

멀티미디어 트래픽의 QoS 보장을 위한 버퍼 점유율에 기반한 실시간 대역폭 할당

정회원 백 남 균*, 정 수 환*

Real-time Bandwidth Allocation Based on Buffer Occupancy Ratio for Guaranteeing QoS of Multimedia Traffic

Namkyun Baik*, Souchwan Jung* *Regular Members*

요 약

광대역 멀티미디어 서비스 제공을 위한 트래픽 관리 중 자원 할당과 호 수락 제어는 사용자의 다양한 서비스 품질을 보장하기 위한 사항 중 가장 중요한 문제이며 할당 방법과 제어 방법에 따라 망의 운용 효율이 크게 달라진다.

본 논문에서는 기존의 최악의 경우 모델에 의한 고정된 유효 대역폭 할당에 따른 자원의 낭비를 제거하고자 버퍼 점유율에 기반한 실시간 동적 대역폭 할당 방법을 제안한다. 자원의 효율적인 사용을 위해 입력 트래픽의 증감에 따라 서로 다른 동적 대역폭을 할당하였으며 서비스 품질을 만족시키기 위한 버퍼 큐 크기의 임계값 범위를 도출하여 그에 따른 동적 셀룰을 유도 할당하였다. 또한, 시뮬레이션을 통해 제안된 방법의 성능 향상을 소요 대역폭과 호 수락 제어 측면에서 비교 분석하였다.

ABSTRACT

Bandwidth allocation and call admission control are important to guarantee the QoS and utilize network resources efficiently.

In this paper, a dynamic bandwidth allocation based on the buffer-occupancy-ratio scheme was proposed to remove the waste of bandwidth results from the fixed allocation of bandwidth based on the worst-case model. To make good use of network's resources, the allocated bandwidth should be changed according to the amount of the incoming traffic. Also, the dynamic allocation of bandwidth and the range of the buffer threshold were derived for satisfying the QoS requirements. The results of computer simulation were presented to validate performance improvement of the proposed scheme in terms of the consumed bandwidth and the number of accepted calls.

1. 서 론

광대역 멀티미디어 서비스 제공을 위한 실시간 서비스망은 사용자의 다양한 서비스 품질(QoS : Quality of Service) 요구에 대한 보장이 중요하다.

서비스 품질을 보장하기 위해서는 여러 가지 기술이 필요하며, 서비스 품질 파라미터의 값은 멀티미디어 서비스망에서 제공할 수 있는 성능 목표에 따라 다양하게 설정될 수 있다. 따라서, 동일한 망을 운용한다고 해도 각종 파라미터를 설정하고 제어하는 방법에 따라 망의 운용 효율이 크게 달라질 수

* 숭실대학교 정보통신전자공학부 초고속통신연구실
논문번호 : 00452-1128, 접수일자 : 2000년 11월 28일

있다. 이런 측면에서 서비스 품질을 보장하기 위한 가장 중요한 사항중의 하나가 대역폭 할당과 호 수락 제어에 관련된 문제이며 이에 관한 연구들은 전송 선로 용량의 효율성을 향상시켜 호 수락 증가와 블로킹을 줄이기 위한 측면에서 다루어져 왔다.

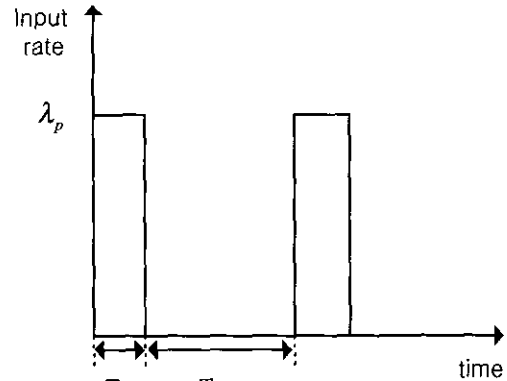
광대역 서비스망에 적합한 ATM 망에서, 사용 파라미터 제어(UPC : Usage Parameter Control)에서 사용되는 파라미터만 알고 있는 경우 서비스 품질(최대지연과 손실률)을 만족시키기 위해서는 최악의 경우로 트래픽을 모델링 해야한다^{[1][2]}. 이러한 최악의 경우 모델로는 NEC와 Lucent에서 자원 할당 및 호 수락 제어의 소스 모델로 사용하고 있는 ON-OFF 모델이 있다^{[3][4]}. 하지만, 최악의 경우 모델에 의한 고정된 유효 대역폭 할당은 서비스 품질은 보장해줄 수 있지만 실제 트래픽이 항상 최악의 경우로만 발생하는 것이 아니므로 자원(대역폭과 버퍼)의 낭비를 초래하게 된다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 문제점을 제거하여 자원의 효율성을 증가시키기 위해서 입력 트래픽의 증감에 따른, 즉, 버퍼 점유율에 따라 서로 다른 대역폭을 할당하면서 서비스 품질을 보장할 수 있는 트래픽 관측에 기반한 실시간 동적 대역폭 할당방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II 장에서는 기존의 최악의 경우 모델에 의한 유효대역폭 할당 방법에 대해서 기술하고 III 장에서 실시간 동적 대역폭 할당을 위한 버퍼의 큐 크기에 따른 적용 대역폭 유도 할당과 버퍼 임계값에 대하여 논의하며 IV 장에서 제안된 방법에 의한 호 수락 제어를 설명하고 V 장 실험 및 토의에서는 동적 대역폭 할당방법을 기존의 유효 대역폭 할당방법과 비교하여 서비스 품질 만족 여부 및 전송 대역폭의 효율성 증가에 대해서 알아보고 VI 장에서 마지막으로 결론을 정리한다.

II. 최악의 경우 모델에 대한 유효 대역폭 할당

최악의 경우 모델로는 NEC와 Lucent에서 자원 할당 및 호 수락 제어의 소스 모델로 사용하고 있는 ON-OFF 모델이 있으며 그림 1 과 같이 트래픽이 최대 입력률로 들어오는 상태(ON-state)와 발생하지 않는 상태(OFF-state)로 모델화될 수 있다^{[3][4]}.

따라서, ON-OFF 최악의 경우 모델을 사용한 손실 없는 경우의 유효 대역폭(λ_e)과 버퍼(b)의 관계식은 다음의 식으로 표현될 수 있다^[5].



$$T_{ON} = \frac{B_s}{\lambda_p} \quad T_{OFF} = B_s(1/\lambda_e - 1/\lambda_p)$$

λ_s : 평균 셀률(SCR : Sustainable Cell Rate)
 λ_p : 최대 셀률(PCR : Peak Cell Rate)
 B_s : 최대 burst 크기(MBS : Maximum Burst Size)

그림 1. ON-OFF 최악의 경우 모델

$$b = \frac{B_s}{\lambda_p} (\lambda_p - \lambda_e) \quad (\lambda_s \leq \lambda_e \leq \lambda_p) \quad (1)$$

위의 식(1)은 최대 지연(D_{max})이 고려되어 있지 않다. 최대 지연을 만족하는 자원할당을 위해서는 최대 지연을 경험하는 셀(최악 셀)의 지연 시간을 알아야 하며 최악 셀은 최대 burst 크기 셀의 마지막 셀이 된다. 다른 어떤 지연은 없다고 가정하면 최악의 경우 모델의 최악 셀이 도착하는 시간($T_{on} = B_s/\lambda_p$)과 최악 셀이 서비스 받는 시간(B_s/λ_e)의 차가 최대 지연이 된다. 따라서, 최대 지연을 만족하기 위한 조건 $D_{max} \geq B_s(1/\lambda_e - 1/\lambda_p)$ 을 만족하면서 손실 없는 서비스를 위한 최소의 유효 대역폭은 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$\lambda_e = \frac{B_s}{\frac{B_s}{\lambda_p} + D_{max}} \quad (2)$$

따라서, 식(2)에 의한 손실 없는 경우의 최대 지연을 만족하는 유효 대역폭은 한번 할당이 되면 커넥션이 종료될 때까지 고정된 대역폭을 유지하여 최악의 경우에 대비한 서비스 품질을 보장할 수 있다.

III. 버퍼 점유율에 기반 한 실시간 대역폭 할당

1. 동적 대역폭 할당

앞장에서 살펴 본 바와 같이 최악의 경우로 모델링하여 유효 대역폭을 할당할 경우 사용자가 요구하는 모든 서비스 품질을 만족시킬 수는 있지만 항상 최악의 경우로 트래픽이 발생하는 것이 아니므로 대역폭의 낭비를 가져올 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 변화하는 입력 트래픽의 증감에 따라 대역폭을 효과적으로 이용하면서 사용자가 요구하는 서비스 품질(손실률과 최대 지연)을 만족시키기 위해서 버퍼의 큐 크기를 이용할 수 있는 방법을 제안하고자 한다. 즉, 큐가 증가하게 되면 대역폭을 증가시켜 서비스 품질을 지속적으로 만족시킬 수 있고 큐가 감소하게 되면 대역폭을 감소시켜 링크 용량을 절약할 수 있다. 손실 없는 경우의 최대 지연을 만족하기 위해서 버퍼의 큐 크기에 의한 동적 대역폭 할당은 다음 그림으로 요약되어질 수 있다.

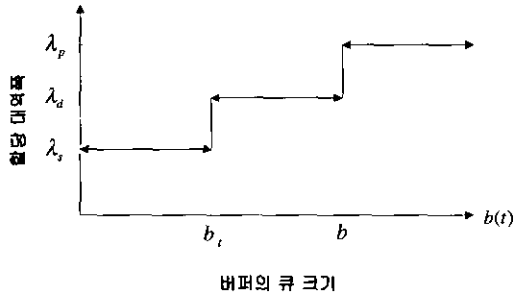


그림 2. 버퍼의 큐 크기에 따른 동적 대역폭 할당

버퍼의 큐 크기가 버퍼 임계값 (b_t : Buffer Threshold) 이하이면 입력 트래픽의 양이 적으므로 판단하여 링크의 용량을 절약하기 위해서 평균 셀률로 서비스하고 큐 크기가 버퍼 크기에 도달하였을 때에는 손실 없는 서비스를 제공하기 위해서 최대 셀률로 서비스를 한다. 그리고 큐 크기가 버퍼 임계값과 버퍼 크기의 사이에 있을 경우에는 최대 지연을 만족시키기 위해서 동적 셀률 (λ_d : Dynamic Cell Rate)을 다음과 같이 정의하여 서비스한다. 식에서 α 는 평균 셀률로 서비스 되어지는 버퍼 임계값을 나타낸다.

$$\frac{b - b_t}{\lambda_d} + \frac{b_t}{\lambda_s} \leq D_{max} \quad (b_t = \alpha b, \quad 0 \leq \alpha \leq 1) \quad (3)$$

$$\lambda_d \geq \frac{b(1-\alpha)}{D_{max} - \frac{\alpha b}{\lambda_s}} \quad (4)$$

식(3)은 버퍼의 마지막 셀이 평균 셀률과 동적 셀률로 서비스 되어지는 시간이 사용자가 요구한 최대 지연을 초과하지 않는 범위를 나타내며 이를 만족시키기 위한 동적 셀률은 식(4)와 같이 정리할 수 있다. 따라서, 이와 같이 버퍼의 큐 크기에 따라서 다른 서비스 대역폭인 평균 셀률, 동적 셀률, 최대 셀률로 서비스되어 지는 셀들은 손실 없는 경우의 최대 지연을 만족하며 단지 이 세 개의 대역폭만으로 실제 입력 트래픽 모양과 유사한 대역폭을 할당할 수 있으므로 고정된 유효 대역폭 할당에 의해 낭비되어지는 대역폭을 제거하여 링크의 활용도를 증가시킬 수 있다.

2. 버퍼 임계값

고정된 버퍼에 대해서 동적 대역폭 할당 방법을 적용하기 위해서는 최대지연을 만족하면서 평균 셀률로 서비스되어질 수 있는 버퍼 임계값의 범위를 알아야 한다. 동적 셀률은 그림 2 와 같이 평균 셀률과 최대 셀률의 사이 값을 가져야 하므로 다음 식으로 제한된다.

$$\frac{b(1-\alpha)}{D_{max} - \frac{\alpha b}{\lambda_s}} \leq \lambda_p \quad (5)$$

따라서, 버퍼 임계값의 범위는 다음 식으로 정리되어 나타낼 수 있다.

$$0 \leq \alpha \leq \frac{\lambda_s(\lambda_p D_{max} - b)}{b(\lambda_p - \lambda_s)} \quad (6)$$

IV. 동적 대역폭 할당에 의한 호 수락 제어

본 장에서는 제안된 동적 대역폭 할당방법을 적용한 다중화된 소스들에 대한 호 수락 제어방법에 대해서 설명한다. 각 소스들은 자자의 버퍼와 동적 대역폭을 통하여 그림 3 에서처럼 우선 순위에 따라 다중화 되어 호 수락 제어가 실행된다고 가정한다.

링크용량(C)이 주어졌을 때 손실 없는 경우의 최대지연을 만족하기 위한 평균 호의 수는 링크용량을 각 소스들의 최악의 경우 모델들의 평균 유효

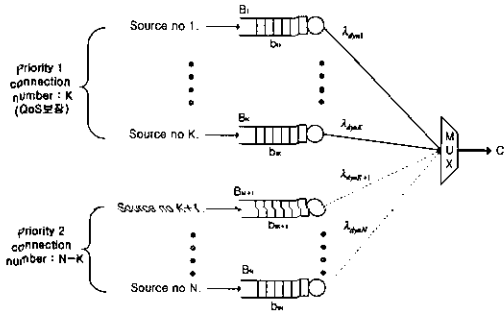


그림 3. 각 입력소스들에 대한 다중화 환경

대역폭($\frac{C}{\lambda_{e \text{ aggregated}}}$)으로 나눈 개수이며 이러한 호들은 대역폭을 우선적으로 점유하므로 우선 순위 1인 호라 정의한다. 즉, 우선 순위 1인 호들은 최악의 경우 모델에 의한 유효대역폭에 의해서 서비스 품질이 보장되며 동적 대역폭의 하나인 평균 셀들의 점유 시간에 반비례하는 평균 동적 대역폭($\frac{C}{\lambda_{\text{dynam aggregated}}}$)에 의해서 평균 잉여 대역폭($\frac{C}{C_{\text{surplus}}}$)을 발생시킨다. 이러한 평균 잉여 대역폭에 대해서 서비스 품질을 보장하지 못하는 호에 대한 수락이 가능할 것이므로 이러한 호를 우선 순위 2인 호라 정의하며 수락 가능한 호의 개수는 평균 잉여 대역폭을 평균 동적 대역폭으로 나눈 값으로 할당된다.

$$\text{priority 1 connection number} = \frac{C}{\lambda_{e \text{ aggregated}}} \quad (7)$$

$$\frac{C}{C_{\text{surplus}}} = [C - (\text{priority 1 connection number} \times \frac{C}{\lambda_{\text{dynam aggregated}}})] \quad (8)$$

$$\text{priority 2 connection number} = \frac{\frac{C}{C_{\text{surplus}}}}{\lambda_{\text{dynam aggregated}}} \quad (9)$$

1. 동일 소스 입력 시 우선 순위 2인 호의 셀 손실 확률

그림 3 에서 입력 소스 트래픽들이 동일 소스의 최악의 경우라고 가정하면, 우선 순위 2인 호에 대

한 손실 확률의 최대치는 이항 분포에 의해서 식 (10)과 같이 구할 수 있다[6]. 즉, 최악의 경우로 다중화시 트래픽이 입력되는 상태(ρ)가 겹쳐지는 확률 분포는 이항 분포를 따르므로 우선 순위 1인 호의 개수를 넘어 가는 시점에서부터 손실이 발생한다고 볼 수 있다.

$$P_{\text{worstcase loss(priority 2)}} = \sum_{L}^N \binom{N}{L} \rho^L \rho^{N-L} \quad (10)$$

ρ : input-state probability

N : the number of priority-1 connections + the number of priority-2 connections

L : the number of priority-1 connections + 1

따라서, 실제 트래픽 입력에 대한 손실 확률은 최악의 경우보다는 작으므로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_{\text{real loss(priority 2)}} \leq P_{\text{worstcase loss(priority 2)}} \quad (11)$$

2. 서로 다른 소스 입력 시 우선 순위 2인 호의 셀 손실 확률

그림 3 에서 입력 소스 트래픽들이 서로 다른 소스의 최악의 경우라고 가정하면, 우선 순위 2인 호에 대한 손실 확률의 최대치는 정규 분포를 따름을 가정할 수 있다[8][9][10]. 즉, 입력 소스마다 각각의 버퍼와 대역폭을 가지므로 서로간에 어떠한 간섭도 발생하지 않기에 상호 독립이다. 따라서, 우선 순위 2인 호에 대한 손실 확률의 최대치는 우선 순위 2인 각 소스들에 대한 평균의 합과 분산의 합에 의한 정규 분포로서 다음과 같이 구할 수 있다[11].

$$M = \sum_{i=1}^N m_i \quad (12)$$

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^N \sigma_i^2 \quad (13)$$

$$P_{\text{loss(priority 2)}} = e^{-\frac{1}{2} \left[\frac{(M - \frac{C}{C_{\text{surplus}}})^2}{\sigma^2} + \ln(2\pi) \right]} \quad (14)$$

m_i : i 번째 소스의 평균

σ_i^2 : i 번째 소스의 분산

따라서, 실제 트래픽 입력에 대한 손실 확률은 최악의 경우보다는 작으므로 동일 소스인 경우와 동

일(식(11))하게 나타낼 수 있다.

V. 실험 및 검토

실험 및 검토에서는 시뮬레이션을 통한 측정 결과를 분석하여 제안된 동적 대역폭 할당 방법이 서비스 품질을 보장하면서도 기존의 다른 대역폭 할당 방법들보다 자원의 활용을 보다 효율적으로 이용할 수 있는 근거를 제시하고자 한다.

제안된 동적 대역폭 할당 방법을 성능평가하기 위해서 입력원으로 실제 MPEG 코딩된 트래픽 소스를 선택하였다. 모든 소스(1초: 24 프레임)에 대해서 버퍼 크기는 최대 burst 크기로 최대 지연 시간은 150msec(음성의 최대 허용 지연)으로 동일하게 가정한 뒤 PAR(Peak to Average Ratio)에 따른 통계적 특성을 표 1에 나열하였다.

표 1. 시뮬레이션에서 사용될 소스 트래픽의 통계적 특성

Source File	SCR (bps)	PCR (bps)	MBS (bits)	PAR	Maximum Threshold buffer ratio
Asterix	536369	3537024	153888	6.59	0.43
Term	261714	1909440	81304	7.30	0.4
Atp	525356	4580544	163960	8.72	0.41
Dino	313875	2871168	1184408	9.14	0.32
News	495945	4665948	181136	9.41	0.34
Star2	223516	2995584	74344	13.40	0.4

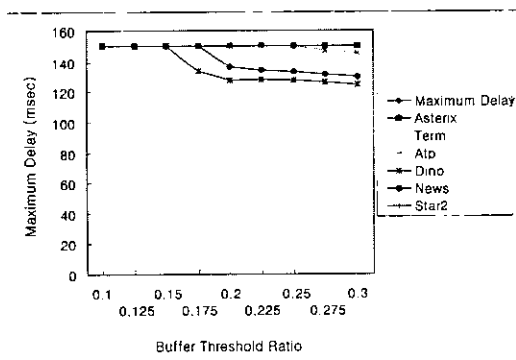


그림 4. 동적 대역폭에 의한 최대 지연 시간

최대 지연 시간 만족 여부를 측정하는 시뮬레이션에서는 최대 지연 시간(150msec)과 버퍼 임계값

을 0.3(식 (6) 참조)으로 가정하고 무한 버퍼에 대해서 동적 대역폭 할당 방법을 적용한 경우의 각 소스에 대한 실제 최대 지연 시간을 측정하여 서비스 품질 만족여부를 조사하였다. 그림 4를 통하여 서로 다른 PAR을 가진 모든 소스에 대해서 최대 지연 시간이 만족됨을 알 수 있으며 무한 버퍼를 가정하였으므로 손실이 발생하지 않았음도 알 수 있다.

소요 대역폭을 측정하기 위한 시뮬레이션에서는 고정된 버퍼 크기(최대 burst 크기)와 최대지연(150msec) 및 버퍼 임계값(0.3)을 가정하고 PAR이 8.7189인 소스의 실제 입력에 대해서 최악의 경우 모델에 의한 유효 대역폭과 동적 대역폭 할당을 적용한 시간에 따른 평균 할당 동적 대역폭 변화를 측정하여 그림 5에 나타내었다. 최악의 경우 모델에 의해 할당된 유효 대역폭(점선)은 그림에서처럼 한번 할당이 되면 서비스가 종료될 때까지 일정하게 유지되지만 이와 다르게 동적 대역폭 할당(X자 표시)은 서로 다른 대역폭인 평균 셀률, 동적 셀률, 최대 셀률의 동적 할당에 의해서 실제 트래픽 입력량의(실선) 변화에 잘 맞추어 따라감을 알 수 있다. 이는 트래픽 입력량이 작을 때 평균 셀률로 서비스 하여 대역폭의 낭비를 제거했음을 나타내므로 실제 입력 소스 트래픽이 최악 경우 모델로 지속적으로 입력되지 않을 때 동적 대역폭 할당을 통해서 대역폭 이득을 얻을 수 있음을 의미한다. 따라서, 전체 시간에 대한 평균 할당 동적 대역폭(일점쇄선)은 고정된 유효 대역폭 보다 상당히 낮음을 알 수 있으며 감소된 대역폭은 다중화 시 우선 순위 2인 소스에 사용될 수 있으므로 다중화 이득이 증가할 수 있음을 나타낸다. 그리고 실제 소스의 트래픽 입력량이 낮은 부분에서 할당된 평균 동적 대역폭이 높은 이유는 동적 대역폭의 하나인 평균 셀률에 의해서 제한되기 때문이다.

평균 소요 대역폭을 측정하는 시뮬레이션에서는 고정된 버퍼 크기(최대 burst 크기)와 최대지연(150msec)을 가정하고 버퍼 임계값을 변화시키면서 서로 다른 PAR 값을 가진 소스에 대해서 최악 경우 모델의 유효 대역폭과 동적 대역폭 할당을 적용한 평균 소요 대역폭을 비교하였다. 그림 6에서 버스티한 트래픽 일수록 실제 입력소스와 유사한 동적 대역폭할당에 의해 평균 소요 대역폭이 더욱 감소됨을 알 수 있으며 버퍼 임계값이 증가할수록 평균 셀률로 서비스 되어지는 시간이 증가하므로 대역폭의 감소 효과가 커짐을 알 수 있다.

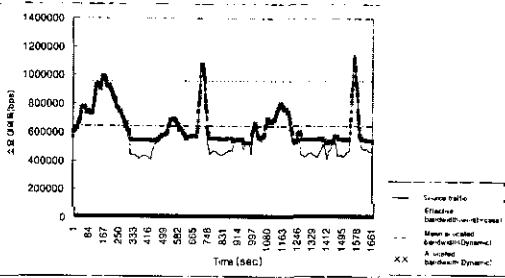


그림 5. 동적 대역폭 할당 측정 곡선

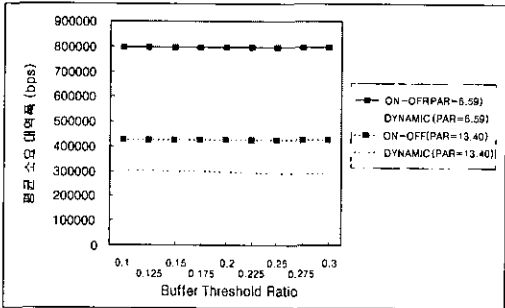


그림 6. 평균 소요 대역폭 비교

수용 가능한 소수를 비교하기 위한 시뮬레이션에서는 고정된 버퍼 크기(최대 burst 크기), 최대지연 (150msec), 버퍼 임계값(0.3) 및 링크 용량(155M)을 가정하고 서로 다른 PAR 값을 가진 실제 입력 소스에 대해서 최악 경우 모델의 고정된 유효 대역폭과 제안된 방법의 동적 대역폭 할당에 의한 수용 가능한 호수를 동일 소스인 경우와 서로 다른 소스인 경우로 구분하여 비교하였다.

그림 3 에서 각 입력 소스들이 동일한 소스라고 가정 시 각각의 우선 순위 호에 할당되는 호수 및 우선 순위 2인 호에 대한 손실 확률의 최대치와 동적 대역폭 할당을 적용한 경우의 실제 손실 확률을 표 2 에 나타내었다. 실제 트래픽 입력 시뮬레이션에서 동적 대역폭 할당을 적용한 경우 평균 셀보다 큰 평균 할당 동적 대역폭, 버퍼 그리고 집합된 소스간의 입력 트래픽량의 smoothing 효과로 인하여 우선 순위 2인 호에 대한 실제 손실확률은 0 으로 측정되었다. 따라서, 동일한 서비스 품질, 즉, 손실 없는 경우의 최대지연을 만족하면서 수용할 수 있는 전체 호수는 최악의 경우 유효 대역폭 할당에 비하여 평균적으로 약 48% 정도가 증가함을 알 수 있다.

표 2. 동일 소스 입력인 경우의 허용 호수 비교 및 손실 확률

Input Source File (ρ)	최악의 경우 모델 (ONOFF)에 의한 허용 호수	동적 대역폭 할당에 의한 허용 호수				
		Total	priority 1	priority 2	priority 2의 theoretical loss probability upper bound	priority 2의 real loss probability
Asterix (0.5221)	195	243	195	48	2.40e-20	0
Term (0.5110)	368	515	368	147	1.63e-21	0
Atp (0.4295)	175	256	175	81	7.37e-17	0
Dino (0.4949)	250	417	250	167	7.28e-6	0
News (0.4658)	161	262	161	101	5.06e-7	0
Star2 (0.2978)	365	539	365	174	2.97e-74	0

그림 3 에서 각 입력 소스들이 서로 다른 소스라고 가정 시 각각의 우선 순위 호에 할당되는 호수 및 우선 순위 2인 호에 대한 손실 확률의 최대치와 동적 대역폭 할당을 적용한 경우의 손실 확률을 표 3 에 나타내었다. 실제 트래픽 입력 시뮬레이션에 의한 결과 앞서의 결과와 마찬가지로 동적 대역폭 할당 적용 시 평균 셀보다 큰 평균 할당 동적 대역폭, 버퍼 그리고 집합된 소스간의 smoothing 효과로 인하여 우선 순위 2인 호에 대한 실제 손실확률은 0 으로 측정되었다. 따라서, 동일한 서비스 품질을 만족하면서 수용할 수 있는 전체 호수는 최악의 경우 유효 대역폭 할당에 비하여 평균적으로 약 47% 정도가 증가함을 알 수 있다.

표 3. 서로 다른 입력 소스인 경우의 허용 호수 비교 및 손실 확률

최악의 경우 모델 (ONOFF)에 의한 허용 호수	동적 대역폭 할당에 의한 허용 호수				
	Total	priority 1	priority 2	priority 2의 theoretical loss probability upper bound	priority 2의 real loss probability
227	333	227	106	8.17e-10	0

VI. 결론

본 논문에서는 기존의 최악의 경우 모델에 따른 고정된 유효 대역폭으로 인한 대역폭의 낭비를 제거하고자 버퍼 점유율에 기반 한 실시간 동적 대역폭 할당 방법을 제안하였다. 입력 트래픽의 증감을 판별하여 사용자가 요구한 서비스 품질(손실률과 최대지연)을 만족시키기 위해 버퍼 큐 크기의 임계값 범위를 도출하여 이에 따라 적절한 대역폭을 유도하여 할당하였다. 버퍼의 큐 크기가 버퍼 임계값 이하이면 입력 트래픽의 양이 적은 것으로 판단하여 평균 셀률로서 대역폭의 낭비를 제거하였으며 큐 크기가 버퍼 크기에 도달하였을 때에는 손실 없는 서비스를 제공하기 위해서 최대 셀률로 서비스를 하고 버퍼의 큐 크기가 버퍼 임계값과 버퍼 크기 사이에 있을 시에는 최대 지연을 만족시키기 위해서 동적 셀률을 유도하여 서비스한다. 이는 단지 세 개의 서로 다른 대역폭만으로 실제 입력 트래픽 모양과 유사한 대역폭을 할당할 수 있으므로 기존의 고정된 대역폭 할당과는 다르게 자원의 낭비 없이 사용자가 요구한 서비스 품질을 만족시킬 수 있다. 또한, 절약된 대역폭은 추가적인 호 수락을 수행하므로 링크의 활용도를 증가 시켰음을 알 수 있으며 실제 시뮬레이션 결과에서 보듯 사용자가 요구하는 서비스 품질을 만족하면서 수용할 수 있는 전체 호수는 유효 대역폭 할당에 비하여 평균적으로 약 47-48% 정도가 증가함을 알 수 있었다.

따라서, 본 연구 결과는 효율적이고 경제적인 자원 할당과 호 수락 제어에 활용될 수 있을 것으로 기대되며 잦은 대역폭 변화에 따른 시스템의 부하를 줄이기 위해 대역폭 할당 횟수를 줄일 수 있는 방법에 관한 연구도 현재 진행 중에 있다.

참고 문헌

[1] The ATM Forum, "Traffic Management Specification Version 4.0," April, 1996.
 [2] B.T.Doshi, "Deterministic rule based traffic descriptors for broadband ISDN: worst case behavior and connection acceptance control," Proc. IEEE GLOBECOM '93, pp.1759-1764, Nov, 1993.
 [3] A.Elwalid, D.Mitra, and R. Wentworth, "A

new approach for allocating buffers and bandwidth to heterogeneous, regulated traffic in an ATM node," IEEE J. on Select Area in Commun, Vol. 13, no. 6, pp.1115-1127, Aug, 1995.

[4] G.Ramamurthy and Q. Ren, "Multi-class connection admission control policy for high speed ATM switches," Proc. IEEE INFOCOM '97, pp.965-974, Mar. 1997.
 [5] The ATM Forum, "UNI 3.1," April, 1996.
 [6] R.Guerin, H.Ahmadi, and M.Nagshin, "Equivalent capacity and its application to bandwidth allocation in high-speed networks," IEEE J. on Select Area in Commun, Vol.9, No.7, pp.968-981, Sep, 1991.
 [7] M. Reisslein, K. W. Ross, and Srinji Rajagopal, "Guaranteeing statistical QoS to regulated traffic: The single node case," Proc. IEEE INFOCOM '99, pp.1060-1071, March, 1999.
 [8] J.W.Roberts, "Performance evaluation and design of multiservice networks," COST 224 Final Report, Commission of the European Communities, Brusel, 1992.
 [9] Young-sun Kim, Jin-kyu Choe, and Soong-hwan Ro, "Bandwidth allocation on VBR source traffic in high-capacity ATM link," IEEE Telecommunications, Vol.4, pp.187-191, Jun, 1998.
 [10] Robert Morris, "Variance of aggregated Web traffic," Proc. IEEE INFOCOM 2000, Vol.1, 360-366, Mar, 2000.
 [11] R.Guerin and L.Gun, "A unified approach to bandwidth allocation and access control in fast packet-switched networks," Proc. IEEE INFOCOM '92, pp.1-12, 1992.
 [12] J. Thomas, and L. Berry, "Dynamic adaptable bandwidth allocation with spare capacity in ATM networks," IEICE TRANS. Commun., Vol. E81-B, No.5, pp.877-885. May, 1998.
 [13] N.Blefari-Melazzi, M.Femminella, and G. Reali, "dynamic bandwidth allocation in a circuit-switched satellite network: provision of deterministic and statistical QoS guarantees,"

