$$A_{\max}(t) = B_{eq}(t) + \frac{B_f(t)}{N_b(t)} \quad (\text{불만족 상태})$$

$$A_{\max}(t) = B_{eq}(t) + \frac{B_f(t) A_j(t) - B_{eq}(t)}{N_b(t) + 1} \quad (\text{만족 상태})$$

여기서  $A_{\max}(t)$ 는 접속에 할당해 줄 수 있는 최대 할당량,  $B_{eq}(t)$ 는 ABR 서비스를 위한 할당된 전체 전송률을 전체 접속의 수로 나눈 동등한 몫(Equal Share),  $N_b(t)$ 는 불만족 상태의 접속의 수,  $B_f(t)$ 는 ABR 서비스를 위한 전체 전송률에서 불만족 상태의 접속들의  $B_{eq}(t)$ 의 합을 뺀 전송률을 말하며,  $A_j(t)$ 는 현 접속에 할당된 전송률을 의미한다. 이 알고리즘은 최대-최소 할당에 따라 전송률을 할당하지만 MCR을 보장하지 못한다는 단점이 있다. ATM Forum에서는 MCR과 관련된 여러 가지 전송률 할당 방법을 제안하고 있다 [1]. 이 알고리즘은 아래와 같은 방법으로 MCR에 비례하여 용량을 할당한다.

$$A_{\max}(t) = B(t) \left[ \frac{MCR_i}{\sum_{i=\text{불만족상태}} MCR_i} \right]$$

여기서  $B(t)$ 는 ABR 서비스를 위한 할당된 전송률,  $MCR_i$ 는 접속의 MCR,  $\sum_{i=\text{불만족상태}} MCR_i$ 는 불만족 상태의 접속들의 MCR의 합을 의미한다. 즉 접속  $i$ 에 대하여 ABR 서비스를 위한 전송률에서 만족 상태인 접속의 전송률을 MCR에 비례하여 할당하는 것이다. ATM 포럼에서 제시한 전송률 할당은 접속들의 MCR에 비례하여 전송률을 할당하지만 MCR을 보장하지 못한다는 단점이 있다.

본 논문에서는 MCR을 보장하고 MCR에 비례하여 전송률을 할당하고, Ghani[4]에 의해 제안된 큐 제어 함수를 사용하여 큐 길이를 일정하게 유지함으로써 일정한 셀 지연시간을 가지도록 하는 ABR 서비스 전송률 할당 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 접속의 상태를 만족과 불만족 상태로 나누어 할당하고, 과다 할당되어 현재 사용하지 않는 전송률을 조기회수하여 다른 연결이 사용하도록 함으로써 전송률 활용도를 높일 수 있다.

2절에서는 본 논문의 전송률 할당 방법과 큐제어 함수에 대해 기술하고, 3절에서는 각 RM 셀에 대해 스위치들이 수행하는 순방향 알고리즘과 역방향 알고리즘에 대해 기술한다. 4절에서는 제안된 알고리즘에 대한 성능을 분석하고 시뮬레이션을 통해 ATM Forum[2]과 Kalampoukas[1]에 의해 제안된 알고리즘과 비교하고, 마지막으로 5절에서는 결론에 대해 기술한다.

## 2. 전송률 할당 알고리즘

본 절에서는 제안하는 전송률 할당 알고리즘에 대해 기술한다. 알고리즘의 기술을 위해 본 논문에서는 다음과 같은 표기법을 사용한다.

- $MCR^i$  접속  $i$ 의 MCR
- $B_T$  ABR 서비스를 위한 목적전송률
- $B_S$  만족상태인 접속들에 할당된 전송률의 합
- $B_S^{MCR}$  불만족상태인 접속들의 MCR의 합
- $ACR_{cell}^i$  접속에 할당된 전송률
- $ER_{cell}^i$  접속  $i$ 에 대한 RM셀의 ER항목
- $CCR_{sw}^i$  스위치에서 측정된 접속  $i$ 의 전송률

2.1 공정한 몫

현재 MIT기법[5]을 기반으로 한 여러 전송률 할당 알고리즘은 접속들을 만족 상태와 불만족 상태로 구분하고 ABR을 위한 총 전송률에서 만족 상태인 접속들에 할당된 총합을 빼 나머지를 불만족 상태에 있는 접속들의 개수로 나누어서 공정한 몫을 구하며, 공정한 몫보다 큰 전송률을 요구할 경우 공정한 몫으로 전송률을 할당하게 된다. 이렇게 될 경우 공정한 몫보다 큰 전송률을 요구하는 접속은 전송률의 요구량과 관계없이 공정한 몫으로 전송률을 할당하므로 전송률 할당량에 따라 과금이 행해지는 ATM 망에서는 불합리하다고 할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 ATM Forum에서와 같이 MCR에 비례하여 전송률을 할당하되 최소 MCR을 만족하도록 다음과 같이 할당한다.

IF(connection *i* == 불만족상태)

$$A_{max} = MCR^i + (B_T - B_b^{MCR} - B_S) + \frac{MCR^i}{B_b^{MCR}}$$

ELSE /\*connection *i* == 만족상태 \*/

$$A_{max} = MCR^i + (B_T - B_b^{MCR} + B_S + ACR_{sw}^i - MCR^i) \times \frac{MCR^i}{B_b^{MCR} + MCR^i}$$

전송 할당량은 ABR을 위한 총 전송률에서 만족상태의 접속들에 대한 전송률 합과 불만족상태의 전송률들에 대한 MCR의 합을 빼 것을 불만족 상태의 접속들에게 MCR에 비례하여 할당한다. 모든 접속들이 만족상태일 경우에는  $B_b^{MCR} = 0$ 이 되므로, 자기자신을 불만족상태로 가정하여 마찬가지로 방법으로 전송 할당량을 계산하게 된다. 위와 같이 할당함으로써 MCR을 보장할 뿐만 아니라 나머지 전송률을 MCR에 비례하여 할당하게 된다.

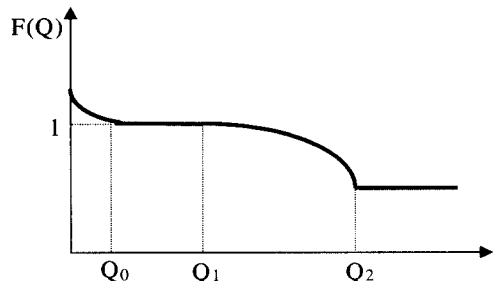
2.2 큐 제어 함수

본 논문에서 제안하는 전송률 할당 알고리즘은 혼잡을 방지하고 큐 길이를 일정한 크기로 유지하도록 하기 위하여 Ghani[4]에 의해 제안된 큐 길이 제어 함수를 사용한다. 사용되는 큐 제어 함수는 아래와 같고, 이를 그래프로 표현하면 (그림 1)과 같다.

Q가  $Q_0$  보다 작을 때 식(1)이 적용되며 F(Q)는 1보다 큰 값이 되어 전송률을 증가 시켜서  $Q_1$  과  $Q_2$  사이에 들게 한다. Q가  $Q_0$  과  $Q_1$  사이일 때는 식(2)가 적

용되며 F(Q)는 1이 되어 큐 제어 함수는 전송률 할당에 어떠한 영향도 미치지 못하게 되며 Q가  $Q_1$  과  $Q_2$  사이일 때는 식(3)이 적용되며 F(Q)는 1보다 작은 값이 되어 전송률을 감소 시켜서  $Q_1$  과  $Q_2$  사이에 들게 한다. Q가  $Q_2$  보다 클 때는 식(4)가 적용되며 F(Q)는 1보다 매우 작은 값이 되어 전송률을 빠르게 감소시켜서 큐 길이가 빠르게  $Q_1$  과  $Q_2$  사이에 들게 한다. 또한  $Q_0$  보다 작을 때와  $Q_1$  과  $Q_2$  사이일 때는 Q가  $Q_0$  와  $Q_1$  에 가까워 질 수록 F(Q)는 1에 가까워져서 Q가  $Q_0$  와  $Q_1$  사이에 들지 못하고 불필요하게 진동하는 것을 막는다.

$$F(Q) = \begin{cases} = \frac{\lambda_b U_0}{(\lambda_b - 1)Q + Q_0} & 0 \leq Q < Q_0 \quad (1) \\ = 1 & Q_0 \leq Q < Q_1 \quad (2) \\ = 2 - \frac{\lambda_a Q_1}{(\lambda_a - 1)Q - Q} & Q_1 \leq Q < Q_2 \quad (3) \\ = 2 - \frac{\lambda_a Q_1}{(\lambda_a - 1)Q_1 - Q_2} & Q_2 \leq Q < \infty \quad (4) \end{cases}$$



(그림 1) 큐 제어함수의 그래프

3. 스위치 알고리즘

본 절에서는 RM 셀을 받았을 경우 각 스위치에서 수행하는 알고리즘에 대해 기술한다. 송신자는 일정수의 데이터 셀 간격마다 하나씩 RM 셀을 주기적으로 전송하며, RM 셀에는 현재 그 접속이 할당받기를 원하는 전송률 (Expected Cell Rate)이 명시되어 있다. 본 논문에서 ER 값은 그 접속의 PCR (Peak Cell Rate)를 사용한다. ATM 망은 송신자로부터 RM 셀을 받으면 그 접속에 할당될 수 있는 전송률을 구하여 ER 항목에 되돌려 준다. 해당 접속에 할당될 전송률은 그 접속에 속하는 모든 스위치들의 최대-최소 동등한 몫 중에서 가장 작은 값이 된다.

### 3.1 순방향 알고리즘

각 스위치들이 순방향 RM 셀을 받았을 때 수행하는 동작은 (그림 2)와 같다.

```

BT = Link_rate - (VBR_rate + CBR_rate)
if (CCRswi < ACRcelli)
{
    BT = BT + ACRswi - CCRswi
    if (connection i = 만족상태)
    {
        connection i = 불만족상태
        BS = BS - ACRswi
        BbMCR = BbMCR + MCRi
    }
}
    
```

(그림 2) 순방향 알고리즘.

링크의 전체 용량에서 CBR과 VBR의 총 전송률을 뺀 나머지 전송률을 ABR을 위한 전송률(목적전송률: B<sub>T</sub>)으로 할당하게 된다. 그리고 전송률의 낭비를 막기 위해 스위치에서 각 접속의 현재 전송률을 측정하고 만약 송신자가 할당된 전송률 보다 작게 전송하고 있다면 할당된 전송률과 실제 전송률과의 차이만큼 목적 전송률을 증가시켜 다른 접속이 사용할 수 있도록 한다. 이렇게 할당량이 조정된 접속의 현재 상태가 만족 상태이면 상태를 불만족 상태로 바꾸고 스위치에 저장되는 만족 상태인 접속들에 할당된 전송률 B<sub>S</sub> 와 불만족 상태인 접속들의 MCR의 합 B<sub>b</sub><sup>MCR</sup> 을 갱신하고, RM 셀을 다음 스위치로 전송한다.

### 3.2 역방향 알고리즘

각 접속에 대해 전송률 할당은 자신의 MCR과 목적 전송률에서 만족상태인 접속들의 전송률의 합과 불만족상태인 접속들의 MCR의 합을 뺀 나머지를 더하여 불만족상태인 접속들에게 MCR에 비례하여 할당하게 된다. 각 스위치의 역방향 RM 셀에 대한 수행 알고리즘은 (그림 3)과 같다. 실제적인 전송률 할당은 역방향 RM셀이 스위치에 도착했을 경우에 일어난다. 접속의 상태가 만족 상태인지 불만족 상태인지를 판단해 상태에 따라 다른 알고리즘을 수행하게된다. 접속 i의 상태가 만족 상태라면 공정한 몫을 만족 상태일 경우의 공정한 몫 계산식에 따라 계산하고 계산된 공정한 몫이 접속에 할당된 전송률과 비교해서 공정한 몫이 더 작다면 접속 i의 상태를 불만족 상태로 바꾸고 만족

```

if (connection i = 불만족 상태)
{
    Amax = MCRi + (BT - BbMCR - BS) *  $\frac{MCR^i}{B^MCR}$ 

    if (Amax > ACRcelli)
    {
        connection i = 만족 상태
        BS = BS + ACRcelli
        BbMCR = BbMCR - MCRi
    }
}
else /* connection i = 만족 상태 */
{
    Amax = MCRi + (BT - BbMCR - BS + ACRswi - MCRi) *  $\frac{MCR^i}{B^MCR + MCR^i}$ 

    if (Amax < ACRcelli)
    {
        connection i = 불만족 상태
        BS = BS - ACRswi
        BbMCR = BbMCR + MCRi
    }
    else
    {
        BS = BS - ACRswi + ACRcelli
    }
}
ACRswi = ACRcelli
ERcelli = min(ERcelli, max(Amax, Queue_Function(Queue length), MCR))
    
```

(그림 3) 역방향 알고리즘

상태인 접속에 할당된 전송률의 총합(B<sub>S</sub>)을 접속 i에 할당된 전송률만큼 감소F(Q)시키고 불만족 상태인 접속들의 MCR의 합을 접속 i의 MCR만큼 증가시킨다. 마찬가지로 접속 i의 상태가 불만족 상태라면 공정한 몫을 불만족 상태일 경우의 공정한 몫 계산식에 따라 계산하고 공정한 몫이 접속에 할당된 전송률과 비교해서 공정한 몫이 더 크다면 접속 i의 상태를 만족 상태로 바꾸고 만족 상태인 접속에 할당된 전송률의 총합과 불만족 상태인 접속들의 MCR의 합을 비슷한 방법으로 갱신하고 RM셀의 ACR항목을 다음 RM셀이 도착했을 때 변수들의 갱신을 위해 스위치에 저장한다. 위의 모든 과정이 끝난 후에 실제적인 전송률이 할당되는데 계산된 공정한 몫에 큐 제어 함수의 리턴 값을 곱하고 MCR값과 비교(큐 제어 함수에 의해 MCR값보다 더 작아 질 수 있음)해 더 큰 값을 셀에 있는 ER값과 비교해 더 작은 값을 전송률로 할당하게 된다. 그리고 나서 RM셀을 다음 스위치로 전송하게 된다.

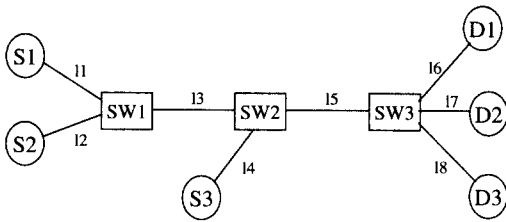
## 4. 성능 평가

본 논문에서 제안한 알고리즘의 성능을 ATM포럼에

서 제시한 MCR에 비례한 할당과 Kalampoukas 논문의 할당 방법과 비교해서 평가한다. 제안하는 알고리즘의 성능평가는 MCR의 보장, 송신자가 할당된 전송률보다 작게 전송할 경우에 전송률 활용도의 차이, 접속의 상태를 만족 상태와 불만족 상태로 나눔으로써 생기는 대역활용도의 차이, 큐 제어 함수의 사용에 의한 큐 길이의 일정성 등에 대한 네 가지의 항목에 대해서 이루어진다.

4.1 시뮬레이션 환경

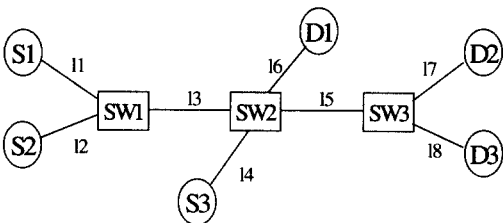
성능평가를 위한 시뮬레이션 환경은 평가하는 항목에 따라 두 가지 환경을 사용한다. 먼저 첫 번째 환경은 (그림 4)와 같다.



(그림 4) 시뮬레이션 환경1

위 환경은 MCR의 보장, 접속이 할당된 전송률보다 작게 전송할 경우의 대역활용도, 큐 함수의 영향 등 세 가지 항목을 평가하기 위해 사용되며, 세 개의 스위치와 세 쌍의 송신자와 수신자 (S1, D1), (S2, D2), (S3, D3)로 구성된다. 모든 링크는 155 Mbps의 전송률을 가지며 이때 링크 15가 가장 혼잡이 심한 링크가 된다. 환경1에서 각각의 접속은 매 32셀 마다 하나의 RM셀을 전송하며, 접속 (S1, D1)은 MCR 10Mbps, 접속 (S2, D2)는 MCR 20Mbps, 그리고 접속 (S3, D3)은 MCR 80Mbps를 갖는다.

두 번째의 시뮬레이션 환경은 (그림 5)와 같다.

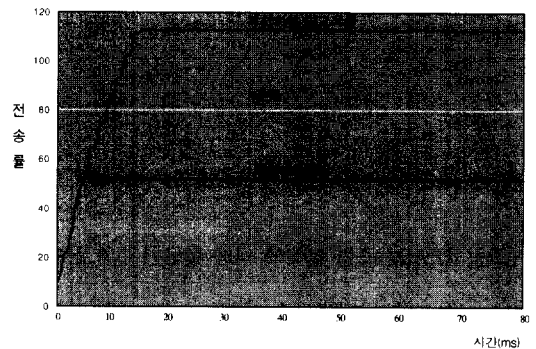


(그림 5) 시뮬레이션 환경2.

위 환경은 접속을 만족 상태와 불만족 상태로 나눔으로써 생길 대역활용도의 개선에 대한 평가를 위해서 사용되며 (그림 4)와 마찬가지로 세 개의 송신자와 세 개의 수신자 그리고 세 개의 스위치로 구성된다. 환경 1과 마찬가지로 모든 링크의 전송률은 155 Mbps이고, 접속 (S1, D1), (S2, D2), (S3, D3)의 MCR은 각각 10Mbps, 20Mbps, 80Mbps를 갖는다.

4.2 MCR의 보장

각 접속에 대한 MCR의 보장은 매우 중요하다. Kalampoukas 알고리즘은 MCR을 고려하지 않았기 때문에 MCR을 보장하지 못하지만, 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 MCR을 보장한다. MCR의 보장에 대한 평가를 위해 시뮬레이션 환경 1을 사용하며 각 송신자의 MCR을 S1은 10 Mbps, S2는 20Mbps, S3은 80Mbps로 하고, 링크 14에서의 S3의 실제 전송률을 Kalampoukas와 본 논문에서 제안하는 알고리즘과 비교한다. (그림 6)에서 망이 안정상태에 도달했을 때 Kalampoukas는 모든 접속에 약 50Mbps를 동일하게 할당하기 때문에 MCR을 보장하지 못하고 있다. 반면 제안하는 알고리즘은 MCR을 보장하고 있음을 보여주고 있다.



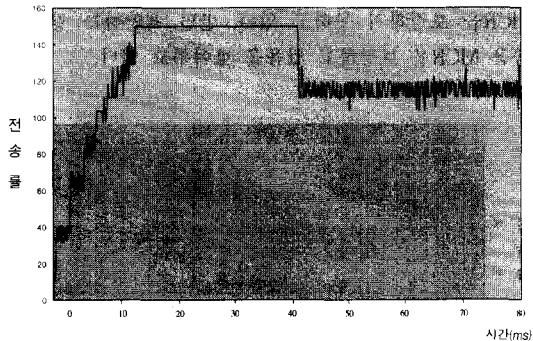
(그림 6) MCR의 보장에 대한 평가

4.3 할당된 전송률보다 작게 전송할 경우 전송률 활용도의 평가

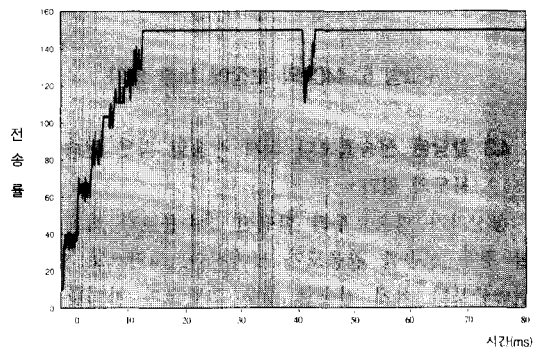
송신자가 망으로부터 할당된 전송률보다 작게 전송할 경우 전송률 활용도가 낮아진다. 그러므로 할당된 전송률보다 작게 전송할 경우 그만큼의 차이를 다른 연결이 사용할 수 있다면 전송률 활용도가 높아질 것이다.

본 항목에 대한 평가는 시뮬레이션 환경 1을 사용하

고 송신자의 MCR을 각각 S1은 10 Mbps, S2는 20 Mbps, S3은 40 Mbps로 주고 S3의 전송률을 어느 순간 50 Mbps로 감소시킬 경우에 가장 병목이 심한 15에서의 전송률을 검사해서 ATM 포럼 MCR에 비례한 할당과 제안하는 알고리즘의 전송률 활용도를 비교 평가한다. (그림 7)과 (그림 8)은 본 항목에 대한 평가 결과를 보여주고 있다. MCR을 각각 10, 20, 40 Mbps로 하였으므로 ATM 포럼 MCR에 비례한 할당과 제안하는 알고리즘은 S1, S2, S3에 약 21, 42, 84 Mbps를 할당한다. 그러나 S3의 전송률을 어느 순간 50Mbps로 감소시켰을 경우에 ATM 포럼 MCR에 비례한 할당은 할당된 전송률과의 차이 34Mbps를 다른 접속이 사용하지 못하므로 15의 전송률의 낭비가 있음을 볼 수가 있다. 반면 제안하는 알고리즘은 S3의 전송률을 50Mbps로 감소시켰을 때 할당된 전송률과의 차이 34 Mbps를 다른 접속이 사용할 수 있으므로 15의 전송률이 일시적으로 감소했다가 149 Mbps까지 증가하는 것을 볼 수 있다.



(그림 7) ATM 포럼 방식에 의해 할당된 15의 전송률

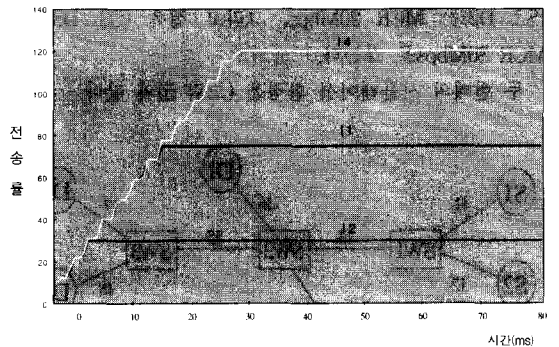


(그림 8) 제안하는 알고리즘에 의해 할당된 15의 전송률

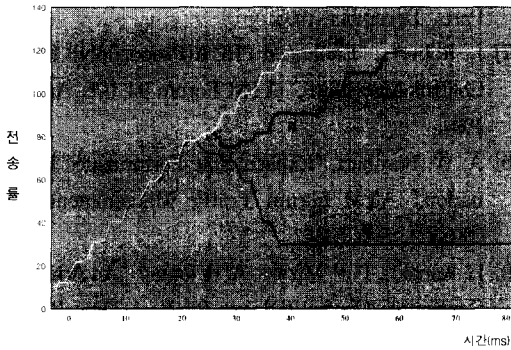
4.4. 만족, 불만족 상태에 의한 전송률 활용도의 개선

ATM 포럼의 MCR에 비례한 할당은 다른 스위치에서의 혼잡으로 인해 공정한 몫보다 작게 할당될 수가 있으므로 전송률의 낭비가 생긴다. 예를 들어 시뮬레이션 환경 2에서 S1, S2, S3의 MCR이 각각 10, 20, 80 Mbps로 할 때 SW1에서는 S1에 75, S2에 75 Mbps를 할당하고 SW2에서는 S2에 37.5, S3에 112.5 Mbps를 할당한다. 송신자에 할당되는 전송률은 병목이 가장 심한 스위치에서 할당된 전송률이 되므로 결국 S1에는 75, S2에는 37.5, S3에는 112.5 Mbps가 할당된다. S1과 S2는 I3를 통과하게 되고 I3 링크용량의 37.5 Mbps가 낭비되게 된다. 직관적으로 보면 S1은 I5를 통과하지 않으므로 낭비되는 37.5 Mbps를 S1에 할당할 수 있음을 알 수 있다. 제안하는 알고리즘은 공정한 몫보다 작게 할당된 접속의 상태를 만족 상태로 공정한 몫으로 할당된 접속을 불만족 상태로 구분함으로써 낭비되는 37.5 Mbps를 S1에 할당하게 되고 전송률 활용도를 높인다. 이를 평가하기 위해서 시뮬레이션 환경 2에서는 S1, S2, S3의 MCR이 각각 10, 20, 80 Mbps로 하여 각 송신자의 전송률 I1, I2, I4과 ATM 포럼 할당방법에서 전송률 낭비가 일어나는 I3의 전송률을 제안한 알고리즘과 비교를 하였다.

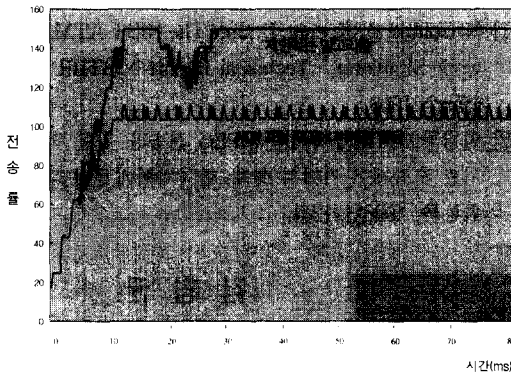
(그림 9)와 (그림 10)에서 보듯이 ATM포럼의 MCR에 비례한 할당은 S1의 전송률이 I1의 전송률은 안정상태에서 75Mbps이지만 제안하는 알고리즘은 112.5Mbps가 됨을 알 수 있다. (그림 11)은 ATM 포럼 MCR에 비례한 할당에서 전송률의 낭비가 발생하는 I3의 전송률을 제안하는 알고리즘과 비교한 것이다. 그림에서 보듯이 I3의 전송률은 149 Mbps까지 전송할 수 있음에도 불구하고 ATM 포럼 MCR에 비례한 할당은 약



(그림 9) ATM 포럼 방식에 의해 할당된 I1, I2, I4의 전송률



(그림 10) 제안하는 알고리즘에 의해 할당된 11, 12, 14의 전송률



(그림 11) 13의 전송률 비교

37.5 Mbps의 낭비가 생김을 알 수 있다. 반면 제안하는 알고리즘은 일시적으로 전송률의 낭비가 생기지만 안정 상태에서는 13 전송률의 모두를 사용하고 있음을 보여주고 있다. 이는 접속의 상태를 만족 상태와 불만족 상태로 나누어서 낭비되는 37.5 Mbps의 전송률을 S1에 할당했기 때문이다.

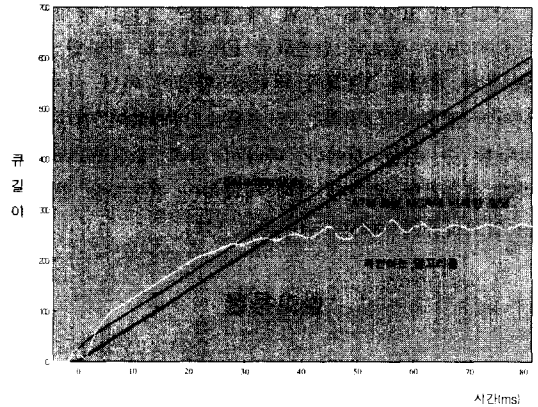
#### 4.5 큐 제어 함수의 영향평가

서비스 품질의 저하를 막기 위해서 되도록 작은 셀 지연변이를 유지하는 것이 중요하다. 그러므로 본 논문에서는 큐 제어 함수를 사용해서 큐의 길이를 일정하게 유지하도록 하고 또한 셀 지연을 일정하게 유지한다. 큐 제어 함수에 의한 큐 길이의 영향을 평가하기 위해 시뮬레이션 환경 1을 사용하며 목적전송률을 155 Mbps로 과다할당이 일어나도록 했을 때의 큐 길이를 Kalampoukas, ATM 포럼 MCR에 비례한 할당, 제안하는 알고리즘과 비교한다. 큐 길이는 시뮬레이션

환경 1에서 가장 병목이 심한 SW2에서 측정하고 제어 함수의 파라미터들은 다음과 같다.

$$\text{Parameter: } \lambda_a = 2, \lambda_b = 1.3, Q0 = 100, \\ Q1 = 200, Q2 = 300$$

(그림 12)에서 보듯이 Kalampoukas와 ATM 포럼 MCR에 비례한 할당은 큐 길이가 일정하게 계속 증가 되는 것을 볼 수 있다. 반면 제안하는 알고리즘은 100까지는 두 알고리즘보다 빠르게 증가하다가 100과 200 사이에서는 큐 제어 함수가 전송률 할당에 아무런 영향을 미치지 못하기 때문에 일정하게 증가한다. 200이 넘었을 경우에는 큐 길이가 더 이상 증가하지 못하고 거의 일정하게 유지되는 것을 볼 수 있다.



(그림 12) 큐 길이의 비교

## 5. 결 론

본 논문에서는 ABR을 이용해 MPEG 비디오 데이터와 같은 실시간을 요하는 데이터를 전송하기 위한 효율적인 전송률 할당 알고리즘을 제안하였다. 물론 이러한 실시간을 요하는 데이터를 CBR이나 VBR을 이용해 서비스할 수도 있지만 전송률 활용도가 매우 낮다는 단점[9, 10] 때문에 ABR을 이용하여 서비스하려는 연구가 최근 활발히 진행되고 있고 본 논문도 이러한 범주에 포함된다. 제안하는 알고리즘은 MCR을 보장할 뿐만 아니라 공정한 몫의 개념을 달리해 MCR에 비례하여 전송률을 할당한다. 접속의 상태를 만족 상태와 불만족 상태로 구분하고, 만족 상태의 접속이 사용하지 않는 나머지 전송률을 불만족 상태인 접속들

이 MCR에 비례하여 전송률을 할당하고, 또한 접속에 할당된 전송률보다 작게 전송할 경우 할당된 전송률과의 차이를 다른 접속이 사용할 수 있도록 해 전송률 활용도를 높였다. 그리고 큐 제어 함수의 사용으로 인해 항상 일정한 큐 길이를 유지할 수 있을 뿐만 아니라 일정한 셀 지연을 유지할 수 있다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 수정된 NIST ATM simulator[11]를 이용해 ATM 포럼에서 제시한 MCR에 비례한 할당과, Kalampoukas 기법과 위에서 제시한 네 가지 항목 즉 MCR에 비례한 할당, 접속에 할당된 전송률보다 작게 전송할 경우, 접속의 상태를 만족 상태와 불만족 상태로 구분, 큐 제어 함수에 의한 큐 길이 등에 관해서 시뮬레이션을 통해 제안한 알고리즘의 타당함을 증명하였다.

송신자가 RM셀을 보낼 때 PCR이 아닌 송신자가 다음에 보낼 정보의 전송률을 ER 값으로 한다면 공정한 몫의 개념을 MCR에 비례한 할당이 아닌 실제 송신자가 전송하길 원하는 전송률에 비례하여 전송률을 할당할 수 있을 것이다. 따라서 현재 송신자 측에서 미리 예측하여 예측된 양에 비례하여 전송률을 할당하는 알고리즘에 대하여 연구하고 있다.

### 참고문헌

[1] L. Kalampoukas, "An Efficient Rate Allocation Algorithm for ATM Networks," UCSC MS Thesis, May 1995.  
 [2] ATM Forum, Traffic Management Specification Version 4.0 af-tm-0056.000, April 1996.  
 [3] A. Charny, "Congestion Control With Explicit Rate Indication," ICC'95, June 1995.  
 [4] N. Ghani, W. Mark, "Queueing Analysis of a Distributed Explicit Rate Allocation Algorithm for ABR Service," IEEE INFOCOM'97, 1997.  
 [5] R. Jain, S. Kalyanaraman, S. Fahmy, "Source Behavior for ATM ABR Traffic Management: An Explanation," IEEE Communications Magazine, November 1996.  
 [6] R. Jain, S. Kalyanaraman, "The OSU Scheme for Congestion Avoidance in ATM networks Using Explicit rate Indication," Proceedings WATM'95 First Workshop on ATM Traffic Management,

Paris, December 1995.

[7] L. Roberts, "Enhanced PRCA(Proportional Rate-Control Algorithm)," ATM Forum 94-075, August 1994.  
 [8] A. W. Barnhart, "Explicit Rate Performance Evaluation," ATM Forum Traffic Management 94-00983R1, Sep 1994.  
 [9] H. Kanakia, P. P. Mishra, A. Reibman, "An Adaptive Congestion Control Scheme for Real Time Packet Video Transport," SIGCOMM'93, 1993.  
 [10] M. Hiuchvj, "Closed-Loop Rate-Based Traffic Management," ATM Forum Traffic Management 94-0211R3, Apr 1994.  
 [11] N. Golmie, A. Koenig, D. Su, "The NIST ATM Network Simulator," Technical Report NISTIIR 5703, March 1998.  
 [12] 안병찬, ATM망에서의 MPEG 전송을 위한 전송률 기반 혼잡제어 기법의 설계, 한국과학기술원 석사학위논문, 1996년 12월.



### 김명균

e-mail : mkkim@uou.ulsan.ac.kr  
 1984년 서울대학교 컴퓨터공학과 (공학사)  
 1986년 한국과학기술원 전산학과 (공학석사)  
 1996년 한국과학기술원 전산학과 (공학박사)

1998년~현재 울산대학교 컴퓨터정보통신공학부 조교수  
 관심분야 : 연결망, 망관리 및 보안, 인터넷응용



### 허정석

e-mail : heojs@uou.ulsan.ac.kr  
 1976년 서울대학교 전기공학과 (공학사)  
 1986년 서울대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)  
 1995년 부산대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)

1986년~현재 울산대학교 컴퓨터정보통신공학부 교수  
 관심분야 : 근거리통신망 프로토콜, 이동통신망