

ATM 망의 ABR 서비스에서 최적 대역할당 기법에 대한 연구

(Optimal Transmission Rate Allocation Algorithm in ABR Service of ATM Network)

저 자 : 김용진*, 김중규**

소속기관 : *대구대학교 대학원 정보통신공학과 박사과정, **대구대학교 정보통신공학부 교수

요 약

ATM 망의 혼잡상태를 회피하기 위하여 다양한 방법들이 제안되고 있으며, 이들 중에는 전송시스템에 존재하는 스위치의 버퍼 값에 지능형 마킹을 표시함으로써 각 전송회선에 공평한 대역폭을 할당하며 혼잡상태를 회피하는 방법이 있다. ATM Forum은 ATM 망에서 ABR 서비스의 혼잡제어를 위한 표준으로서 셀룰 기반 혼잡제어기법을 적용하고 있다.

EPRCA(Enhanced Proportional Rate Control Algorithm)은 망의 상태를 항상 검사하는 것이 아니라 망의 혼잡이 발생하였을 때만 작동하기 때문에 부정확한 셀룰 정보를 가질 수 있다. DMRCA(Dynamic Max Rate Control Algorithm)은 혼잡의 정도에 따라서 적절한 셀룰을 부여하기 위하여 스위치에 임계값을 지정하며, 셀룰은 스위치에서 제공되는 증가계수와 감소계수에 비례하여 변하게 된다. 본 논문은 DMRCA에서 혼잡제어를 위해서 적용하는 증가/감소 변수의 크기 변화에 따른 공평대역할당의 수렴속도를 평가하여 최적의 변수값을 찾고자 한다.

1. 서 론

ATM 전송방식은 다양한 사용자 응용을 수용할 수 있도록 CBR, VBR, ABR, UBR 서비스를 ATM 계층에 정의하고 있다. 이들 서비스 특성은 각기 다르나 ATM 망은 이들 서비스 특성을 유지하도록 해야한다. 이를 위해서 ATM 망은 CAC, UPC, ABR 흐름제어와 같은 트래픽 제어 알고리즘을 이용한다.

CAC(Call Admission Control)는 호 수락 과정에서 사용자와 망 사이에 주고 받는 트래픽 파라미터를 이용하여 현재 서비스되는 서비스들의 품질에 영향을 미치지 않는 한도내에서 호 수락 여부를 결정하는 방법이다[1]. UPC(Usage Parameter Control)는 CAC를 통해서 수락된 호가 협상된 파라미터의 특성대로 트래픽을 제공하는지 감시하여 위반 여부를 판정하고 제재 조치를 취하는 방법이다[2]. ABR(Available Bit Rate) 흐름제어는 망의 상황에 따라서 유동적으로 ABR 정보원의 속도를 제어하는 방법으로서 CBR, VBR 트래픽이 쓰고 남은 대역폭을 유동적으로 할당받게 된다[3].

ATM Forum에서는 망의 트래픽 정보를 RM(Resource Management) 셀을 통해서 전달한다. RM 셀은 송신원에서 발생되어 망 요소를 거쳐 목적지에 전달된 후 귀환 정보를 소스에 전달하기 위해 소스로 다시 보내지는 경우와 망 요소 또는 목적지에서 발생되어 소스로 귀환

되는 두 가지 경우가 있다. ABR 서비스의 흐름제어 방법은 ATM 포럼에서 PRCA(Proportional Rate Control Algorithm) 메카니즘에 Explicit Rate 방식을 적용한 EPRCA(Enhanced PRCA) 메카니즘을 근거로 전송률 기반 방식이 채택되었으며, 점대점 연결에 대한 송수신원의 동작, 스위치 동작 및 트래픽 파라미터 등이 최종 결정되었다.

EFCI와 CI 기반 스위치는 구현하기에 쉬운 장점이 있지만 불공정한 대역폭과 혼잡으로 인한 발진과 낮은 응답속도와 같은 단점이 있다. ER 기반 스위치는 구현하기에는 보다 복잡하지만 정확한 셀 전송률을 계산하여 각 연결에 대하여 공평한 대역을 할당할 수 있다는 장점이 있다. ER 기반 스위치에는 각 연결 송신원에 도착한 ER 값을 사용하여 정확한 공평대역을 계산하는 정확한 공평대역 계산 기법과 근사값을 이용하여 공평대역을 계산하는 근사한 공평대역 계산 기법이 있다.

정확한 공평대역 계산 기법은 전송률을 계산하기 위한 계산시간과 구현이 복잡하며, 제안되고 있는 기법으로는 CCERI(Congestion Control with Explicit Rate Indecation)[4], ERICA(Explicit Rate Indication for Congestion Avoidance)[5], ERAA(Efficient Rate Allocation Algorithm)[6], FMMRAA(Fast MAX-MIN Rate Allocation Algorithm) 등이 있다.

근사적 공평대역 계산 기법은 전송률을 계산하기 위하여 근사값을 사용하기 때문에 빠른 계산결과를 구할 수 있고 구현이 보다 간단하며, 제안되고 있는 기법으로는 EPRCA(Enhanced Proportional Rate Control Algorithm)[7], MMRCA(MAX-MIN Rate Control Algorithm)[8], DMRCA(Dynamic MAX Rate Control Algorithm)[9], CAPC(Congestion Avoidance Using Proportional Control) 등이 있다.

본 논문에서는 먼저 구현이 보다 간단하고 전송률 계산시간이 짧은 근사적 공평대역 계산기법의 EPRCA 기법과 DMRCA 기법을 분석하고 ER 기반 스위치에서 망이 혼잡상태일 때 사용되는 ACR의 감소계수인 RDF와 정상상태일 때 사용되는 ACR(Allows Cell Rate)의 증가계수인 RIF 값의 변화에 따라서 각 연결에 대한 공평대역 할당 변화를 분석하고자 한다. 본 논문은 2장에서는 ABR과 EPRCA, DMRCA 기법에 대하여 알아보고 3장에서는 DMRCA의 증가/감소계수의 변화에 따른 시뮬레이션을 실시하고 4장에서 결론을 맺도록 한다.

2. 근사한 공평대역 계산 기법

2.1 ABR(Available Bit Rate)

ATM Forum에서는 RM 셀을 이용하여 망의 혼잡상태를 송신원에게 전송하여 주는 ABR 서비스 기법을 정의하고 있다. RM 셀은 미리 정의된 양으로 송신원의 전송률을 증가/감소시키는데 사용되는 CI(Congestion Indication) 비트, 명시적 셀 전송률을 나타내기 위해 사용되는 ER 영역이 있다. 또한 RM 셀은 현재 전송률을 나타내는 CCR(Current Cell Rate) 영역이 있다. 송신원과 수신원의 동작으로서 연결이 설정될 때 PCR(Peak Cell Rate)와

MCR(Minimum Cell Rate)을 협상한다. 송신원은 일반적으로 매 Nrm개의 데이터 셀마다 순방향 RM 셀을 수신원으로 전송한다. 수신원은 순방향 RM 셀을 수신하면 다시 송신원으로 역방향 RM 셀을 전송한다.

망의 혼잡을 나타내기 위하여 사용되는 기법으로는 첫째 전송단의 중간에 존재하는 스위치는 CI와 NI 비트를 마킹하고 RM 셀의 ER 필드를 설정함으로써 송신원의 혼잡을 알릴수가 있으며, 둘째 수신원은 데이터 셀의 EFCI 비트가 마크되어 있다면 RM 셀에 CI 비트를 마킹할 수 있고, 셋째 전송단의 중간에 있는 스위치는 송신원에 혼잡정보를 바로 알리기 위해 역방향 RM 셀을 생성할 수 있다.

송신원이 CI 비트가 혼잡으로 설정되어 있는 역방향 RM 셀을 수신하면 호 설정시 협약된 RDF 값에 의해 $RDF \cdot ACR$ 의 값으로 ACR 값을 감소시키고 반대로 혼잡이 설정되지 않은 CI 비트를 수신하면 $RIF \cdot PCR$ 의 값으로 ACR 값을 증가시킨다. 이러한 동작을 송신 셀률의 선형 증가와 지수 감소라고 한다. 전송단의 스위치들은 순방향/역방향 RM 셀들의 ER 영역의 전송률을 감소시킬 수 있다. 네트워크는 역방향 RM 셀의 분실로 인한 망의 혼란을 피하기 위하여 송신원은 혼잡 표시가 없는 역방향 RM 셀을 수신하면 전송률을 증가시키고, 만일 지정된 시간내에 역방향 RM 셀을 수신하지 못할 경우에는 미리 정의된 수만큼의 순방향 RM 셀을 전송하고 지수 값으로 전송률을 감소시킨다.

2.2 EPRCA(Explicit Rate Indication for Congestion Avoidance)

ATM 포럼에서는 망 요소의 행위에 관한 기법중의 하나로서 EPRCA를 권고하고 있다. EPRCA 알고리즘에서는 지능형 마킹을 이용하여 트래픽 제어의 공정성을 도모한다. 기존의 알고리즘에서는 망이 폭주하는 경우 모든 ABR 소스들의 속도를 줄이도록 하여 타 ABR 서비스에 비해서 상대적으로 적은 양의 트래픽을 보내고 있는 ABR 서비스도 속도를 줄이게 함으로써 불이익을 당하는 현상이 있었다. 지능형 마킹에서는 현재 서비스되고 있는 모든 ABR 서비스의 평균 속도를 다음의 식으로 계산한다.

$$MACR = MACR(1-\alpha) + CCR \times \alpha \quad (1)$$

여기서 MACR은 평균 속도를 나타내고 CCR은 해당 ABR 연결의 현재 속도, α 는 평균 인자이다. 보통 α 는 1/16으로 주어진다. EPRCA에서는 두 개의 문턱값 QT와 DQT를 사용한다. 버퍼의 길이가 DQT 이상이면 혼잡으로 인지하여 모든 ABR 소스의 속도를 줄이도록 한다. 그렇지 않고 버퍼의 길이가 DQT 미만 QT 이상일 경우 다음과 같이 지능형 마킹을 수행한다. 즉 해당 ABR 소스의 현재 속도 CCR이 $MACR \times DPF$ 이상인 소스에 대해서는 아무런 제재 조치도 취하지 않는다. 버퍼의 길이가 QT 미만인 경우는 소스의 속도를 증가하도록 마킹한다. 여기서 DPF는 하향 압축 인자로서 MACR에 근접한 소스들도 폭주 시에는 속도를 줄이는 소스에 포함시키기 위함이다. 보통 DPF 값으로 7/8이 사용된다.

EPRCA 알고리즘에서처럼 전체 버퍼 길이만을 고려하는 상황하에서는 ABR과 VBR이 동시에 서비스될 때 VBR이 버퍼를 지배적으로 점유하면 이도 또한 ABR에 의한 폭주로 인지하여 기존의 알고리즘대로 제어 행위를 수행한다. 그러나 VBR이 폭주하는 경우에는 가급적 ABR 소스들의 속도는 모두 줄이는 것이 타당하다. 왜냐하면 VBR이 ABR에 비해서 상대적으로 우선권을 갖고 있기 때문에 망 요소는 VBR을 우선적으로 서비스 하게 되고, 이 경우 버퍼내의 ABR 셀은 모든 VBR 셀이 전송될 때까지 대기해야 된다. 이런 상황에서 ABR 소스의 속도 증가는 대기 시간 증가와 함께 최악의 상황에서는 셀 손실을 유발할 수 있다. ABR 서비스의 경우 지연에는 둔감하지만 셀 손실에는 심각한 영향을 미치므로 가능하면 이러한 상황은 피해야한다.

2.3 DMRCA(Dynamic MAX Rate Control Algorithm)

EPRCA와 같이 DMRCA는 혼잡상태를 검출하기 위하여 버퍼의 크기를 2개의 임계값으로 사용한다. DMRCA와 유사하게 스위치는 스위치로 들어오는 모든 연결들 중에서 가장 최고 값을 갖는 연결의 전송속도를 기억하고 최대값의 동적인 변화에 의한 발전에 대하여 순조롭게 적응하게 하기 위하여 스위치는 다음식과 같은 평균 최대 전송률을 관리한다.

$$AMAX = (1-\alpha) \times AMAX + \alpha \times MAX \quad (2)$$

위의 식은 새로운 최대값이 검출될 때마다 수행되어진다. 버퍼의 길이가 QT를 초과할 때 스위치는 임계값 마킹에 기반한 지능형 마킹을 수행한다. 임계값 마킹 값을 구하기 위한 요소는 버퍼의 길이와 AMAX 값으로 구성되며 식은 다음과 같다.

$$\text{Marking Threshold} = AMAX \times F_n(\text{Queue Length}) \quad (3)$$

F_n 값은 이산값이며 버퍼의 길이는 $0 \leq F_n \leq 1$ 이다. 버퍼의 길이가 임계값 QT와 DQT 사이에 존재할 때 RM 셀의 CCR 영역은 Marking Threshold 값과 비교되어 크다면 망이 혼잡상태임을 나타내고 전송률을 줄인다. 버퍼의 길이가 DQT 보다 크다면 ER 마킹을 사용하여 전송률을 급격하게 $AMAX \times MRF$ 값으로 감소시킨다.

DMRCA 기법은 구현이 다른 기법에 비하여 간단하고 일반적인 공평대역 할당 속도를 가지며 버퍼의 길이를 사용하는 임계값의 지능형 마킹은 버퍼의 활용도를 더욱 높게 만든다. 전송률의 증가와 감소를 위하여 사용하는 계수 RIF/RDF에서 RIF 값이 만일 너무 높게 선택되어진다면 전송속도의 변화율이 증가하게 되어 불공평 대역폭 할당상태가 될 가능성이 있다.

다음은 EPRCA와 DMRCA의 전송제어를 비교하였다.

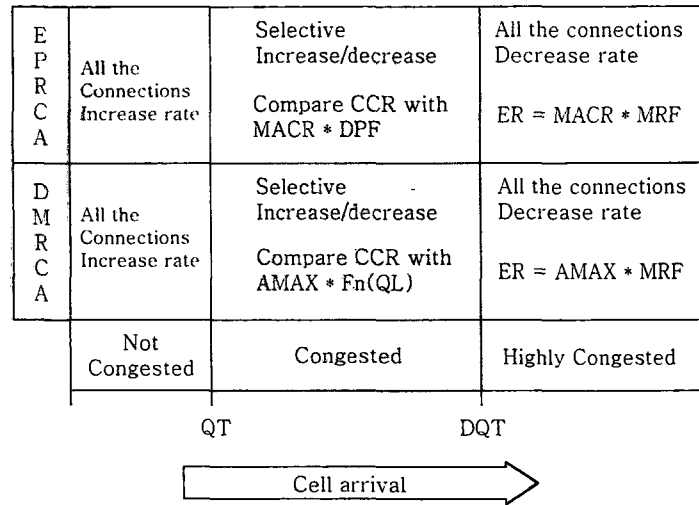


그림 1. EPRCA와 DMRCA의 비교

3. 시뮬레이션 및 결과 고찰

앞장에서 언급된 여러 가지의 ATM 망의 ABR 서비스에서 혼잡제어 기법들 중에서 증가/감소계수의 변화에 따른 공평 대역할당과 버퍼의 사용을 알아보기 위하여 비교적 구현이 간단하고 버퍼의 사용정도가 전송률에 영향을 미치는 DMRCA를 선택하여 다음과 같은 시뮬레이션을 실시하였다. 시뮬레이션 모델은 그림 2에 나타내었다.

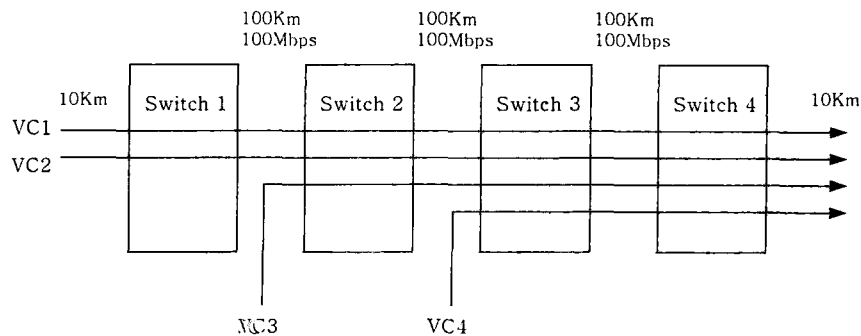


그림 2. 4단 스위치를 가지는 망의 모델

시뮬레이션 모델에서 각 링크의 대역폭은 100Mbps이고 각 스위치 사이의 거리는 100Km로 송/수신원과 스위치 사이의 거리는 1Km로 설정하였다. 네트워크에는 모두 4개의 ABR VC가 있으며 모두 스위치 4로 향한다.

VC1과 VC2는 네트워크의 모든 스위치를 거쳐서 통과하며 스위치 4가 네트워크에서 병목을 발행시키는 스위치이다. 4개의 VC가 MCR 값을 0으로 가질 때 공평대역폭은 각 VC에 대하

여 25Mbps이다. 시뮬레이션에 사용된 파라미터들은 다음과 같다.

표 1. 시뮬레이션 변수

ICR	5Mbps
PCR	100Mbps
Fn	$\max(0, 1 - \text{Queue Length}/4000)$
Nrm	32
QT	50
DQT	1000

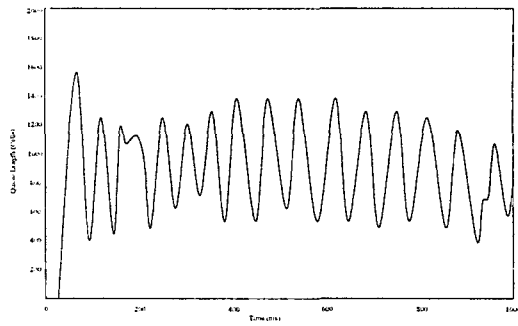
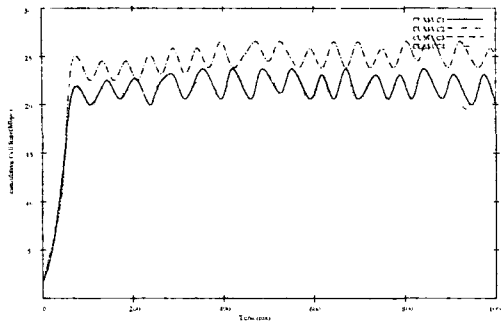
시뮬레이션은 RIF와 RDF의 값을 변화시키면서 실시하였다. 먼저 그림 3의 (a), (b), (c)는 RIF의 값을 1/128로 고정하고 RDF의 값만 변화하였고 (c), (d), (e)는 RDF의 값을 1/32로 고정시키고 RIF의 값만 변화하였다.

그림 3에서 RDF의 값만 변화하는 경우에는 RDF의 값이 작을수록 각 연결에서 전송속도의 변화범위가 감소하는 것을 볼 수 있으며 버퍼에 저장되는 셀 수는 점진적으로 변하는 것을 알 수 있다. RIF의 값만 증가하는 경우는 초기 전송속도가 급격히 증가하고 버퍼에 저장되는 셀 수가 변화하는 범위도 더욱 증가하는 것을 알 수 있다.

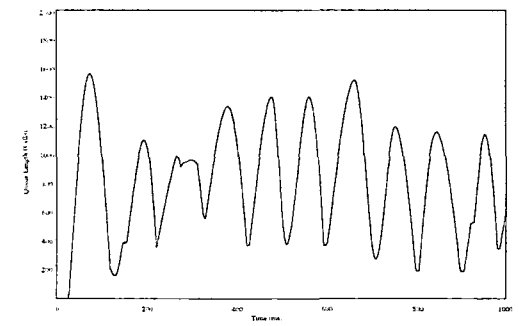
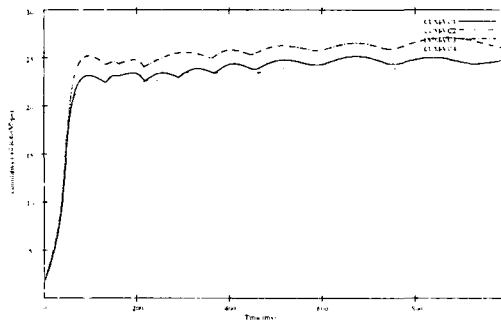
시뮬레이션 결과 RDF의 값이 RIF의 값보다 크다면 각 연결의 전송률의 변화가 비번하게 발생하게 되고, RIF의 값이 RDF 보다 크고 RIF의 값이 고정되어 있다면 RDF의 값이 증가함에 따라 각 연결에 할당되는 전송률의 변화의 폭이 증가하고 RDF의 값을 감소시키면 전송률의 변화폭을 줄일 수가 있었다.

또한 RIF의 값이 RDF 보다 크고 RDF의 값이 고정되어 있다면 RIF의 값이 증가함에 따라 각 연결에 할당되는 전송속도에는 짧은 시간내에 도달할 수 있지만 대역폭의 변화가 심하게 발생하였다. 그러나 RIF의 값을 감소시켰을 경우에는 할당된 전송속도에 도달하는 시간은 증가하지만 전송속도가 변화하는 범위는 축소된다는 것을 알았다.

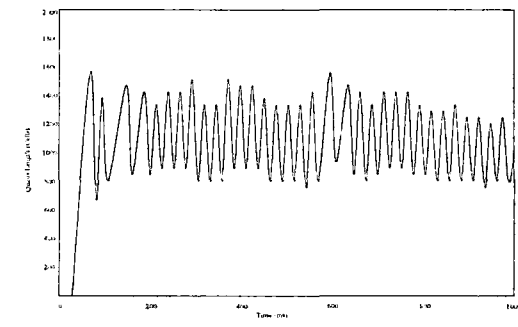
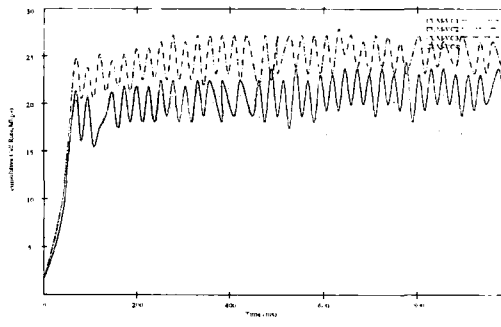
스위치의 버퍼에 저장되어 있는 셀 수는 RDF와 RIF의 변화에 크게 영향을 받지 않지만 셀 수의 변화는 RDF, RIF의 값이 증가했을 때 훨씬 빈번히 발생한다는 것을 알 수 있다.



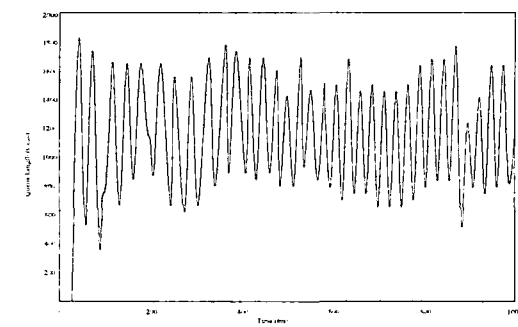
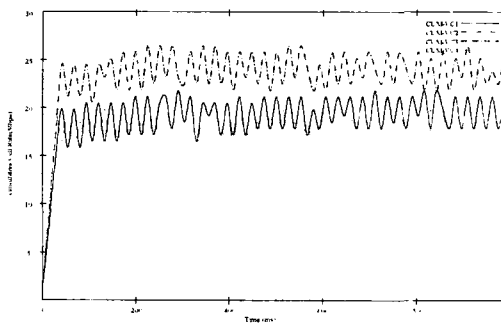
(a) RIF = 1/128, RDF = 1/128



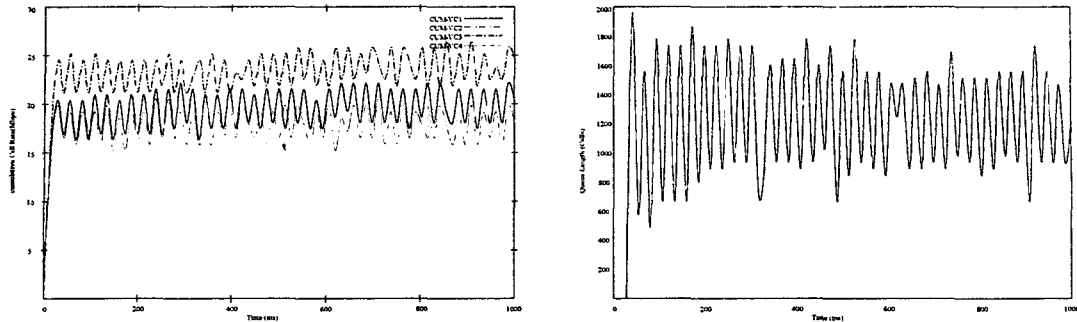
(b) RIF = 1/128, RDF = 1/256



(c) RIF = 1/128, RDF = 1/32



(d) RIF = 1/64, RDF = 1/32



(e) RIF = 1/32, RDF = 1/32

그림 3. RIF/RDF 값의 변화에 따른 대역할당 및 버퍼길이

4. 결 론

본 논문에서는 ATM 망의 ABR 서비스에서 망의 상태에 따른 전송률의 증가와 감소를 위하여 사용되는 계수인 RIF와 RDF의 값을 근사적 공평대역 계산기법인 DMRCA에서 변화시켜봄으로서 공평대역의 변화와 스위치의 버퍼에 저장되는 셀 수의 변화에 미치는 영향을 시뮬레이션을 통하여 알아보았다.

이상과 같이 본 논문에서는 RIF와 RDF의 값을 고정적으로 변화시키면서 그 영향을 분석해 보았으며 RIF의 값과 RDF의 값이 증가하게 되면 전송대역폭의 변화가 심각하게 되어 각 서비스 연결에 대한 일정한 서비스를 제공할 수 없을 수 있으며, 반대로 그 값이 감소하게 되면 서비스되는 대역폭의 변화는 감소하지만 할당된 전송속도에 도달하는 시간이 증가하게 된다.

향후 연구과제로서 호 설정시 협약되는 RIF와 RDF의 값을 호 연결 중에도 서로 값을 갱신할 수 있도록 하여 회선연결에 대하여 동적인 증가/감소 계수를 제공함으로써 혼잡상태 또는 망 전송속도의 변화시 동적인 대역폭 할당을 구현하도록 할 수 있다.

참고문헌

- [1] R. Bolla et al., "Complete Partitioning Schemes for Call Access Control in ATM Networks," ICC'96, vol.2, pp.751~756, June 23~27, 1996.
- [2] S. El-Henaoui and S. Tohme, "UPC Parameters for Real-Time VBR MPEG Traffic Applying Dynamic Bandwidth Allocation," ICC'96, vol.2, pp.518~522, June 23~27, 1996
- [3] Kerry W. Fendick, "Evolution of Controls for the Available Bit Rates Service," IEEE Communications Magazine, pp. 35~39, November, 1996.
- [4] A. Charny, D. Clark, and R. Jain, "Congestion Control with Explicit Rate Indication," Proc. ICC'95, June 1995

- [5] R. Jain S. Kalyanaraman, and R. Viswanathan, "A Sample Switch Algorithm," ATM Forum cont. 95-0178R, Feb. 1995
- [6] L. Kalampoukas, A. Varma, and K. K. Ramakrishnan, "An Efficient Rate Allocation Algorithm for ATM Networks Providing Max-Min Fairness," Proc. 6th IFIP Int'l. Conf. High Performance Networking, Sept. 1995, pp. 143~154
- [7] L. Roberts, "Enhanced PRCA," ATM Forum cont. 94-0735R!, Aug. 1994
- [8] S. Muddu et al., "Max-Min Rate Control Algorithm for Available Bit Rate Service in ATM Networks," Proc. ICC'96, June 1996
- [9] F. Chiussi, Y. Xia, and V. P. Kumar, "Dynamic Max Rate Control Algorithm for ABR Service in ATM Networks," GLOBECOM '96, 1996