# ATM 네트웍에서 실시간 화상통신을 위한 TCRM-DS 정책

이정환, 박윤석, 신규철, 박연희, 김명준
충북대학교 컴퓨터 과학과

# TCRM-DS Scheme for Real-Time Video Communication Scheme in ATM Network

Jung-Hwan Lee, Yun-Seok Park, Kiu-Cheol, Shin, Yeon-Hee Park,
Myung-Jun Kim
Dept. of Computer Science, Chungbuk National University

## 요 약

최근 컴퓨터 네트워크를 통한 화상회의, 화상전화 VOD 등과 같은 응용 프로그램들이 실시간 통신을 필요로 한다. 이러한 실시간 통신에 적합한 ATM은 유연한 통신 서비스와 높은 질의 서비스를 제공함으로서 차세대 통신 네트웍으로 기대가 되고 있다. ATM 네트웍 망에서 실시간 통신을 하기 위해서는 실시간 데이터들이 지연한계를 만족해야 한다 만약 이러한 지연한계를 만족시키지 못할 경우에는 서비스의 질이 떨어지거나 아니면 데이터가 아예 필요가 없어지게 된다 이미 실시간 통신을 하기 위해 Virtual Clock, Stop-and-Go, EDF 등에 많은 패킷 스위치 스케줄링 정책들이 개발 되어져왔다. 그러나 이러한 스위치 스케줄링 정책들은 대부분 그 방법의 복잡성 때문에 실제로 ATM상에서 적용시키기가 힘들다. 본 논문에서는 ATM 네트웍 망에서 화상통신을 하기 위해 적합한 새로운 스위치 모델인 TCRM-DS를 제시한다. TCRM-DS는 기존의 TCRM모델의 장점인 단순성과 효율성을 그대로 유지하면서 TCRM 모델의 단점인 비 실시간 데이터에 대한 비효율적 처리를 개선한 것이다.

## 1. 서론

현재 컴퓨터들이 네트워크를 통한 화상회의, 화상전화 등과 같은 화상통신 응용프로그램들이 실시간 통신을 필요로 한다. 효율적인 실시간 통신을 하기 위해서는 실시간 데이터들의 지연한계를 보장하고 비 실시간 데이터들의 데이터 손실을 최소화해야 한다.

ATM(Asynchronous Transfer Mode) 네트웍 상의 화상 통신에서는 데이터를 음성과, 비디오 그리고 일반 데이터로 나눌 수 있다. 특히 이 데이터들 중에서 음성과 비디오 데이터는 실시간을 만족해야 하는 특성이 있다. 현재 이러한 실시간 데이터들의 지연한계를 만족하기 위해 Virtual Clock[6], Stop-and-Go[7], EDF(Earliest Deadline First)[8] 등에 많은 알고리즘이 개발되어져 왔다. 그러나 이러한 알고리즘은 그 알고리즘의 복잡성 때문에 실제로 ATM 에서 많이 적용되지 못하고 있다. 복잡한 알고리즘들과 다르게 TCRM정책은 간단한 트래픽 콘트롤러와 Rate-Monotonic Priority 스케줄러[2]만을 이용해서 사용자가 요구한 전송속도를 만족시키는 정책이다.

본 논문에서는 음성과 비디오 같은 실시간 데이터의 지연한계를 만족하고 실시간을 요하지 않는 일반 데이터 또한 어느 정도에 전송을 보장하기 위해 TCRM-DS 정책을 제안한다. TCRM-DS 정책은 기존에 나와있는 TCRM정책에 단순성과 효율성을 그대로 유지하고, 단점을 개선한 정책이다.

TCRM정책에 단점은 실시간 채널에 실시간 데이터가 계속 존재할 경우에 비 실시간 데이터를 전혀 전송하지 않는 단점이 있다. 이러한 단점으로 인해서 화상통신에서 실시간 채널에 실시간 데이터가 계속 존재할 경우에 비 실시간 데이터는 전혀 전송이 되지 않으므로 비 실시간 데이터를 위해 버퍼에 저장 공간을 무한하게 해야한다. 그렇지 않으면 많은 비 실시간 데이터의 손실을 유발하게 된다. 결론적으로 TCRM은 실시간 데이터에 처리를 위해서 비 실시간 데이터에 많은 희생을 감수해야 하는 비효율적인 면을 가지고 있다. 그러나 본 논문에서 제시하는 TCRM-DS정책은 실시간 데이터에 지연한계를 만족하면서 DS(Deferrable Server)[3]를 이용해서 어느정도 비 실시간 데이터의 전송을 만족시킴으로서 화상통신에서 적합한 통신을 하게 한다

## 2. TCRM(Traffic-Controlled Rate-Monotonic)-DS 특성

TCRM-DS 정책은 실시간 데이터를 처리하기 위해 실시간 채널에 트래픽 콘트롤러를 사용하고 비 실시간 데이터 처리를 위해 DS를 사용한다. 이때 DS는 주기L/$p_k$를 갖고 비 실시간 데이터를 저장하고 있는 버퍼는 스케줄러에 $p_k$속도로 셀을 전송한다

TCRM-DS 정책은 기존의 TCRM 정책과 같이 입력 트래픽을 위해 일반적으로 많이 사용되는 leaky bucket 모델을 따르고 leaky bucket 모델은 ($a_i$,$p_i$)로 표현할 수 있다[1]. 버킷에 들어올 수 있는 셀들의 전체 크기는 $a_i$로 나타내고 네트웍 진입 속도는 $p_i$로 나타낸다.

## 2.1 TCRM과 같은 UNI의 특성

기존의 TCRM에서 실시간 데이터의 전송을 위한 채널을 설정하기 위해서 사용자가 네트웍에 셀 전송속도 $p_i$를 요구하고 admission 테스트를 거친 후에 ($a_i$,$p_i$) 트래픽 모델에 따라서 채널을 확립 할 수 있다. 또한 실시간 통신 서비스를 제공하기 위해서 각 ATM 스위치마다 User Network Interface(UNI)가 필요하다. UNI는 셀 손실을 방지하기 위해서 $a_i$의 버퍼 공간이 필요하고 셀을 $p_i$ 속도로 네트웍 입구에 전송한다

TCRM에서 임의의 $A_n$시간에 UNI에 도착된 채널 i의 n번째 셀의 전송 시간 $X_n$는 다음과 같이 나타낼 수 있다.[4]

$$X_n = \begin{cases} A_1 & n=1 \\ \max(X_{n-1} + \frac{L}{p_i}, A_n) & n \geq 2 \end{cases} \quad (1)$$

TCRM-DS에서도 ($a_i$,$p_i$)트래픽 모델을 따름으로 $A_n$시간에 UNI에 도착된 채널 i의 n번째 셀의 전송 시간 $X_n$는 식(1)과 같다. 비 실시간 셀들은 사용자의 속도 요구에 따라 셀들이 전송되는 것이 아니기 때문에 UNI에 의해서 트래픽을 규칙화할 필요가 없다. TCRM-DS도 TCRM과 마찬가지로 UNI에 들어오는 셀의 주기 안에 셀이 전송되므로 하나의 셀만 저장할 수 있는 버퍼가 요구된다.

## 2.2 TCRM과 같은 트래픽 콘트롤러 특성

TCRM에서는 셀들이 트래픽 콘트롤러에 도착하는 시간을 계산하기 위해서 논리적 도착 시간을 사용한다. 논리적 도착 시간의 계산은 같은 채널에서 이전 셀의 도착 시간을 이용해서 계산 할 수 있다. s번째 노드의 n번째 셀의 논리적 도착 시간은 다음과 같이 계산되어진다.[4]

$$X_{n,s} = \begin{cases} A_{1,s} & n=1 \\ \max(X_{n-1,s} + \frac{L}{p_i}, A_{n,s}) & n \geq 2 \end{cases} \quad (2)$$

TCRM-DS도 비 실시간 데이터가 트래픽 콘트롤러에 영향을 주지 않으므로 트래픽 콘트롤러에 셀 도착 시간은 식(2)와 같다. TCRM-DS는 TCRM과 같이 트래픽 콘트롤러에 셀 도착시간과 셀 전송시간이 같으므로 하나의 셀만 저장할 수 있는 버퍼공간이 요구된다.

## 2.3 비 실시간 셀을 위한 버퍼

실시간 셀들은 사용자가 요구한 속도로 채널을 설정해서 규칙화된 전송속도로 셀을 전송한다 그러나 비 실시간 셀들은 M개의 임의의 연결들로부터 가변적인 속도로 버퍼에 저장되므로 어느 순간에 얼마나 많은 셀들이 버퍼에 저장되는지 알 수 없다. 비 실시간 셀들을 저장하고 있는 버퍼는 FIFO로 구성되고 먼저 들어온 셀들이 임의의 고정된 속도 $p_k$로 스케줄러에 셀들을 전송한다.

어떤 t시간에 M개의 임의의 연결로부터 버퍼에 들어오는 셀들의 전체 개수에 합을 U로 나타낸다 U가 $p_k$L보다 커지면 버퍼는 단 하나의 셀을 저장할 수 있는 공간이 요구된다 임의의 t시간에 필요한 버퍼에 공간 B는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$B+1 = U - \frac{p_k}{L} \quad (3)$$

우리는 버퍼에서 스케줄러에 셀을 보내기 위한 전송 속도 $p_k$ 값이나 버퍼에 셀 저장 공간 B값을 조절해서 셀 손실을 방지할 수 있다.

## 2.4 비주기 서버와 비선점 RMS scheduling

기존의 TCRM에서는 실시간 데이터들은 RMS를 이용해서 속도에 따라서 높은 우선 순위를 주며 데이터를 전송한다[1] 그러나 TCRM-DS에서는 비 실시간 데이터 또한 어느정도 전송을 보장하기 위해 DS를 이용해서 임의의 고정된 속도 $P_k$로 주기를 생성해 실시간 데이터와 같이 RMS을 이용해서 높은 우선순위를 갖는 데이터부터 전송한다. 이러한 특성을 이용하면 화상통신에서 실시간을 요하지 않는 데이터들을 또한 어느정도에 전송을 만족할 수 있다.

### TCRM-DS 스케줄링 단계

Cell = task

주기 = L/$p_i$

(1)비 실시간 데이터는 버퍼에서 스케줄러에 임의의 속도 $p_k$로 전송된다.

(2)DS를 이용해서 비 실시간 데이터의 주기가 L/$P_k$인 가상 태스크를 만든다

(3)사용자가 요청한 속도 $p_i$가 admission 테스트를 통과했다면 데이터가 L/$p_i$의 주기를 갖는 실시간 채널을 설정한다 ($p_i$는 채널 i의 전송속도, L은 한 Cell의 크기)

(4)L/$p_i$가 작은 데이터에 높은 우선 순위를 부여한다.

(5)실시간 셀들을 우선순위 순으로 Rate Monotonic 스케줄러로 스케줄하고 DS가 태스크를 전송 할 수 있는 시간에 비 실시간 셀이 들어오면 비 실시간 셀을 스케줄한다. (단 비선점 스케줄을 한다.)

(6)실시간 채널에 실시간 데이터가 존재하지 않는 다면 모든 대역폭을 비 실시간 데이터를 위해 사용한다. 이때 비 실시간 데이터는 FIFO로 출력된다

스케줄러에 선점 RMS 알고리즘을 사용한다면 셀 전송시 다른 셀에 의해서 셀 전송을 방해받을 수 있다. 셀 전송을 방해받으면 셀을 잃기 때문에 다시 셀을 전송해야 하고 셀을 다시 전송하는 것은 네트웍 자원에 낭비이다[4] 그러므로 TCRM-DS는 TCRM과 마찬가지로 비선점 RMS 알고리즘을 사용한다.

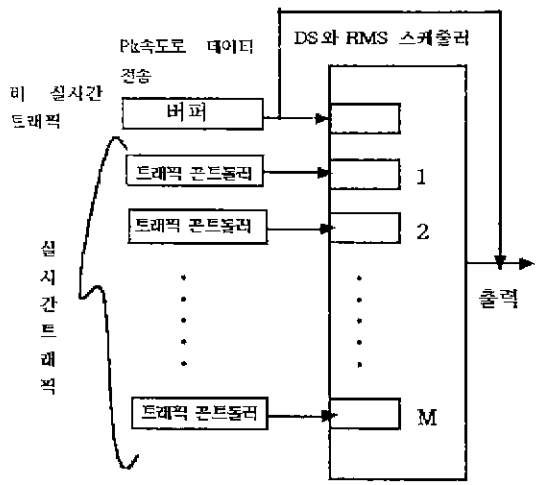


그림 1. TCRM-DS의 구조

## 3. Admission control

다른 실시간 채널에 영향을 주기 않으면서 새로운 실시간 채널을 설정하기 위해서 스케줄을 할 수 있는지 없는지 스케줄 가능도를 검증해야 한다. 또한 현재 설정되어있는 채널들이 링크에서 얼마나 많은 작업부하를 가지고 있는가를 계산해서 링크에 가용성을 검증할 수 있다.

본 장에서는 Kandlur의 방법[5]와 Kweon[4]의 방법을 이용하서 링크에 가용성과 스케줄 가능도를 검증한다.

어떤 링크 l에 M개의 실시간 채널이 공통으로 존재할 때 실시간 채널에 집합은 {i, i=1,... ,M}으로 나타낸다

**스케줄 가능성 테스트**

채널 i의 처리량 = $p_i$ .

DS의 처리량 = $p_k$

우선 순위 인덱스 i<j이면 $p_i \geq p_j$ 이다.

C= 한 셀의 전송시간

i=1,... .,M인 경우에

$p_i \geq p_k$ 일때

$$\sum_{j=1}^{i-1} C\left\lceil \frac{L/p_i}{L/p_j} \right\rceil + 2C \leq \frac{L}{p_i} \quad (4)$$

$p_i < p_k$ 일때

$$\sum_{j=1}^{i-1} C\left\lceil \frac{L/p_i}{L/p_j} \right\rceil + 2C + \left\lceil \frac{L/p_i}{L/p_k} \right\rceil \leq \frac{L}{p_i} \quad (5)$$

**Link에 가용성 계산**

식(5)를 다음과 같이 정리한다.

$$\sum_{j=1}^{i-1} \left\lceil \frac{p_i}{p_j} \right\rceil + 2 + \left\lceil \frac{p_k}{p_i} \right\rceil \leq \frac{L}{p_i C}$$

우선 순위 인덱스가 N이고 속도가 $p_n$인 새로운 채널이 요청됐을때, 모든 $i \geq N$ 이고 $p_n \geq p_k$ 이면 모든 i=1,...,M에 대해서 다음과 같이 나타낼 수 있다

$$\left\lceil \frac{p_n}{p_i} \right\rceil - \sum_{j=1}^{i-1} \left\lceil \frac{p_j}{p_i} \right\rceil + 2 + \left\lceil \frac{p_k}{p_i} \right\rceil \leq \frac{L}{p_i C} \quad (6)$$

링크에 나머지 가용성을 나타내기 위해 $\frac{p_i}{p_j}$ 를 $R_i$로 치환하고 $R_i$를 이용해서 링크에 가용성을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$R_i = \frac{L}{p_i C} - \sum_{j=1}^{i-1} \frac{p_j}{p_i} - 2 - \frac{p_k}{p_i} \quad (7)$$

## 4. 결론

TCRM-DS는 TCRM에 DS의 개념을 추가하는 것만으로 TCRM과 같이 실시간 데이터에 요구를 만족시키고 일반 데이터들 또한 임의의 $P_k$에 전송 속도로 전송을 만족시킨다. 물론 $P_k$에 전송속도로 인해 링크에 가용성을 $P_k$만큼 저하시키기는 하지만 TCRM에 비효율적인 면을 충분히 보완할 수 있다. 이러한 TCRM-DS는 화상통신뿐만 아니라 멀티미디어 통신에서도 적합할 것으로 생각된다. 그러나 $P_k$값은 네트워크 트레픽에 따라서 설계자가 임의로 결정해야 한다. 그러므로 앞으로 좀더 효율적인 통신을 하기 위해서 DS를 위해 사용되는 임의의 속도 $P_k$에 정확한 값을 찾는 것이 요구된다

## 5. 참고 문헌

[1]E. Knightly, D. Wrege, J Liebeherr, and H Zhang "Fundamental limits and tradeoffs of providing deterministic guarantees to VBR video traffic," in Proc of ACM SIGMETRICS, pp. 98-107, 1995

[2]Liu, C. L. and Layland J W Scheduling Algorithms for Multiprogramming in a Hard Real Time Environment J. ACM 20(1):46-61, 1973.

[3]J P. Lehoczky, L.Sha, and J. Strosnider Enhancing aperiodic responsiveness in a hard-real-time environment In Proceedings of 8th IEEE Real-Time Systems Symposium, pages 261-270, December 1987.

[4]S.-K Kweon and K. G. Shin Traffic-Controlled Rate-Monotonic Priority Scheduling of ATM Cells. to appear in Proceedings of the 15th IEEE INFOCOM, March 1996.

[5]D. D. Kandlur, K. G. Shin, and D Ferrari, "Real-time communication in multi-hop networks," in Proc 11-th Int'l Conf. Distributed Comput. Systems, pp 300-307, May 1991.

[6]Lixia Zhang. "A New Architecture for Packet Switched Network Protocols",phD dissertation. Massacusetts Institute of Technology, July 1989.

[7]S. Jamaloddin Glestani. "A stop-and-go queueing framework for congestion management" In SIGCOMM Symposium, Communications Architecture & Protocols, pp.8-18, Philadelphia Pennsylvania, September 1990, ACM SIGGOMM.

[8]Chengzhi Li, Riccardo Bettati, Wei Zhao "static Priority Scheduling for ATM Networks" In Proc. of the Real-Time Systems Symposium, San Francisco, CA, December 1997