

ATM 망에서 ABR 흐름 제어의 과도 상태의 성능 개선

정희원 김 대 일*, 이 진 우**, 임 헌 주***, 김 남 일****

Performance Improvement of the Transient State for ABR Flow Control in ATM Networks

Dae-Il Kim*, Jin-Woo Lee**, Hun-Ju Lim***, Nam-Il Kim**** *Regular Members*

요 약

ATM 망에서 ABR(Available Bit Rate) 서비스를 위한 명시적 전송률 제어 알고리즘의 주요 논점은 정확한 공정률 할당, O(1) 계산 복잡도, 빠르고 우수한 과도기 반응이다. 본 논문에서는 ABR 서비스를 지원하는 ATM 스위치에서의 새로운 EFRA(Early Fair Rate Allocation), 즉 조기 공정률 할당 알고리즘을 제안한다. 이 새로운 알고리즘은 ERICA+ 알고리즘의 위의 3가지 주요한 특징을 계승하고, 기존 알고리즘의 과도 상태에서의 성능 열화를 개선한다. EFRA 알고리즘은 연결 제어 메커니즘을 이용하여 잠재적인 혼잡을 방지하고, ERICA+보다 더 빨리 정상 상태로 수렴한다. 그리하여 처리율은 열화하지 않으면서 스위치에서의 최대 큐 길이는 더 줄어들며, 셀 손실률은 감소한다. 컴퓨터 시뮬레이션은 이용하여 EFRA와 ERICA+를 비교했으며, 새로운 알고리즘의 효율성을 알아보았다.

ABSTRACT

The main issues of explicit rate control algorithm for ABR (Available Bit Rate) service in ATM networks are the fair rate allocation, O(1) computational complexity, fast and excellent transient response. In this paper, we propose a new EFRA(Early Fair Rate Allocation) algorithm for ATM switches supporting ABR service. This new algorithm inherits above three main features of ERICA+(Explicit Rate Indication for Congestion Avoidance) algorithm, and improves the performance decay of an existing algorithms at the transient state. The EFRA algorithm uses connection control mechanism to prevent potential congestion, and achieves faster convergence time to the steady state. Thus, the peak queue lengths at the switches can further be reduced without any degradation in throughput, and the cell loss ratio is reduced. By using computer simulation, we compared EFRA with ERICA+, and demonstrated the effectiveness of new algorithm.

1. 서 론

ATM 포럼에서 정의한 ABR 서비스는 셀 손실에는 민감하지만, 전송 지연에는 덜 민감한 군집성의 트래픽을 갖는 응용 서비스로 분류된다. 이들 응용

서비스는 전송에 필요한 대역폭 요구량을 예측하기가 매우 어렵고, 또한 CBR(Constant bit rate) 서비스 또는 VBR(Variable bit rate) 서비스 등과는 달리 네트워크 자원을 예약하지 않고, 위의 두 서비스가 사용하고 남은 자원을 다중화하여 이용해야 한다. 그러나 많은 ABR 서비스가 망 자원을 경쟁적

* 건국대학교 전자공학과

*** 채승정보통신(주) 수석연구원(hunjulim@kkucc.konkuk.ac.kr)

논문번호: 00018-0320, 접수일자: 2000년 3월 20일

** 넷칩(주) 책임연구원(aaal@nownuri.net)

**** 가천길대학 전자통신과(nikim@gcgc.ac.kr)

으로 이용하면 네트워크에서는 잠재적인 혼잡이 발생하며, 망 자원의 공평한 공유와 서비스 성능 측면에서 적절한 혼잡 제어가 필요하다. ATM 포럼에 의하면 ABR 용용 서비스를 위하여 ATM 스위치는 흐름과 혼잡 제어를 수행해야 한다. 이를 위하여 스위치는 망의 전송 특성 변화에 따른 송신단의 전송률 제어를 위하여 전송률 계산 알고리즘을 탑재하여 제어 기능을 수행해야 한다. ATM 포럼에서 정의한 위의 전송률 기반 혼잡 제어 알고리즘은 최근에 많은 단계에서 제안되었으며, 알고리즘들의 성능은 천차만별이며, 그 수행 기능의 요구 인자들도 매우 다양하다. 이들 대부분의 알고리즘은 정확한 공정률 할당, 낮은 수행 복잡도 등을 성능의 주요한 평가 척도로 이용하고 있다. 그러나 ABR 서비스는 트래픽 전송 시간의 대부분이 과도 상태에 놓여 있는 특성이 있다. 즉, 우선 순위가 높은 VBR 서비스는 군집성이 강해 ABR 서비스와 가용 대역폭에 큰 변화를 주게 되며, ABR 서비스들은 이러한 가용 대역폭을 서로 경쟁적으로 공유하므로, 스위치의 알고리즘은 항상 과도 상태에서 동작하게 된다. 특히 스위치를 경유하는 경로 상에서 새로운 가상 연결의 설정과 해제가 발생하게 되면 네트워크 자원의 예약과 해제에 따른 자원 이용의 큰 변화는 알고리즘의 성능 저하와 큰 편차를 주게된다^{[1][10]}.

본 논문에서는 연결 제어 메커니즘을 이용한 조기 공정률 할당 알고리즘을 제안한다. 새로 제안하는 알고리즘은 송신단의 연결 설정과 해제에 따른 네트워크 자원 정보 변화를 조기에 전송률 계산에 반영하여 기존의 알고리즘에서 발생하는 긴 과도 상태에서의 알고리즘의 성능 저하를 정상 상태로 빠르게 천이 시키는데 목표를 두고 있다. 본 논문은 II절은 ABR 전송률 기반 흐름 제어, III절은 연결 제어 메커니즘을 설명하고, IV절과 V절은 새로운 조기 공정률 할당 알고리즘을 제안하고, 그 실험 결과와 기존 알고리즘과 비교하며, 마지막으로 VI절은 논문의 결론에 관하여 기술한다.

II. ABR 종단간의 흐름 제어

ABR 혼잡 제어는 전송률 기반, 페 부프, 각 가상 연결별로 제어를 수행한다. 송신단은 현재 데이터율에 비례하여 RM(Resource Management) 셀을 순방향으로 망으로 송신하고, 수신단은 이 셀을 수신하여 역방향으로 송신단에 전송한다. RM 셀은 순방향 또는 역방향으로 전송되는 동안에 ATM 스

위치에서 참조, 수정되고, 또한 혼잡 및 전송률 등의 망 상태 정보를 담아 전송한다. 이의 결과로서 송신단은 이러한 피드백 정보에 따라 트래픽 전송을 제어한다. 종단간의 입력의 흐름 제어는 종단 시스템이 표준으로 정의된 송수신단 동작을 반드시 수행해야만 가능하다. 또한 네트워크의 스위치는 경로상의 모든 연결들에게 공정한 전송률을 할당해야 한다. 피드백 정보를 담아 전송하는 RM 셀의 상세한 포맷은 [11]에 기술되어 있다. 그림 1은 일반적인 ABR 종단간 흐름 제어 방법이다^{[7][9][11]}.

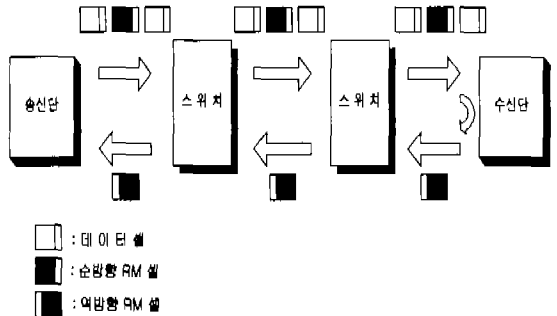


그림 1. 종단간 전송률 기반의 흐름 제어

2.1 스위치의 동작

ATM 스위치는 버퍼 관리 관점에서 다음과 같은 혼잡 제어 방법들 즉, 명시적 순방향 혼잡 지시 (Explicit forward congestion indication), 상대적 전송률(Relative rate), 명시적 전송률(Explicit rate) 기술 중에서 최소한 한가지를 수행해야 한다. 첫째는 데이터 셀 헤더내의 EFCI 비트의 마크이며, 둘째는 순방향 RM(FRM) 또는 역방향 RM 셀(BRM) 내의 CI (Congestion indication), NI(No increase) 비트의 마크이다. 이들 방법은 복잡도는 낮지만, 불공평성, 느린 혼잡 응답, 혼잡 오차 등의 특성이 있다. 이러한 방법을 수행하는 스위치는 제 1세대로서 “Binary switch” 라고 한다. 셋째는 대역폭의 공평한 할당을 위한 복잡한 계산 메커니즘이 필요하며, 순(역)방향 RM 셀 내의 ER(Explicit rate) 필드에 계산한 공정률을 삽입한다. 혼잡 제어는 더 복잡하지만, 제 1세대보다 성능은 우수하며, “ER switch” 라고 한다. ATM 포럼에서는 스위치에 관한 동작은 다른 종류의 스위치와의 상호 연동에 필요한 기초적인 내용만 기술하고 있으며, 상세한 동작은 제조업체에 전담시키고 있다. 이러한 유연성으로 인하여 다양한 성능을 가진 스위치를 제작할 수 있다^{[7][9][11]}.

2.2 송수신단의 동작

송수신단은 ATM 스위치의 여러 혼잡 제어 방법들과 연동하는 기능을 수행해야 하며, 데이터 셀, RM 셀을 전송할 때는 설정된 ABR 파라미터 값에 따라 동작해야 한다^{[1][7][11]}. 송수신단의 상세한 동작과 ABR 파라미터의 기능은 [11]에 기술되어 있다.

- 송수신단은 $ACR = ICR$ 값으로 초기에 데이터를 전송하고, 망에서 케환된 BRM 셀의 정보를 참조하여 $MCR \leq ACR \leq PCR$ 범위에서 전송한다.

- 송수신단은 BRM 셀의 NI와 CI 비트를 참조하여 현재 전송 ACR 값을 증가, 감소한다. 각 비트 값에 따른 ACR 계산 규칙은 표 1과 같다.

- 송수신단은 최초 데이터 전송이후 FRM을 최소한 M_{rm} , T_{rm} 값, 또는 $(N_{rm}-1)$ 개의 데이터 셀마다 생성하여 전송한다. FRM(CCR, MCR, ER) 셀 내에는 $CCR = ACR$, $MCR = MCR$, $ER = PCR$ 값이 할당된다.

- 수신단은 수신한 데이터 셀, FRM 셀을 조사하고, BRM 셀을 생성하여 혼잡 정보와 CI, NI 비트를 수정하여 역방향으로 송수신단에 전송한다.

표 1. ACR 값의 계산 규칙

NI	CI	ACR 값
0	0	$\max[MCR, \min[ER, PCR, ACR + RIF * PCR]]$
0	1	$\max[MCR, \min[ER, ACR(1 - RDF)]]$
1	0	$\max[MCR, \min[ER, ACR]]$
1	1	$\max[MCR, \min[ER, ACR(1 - RDF)]]$

2.3 ERICA+ 알고리즘

ERICA+는 혼잡 회피 알고리즘으로서 아래의 ERICA 문제점을 개선하였다. ERICA는 링크 대역폭 이용률을 90 ~ 95%로 낮게 유지한다. 또한 파라미터 값에 따라 가용 ABR 대역폭을 낮게 이용하여 전송 지연의 문제점이 발생한다. ERICA+는 링크 대역폭을 100% 이용하며, 버퍼의 큐 길이에 따라 직접적으로 가용 ABR 대역폭을 재계산하여 전송 지연과 처리율을 극대화하였다. 다음은 ERICA+ 알고리즘의 주요 기능이다^{[4][5]}.

첫째, 스위치는 주기적인 AI(Averaging interval) 시간 간격마다 가용 ABR 대역폭, 활성 가상 연결(VC)의 수, 부하 인자(α), 그리고 모든 가상 연결의 공정률(FairShare)을 계산한다.

$$FairShare = \frac{\text{가용 ABR 대역폭}}{\text{활성 VC의 수}} \quad (1)$$

$$\text{총 ABR 대역폭} = \text{링크 대역폭} - \text{CBR_VBR 대역폭} \quad (2)$$

$$\text{가용 ABR 대역폭} = \text{총 ABR 대역폭} * f(T_q) \quad (3)$$

여기에서 가용 ABR 대역폭 계산은 큐잉 지연을 반영한 큐 제어 함수 $f(T_q)$ 를 이용하여 버퍼의 큐 길이에 따라 달라진다. 큐 제어 함수는 그림 2처럼 버퍼의 큐 길이 Q_0 와 관련된 실수값이며, 큐 지연 시간 상수값 T_0 에 따라 F_{min} (또는 QDLF (Queue drain limit factor)) 이상의 값을 갖는다. 제안자에 의하면 $a=1.15$, $b=1.00$, LAN에서는 $T_0=100\mu sec$, $QDLF=0.8$, WAN에서는 $T_0=500\mu sec$, $QDLF= 0.5$ 를 갖는다.

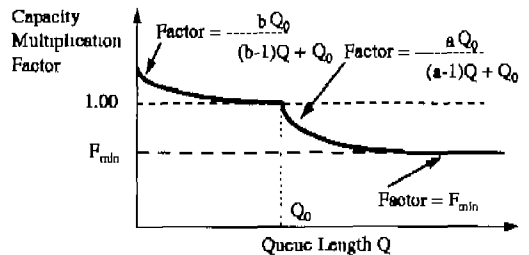


그림 2. ERICA+의 큐 제어 함수

$$Q_0 = \text{총 ABR 대역폭} * T_0 \quad (4)$$

$$f(T_q) = \max(QDLF, \frac{a * Q_0}{(a-1) * Q + Q_0}), \quad Q > Q_0 \quad (5)$$

$$f(T_q) = \frac{b * Q_0}{(b-1) * Q + Q_0}, \quad 0 \leq Q \leq Q_0 \quad (6)$$

활성 VC 수의 계산은 활성 VC의 수의 과소 평가를 해결하기 위하여 지수적 평균법을 사용한다. 예를 들어 특정 VC가 최근에 활성화되었고, 현재 AI 시간에는 비활성 상태로 데이터를 전송하지 않지만, 다음 AI 시간에는 군집성의 데이터를 전송할 수 있다. 이러한 경우, 현재 활성 VC의 수는 과소 평가될 수 있으므로, 다음 수식에 의하여 비활성 VC의 수를 반영한다. 제안자에 의하면 열화 인자는 0.9이며, 알고리즘의 상세한 내용은 [4]에 기술되어 있다.

For all VCs Do
 Contribution[VC] = Contribution[VC] * 열화 인자
 활성 VC의 수 += Contribution[VC] (7)

둘째, 각 VC별로 BRM 셀이 도착하면 VCShare,

ER 값을 계산하고, BRM에 ER 값을 삽입하여 이웃 스위치로 전송한다. 식(1)에서 할당된 각 VC의 공정률(FairShare)은 망의 병목 현상으로 인하여 특정 VC에서는 미사용할 수 있다. 그러므로 그 여유를 가능한 VC에 재계산하여 할당한다. 부하 인자(z)는 가용 ABR 대역폭의 이용률을 의미한다.

$$VCShare = \frac{CCR}{z} \quad (8)$$

여기에서 CCR(Current cell rate)은 각 VC의 현재 전송률이고, z는 지수 평균법으로 계산되며, 일반적으로 상수 α 는 0.8이다.

$$z = (1-\alpha)*z + \alpha * \frac{ABR \text{ 입력율}}{\text{가용 ABR 대역폭}} \quad (9)$$

최종적으로 스위치는 아래의 순서대로 ER 값을 계산한다. 일반적으로 상수 δ 는 0.1이다.

If $z > 1+\delta$ Then

$$ER_{calculated} = \max(\text{FairShare}, VCShare)$$

Else

$$ER_{calculated} = \max(\text{FairShare}, VCShare, \text{Allocprev})$$

$$ER_{calculated} = \min(\text{가용 ABR 대역폭}, ER_{calculated})$$

$$ER_{BRM} = \min(ER_{BRM}, ER_{calculated}) \quad (10)$$

III. ATM 망의 연결 제어

ATM 망에서의 UNI(User network interface) 연결 제어 프로토콜은 ITU-T의 Q.2931 권고안, ATM 포럼의 UNI 신호 명세서 4.0 이 있으며, 그리고 NNI(Network network interface) 연결 제어 프로토콜로는 ANSI의 B-ISUP, ITU-T의 Q.276, Q.2746, Q.2730 권고안, ATM 포럼의 PNNI 명세서 1.0 등이 있다. 본 논문에서 설명하는 연결 제어 프로토콜은 ATM 포럼의 명세서를 따른다^{[2][3][6]}.

3.1 점대점 연결 제어

점대점 종단간의 연결 설정은 먼저 송신단에서 망으로 SETUP 메시지를 보낸다. 망의 스위치는 순방향으로 SETUP 메시지를 전달하면서 연결 설정에 필요한 자원, 경로, VC 테이블 정보 등을 합당하며, 수신단에 연결 설정을 요청한다. 이 과정에서 SETUP 메시지 정보를 충족시키지 못하면 연결 설정은 실패한다. 결국 수신단에서 연결 설정을 허용하면 역방향으로 연결 설정 완결 과정이 들어가며,

스위치는 순방향시에 저장한 연결 설정 정보를 확정하고, 송신단은 최종적으로 연결 설정을 완료한다^{[3][6]}.

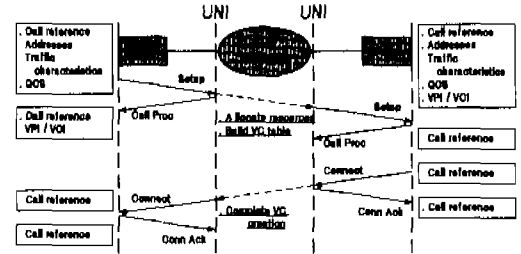


그림 3. ATM 망의 종단간 연결 설정 절차

연결 해제 과정은 설정과 비교하여 간단히 이루어진다. 송신단은 망에 RELEASE 메시지를 보내고, 순방향으로 경로상의 스위치를 거쳐 최종적으로 수신단에게 메시지를 보냄으로서 종결된다. 메시지 정보도 연결 설정과는 달리 기본 정보만을 포함한다.

3.2 연결 설정 메시지의 정보 요소

송수신단의 연결 설정 메시지내의 정보 요소는 연결 설정에 필요한 여러 정보를 담고 있다. 프로토콜 식별자, 메시지 형태와 길이, AAL 파라미터, 송수신자의 주소, VPI/VCI, 그리고 트래픽 기술자와 QoS 파라미터 등이 포함되어 있다. 이 요소 중에서 트래픽 기술자와 QoS 파라미터는 ATM 서비스 종류별로 다양하며, 종단간 서비스 제공을 위한 매우 중요한 협상 요소이다. 표 2는 연결 설정에 필요한 서비스 종류별 파라미터이며, 표 3은 연결 과정에서

표 2. ATM 트래픽 파라미터

파라미터	CBR	rt-VBR	nrt-VBR	UBR	ABR
PCR	specified				
SCR, MBS	n/a	specified		n/a	
MCR	n/a				spec..

표 3. 필수적인 ABR 서비스 파라미터

파라미터	협상값	기본값
PCR	감소	필수
MCR	MCRmin 까지 감소	0
ICR	감소	PCR
RIF	감소	1
RDF	증가 또는 감소	1/32,768
FRIT	종단간 합계값	종단간 합계값
TBE	감소	16,777,215

협상되는 ABR 서비스 파라미터이다^{[2][3][8][11]}. 만약 서비스별 트래픽 및 ABR 파라미터가 협상에 실패하면 연결 설정은 실패하고, 자원 예약은 이루어지지 않는다.

IV. 제안 EFRA 알고리즘

최근 제안된 명시적 전송률 제어 알고리즘들은 정확한 공정률 할당, 낮은 수행 복잡도 등은 성능의 주요 척도로 삼고 있다. 하지만 기존의 알고리즘은 과도 상태에서 성능 열화를 보이며, 정상 상태로의 빠른 천이도 알고리즘에 따라 차이가 있다^{[6][7][9]}. 연결 제어 메커니즘을 이용한 조기 공정률 할당 알고리즘은 기존 알고리즘의 과도기의 성능 저하를 개선하고, 연결 제어 정보를 반영하여 알고리즘을 과도 상태에서 정상 상태로 빠르게 회복하는데 목표를 두고 있다.

4.1 기존 ER 알고리즘의 문제점

ABR 서비스는 망의 유휴 대역폭을 이용하여 메시지나 데이터 파일 등을 상대적으로 짧은 시간에 전송한다. 또한 전송 우선 순위가 CBR과 VBR 서비스보다 낮다. 이러한 특성은 알고리즘의 정상 상태 동작에 영향을 미친다. 즉, VBR 서비스의 동영상이 트래픽은 매우 균질성이 강하여 ABR의 가용 대역폭에 큰 변동을 주며, 결국 알고리즘은 과도 상태에서 동작을 하게 된다.

ATM 망에서 CBR, VBR, ABR 등의 서비스가 연결을 설정, 해제하게 되면 스위치의 가용 자원은 급격히 변한다. 연결 설정의 경우, 스위치에서 역방향으로 설정이 완료되면 스위치의 자원은 예약되고 가용 자원은 줄어든다. 연결 후에 송신단은 데이터를 전송하고, 스위치는 새로운 트래픽 유입에 따라 자원을 재분배한다. 결국 혼잡 제어 정보가 송신단으로 전달되고, 이에 적용한 트래픽이 스위치에 도착되어 알고리즘은 정상 상태에서 동작하게 된다. 그러나 자원의 예약이후 정상 상태에 이르기까지의 긴 전파 지연 시간 동안은 알고리즘의 자원 분배는 긴 과도 상태에 놓이고, 알고리즘의 성능은 급격한 열화를 가져온다. 그 결과로서 스위치에서는 전송 지연과 버퍼 길이가 증가하고, 그에 따른 셀 손실률이 증가하여 종단간의 전송 처리율이 떨어진다.

4.2 연결 정보를 반영한 ER 알고리즘

제안하는 EFRA 알고리즘은 CBR, VBR, ABR

연결 제어의 정보 변화를 조기에 ABR 혼잡 제어에 반영하여 과도기동안의 알고리즘의 성능 저하를 제거하고, 정상 상태로 빠르게 천이 시키는데 있다. 제안 알고리즘은 스위치에서 새로운 연결 설정이 완료된 직후에 즉시 공정률을 새로 계산함으로써 기존 알고리즘이 정상 상태 천이까지 소요하는 시간만큼 더 빠르게 동작한다. 기존 알고리즘의 경우, 스위치와 송신단간의 전파 지연 시간을 D, 스위치의 수를 N 이라 하고, 각 스위치의 처리 시간을 P 라 하면, 정상 상태 천이에 필요한 시간(T)은 아래와 같다.

$$T = 2[D + (N * P)], D \gg P \quad (11)$$

제안하는 EFRA 알고리즘은 식 (11)의 소요 시간을 거의 0(zero)으로 감소시킨다. 주요한 특징은 아래와 같다. 첫째, 그림 3처럼 스위치에서 역방향으로 연결 설정이 완료되면 VC 정보 테이블은 생성된다. 이때 EFRA는 스위치에서 VC별로 서비스의 트래픽 파라미터인 대역폭(B)을 식 (12)과 같이 저장한다. 또한 서비스의 종류에 따라 식 (3)의 가용 ABR 대역폭은 즉시 새로 계산되며, ABR의 가상 연결 수(C)는 연결 제어 정보를 이용하여 직접 계산한다.

$$\begin{aligned} B_{cbr}[VC] &= PCR, B_{vbr}[VC] = SCR, \\ B_{abr}[VC] &= \max(ICR, MCR) \end{aligned} \quad (12)$$

$$C_{abr,new} = C_{abr,old} + 1 \quad (13)$$

$$\text{가용 } B_{abr,new} = \text{가용 } B_{abr,old} - B_{cbr}[VC] - B_{vbr}[VC] \quad (14)$$

그리고, 공정률(FairShare)과 ABR 입력율(λ), 부하 인자(z), VCShare 등도 새로 계산되고, 식 (10)에 의해 계산한 ER 값을 BRM 셀에 담아 이웃 스위치로 전송한다. 이러한 계산 과정은 새로 연결된 송신단이 전송한 첫 번째 셀이 각 스위치에 도착하기 전까지의 과도 상태동안 계속된다. 식 (14)과 식 (15)에서 사용된 서비스별 대역폭, 즉 식 (12)은 첫 번째 셀 도착 직후에 해제된다. 계산 수식은 다음과 같다.

$$\lambda_{abr,new} = \lambda_{abr,old} + B_{abr}[VC] / AI \quad (15)$$

$$\text{FairShare}_{new} = \frac{\text{가용 } B_{abr,new}}{C_{abr,new}} \quad (16)$$

$$z = (1-\alpha) * z + \alpha * \frac{\lambda_{abr,new}}{\text{가용 } B_{abr,new}} \quad (17)$$

$$VCShare_{new} = \frac{CCR}{z} \quad (18)$$

둘째, 현재 연결된 특정 VC가 순방향으로 스위치에서 연결 해제가 완료되면 스위치는 가용 자원을 다른 VC에 분배할 수 있다. 기존 알고리즘은 스위치에서 주기적인 시간(AI)마다 자원 분배를 함으로 연결 해제 직후부터 최대 AI 시간까지는 자원 분배를 못하는 단점이 있다. EFRA 알고리즘은 연결 해제 직후 즉시 이러한 가용 자원을 분배한다. 식 (13), (14), (15)는 서비스 종류에 따라 아래와 같이 수정되며, 식 (10)에 의해서 최종적인 ER 값이 계산된다.

$$C_{abr,new} = C_{abr,old} - 1 \quad (19)$$

$$\text{가용 } B_{abr,new} = \text{가용 } B_{abr,old} + B_{ctr}[VC] + B_{vbr}[VC] \quad (20)$$

$$\lambda_{abr,new} = \lambda_{abr,old} - B_{abr}[VC] / AI \quad (21)$$

V. 실험 결과

컴퓨터 시뮬레이션은 NIST(National Institute of Standards and Technology)에서 개발하여 배포한 "NIST ATM/HFC Network Simulator Ver 4.0"을 이용하였으며, ATM 연결 설정과 해제 메커니즘은 프로그램을 수정하여 추가하였다^[10].

5.1 실험 환경 설정

그림 4, 5는 실험을 위한 네트워크 구성이며, 표 4는 실험에서 공통으로 사용한 ABR 파라미터이다. ATM 스위치는 비블로킹(non-blocking), 출력 버퍼 형인 명시율 기반 스위치이고, 서비스 부류별로 FIFO 방식으로 큐잉을 하며, 계층적 순환 방식으로 셀 스케줄링을 한다.

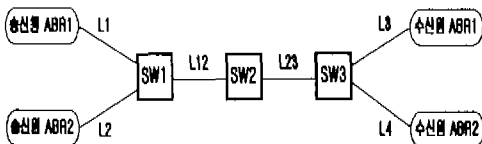


그림 4. 단순한 2개의 송신원 구성도

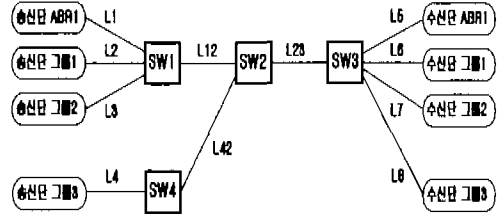


그림 5. 다중 경로의 ATM 구성도

표 4는 ERICA+ 제안자가 제안한 값으로 설정했으며, EFRA도 동일하게 설정하였다^[10]. 각 링크 구간 거리는 300 km, 대역폭은 155 Mbps, 그리고 전파 지연은 1 msec이다. 모든 송신단은 대략 8 msec의 연결 설정 시간이 지난 후에 전송한다.

표 4. 설정된 ABR 파라미터

송신단		스위치	
PCR	155 Mbps	T0	400
ICR	MCR, PCR/20	QDLF	0.5
RIF	1	AI	0.5 msec
RDF, CDF	1/16	a	1.15
TBE	160,000	b	1.00
Nrm	32	Alpha(α)	0.8
Trm	100 msec	Delta(δ)	0.1
ADTF	500 msec	Decay Factor	0.9

첫째, 실험 1은 그림 4처럼 송신단이 2개의 ABR 서비스로 구성된 경우로서 최소 전송률은 60 Mbps, 송신단 2의 전송 시간은 40 msec이다. 송신단 2의 전송 이후에 2개의 ABR 서비스의 전송률은 78 Mbps로 수렴해야 한다.

둘째, 실험 2는 그림 5를 이용하여 각 서비스별로 일정 시간동안만 전송할 때의 ABR 송신단의 전송률 변화를 알아보는 실험이다. 표 5는 트래픽의 설정 값이며, 송신단의 그룹은 단지 하나의 트래픽으로 구성된다. VBR 서비스는 균집과 전송 휴지 시간이 각 10 msec인 단순 ON-OFF 트래픽이다.

표 5. 실험 2의 트래픽 파라미터

송신단	출발시간	총전송시간	전송속도	
ABR1	0	160	MCR= 0	
그룹1	CBR	30	10	PCR= 60
그룹2	VBR	60	30	PCR=SCR= 60
그룹3	ABR2	110	10	MCR= 60

셋째, 실험 3은 망으로의 트래픽 유입이 많고 송신단의 수가 많은 경우이다. 모든 송신단은 연결 해제 없이 계속 전송한다. 각 송신단의 그룹은 9개의 서비스로 구성되며, CBR, VBR, ABR 순서와 주기로 전송된다. 각 서비스간의 전송 출발 시간 간격은 5 msec이다. VBR 서비스는 군집 시간이 5msec, 휴지 시간이 15 msec인 ON-OFF 트래픽이다.

표 6. 실험 3의 트래픽 파라미터

송신단	출발시간	송신단수	전송속도
ABR1	0	1	MCR= 0
그룹1	20	9	CBR (PCR= 5),
그룹2	65	9	VBR (PCR=SCR= 5),
그룹3	65	9	ABR (MCR= 5)

5.2 실험 결과

실험 1의 결과는 그림 6~7이다. 그림 6은 송신단 1의 전송률 변화로서 송신단 2의 전송 이후 EFRA 알고리즘이 빠르게 반응한다. 또한 스위치에서의 대기중인 셀도 최대, 평균값이 1/2 이하이다.

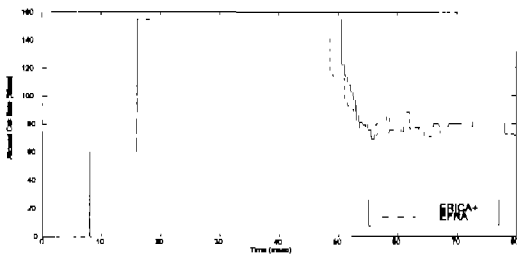


그림 6. 송신단 ABR1의 전송률 변화

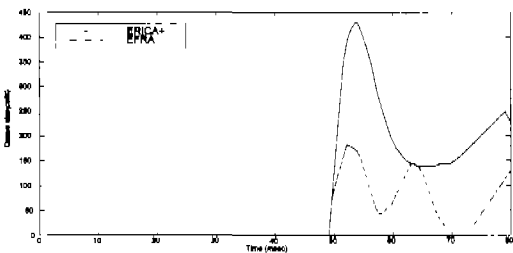


그림 7. 스위치1의 ABR 큐 길이

실험 2의 결과는 표 7과 그림 8~10이다. 표 7과 그림 8은 각 송신단이 차례대로 연결을 설정, 해제 한 직후의 송신단 ABR1의 전송률의 수렴 시간이 다. 제안 EFRA는 각 송신단이 연결 설정을 완료하고, 전송을 시작함과 동시에 ABR1의 ACR 값이

바로 정상 상태로 수렴함을 알 수 있다. 그러나 기존 방식인 ERICA+는 ABR1의 ACR 값의 정상 상태 수렴 시간이 식 (14)처럼 송신단과 스위치간의 전파 지연 시간에 대략 2 배만큼 늦어짐을 확인할 수 있다. 그림 9에서도 제안 EFRA는 최대 큐 길이가 ERICA+보다 현저히 낮고, 큐에서 대기중인 셀의 평균값도 기존의 1/4, 1/2로서 셀 손실 확률이 낮아졌다. 그림 10의 링크 이용률도 EFRA는 빠르게 최대값으로 회복한다.

표 7. 송신단 ABR1의 ACR 수렴 시간

송신단		ERICA+		제안 EFRA	
		설정	해제	설정	해제
그룹1	CBR	40.53	53.10	38.52	52.54
그룹2	VBR	70.55	103.1	68.58	102.6
그룹3	ABR2	122.6	153.6	118.6	135.1

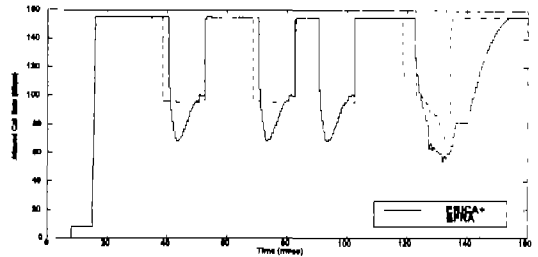


그림 8. 송신단 ABR1의 전송률 변화

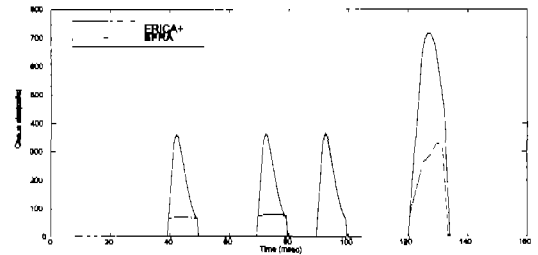


그림 9. 스위치1, 2의 ABR 큐 길이

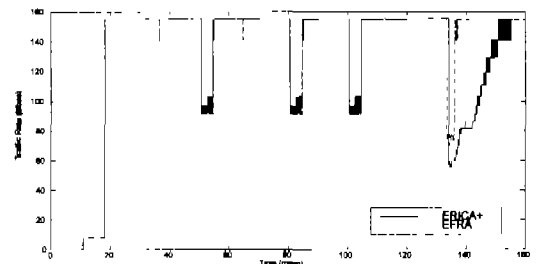


그림 10. 링크 L23의 링크 전송률

실험 3의 결과는 그림 11~13이다. 각 VC의 연결 설정이 급격히 늘어나는 65 msec 이후에 두 알고리즘의 차이점을 확인할 수 있다. 송신단 ABR1의 ACR 값의 변화 시간에 따라 스위치 1과 2의 ABR 큐 길이가 차이가 난다. 특히 2 개의 노드가 합쳐지는 스위치 2에서의 큐 길이는 1/2 정도로 현저히 차이가 난다.

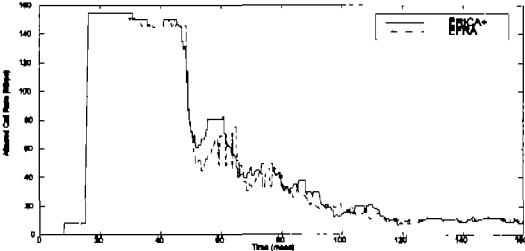


그림 11. 송신단 ABR1의 전송률 변화

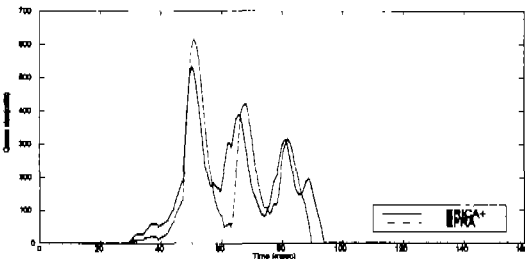


그림 12. 스위치1의 ABR 큐 길이

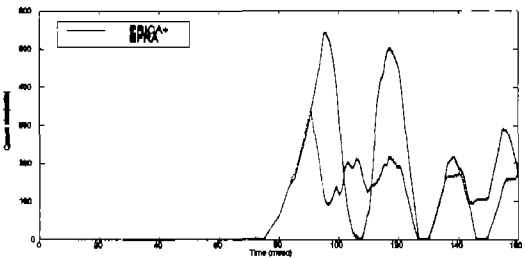


그림 13. 스위치2의 ABR 큐 길이

VI. 결론

본 논문에서 제안한 신호 제어 메커니즘을 이용한 조기 공정률 할당 알고리즘은 연결 제어의 변화에 따른 신호 제어 정보를 알고리즘에 조기에 반영하여 알고리즘의 긴 과도 상태에서의 성능 열화를 정상 상태로 빠르게 회복시키는데 목표를 두었다.

컴퓨터 실험 결과에서 이 새로운 알고리즘은 ERICA+ 알고리즘의 정확한 공정률 할당, 낮은 계산 복잡도 등의 주요한 특징을 계승하였고, 기존 알고리즘의 과도 상태에서의 성능 열화를 개선한 것으로 나타났다. 새로운 EFRA 알고리즘의 장점을 요약하면 다음과 같다. 먼저, EFRA 알고리즘은 신호 제어의 메커니즘 과정에서 발생한 제어 정보들 조기에 전송률 계산 과정에 반영하여 수많은 연결의 설정과 해제 과정에서 발생하는 망의 잠재적인 혼잡을 방지하였다. 또한 유휴 대역폭을 이용해야 하는 ABR 서비스의 특성에 따라 EFRA 알고리즘은 100 %의 출력 링크의 이용률을 보였으며, 스위치에서는 ERICA+ 보다 큐 길이를 낮게 유지하여 전송 지연을 최소화하여 종단간의 전송 처리율을 높였다. 다양한 실험 결과에 의하면 가상 연결의 수가 많고, 연결 설정과 해제가 급변할수록 성능이 우수했으며, 스위치의 큐 길이는 ERICA+보다 1/2 정도 더 작았다. 또한 다중 경로에서 노드가 합쳐지는 지점의 스위치에서는 확연히 EFRA 알고리즘의 우수성이 확인되었다. 특히 새로운 가상 연결의 설정에 따른 신호 제어 정보의 반영으로 송신단에 전달되는 전송률의 반응 시간이 송신단과 스위치간의 전송지연 시간에 2배만큼 빨라졌고, 그 결과 망의 혼잡을 미리 회피하여 알고리즘의 과도 상태에서의 급격한 성능 열화를 상당히 보완한 것으로 나타났다.

참고 문헌

- [1] William Stallings, High-Speed Networks: TCP/IP and ATM Design Principles, Prentice Hall, pp.344-376, Sep. 1997.
- [2] ATM Forum Technical Committee, "Private Network-Network Interface(PNNI) Specification Version 1.0", ATM Forum Contribution 96-0055.000, Mar. 1996.
- [3] ATM Forum Technical Committee, "ATM User-Network Interface Signaling Specification Version 4.0", ATM Forum Contribution 96-0061.000, Jul. 1996.
- [4] R. Jain, S. Kalyanaraman, R. Goyal, S. Fahmy, and R. Viswanathan, "ERICA Switch Algorithm: A Complete Description", ATM Forum Contribution 96-1172, Aug. 1996.
- [5] R. Jain, S. Fahmy, S. Kalyanaraman, and R.

