

ATM 네트워크상에서 EFCI와 ER을 결합한 ABR 트래픽 제어에 관한 연구

김종은*, 우현구*, 김봉기**

A Study of ABR Traffic Control in ATM Networks by Integrating EFCI and ER Modes

Jongeun Kim, Hyungoo Woo, Bonggi Kim

요 약

ATM 네트워크상의 ABR 서비스는 네트워크 상에서 예약형 서비스가 사용하고 남은 대역폭을 활용하여 데이터를 전송하는 방식으로 제어정보를 전송하는 피드백 매커니즘을 사용하여 네트워크상의 정체를 제어한다.

본 논문에서는 ATM 네트워크 상에서 효율적인 정체 제어를 위하여 ABR 트래픽 서비스의 전송률 제어 방식인 EFCI와 ER방식의 장점을 결합하여 네트워크 정체 상태에 따른 적응적인 제어방식을 제안한다. 시뮬레이션을 통하여 제안된 제어방식의 주기적인 특성과 전송된 셀의 양을 분석 제시한다.

Abstract

One of the main features of ABR service is the employment of a rate-based flow control mechanism, and congestion control plays an important role in the effective and stable operation of ATM networks. Feedback from the network switches to the end system gives users the information necessary to adjust transmission rates appropriately according to the current networks load. Congestion controls by feedback mechanism are classified as EFCI and ER mode.

We analyze the performance of EFCI and ER and propose a new ABR traffic control strategy by integrating EFCI and ER modes to improve the traditional traffic control. Through the distributed simulation, the performance improved by the proposed control strategy is analyzed.

*단국대학교 전산통계학과

**국립전주산업대학교 컴퓨터공학과 교수

I. 서론

최근 10여년 사이에 컴퓨터의 보급과 함께 인터넷이 대중화되면서 컴퓨터 네트워크는 폭발적으로 성장하였고 일반 생활에 네트워크 시스템 구축이 일반화되었다. 초창기 인터넷은 텍스트 위주의 자료 제공과 파일 전송 등이 주류를 이루었으나 인터넷의 대중화와 멀티미디어화는 영상 및 음성 등 대용량의 실시간 자료들을 지연 없이 전송할 수 있는 고속의 통신을 요구하게 되었고, 이러한 요구는 ISDN을 출현하게 하였다[9].

ISDN은 디지털 망에서 고속의 데이터 전송과 다양한 형태의 정보를 통합 서비스하는 B-ISDN(Broadband-ISDN)의 개념으로 구체화되었으며, 이를 구현하는 기법으로 ATM이 출현하게 되었다.

ATM은 53 바이트의 셀(Cell)을 기반으로 다양한 전송률의 서비스들을 유연하게 수용할 수 있고 가변 전송률의 트래픽들을 통계적으로 다중화한다. ATM의 서비스 유형은 CBR, 실시간VBR, 비실시간 VBR, ABR, UBR 클래스가 있다. ABR 서비스는 잉여 대역폭을 이용하여 데이터를 전송한다[10].

ABR 서비스는 잉여 대역폭의 효율적인 사용과 공정한 분배를 위해서 전송률 제어와 흐름 제어가 필요하다. 본 논문에서는 ATM 네트워크상에서 ABR 전송률의 동적인 제어와 대한 전송률 제어 방식인EFCI와 ER 제어방식의 장단점을 분석 및 비교하고, 네트워크 상황에 따라 선택적인 트래픽 제어에 활용하는 개선된 방식을 제안하고 시뮬레이션을 통해 분석 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 ABR 서비스와 RM셀의 구성과 ABR 서비스의 트래픽 제어 기법을 설명하며, 3장에서는 트래픽 흐름에 따른 선택적인 제어 기법을 제한한다. 4장에서는 시뮬레이션을 통하여 기존의 방법과 제안된 제어방법의 성능 특성을 분석 제시하고, 5장의 결론으로 끝맺는다.

II. 관련 연구

ABR 트래픽 서비스는 잉여 대역폭의 효율적인 사용을 위해서 네트워크 상태에 적응적인 전송률 제어와 정체 제어가 필요하다. 본 장에서는 제어 정보를 위한 RM 셀과 제어방식에 대하여 기술한다.

2.1 ABR 서비스와 RM 셀

ABR은 CBR과 VBR등의 클래스가 사용하고 남은 대역폭을 효율적으로 사용하도록 제안된 클래스이다. 이를 위해, ABR 클래스는 네트워크의 전송 상태에 따라 전송률을 동적으로 조정하기 위해 피드백 메커니즘을 이용하고 잉여 대역폭을 공정히 분배하기 위해 흐름제어를 한다[2].

표 1. RM셀의 구성

필드	명칭	비트	옥텟	비고
Header	ATM Header	1-5	All	PTI=6
ID	Protocol ID	6	All	ABR의 경우는 1
DIR	Direction	7	8	순방향시1,역방향시0
BN	BECN Cell	7	7	BECN 셀의 경우1로 설정
CI	Congestion Indication	7	7	폭주시에 1로 설정
NI	No Indication	7	6	1이면 증가하지 않음
RA	Request/Acknowledge	7	5	ABR에서 사용되지 않음
ER	Explicit Cell Rate	8-9	4	망에서 허용되는 전송률
CCR	Current Cell Rate	10-11	All	송신 원의 현재 전송률
MCR	Minimum Cell Rate	12-13	All	망에서 보장되는 최소전송률

ABR서비스에서 제공되는 피드백 메커니즘에서는 트래픽 제어 정보를 제공하기 위해 RM셀을 사용한다. ABR 트래픽 서비스에서는 주기적으로 RM 셀을 통해 네트워크 상태를 검사하여 잉여 대역폭, 정체 상태와 임박한 정체 상태를 표시하고 RM셀은 FRM과 BRM으로 구분된다. FRM셀은 송신 원에서 생성되어 수신 원에게 전송되고 BRM셀은 스위치 또는 수신 원에서 생성되어 송신 원에게 전송되는 RM셀이다. RM셀의 구성 및 역할은 표1과 같다.

2.2 피드백 메커니즘

피드백 메커니즘은 ATM 네트워크 상에서 정체 정보를 송신 원으로 전송하여 전송률을 제어한다. 피드백 메커니즘은 피드백 정보, 전송률의 제어 방식 및 RM셀의 흐름에 따라 구분된다. 피드백 정보의 방식은 묵시적 방식(implicit), 이진방식, 명시적 방식으로 나눌 수 있다 [10].

묵시적 방식은 피드백 정보를 송신 원에게 보내지 않는다. 만약 셀 손실이나 지연이 정해진 임계치를 넘어서면 정체가 있다고 추정하고 전송률을 줄인다.

이진 방식은 ATM 셀 헤더의 PTI 필드를 이용하여 정체정보를 알린다. 이때의 ATM 셀 헤더의 PTI 필드의 1비트를 EFCI(Explicit Forward Congestion Indication)이라 한다. EFCI는 정체만을 표시하기 때문에 전송 가능 대역폭을 계산하기 어렵지만, 정체정보를 즉시 전달할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

명시적 방식은 정체 정보를 RM 셀을 이용하여 보내주는 방식이다. 이 방식은 EFCI보다 정확하고 자세한 정보를 전달하여 정체 현상에 대해 효율적이라는 장점이 있지만, 스위치에서 각 VC에 대한 보다 정확한 피드백 정보를 얻기가 어렵다.

피드백 메커니즘은 전송률을 제어하기 위한 방식에 따라 Positive 방식, Negative 방식, Explicit 방식으로 구분할 수 있다. Positive 방식은 정체 정보가 없는 경우에 전송률을 계속적으로 줄이고, 정체가 없다는 제어 신호가 수신된 경우에 전송률을 증가시킨다. 이와 반대로 Negative 방식은 특정한 정체 신호가 없는 경우에 전송률을 증가시키고 정체 정보가 도착하면 전송률을 줄여주는 방식이다. Explicit 방식은 주어진 시간에 송신 원의 명확한 전송률을 송신 원에게 전송해 주는 방식이다. 이 방식은 송신 원이 피드백 정보가 도착하기 전까지는 전송률을 유지시킨다[1][4][8].

2.3 정체 제어방식

ABR 서비스의 정체 제어 방식은 EFCI 방식과 ER 방식의 2가지로 분류된다.

EFCI 방식은 Negative 방식으로 전송률을 제어하고, 스위치의 큐 길이를 모니터링하여 정체를 감지한다. 즉, 스위치는 정체가 발생한 경우에 송신 원에게 RM 셀을 전송하여 ACR을 감소시킨다. 송신 원은 RM 셀을 주기적으로 전송하고 일정한 시간동안 RM 셀을 받지 않으면

ACR을 증가시킨다. ACR의 증가와 감소는 다음과 같다.

$$\text{감소} : ACR \leftarrow \max(ACR \times MDF, MCR)$$

$$\text{증가} : ACR \leftarrow \min(ACR + AIR, PCR)$$

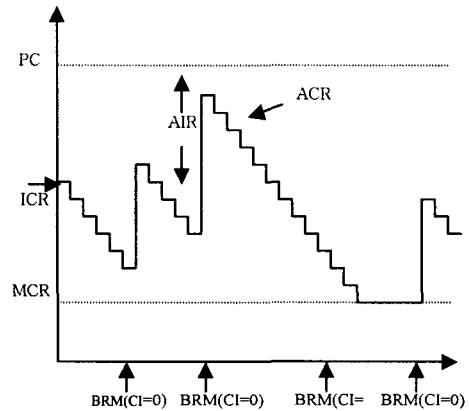


그림 1. ER방식의 ACR조정 과정

ACR의 감소의 경우에 MDF는 ACR의 배수적인 감소치 이고 MCR은 ACR에 대한 최소 셀 율이다. ACR의 증가의 경우에 IR은 ACR의 산술적인 증가치 이고 PCR은 최대 셀 율을 의미한다[5][6].

그림1은 ER방식을 나타낸 것이며, 송신 원은 주기적으로 RM 셀을 전송한다. 스위치는 큐에 상위 임계값과 하위 임계값을 설정하고 저장된 셀의 양에 따라 정체를 감지한다. 즉, 스위치는 저장된 셀이 상위 임계값을 초과한 경우와 하면 FRM셀을 수신원에 전송하고 송신원에 BRM 셀을 전송하여 정확한 네트워크의 상태를 얻는 방식이다. 따라서 EFCI 방식과 비교하면 더 정확한 네트워크의 상태를 알 수 있다는 장점이 있지만 스위치의 구조가 복잡해지고 많은 파라미터의 사용으로 인해 지연시간이 발생할 수 있다는 단점이 있다[3][4].

스위치는 FRM을 받으면 각 송신원당 ACR의 평균값인 MACR을 구한다. 또한, 큐 길이를 모니터링하여 최저 임계값 이하로 큐 길이가 감소하면 트래픽의 셀율에 대한 증가요인이 발생한 것으로 보고 ER값을 증가시켜 송신원으로 보내게 된다. 만약 스위치의 큐 길이가 최대 임계값을 초과하면 정체 발생으로 보고 셀을 감소를 위해 ER 값을 설정하여 BRM셀을 송신원으로 보낸다[8][7][11].

$$MACR = (1-a)MACR + aCCR$$

$$ER = MACR \quad : \text{비정체}$$

$$ER = ERF \times MACR \quad : \text{정체}$$

$$ERF(\text{Explicit Reduction Factor}) = 7/8$$

여기서 CCR은 현재 송신원의 ACR, a는 일반적으로 1/16이다. 스위치로부터 BRM셀을 받은 송신원은 아래와 같은 식으로 ACR을 줄인다.

$$ACR = ACR/RDF$$

$$RDF \text{ (Rate Decrease Factor)} = e^{-AIR/ER}$$

송신원의 셀율은 위와 같은 식을 이용하여 네트워크상에서 전달되는 RM셀에 삽입된 ER등의 파라미터로 제어하게 된다[8][9].

III. 제안기법

본 장에서는 네트워크 상황에 따른 적응적인 트래픽 제어방식으로 EFCI와 ER방식을 결합한 ABR 트래픽 제어 방식을 제안한다.

2장에서 설명된 ER방식은 정체 시 정확한 값으로 효율적인 대역폭을 제어하고 EFCI 방식은 정체정보를 받기 전까지 스스로 셀율을 줄이지 않는 장점을 가진다. EFCI와 ER방식의 장점을 결합하여 개선된 방식을 제안할 수 있다. 즉 정체 시는 ER방식으로 셀율을 조정하고 비정체 시와 초기 네트워크 설정 시에는 EFCI방식을 이용한다.

3.1 제안 기법의 트래픽 제어

송신 원, 수신 원 및 스위치들의 네트워크 상황에 따른 트래픽 제어의 변환 시기는 네트워크 설정, 정체 발생, 정체 해소로 구분된다.

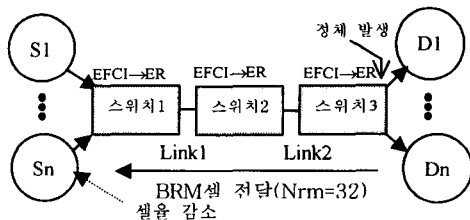


그림 2. 네트워크 정체 발생

네트워크 설정 시기에서 각 스위치, 송신원 및 수신원 들은 EFCI방식을 사용한다. 이때 EFCI방식은 ACR를

고정하고 EFCI의 BECN을 피드백 방식으로 채택하므로 FRM셀을 수신원에게 보내지 않는다.

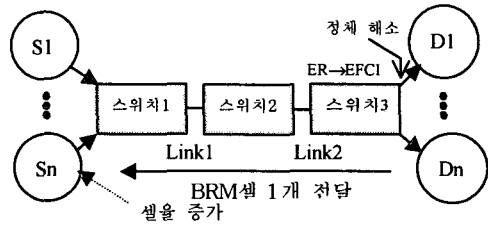


그림 3. 네트워크 정체 해소

큐에 저장된 셀의 양이 스위치의 상위 임계 값을 초과면 정체가 발생한 것으로 판단한다. 그림 2와 같이 정체가 발생한 스위치는 정체 발생에 대한 정보를 BRM (Nrm=32)셀을 송신원에게 전송한다. 정체 발생에 대한 정보를 표시한 BRM 셀을 수신한 스위치는 ER 방식으로 전환하고 송신 원은 ACR를 줄여준다.

큐에 저장된 셀의 양이 하위 임계 값보다 적어지면 정체가 해소된 것으로 판단한다. 그림 3과 같이 스위치는 정체 해소에 대한 정보의 BRM 셀을 송신 원에게 전송한다. 정체 해소에 대한 정보의 BRM 셀을 수신한 송신 원은 EFCI방식으로 셀 율을 조정한다.

3.1 송신 원, 수신 원 및 스위치 동작

송신 원에서 네트워크 설정, ATM 데이터 셀의 전송, BRM셀의 수신 동작은 표 2와 같다. 즉, 송신 원이 정체 정보를 나타내는 BRM셀(CI=0, NI=0)을 수신하면 ER방식에 의해 셀 율을 RDF와 ACR를 계산하고 비정체 정보를 나타내는 BRM셀(CI=0, NI=0)을 수신하면 ACR를 표 2와 같이 증가 시킨다.

표 2. 송신원의 동작

상태	적용
네트워크 설정 시	ACR=ICR로 초기화 송신 원의 셀 율은 min(PCR, ACR)을 초과하지 않고 max(MCR, ACR)이상으로 전송 ICR=7.49Mbps, MCR=1.49Mbps의 셀 율로 ATM 데이터 셀 전송
ATM 데이터 셀 전송	PT=000으로 EFCI=0인 ATM 데이터 셀 전송
BRM셀 수신	DIR=1, CI=1, NI=1이고 ER값이 표기될 때 RDF = e ^{-AIR/ER} 로 계산 ACR=ACR/RDF 셀 율 조정 DIR=1, CI=0, NI=0일 때 ACR=ACR+AIR로 계산

스위치는 표 3과 같이 ATM 데이터 셀을 수신하면 큐에 저장하고 큐에 저장된 셀의 양과 임계 값을 이용하여 정체를 제어한다. 큐에 저장된 셀의 양이 상한 임계 값을 초과한 경우에 스위치는 ER방식의MACR과 ER을 계산하고 송신 원 또는 송신 원측의 스위치로부터 수신된 32개의 셀 마다 BRM(N_{rm}=32) 셀을 송신 원에게 전송한다. 또한, 하한 임계 값 이하로 감소하는 경우는 EFCI방식으로 셀 율을 제어하고 BRM셀을 송신 원에게 전송한다.

수신 원의 동작은 EFCI=0인 ATM 데이터 셀을 수신한 경우 송신 원의 셀 율을 증가 시키기 위해 BRM(DIR=1, CI=0, NI=0)셀을 전송하고 EFCI=1인 ATM 데이터 셀을 수신하는 경우 BRM셀을 전송하지 않는다.

수신 원으로부터 BRM셀을 받은 송신 원은 네트워크 상에 정체가 없음을 확인하고 AIR 값 만큼을 증가 시켜 전송률을 높여 준다.

표 3. 스위치의 동작

상태	적용
상한 임계 값을 초과	$MACR = (1-a)MACR + a \cdot CCR$ $ER = 7/8 * MACR$ BRM를 전송 (DIR=1, CI=1, ER)
하한 임계 값 이하로 감소	BRM를 전송 (DIR=1, CI=0, NI=0)

IV. 시뮬레이션 및 분석

본 장에서는 제안 기법의 성능을 시뮬레이션을 통해 비교/분석한다. 시뮬레이션을 위한 ATM 네트워크 구성 모델과 송신 원의 ABR 설정 파라 미터를 기술하고, 시뮬레이션 수행 결과를 통해 제안 기법의 성능을 분석한다.

4.1 시뮬레이션 모델

시뮬레이션을 위한 ATM 네트워크의 구성 모델은 그림 4와 같이 송신 원 6개, 수신 원 6개 및 스위치 3개로 구성된다. 시뮬레이션 모델에서 송신 원과 수신 원의 송수신 속도는 100Mbps, 스위치간 전송 속도는 155.5Mbps

로 가정한다. 또한, 시뮬레이션의 결과를 분석하기 위해 송신 원은 ABR 트랙픽을 사용하여 데이터 셀을 발생시키고, 링크2의 총 ACR를 50Mbps로 설정하여 스위치2에서 정체가 일어나도록 하였다[3].

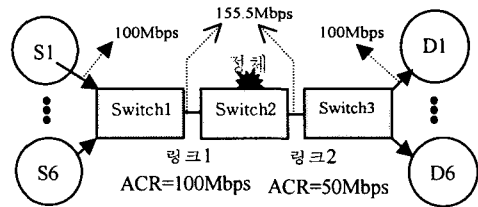


그림 4. 시뮬레이션 모델

네트워크를 설정할 때 결정되는 송신 원의 ABR 설정 파라 미터는 표 4와 같이 설정한다[7].

본 논문의 시뮬레이션은 객체지향 언어인 자바를 이용하여 소스를 발생시키는 송신 원과 각 스위치에 해당하는 단말 3개와 수신 원에 해당하는 단말 및 서버에 해당하는 단말로 6대의 분산환경에서 수행하였다.

표 4. ABR 설정 파라 미터

파라 미터	초기값
ICR	7.49Mbps
MCR	1.49Mbps
AIR	0.015Mbps
LCR	155Mbps
MDF	$e^{-0.5/ER}$
ACR	ICR과 동일
Qh	1200 cell
Qi	600 cell
NRM	0

4.2 시뮬레이션 결과 및 분석

본 절에서는 송신 원의 평균 ACR의 변화, 스위치에 저장된 셀의 양과 송신 원의 전송량에 대하여 ER방식과 제안 방식을 시뮬레이션을 통해 비교 분석한다.

그림 5는 시간 흐름에 따른 송신 원의 평균 ACR 변화를 나타낸다. 제안 방식은 네트워크 상황에 따라 ER방식 보다 빠른 적응력을 가지고 완만한 증가와 빠른 감소의 특징이 나타낸다.

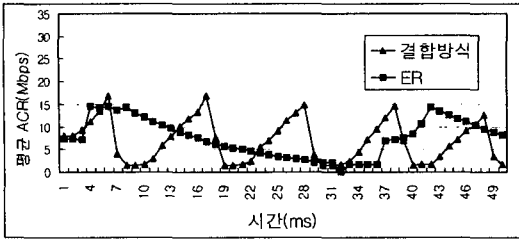


그림 5. 시간에 따른 송신원의 평균 ACR

그림 6은 모든 스위치들에서 큐의 상위 임계 값을 256cells, 하위 임계 값을 128cells로 설정한 경우에서 시간 흐름에 따른 스위치2의 큐에 저장된 셀의 수를 나타낸다. ER 방식에 비해 제안 방식은 주기가 빠르고 적은 수의 셀을 저장한다. 즉, 제안 기법은 네트워크의 상황에 따라 송신 원의 전송률을 빠르게 적응하며, 스위치에서 보다 적은 양의 큐를 요구한다.

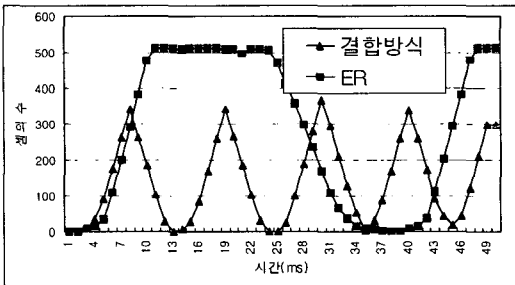


그림 6. 스위치 2에 저장된 셀의 수

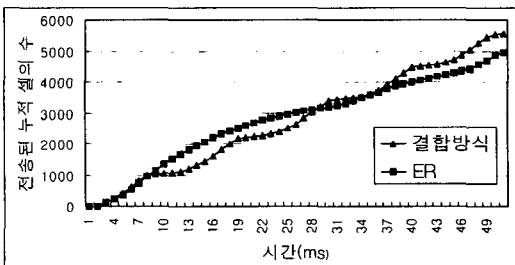


그림7. 시간에 따른 전송된 셀의 수

그림7은 시간에 따른 전송된 셀의 누적 수를 나타낸다. 28ms이전에서는 제안 방식의 총 전송량은 ER 방식보다 적으나 시간이 지나면서 커짐을 알 수 있다. 제안 기법에서 송신 원의 ACR은 네트워크에 빠른 적응을 통해 ABR 트래픽을 효율적으로 제어하고 스위치에서 적은 셀 손실율을 나타낸다.

V. 결론

본 연구에서는 ATM 네트워크상의 잉여 대역폭을 활용하기 위한 ABR 트래픽 서비스의 제어 방식인 EFCI와 ER을 분석하고 네트워크 상황에 따른 개선된 정체 제어 방식을 제안하였다.

제안된 방식에서는 ER방식을 EFCI방식과 결합하여 초기 전송률의 비효율성을 개선하였고, RM셀의 오버헤드를 감소시킨다. 네트워크 상에 정체가 발생한 경우에는 ER 방식을 사용하여 효율적인 정체 제어를 가능하게 한다.

본 논문을 평가하기 위해 6대의 PC를 활용한 분산환경에서 객체지향 언어인 자바로 구현된 시뮬레이션을 수행하여, ACR, 총 전송된 셀의 수, 큐 길이 등을 측정하였다.

시뮬레이션의 결과는 제안 방식이 ER방식에 비해 전송률과 큐 길이에 대한 상대적으로 빠른 적응 특성으로 ATM 네트워크상의 효율을 개선하였고, 특히 정체 스위치에서의 큐에 저장된 셀의 양이 적은 장점을 보였다. 또한 총 전송된 셀의 수를 비교하면 제안된 결합방식이 더 크므로, 제안 방식의 성능이 향상되었음을 알 수 있다.

참고문헌

- [1] 고장혁, 김광현, 이동호, 네트워크 Performance를 고려한 ABR 서비스의 셀을 증가/감소에 관한 연구, 한국정보과학회 가을 학술논문집, pp65~68, 1997.
- [2] ATM Forum, Traffic Management Specification Version 4.0, ATM Forum/95-0013r11, Feb. 1995.
- [3] Carlos M. D. Pazos, Vincenzo A. Signore, "Performance of TCP over ATM for

Various ABR Control Policies(Extended Version).” Computer Science Department, UCLA, 1996.

[4] David Lee, K. K. Remarkrishnan, W. Melody Moh, A.Udaya Shanker, "Performance and Correctness of the ATM ABR Rate Control Scheme," IEEE INFOCOM 97, pp793~794, 1997.

[5] Hiroyuki Ohasayuki Murata, Hiroshi Suzuki, Chinatsu Ikeda and Hideo Miyahara, "Rate-Based Congestion Control for ATM Networks," Department of Information and Computer Sciences, Osaka University, 1996.

[6] Nina taft Plotkin, Jaroslaw J. Sydir, "The Rate Mismatch problem in Heterogeneous ABR Flow Control," IEEE INFOCOM 97, pp1307~1311, 1997.

[7] Rohit Goyal, Xiangrong Cai, Raj Jain, Sonia Fahmy, and Bobby Vandalore, Per-VC Rate Techniques for ABR Feedback in VS/VD Networks, ATM Forum Contributions/97-1086r1, February 1997.

[8] Y.Chang, N. Golmie, and David Su, "Study of Interoperability between EFCl and ER switch Mechanisms for ABR Traffic in an ATM Network," National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland, 1996.

[9] David E. McDysan, Darren L. Spohn, ATM Theory and Application, McGraw-Hill, 1994.

[10] Timothy Kwok, ATM The New Paradigm for Internet, Intranet & residential Broad Services & Applications, Prentice Hall, 1998.

[11] Thomas M. Chen, Steve S. Liu, and Vijay K. Samalam, "The Available Bit Rate Service for Data in ATM Networks," IEEE Communication Magazine, pp56~71, May 1996.

저자 소개



김정은

1995년 단국대학교 전자계산학과(학사)
 1997년 단국대학교 전산통계학과(석사)
 1999년 단국대학교 전산통계학과 박사과정 재학중
 관심분야 : 컴퓨터 네트워크, 분산 시뮬레이션, 컴퓨터구조



우현구

1997년 단국대학교 응용물리학과(학사)
 1999년 단국대학교 전산통계학과(석사)
 관심분야 : 컴퓨터 네트워크, 컴퓨터구조

김봉기

1987년 숭실대학교 전자계산학과(공학사)
 1989년 숭실대학교 전자계산학과(공학석사)
 1999년 숭실대학교 전자계산학과(공학박사)
 1994년 ~ 1998년 한림정보산업대학 컴퓨터응용과 교수
 1999년 ~ 현재 국립진주산업대학교 컴퓨터공학과 교수
 관심분야 : 멀티미디어 데이터베이스, 웹 데이터베이스, 내용기반검색, 전자상거래