

# ATM ABR 서비스에서 큐 길이 변화를 이용한 개선된 폭주 제어 알고리즘

김 체 환, 강 현 철, 꺾 지 영, 남 지 승  
진남대학교 컴퓨터공학과, 고품질전기전자부품 및 시스템연구센터  
전화 : (062) 530-0422 / 팩스 : (062) 530-0422

## Advanced Congestion Control Algorithm Using Change of Queue Length in ATM ABR Service

Che-Hwun Kim, Hyun-Chul Kang, Ji-Young Kwak, Ji-Seung Nam  
Department of Computer Engineering Chonnam National University, RRC  
E-mail : chkim@mdclab.chonnam.ac.kr

### Abstract

The EPRCA(Enhanced Proportional Rate Control Algorithm) is one of the explicit rate control algorithms recommended by the ATM forum. EPRCA algorithm is using only two thresholds to check congestion situation. In that case dynamic buffer change is not considered for calculating ER value. In this paper to cover the shortage, two more variables are added for considering increase of buffer quantity. So calculating proper ER would avoid before getting into the congestion situation. To analysis the affect, EPRCA and proposed algorithm are compared through simulation by analysis of change of buffer length and ACR change.

### I. 서론

다양한 서비스를 수용할 수 있도록 만들어진 ATM망에서 CBR과 VBR 서비스는 호 설정과정에서 CAC(

Connection Admission Control)을 통하여 필요한 자원을 협상하여 할당받는다. 그러나 VBR 서비스의 경우 통계적 방법을 통하여 자원을 할당받으므로 시간에 따라 데이터의 전송률이 변하기 때문에 사용되지 않는 ABR 서비스는 망으로부터의 피드백 정보를 이용하여 데이터 전송률을 제어하는 페루프 기법을 사용한다. ABR서비스를 위한 여러 종류의 기법이 제안되었는데 크게 전송에 앞서 각 링크의 셀 버퍼들을 각각의 가상 경로마다 예약하는 방법인 신용기반기법<sup>1)</sup>과 셀을 각 가상경로의 송신노드에서 수신노드로 전송하면 망의 상황을 송신노드로 전달하여 송신노드에서 전송률을 제어하는 전송률기반기법<sup>2)3)4)5)</sup>이 제시되었다.

ATM 포럼은 ATM에서 Available Bit Rate(ABR) 서비스를 위한 혼잡제어에 대한 표준으로서 전송률기반 기법을 채용했다. 전송률기반 기법은 각 송신노드가 네트워크로 셀을 방출할 수 있는 전송률을 제어하기 위하여 네트워크로부터의 피드백(feedback)정보를 이용한다. ATM 포럼은 송신 노드와 수신 노드의 동작을 정의했고, 각 양단 노드에 혼잡정보를 전달하기 위해 사용되는 Resource Management(RM)셀을 정의했다. ATM 포럼은 두 종류의 전송률기반 기법을 지원한다. Binary Control로 알려진 EFCI(Explicit Forward Congestion Indication)과 Explicit Rate(ER) 기법이다. 포럼에서는 스위치에서의 동작 방식에 관한

본 논문은 정보통신부의 지원에 의한 것임

규정에 관해서는 제안된 여러 스위치 방식들을 가능한 모두 수용할 수 있도록 포괄적으로 기술하면서 실제 구현되는 알고리즘의 선택은 제조업자에게 일임하고 있다.

EPRCA(Explicit Proportional Rate Control Algorithm)은 스위치 동작에 대해 가능한 알고리즘으로써 제안되었다. 본 논문에서는 EPRCA알고리즘에 큐 길이 변화를 적용한 알고리즘을 제안한다. EPRCA 알고리즘에서는 두 개의 임계값을 사용하여 혼잡을 감지하기 때문에 동적인 전송률의 변화를 감지하지 못하는 단점이 있다. 본 논문에서는 이러한 단점을 보완하기 위해 두 개의 임계값이외에 스위치에서 큐 길이 변화를 적용하여 혼잡을 조기에 감지하여 대역폭을 할당하는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 서문에 이어 II장에서는 기본 EPRCA알고리즘과 EPRCA알고리즘을 변형시킨 제안 알고리즘에 대해서 설명하며 III장에서는 시뮬레이션 모델과 시뮬레이션 결과를 통한 성능비교 분석을 하고 IV장에서는 결론을 맺는다.

## II. EPRCA 알고리즘 및 제안 알고리즘

### 1 EPRCA 기본알고리즘

#### 1) 스위치 동작

EPRCA알고리즘에서 스위치는 혼잡이 없는 상태(NCONG) 낮은 혼잡 상태(LCONG), 그리고 높은 혼잡 상태(HCONG)의 세 단계로 나뉜다. 혼잡 상태는 스위치의 큐 길이(LSQ)에 따라 두 개의 임계값 LTH(low threshold)와 HTH(high threshold)에 의해서 결정된다.

IF LSQ >= HTH THEN HCONG = TRUE

IF LTH <= LSQ < HTH THEN LCONG = TRUE

또한 스위치는 그 스위치를 통과하는 가상 회선의 순방향 RM에서 얻은 송신노드의 CCR(Current Cell Rate)값을 이용해서 지수 평균값을 구한다. 이 평균은 MACR(Mean Allowed Cell Rate)이라 부르고 다음과 같은 식을 통해서 계산한다.

IF (HCONG || LCONG )

IF ( CCR < MACR ) THEN

MACR = (1- $\alpha$ )\*MACR +  $\alpha$  \* CCR

ELSE

IF( CCR > MACR \*  $\frac{7}{8}$  ) THEN

MACR = (1- $\alpha$ )\*MACR +  $\alpha$  \* CCR

역방향 RM셀이 도착할 때 스위치가 낮거나 높은 혼잡상태이면 스위치는 MACR값을 사용해서 해당 가상 회선에 대한 ER(Explicit Rate)값을 계산하고 혼잡이 없는 상태에서는 ER값을 바꾸지 않는다.

IF( HCONG )

IF( ER >= MACR \* MRF )

ER = min( ER, MACR\*MRF)

ELSE IF( LCONG )

IF( ER >= MACR \* DPF )

ER = min( ER, MACR \* ERF )

END IF

#### 2) 송신노드와 수신 노드의 동작

송신노드가 역 방향 RM셀을 받으면 송신노드는 다음과 같은 규칙에 따라서 자신의 전송률을 계산한다.

① 만일 망에서 혼잡의 상태가 감지되지 않으면 ACR(Allowed Cell Rate)은 역 방향 RM셀의 ER값, ACR + RIF \* PCR 그리고 PCR값 중에서 가장 작은 값이 된다. (권장되는 RIF값은 1/16)

② 만일 혼잡이 감지되면 ACR값은 ACR-ACR\*RDF와 역 방향 RM셀의 ER값 중 작은 것으로 결정한다. (권장되는 RDF값은 1/16)

수신 노드에서의 동작은 순방향 RM셀이 도착하면 RM셀 이전의 가장 최근 CI비트를 확인하여 RM셀의 NI(No Increase)비트를 설정하고 RM셀의 DIR(Direction)비트를 설정하여 역 방향 RM셀 임을 표시하여 가상연결의 송신노드로 되돌려 보낸다.

### 2 제안하는 알고리즘

#### 1) 스위치 동작

순방향 RM셀이 도착하면 스위치는 현재 큐 길이상태에 따라서 혼잡상태를 파악하기 위해 HCONG와 NCONG를 설정하고 MACR값을 계산한다. 또한 큐 길이 변화를 ER설정에서 사용하기 위해서 RM셀 도착 시간과 현재 큐의 길이를 기록하여 이전 RM셀이 도착했을 때의 큐 길이와 시간을 이용하여 시간에 대한 큐 길이 변화율 RQL을 구한다.

수신 노드를 거쳐 역방향 RM셀이 도착하면 스위치는 EPRCA와 동일한 방법으로 ER값을 계산한다. 하지만 낮은 혼잡상태에서 큐 길이 변화율(RQL)이 일정 임계값(TORC1)을 초과하면 높은 혼잡 상태와 유사한 상태로 파악하여 모든 가상회선에 대한 다음과 같은 식을 이용해서 ER값 계산한다.

IF ( RQL >= TORC1 )

IF( ER <= MACR \* ADF )

ER = MACR \* ADF

또한 혼잡이 없는 상태에서도 큐 길이 변화율(RQL)이 일정 임계값(TORC2)를 초과하면 낮은 혼잡 상태와 유사한 상황으로 파악하여 일정한 대역폭(MACR\*ADPF)을 초과하는 가상회선에 대해서 다음과 같은 식을 이용하여 ER값을 계산한다.

IF( RQL >= TORC2 )

IF( ER >= MACR \* ADPF

if( ER >= MACR \* AERF )  
 ER = MACR \* AERF

2) 송신노드와 수신노드의 동작

본 논문에서 제안하는 알고리즘에서 송·수신 노드의 동작은 II-1장의 송·수신노드의 동작과 같다.

```

Forward RM Cell Algorithm
CQL = SWQ
CAT = 현재 시간
RQL = (CQL-BQL)/(CAT-BAT)
BAT = CAT
BQL = CQL
if( SWQ >= HTH )
    HCONG = TRUE
if( LTH <= SWQ < HTH )
    LCONG = TRUE
if( HCONG || LCONG )
    if( CCR < MACR )
        MACR = (1-α) * MACR + α CCR
    else
        if( CCR > MACR * 7/8 )
            MACR = (1-α) * MACR + α CCR

Backward RM Cell Algorithm
if( HCONG )
    if( ER >= MACR * MDF )
        ER = MACR * MDF
    else if( LCONG )
        if( RQL >= TORC1 )
            /*HCONG와 유사한 상황으로 판단*/
            if( ER >= MACR * AMDF )
                ER = MACR * AMDF
            else
                if( ER >= MACR * DPF )
                    if( ER >= MACR * ERF )
                        ER = MACR * ERF
        else if( RQL >= TORC2 )
            if( ER >= MACR * ADPF )
                if( ER >= MACR * AERF )
                    ER = MACR * AERF
            else ER = CCR
    ER in Backward RM cell = min( ER, ER in RM Cell)
    
```

그림 1 제안하는 스위치 알고리즘

### III. 시뮬레이션 모델 및 결과 분석

1. 시뮬레이션 모델 및 파라미터 설정

제안한 알고리즘의 성능평가를 위해 그림 2와 같은 네트워크 모델을 사용하였다. 3개의 송신노드와 3개의 수신노드가 각각 가상회선으로 연결되어 있고 스위치 간 거리는 100Km 그리고 스위치와 송·수신 노드간 거

리는 1Km로 가정하였다. 모든 송신노드들은 시뮬레이션의 시작과 동시에 셀을 전송하고, 송신노드에 허락된 최대 셀률로 항상 셀을 망으로 전송하는 persistent로 가정한다.

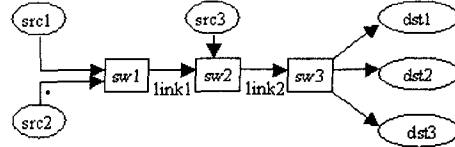


그림 2 시뮬레이션을 위한 망 모델

또한 망의 구성은 병목현상이 발생하는 폭주 스위치가 하나만 존재하는 주차장(parking lot)모델로써 모든 VC가 sw2의 출력 링크를 점유하기 때문에 sw2만이 폭주 스위치가 된다.

2. 시뮬레이션 결과분석

본 논문에서는 제안하는 알고리즘의 성능을 분석하기 위해서 송신노드의 ACR변화, 스위치에서의 큐 길이 변화를 비교 분석한다.

1) 송신노드의 ACR변화

그림 3과 그림 4는 스위치 sw1, sw2 그리고 sw3에 연결된 모든 소스를 수용하였을 때 EPRCA와 제안하는 알고리즘을 적용할 경우 모든 소스들의 ACR변화를 나타낸 것이다.

그림을 보면 EPRCA알고리즘의 경우 ACR의 변동이 매우 심하지만 제안하는 알고리즘의 ACR의 변화는 17msec를 전후하여 최저 40Mbps에서 90Mbps사이에서 양복하여 훨씬 안정된 모습을 나타내고 있다.

또한 EPRCA의 경우 스위치 sw1에 연결된 두 소스 src1과 src2에 더 많은 대역폭을 할당하여 각 VC간 불공평성을 보이는 반면 제안하는 알고리즘에서는 각 VC간에 거의 비슷한 ACR을 할당 받아 훨씬 공평한 모습을 나타내고 있다.

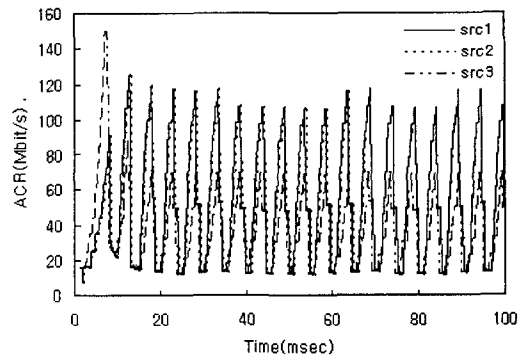


그림 3 EPRCA알고리즘에 의한 각 송신노드의 ACR변화

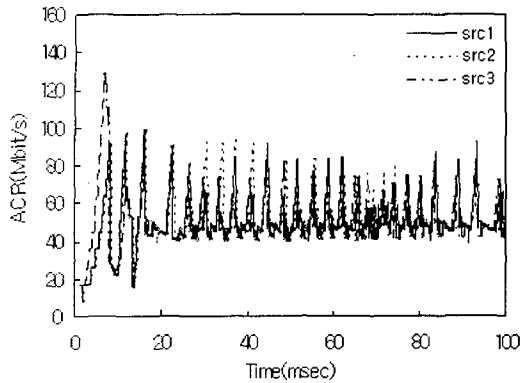


그림 4 제안하는 알고리즘에 의한 송신노드의 ACR의 변화 (AMDF:1/4, ADPF:7/8, AERF:15/16)

2) 스위치의 큐 길이 변화

그림 5와 그림 6은 두 알고리즘을 적용하였을 때 sw1과 sw2에서의 큐 길이 변화를 나타낸 그림이다. EPRCA 알고리즘의 경우 두 스위치 모두 폭주 상태와

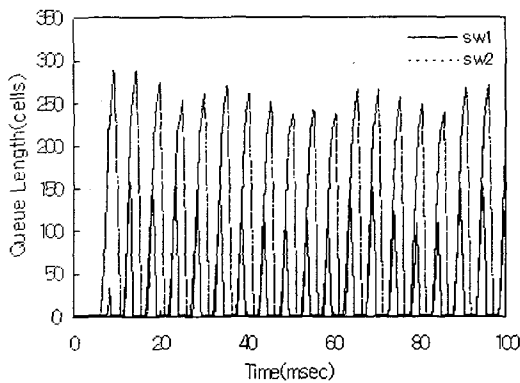


그림 5 EPRCA 알고리즘에 의한 스위치의 큐 길이 변화

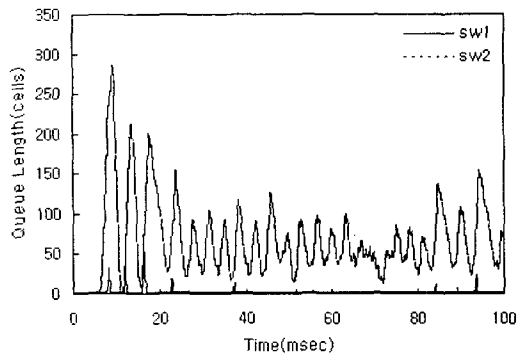


그림 6 제안하는 알고리즘에 의한 스위치의 큐 길이 변화 (AMDF:4/5, ADPF:8/9, AERF:15/16)

비폭주 상태를 반복하여 큐 길이 변화가 심한 변화를 보이는 반면 제안하는 알고리즘에서는 첫 번째의 스위치는 폭주 상태를 거의 경험하지 않고 안정상태를 보이며 입력 셀이 집중되는 두 번째 스위치에서도 20msec 이후에는 보다 안정된 모습을 보여 낮은 폭주 상태와 비폭주 상태를 반복하여 기존의 알고리즘보다 더 나은 안정상태를 보여주고 있다.

또한 평균 큐 길이에 있어서도 EPRCA에서는 sw1이 33.86134개의 큐를 sw2가 113.3585개 인 반면에 제안하는 알고리즘에서는 sw1이 1.629046 그리고 sw2가 67.37513개로 보다 높은 이용 효율을 보여 주고 있다.

VI. 결론

본 논문에서는 ATM 표준안에서 권고하는 ATM 망의 ABR 서비스 트래픽 제어를 위해 제안된 알고리즘의 하나인 EPRCA방식이 동적으로 변화하는 큐 길이변화를 ER계산에 반영하지 못한다는 단점을 안고 있어서 이를 보완한 큐 길이 변화를 적용한 알고리즘을 제안하였다.

EPRCA 스위치 알고리즘과 새롭게 제안한 스위치 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 각 송신노드에서의 전송률(ACR)의 변화, 스위치의 큐 길이 그리고 링크 이용률을 비교 분석하였다.

시뮬레이션을 수행한 결과 제안하는 알고리즘이 EPRCA스위치 알고리즘보다 전송률의 변화가 안정적이며 각 VC간에 공평하게 전송률을 분배하였으며 높은 링크 이용률을 유지하면서도 스위치의 큐 길이 변화 및 평균 큐 길이가 적었으며 전반적으로 우수한 성능을 보임을 알 수 있다.

앞으로의 연구과제는 CBR과 VBR 서비스를 수용하였을 경우에 대한 연구가 더 필요하다.

참고문헌(또는 Reference)

- [1] H. T. Kung and A. Chanpman, "Credit-Based FCVC Proposal for ATM Traffic Management," ATM Forum Contribution 94-168R1, 1994
- [2] ATM Forum, Traffic Management Specification Ver. 4.0, Feb 1996
- [3] H. Hsiaw et al., "Closed-loop Rate-based Traffic Management." ATM Forum Contribution 940438R2, Sept. 1994.
- [4] K. Y. Siu and H. Y. Tzeng, "Intelligent Congestion Control for ABR service in ATM Networks." ACM SIGCOMM, Computer Communication Review, 1995
- [5] L. Robers, "Enhanced PIRCA(Proportional Rate Control Algorithm)." ATM Forum Contribution 940735R1, Aug. 1994.