

論文2001-38TC-1-1

QoS 제약 조건을 갖는 VBR 비디오에 대한 서비스 품질 만족도를 고려한 동적 자원 할당 및 호 수락 제어

(A dynamic resource allocation and call admission control considering “satisfaction degree of quality of service” for the VBR video sources with QoS constraints)

俞相朝*, 金聖大**

(Sang-Jo Yoo and Seong-Dae Kim)

요 약

본 논문에서는 VBR 비디오 트래픽에 대해 통신망 내부에서의 동적인 자원 요청 및 할당을 통해, 사용자가 요구하는 서비스 품질을 만족시키는 동시에 자원의 효율적 사용을 제공할 수 있는 새로운 방법을 제안한다. 본 논문에서는 장면전환을 고려한 변형된 적응 선형 예측 방법을 사용하여 향후 스위치로 입력 레이트를 추정하고, 사용자가 요구한 평균 지연 및 손실률에 대해 현재 통신망에서 제공되고 있는 연결별 품질 만족도를 측정하여, 동적으로 필요한 대역을 할당한다. 사용자에게 연결 설정 기간 동안 일관된 서비스 품질을 제공하기 위해, 본 논문에서 정의한 “서비스 품질 만족도”를 이용하여 신규 호의 수락 여부를 결정한다. 모의 실험을 통하여 제안된 방법은 QoS 요구사항에 따라 사용자에게 안정적인 서비스 품질을 제공하고 통신망 자원을 효율적으로 관리할 수 있음을 보인다.

Abstract

In this paper, we propose a new dynamic bandwidth allocation and call admission control for VBR video sources with QoS constraints to support an efficient resource management and at the same time to satisfy the user's quality of service requirements. For the dynamic bandwidth allocation, first the next amount of traffic is predicted using a modified adaptive linear prediction method that considers abrupt scene change effects. And then, we dynamically allocate the necessary bandwidth to each connection based on the currently provided quality degree by the network with respect to the user's QoS requirements in terms of average delay and loss ratio. For the admission control, we determine the acceptance or rejection of a new connection based on the quality satisfaction degrees of the existing connections. Simulation results show that our proposed dynamic schemes are able to provide a stable service, which well meets the user's quality requirements.

I. 서 론

* 正會員, 韓國通信 研究開發本部
(Korea Telecom Research & Development Group)

** 正會員, 韓國科學技術院 電子電算學科
(Dept. of Electrical and Computer Science)

接受日字:2000年3月6日, 수정완료일:2000年11月7日

ATM 및 초고속 인터넷을 비롯한 통신망의 발전과 함께, 다양한 종류의 멀티미디어 서비스에 대하여 사용자가 원하는 서비스 품질 (QoS : quality of service)을 보장하면서 전송할 수 있는 방법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이들 통신망에서 지원하는 서비스

중에서 특히 비디오 서비스에 대한 효과적인 트래픽 수용 및 QoS 지원은 멀티미디어의 발달에 따라 다루어져 할 중요한 사항으로 인식되고 있다. 그러나 여러 다른 비디오 소스로부터 매우 복잡한 통계적 특성을 갖고 전송되는 트래픽에 대해 통계적 다중화를 실현하면서 각 연결별 QoS를 보장하는 것은 매우 어렵고 복잡한 트래픽 제어 기술을 요구한다.

ATM 망에서의 VBR (variable bit rate) 비디오에 대한 자원 할당 (resource allocation) 및 호 수락 제어 (call admission control)는 지금까지 많은 연구가 이루어져 왔다. 대부분의 연구는 트래픽 소스를 모델링한 후 모델링 파라미터를 트래픽 기술자 형태로 망에 알리고, 망에서는 이를 근거로 개별 소스 또는 중합된 소스들에 일정한 대역폭 및 버퍼를 할당하는 방법이다. ITU-T^[1] 및 ATM 포럼^[2]과 같은 표준화 기관에서는 VBR 소스를 리키버킷 (leaky bucket)으로 모델링될 수 있는 SCR (sustainable cell rate), MBS (maximum burst size), PCR (peak cell rate)로 기술한다. 비디오 트래픽과 같이 프레임 타입별 비트 발생량의 차이가 크고 긴 주기의 상관관계를 갖는 복잡한 패턴을 리키버킷과 같이 간단한 모델로 적절히 표현하는 것은 매우 어렵다. 따라서 AR (autoregressive) 모델^[3], 히스토그램 모델^[4], 및 마코프 체인 기반 모델^{[5][6]}들이 제안되었다. 이러한 모델 파라미터를 이용하여 사용자가 요구하는 QoS를 만족시킬 수 있는 고정 대역을 결정하는 방법들로 등가대역 (effective bandwidth)^{[7][8]}, Chenoff's bound^[9] 등의 많은 방법들이 제안되었다.

그러나 이러한 통신망에서의 고정 대역 할당 (fixed bandwidth allocation) 방법은, 사용자에게 호 시작 전에 향후 트래픽의 특성을 기술할 것을 요구한다. 이러한 방식의 접근은 사전에 부호화된 소스에 대해서는 적용가능 할 수 있으나, on-line 비디오 부호화 응용에는 적용하기 어렵다. 또한 비디오 소스와 같이 LRD (long range dependence) 특징이 있는 트래픽은 고정 대역 할당 방법을 사용할 경우 PCR에 가깝게 대역을 할당하여야 하므로 utilization이 나빠지게 된다.

이러한 문제점에 대한 해결방안으로 몇 가지 동적 자원 할당 방법이 연구되었다^{[10][11][12]}. 동적 자원 할당은 사용자에게 사전에 트래픽 특성을 기술할 것을 요구하지 않고 신경망이나 기타 필터들을 이용하여 향후 트래픽을 예측하여 이를 기반으로 적응적으로 망 자원을 할당하게 된다. 이러한 동적 자원 할당 방법들

은 실제 on-line 응용에 적합하고 망의 utilization을 높일 수 있다는 장점을 가진다. 그러나 현재까지의 연구는 주로 얼마만큼 예측을 정확히 그리고 효율적으로 수행하는가와 이때의 큐잉 특성을 모의실험을 통해 분석하는데 주로 관심을 기울여 왔다. 따라서 동적 자원 할당을 수행하면서 동시에 사용자가 요구하는 서비스 품질 (QoS)을 만족시킬 수 있는 새로운 자원 요청/할당 방법 및 호 수락제어에 대한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 각 연결 별로 서비스 품질 만족도를 측정하여, 이 값을 기준으로 각 연결에 대해 필요한 대역을 요청하고 할당하는 새로운 방법을 제안한다. 또한 호 설정 기간동안 일정한 품질을 보장하기 위한 호 수락 제어 방법을 제시하고, 제안된 방법들이 실제 패킷 망에서 안정적으로 동작할 수 있음을 모의 실험을 통해 보인다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 II 장에서는 제안된 동적 자원 할당 구조를 간단히 보이고, 장면 전환에 보다 적응적으로 동작하도록 변형된 SM-LMS (scene-based modified least mean square) 예측 기법을 제시한다. 제 III 장에서는 "서비스 품질 만족도"의 개념을 이용한 동적 자원 할당 기법을 제안하고 몇 가지 성능평가를 통해 제안된 방법의 효율성을 보인다. 서비스 품질 만족도를 이용한 호 수락 제어 방법을 제 IV 장에서 보이고, 제 V 장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

II. VBR 트래픽 예측을 통한 동적 자원 할당 구조

1. 일반 구조

본 논문에서 제안하는 QoS 요구사항을 고려한 동적 자원 할당 및 호 수락제어 구조는 기존의 예측 기반 적응 대역 할당^{[10][11][12]} 방법과 트래픽의 예측을 이용한 측면에서는 같은 접근 방식을 가진다. 그러나, 기존의 방법은 향후 트래픽의 예측 및 현재 큐의 길이에만 근거하여 대역을 할당하는 구조인데 비해, 제안하는 구조는 각 연결 (본 논문의 제안 방법은 같은 QoS 요구사항을 갖는 연결들의 집합인 클래스에 대해서도 적용 가능하다) 별로 현재 망에서 제공되는 품질을 실시간으로 측정하여 예측 트래픽과 서비스 품질 만족도를 동시에 이용하여 망에서의 가용대역을 할당한다.

그림 1은 제안된 동적 자원 할당 구조를 간략히 보여준다. ATM 망을 포함하는 패킷 망에서 입력 비트

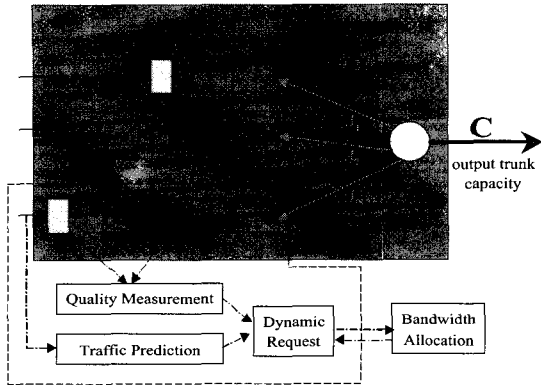


그림 1. 제안된 동적 자원 할당 구조
Fig. 1. Proposed dynamic resource allocation architecture.

스트림은 셀 또는 패킷 (이하 셀로만 언급)의 형태로 개별 스위치 (또는 라우터)에 입력된다. 연결 별 버퍼에 입력된 셀들은, 만약 현재 연결 i 에 할당된 대역폭 A_i 가 입력 셀 레이트 보다 크면 모두 서비스 되고 그렇지 않으면 서비스 되지 못한 셀들은 큐에 쌓이게 된다. 각 연결 별로 다음에 요청하여야 할 대역폭을 계산하기 위하여 그림 1과 같이 3개의 기능 블록을 가진다.

- 트래픽 예측 (traffic prediction) 기능 블록
지금까지 입력된 이전의 셀 레이트를 기반으로 다음 자원 할당 요청 구간 (비디오에서는 프레임 시간 주기)에 버퍼에 입력될 셀 레이트를 예측한다.
- 품질 측정 (quality measurement) 기능 블록
품질 측정 기능 블록에서는 해당 연결에 대해 현재까지 망에서 지원된 서비스 품질을 측정한다.
- 동적 요청 (dynamic request) 기능블록
트래픽 예측 블록과 품질 측정 블록의 결과를 기초로 다음 자원 할당 구간에 요청할 대역을 III장에서 제안하는 알고리즘을 이용하여 계산하고 이를 대역 할당 기능 블록에 요청한다.

그림 1의 대역 할당 (bandwidth allocation) 기능 블록에서는 각 연결들로부터 요청된 값과 스위치의 출력 포트의 트렁크 링크 용량 (trunk link capacity) C 를 비교하여 적절히 대역을 분배한다. 예측에 기반한 동적 자원 할당이 고정 대역 할당에 비해 갖는 장점 중의 하나로, 다음에 할당될 대역을 미리 예약함으로써 트렁크 링크 용량에서 남는 대역을 다른 서비스 클래스 (예

를 들어 ATM에서의 ABR 또는 UBR)에 할당할 수 있다는 점이다. 이렇게 함으로써 연결별 링크 utilization 이 크게 향상된다.

본 논문에서는 사용자 QoS 요구사항으로 평균 셀 전송 지연 (ACTD : average cell transfer delay) 와 셀 손실률 (CLR : cell loss ratio)의 두 가지 파라미터가 사용된다. 고정길이 버퍼를 초과하여 입력되는 셀들은 스위치에서 폐기되며 이는 셀 손실로 생각된다.

2. VBR MPEG 비디오의 장면 전환을 고려한 LMS 트래픽 예측

VBR MPEG 비디오는 향후 주문형 비디오 (VoD : video on demand), 영상회의, 방송 등에 주로 사용될 대표적인 비디오 압축 기법으로, GOP (group of picture) 패턴에 따라 주기적으로 I, B, P-프레임의 세 가지 서로 다른 형태의 부호화 방법이 사용된다. GOP 패턴은 연속하는 두 I 프레임 사이의 수 N , I 프레임과 다음의 P 프레임 또는 연속하는 P 프레임 사이의 프레임 수 M 으로 정의 할 수 있다. 일반적으로 전체 영상 스트림에서 N 과 M 은 고정적으로 사용된다. MPEG 비디오의 비트 스트림은 비디오의 내용에 따라 통계적 특성이 다르고, GOP 패턴에 따라 I, B, P 프레임이 주기적으로 나타나는 특성을 보이며, 프레임간 상관관계가 존재하기 때문에 버스트 하고 복잡한 통계적 특성을 가진다.

기존의 연구에서는 MPEG 비디오 트래픽의 예측을 위하여 적응 LMS (least mean square)^[11], RLS (recursive least square)^[10], 신경망^[10], 적응 웨이브렛 (adaptive wavelet)^[13] 방법 등이 제안되었다. 이 중 적응 LMS 방법은 구현이 간단하면서도 사전에 트래픽의 특성 (자기상관 함수 포함)을 미리 알 필요가 없고 예측오류가 크지 않는 등의 장점이 있으므로, 본 연구에서는 트래픽 예측을 위해 LMS 방법을 사용한다. 단 본 논문에서는 장면전환에 따른 예측 오류를 줄이기 위한 휴리스틱 적응제어 방법을 추가로 제시한다.

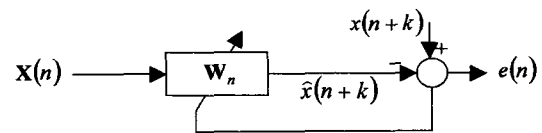


그림 2. 적응 LMS 예측기
Fig. 2. Adaptive LMS predictor.

그림 2는 적응 LMS 예측기의 동작을 보여준다. LMS 필터를 이용한 p -차, k -스텝 예측기는 식 (1) 과 같이 의 이전 트래픽 발생량을 기준으로 k -스텝 뒤의 트래픽 발생량 $x(n+k)$ 를 예측한다. 여기서 W_n 은 n -번째 기준점에서 예측 오류의 평균 자승 오차 (mean square error)를 최소화 하도록 계산되는 계수 벡터이다.

$$\hat{x}(n+k) = \sum_{l=0}^{k-1} w_n(l)x(n-l) = W_n^T X(n) \quad (1)$$

여기서,

$$W_n = [w_n(0), w_n(1), \dots, w_n(p-1)]^T$$

$$X(n) = [x(n), x(n-1), \dots, x(n-p+1)]^T \quad (2)$$

동적 자원 할당을 위한 예측을 위해, 본 연구에서는 MPEG 비디오의 한 프레임 주기를 기본 예측 단위로 설정하고 p 개의 이전 프레임의 입력 레이트를 기초로 바로 다음 프레임 구간의 트래픽을 예측한다. 이때 $k=1$ 이 되고 은 n -번째 프레임의 셀 발생량을 의미한다. 식 (3)은 적응 LMS를 이용한 프레임 레이트 예측 절차를 보여준다. 식 (3)의 프레임 시퀀스 $x(n)$ 은 프레임 타입 별 (I, B, P) 별로 따로 구성된다. 즉 같은 프레임 타입의 이전 시퀀스를 이용하여 해당 프레임 타입의 다음 셀 레이트를 예측한다. 프레임 타입간의 천이 (transition)는 사전에 고정된 GOP 패턴 (N, M)을 이용하여 이루어진다.

for $n=1,2,3,\dots$

$$\hat{x}(n+1) = W_n^T X(n)$$

$$e(n) = x(n+1) - \hat{x}(n+1)$$

$$W_{n+1} = W_n + \mu \times e(n) \frac{X(n)}{\|X(n)\|^2} \quad (3)$$

여기서 $\|X(n)\|^2$ 은 정규화를 위한 값으로 $\|X(n)\|^2 = X(n)^T X(n)$ 이다. 정규화된 LMS에서 스텝 크기 μ 값은 전 예측 과정에서 고정적으로 사용되는데, $0 < \mu < 2$ 범위 내에서 평균 자승의 관점에서 수렴한다^[14]. 만약 μ 값을 크게 하면 안정 값으로 빨리 수렴하지만 수렴 후 변이 (variation)이 크고, 반대의 경우는 수렴까지의 시간이 오래 걸린다.

식 (3)의 LMS를 이용한 MPEG 비디오 트래픽의 예측은 프레임들의 셀 레이트가 저주파 (low frequency)

성분을 갖고 변할 때 (다시 말해 셀 레이트가 급하게 변화하지 않고 긴 주기의 상관성을 갖을 때) 좋은 예측 성능을 보인다^[14]. 그러나 실제 MPEG 비디오 트래픽은 LRD의 저주파 상관관계와 함께, 장면전환 등으로 인해 고주파 (high frequency) 성분의 셀 레이트 변화를 보인다. 특히 I-프레임은 프레임 내 (inter frame) 압축 방법을 사용하여 장면 전환 시 발생 셀 레이트가 큰 폭으로 변화하게 된다. I-프레임은 디코더에서 다른 프레임 타입 (P 또는 B)의 복원을 위한 참조 프레임으로 사용되는 중요한 프레임 인데 비해 셀 발생량이 버스트해 예측 오류로 인한 셀 손실이 발생할 가능성이 높다.

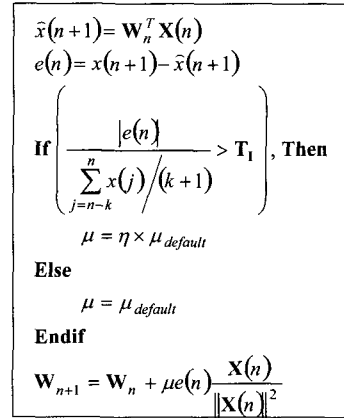


그림 3. SM-LMS의 I-프레임 예측 절차
Fig. 3. I-frame prediction procedure of SM-LMS

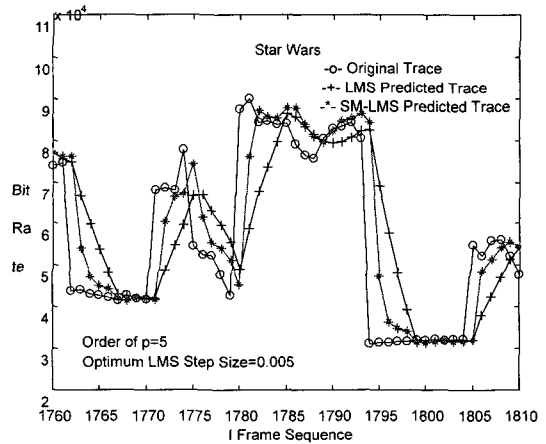


그림 4. LMS 및 SM-LMS를 이용한 I-프레임 트래픽 예측
Fig. 4. I-frame traffic prediction using LMS and SM-LMS.

따라서 본 절에서는 I-프레임의 장면전환에 적응적으로 대응할 수 있는 변형된 장면 기반 LMS (SM-LMS: scene-based modified LMS)를 제시한다. 그림 3은 SM-LMS 절차를 보여준다. SM-LMS에서, I-프레임 셀 발생량의 예측 오류 $e(n)$ 의 정규화 값이 임의 임계치 T_1 를 초과하면 장면전환으로 인한 오류 증가로 인지하여 스택 크기를 증가시킨다. 만약 예측 오류의 정규화 값이 임계치 이내로 들어오면 μ 값을 초기 디폴트(default) 값으로 유지시킨다. 그림 3에서 $x(n-k)$ 는 이전 장면의 시작 프레임이고, η 는 증가 상수(increasing factor)로 본 실험에서는 10으로 선정하였다.

그림 4는 모의실험을 통해 최적의 자승오류를 갖는 $\mu_{opt} = \mu_{default} = 0.005$ 를 사용한 LMS 방법을 "Star Wars" I-프레임 트래픽 예측에 사용했을 때의 결과와 SM-LMS의 결과를 보여준다. 그림에서 알 수 있듯이 갑작스러운 장면전환 시 LMS의 예측오류가 크게 발생함을 알 수 있다. SM-LMS를 사용할 경우 장면전환에 빨리 적응하여 예측오류를 줄이고 이어지는 장면 내에서는 안정 값으로 수렴함을 알 수 있다. 표 1은 5개의 실제 MPEG 스트림(각, 30분 분량)^[5]의 I-프레임 시퀀스에 대해 필터 차수 p 의 변화에 따른 LMS 방법과 SM-LMS 방법의 성능 비교를 보여준다. 각 시퀀스의 $\mu_{default}$ 는 비교 대상인 LMS 예측 시 최적의 성능을 보일 수 있도록 사전에 실험을 통해 최소 자승오류를 갖도록 설정하였고, SM-LMS를 위해 $T_1=0.2$, $\eta=10$ 을 사용하였다. 여기서 SNR^{-1} 은 $\sum e(n)^2 / \sum x(n)^2$ 을 나타내며, 작은 SNR^{-1} 은 보다 좋은 예측 결과를 의미한다.

표에서 알 수 있듯이 장면전환을 고려한 간단한 구조의 SM-LMS 방법은 I-프레임의 예측성능을 크게 개선시킬 수 있다.

III. 서비스 품질 만족도에 따른 동적 대역 요청 및 할당

1. 서비스 품질 만족도 정의 및 측정방법

제 II 장에서 언급한 바와 같이 본 논문에서는 사용자가 요구하는 서비스 품질 파라미터로 평균 셀 전송 지연 (ACTD)와 셀 손실률 (CLR)를 사용한다. 통신망의 스위치에서는 각 연결에 대해 현재 제공되고 있는 서비스 품질의 만족도를 측정하여, 대역 요청 및 할당에 이를 이용한다. 본 논문에서는 다음과 같은 만족도 척도를 정의한다.

- 손실 만족도 (loss satisfaction degree) :

$$ls_i(n) = \frac{CLR_i^{QoS}}{CLR_i^{Meas}(n)}$$

- 평균 지연 만족도 (average delay satisfaction degree) :

$$ds_i(n) = \frac{ACTD_i^{QoS}}{ACTD_i^{Meas}(n)}$$

여기서 CLR_i^{QoS} 와 $ACTD_i^{QoS}$ 는 연결 i 의 사용자가 요구한 서비스 품질 파라미터 값이며, $CLR_i^{Meas}(n)$ 과 $ACTD_i^{Meas}(n)$ 은 실제 n -프레임 시간까지 해당 스위치에서 제공된 서비스 품질의 측정 값이다.

결국, 본 논문에서 정의하는 연결 i 의 전체 "서비스 품질 만족도" (satisfaction degree of quality of service)는 다음 식 (4)와 같다. 즉, 측정된 셀 손실률

표 1. LMS와 SM-LMS의 I-프레임 예측 비교

Table 1. The comparison of I-frame prediction of LMS and SM-LMS.

Video		SNR^{-1}							
		$p=3$	$p=4$	$p=5$	$p=6$	$p=7$	$p=8$	$p=9$	$p=10$
Star Wars	LMS	0.041	0.041	0.036	0.036	0.033	0.033	0.033	0.030
	SM-LMS	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
Talk Show	LMS	0.027	0.026	0.024	0.023	0.022	0.021	0.021	0.020
	SM-LMS	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.002
Terminator	LMS	0.056	0.050	0.050	0.050	0.046	0.043	0.043	0.040
	SM-LMS	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.006	0.006	0.006
The Silence of Lambs	LMS	0.057	0.056	0.050	0.049	0.048	0.043	0.043	0.043
	SM-LMS	0.010	0.010	0.009	0.009	0.008	0.007	0.007	0.007
Mr. Bean	LMS	0.024	0.021	0.020	0.019	0.018	0.018	0.018	0.017
	SM-LMS	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002

및 평균 셀 지연 파라미터에 대한 만족도의 최소값으로 연결 i 의 서비스 품질 만족도가 결정된다. $SD_i(n)$ 이 1 보다 작으면, 현재 QoS를 보장하지 못하고 있음을 의미하며, 1보다 클 경우에는 사용자 요구조건 이상의 품질이 제공되고 있음을 뜻한다.

$$SD_i(n) = \min\{ls_i(n), ds_i(n)\} \quad (4)$$

정의된 서비스 품질 만족도를 어떻게 측정하는 것은 매우 중요한 문제이다. 각 연결 별로 측정하여야 하므로 빠른 실시간 구현이 가능하여야 한다. 두 가지의 만족도 파라미터 중 손실 만족도 $ls_i(n)$ 은 식 (5)와 같이 간단히 계산된다. 만족도 값의 갱신은 매 예측 주기, 즉 프레임 시간 간격으로 이루어 지므로 셀 손실률의 측정은 프레임 당 입력 셀들 중에서 버퍼 오버플로우(overflow)로 폐기 되는 셀 수를 모니터링 함으로써 이루어진다.

$$CLR_i^{Meas}(n) = \frac{\sum_{j=n_i^n} lost_i(j)}{\sum_{j=n_i^n} x_i(j)} \quad (5)$$

여기서 $lost_i(j)$ 은 교환기의 j -번째 프레임 시간동안 입력된 $x_i(j)$ 개의 셀 중에서 손실된 셀 수를 의미한다. 또한 n_i^n 은 연결 i 가 시작된 프레임 시간이다.

이상적인 평균 셀 지연의 측정은 매 입력 셀마다 버퍼 도착시간과 스위치의 서버 이탈 시간의 차이를 측정하여, 이들의 평균값을 취하는 것이다. 그러나 이러한 방법은 구현이 복잡할 뿐더러 실시간 구현이 어렵다. 따라서 본 논문에서는 간단한 큐잉 식을 이용하여 평균 셀 지연을 측정할 수 있는 방법을 도입한다. 본 연구에서 풀려고 하는 큐잉 시스템은 그림 5와 같이, 매 프레임 시간 마다 셀들이 집단으로 도착하는 집단 도착(batch arrival) 대기 행렬로 근사화 될 수 있다. 큐의 서버는 FIFO (First In First Out) 서비스 전략을 이용한다. 그림에서 $(n+1)$ 프레임 시간 구간에 $x_i(n+1)$ 만큼의 셀들이 집단으로 도착하여 버퍼에 입력되고, 이때 이 집단이 마라 보는 큐 길이는 $Lq_i(n)$ (n -번째 프레임 구간이 종료된 후의 큐 길이)이다. 또한 $(n+1)$ 프레임 시간 구간동안의 서비스율은 동적으로 결정된 $A_i(n+1)$ 이 된다. 즉 시스템은 $D^X/G/1$ 큐잉 시스템으로 모델링 된다.

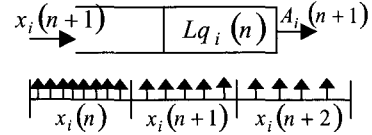


그림 5. 큐잉 모델
Fig. 5. The queueing model.

이러한 시스템에서 평균 지연은 식 (6)의 "Little's Law"를 이용하여 식 (7)과 같이 구해질 수 있다.

$$\bar{L}q = \lambda_e \times \bar{d} \quad (6)$$

여기서 $\bar{L}q$ 는 평균 큐 길이이고, λ_e 는 실질 입력률(effective arrival rate), \bar{d} 는 평균 지연이다. 따라서,

$$ACTD_i^{Meas}(n) = \frac{\bar{L}q_i^n}{\lambda_{ei}^n} \quad (7)$$

여기서, $\bar{L}q_i^n = \sum_{j=n_i^n} Lq_i(j) / (n - n_i^n + 1)$ 은 연결 i 의 n -프레임 까지 평균 큐 길이이다. 또한 연결 i 의 실질 입력률 λ_{ei}^n 은 식 (8)로 얻어진다. 실질 입력률은 n -프레임 까지의 평균 입력률에서 버퍼 오버플로우로 실제적으로 버퍼에 입력되지 못한 손실 레이트를 뺀 나머지 값으로 계산된다. r_f 는 비디오의 프레임 레이트이다.

$$\lambda_{ei}^n = r_f \times \lambda_i^n (1 - CLR_i^{Meas}(n))$$

$$\lambda_i^n = \sum_{j=n_i^n} x_i(j) / (n - n_i^n + 1) \quad (8)$$

따라서, 평균 셀 지연 $ACTD_i^{Meas}(n)$ 은 n -프레임 까지의 실질 입력률과 프레임 시간 마다 측정되는 평균 큐 길이 만으로 간단히 계산될 수 있다.

2. 서비스 만족도를 고려한 동적 대역 요청 및 할당
본 절에서는 1절에 정의된 서비스 품질 만족도를 고려하여 각 연결별로 필요 대역폭을 동적으로 요청하고 할당하는 방법을 제안한다. 여기서 중요한 점은 대역폭 요청은 개별 스위치 또는 라우터 내부에서 이루어 진다는 것이다. 이는 기존의 연구 중 중단 단말과 스위치 사이의 협상이나 피드백 정보를 통한 대역할당^{[16][17]}과는 다른 개념으로, 전송지연이나 프로토콜 오버헤드가 매우 작음을 의미한다. 그림 1과 같은 구조에서 스위치 내부의 각 연결별 요청 블록은 필요한 대역을 요청하

고 서버의 대역 할당기는 각 연결에 출력 트렁크 링크의 용량 범위 내에서 대역을 할당한다. 이러한 대역 요청 및 할당은 예측에 기반하므로 출력 링크의 남은 대역은 다른 서비스 클래스의 연결들을 위해 사용될 수 있다. 따라서 통신망의 전체 효율은 증가하게 된다.

서비스 품질 만족도를 고려한 대역 요청 시, 다음 프레임에 위한 요청 셀 레이트는 식 (9)와 같이 구해진다. 연결 i 의 대역 요청 $R_i(n+1)$ 은, 다음 프레임의 입력 셀 레이트의 예측 값 $\hat{x}_i(n+1)$ 과 현재 n -프레임 시간에서의 큐 길이 $Lq_i(n)$ 을 더한 값을 기본 요청 값으로 하여 서비스 품질 만족도 $SD_i(n)$ 값에 따라 적응적으로 대역 추가 나 삭감이 이루어 진다.

$$R_i(n+1) = \max \{ \{ \hat{x}_i(n+1) + Lq_i(n) - \kappa [\hat{x}_i(n+1) + Lq_i(n)] \times \ln[SD_i(n)] \}, 0 \} \quad (9)$$

식 (9)에서 통신망이 사용자가 요구한 QoS 요구사항만큼 서비스를 제공하고 있다면, 서비스 만족도 $SD_i(n)$ 은 1이 되어 다음 프레임에 위한 요청 셀 레이트는 예측 셀 입력 값과 현재 버퍼에 대기 중인 셀들의 합이 된다. 만약 제공된 서비스가 사용자 QoS를 만족 시키지 못하면, 서비스 품질 만족도는 떨어지게 되고, 요청 셀 레이트는 기본 값 $\{ \hat{x}_i(n+1) + Lq_i(n) \}$ 에 추가적으로 $-\kappa [\hat{x}_i(n+1) + Lq_i(n)] \times \ln[SD_i(n)]$ 만큼의 셀을 더 요청하게 된다. 반대로 서비스 품질이 사용자 QoS 요청 값 이상으로 제공되고 있다면 기본값에서 $\min \{ \{ \hat{x}_i(n+1) + Lq_i(n) \}, \{ \kappa [\hat{x}_i(n+1) + Lq_i(n)] \times \ln[SD_i(n)] \} \}$ 의 셀을 삭감하여 서버에 요청하게 된다. 제안된 서비스 품질 만족도를 고려한 적응 대역요청 방법은 연결별로 제공되어 지는 서비스 만족도를 일정하게 유지할 수 있도록 자동적인 대역의 할당이 이루어 지도록 하며, 사용자 요구사항 보다 불필요하게 과다 할당되는 대역을 회수하여 다른 연결이나 서비스 클래스를 위해 사용하도록 할 수 있다.

제안된 방법에서 k 는 요청 레이트 $R_i(n)$ 을 제어하는 '스케일 상수' 이다. 큰 값의 k 는 사용자 QoS를 만족시키기 위한 적당한 레이트에 빠르게 수렴하고 측정된 만족도의 변화에 빠르게 대응한다. 그러나 적당한 레이트로의 수렴 후에 요청 셀 레이트는 큰 폭의 흔들림 (fluctuations)을 보이게 된다. 또한 너무 큰 값의 k 선정은 때때로 실제 QoS 보장에 필요한 레이트 보

다 훨씬 많은 레이트를 요청 할 수 있기 때문에 링크 효율을 떨어뜨리게 된다. k 의 최적 값 도출 문제는 계속 연구되어야 할 과제이다. 본 논문에서는 모의실험을 통한 성능평가를 위해서, k 값을 1.0으로 설정하였다. 본 논문의 모의실험 결과 $k=0.2 - 2.0$ 정도의 범위에서 매우 안정적인 서비스가 이루어 질 수 있음을 확인하였다.

스위치의 서버는 각 연결 별 요청 값을 기준으로 각 연결에 대역을 할당한다. 대역 할당은 매우 간단한데, 연결들의 요청 레이트 합이 스위치의 출력 트렁크 링크 용량 C 보다 작다면, 각 연결에 요청 레이트 만큼의 대역을 그대로 할당하고, 그렇지 않다면, 요청 값 비율로 나누어 할당하게 된다. 그림 6은 제안된 대역 요청 및 할당에 대한 의사 코드 (pseudo code)를 보여준다.

```

N = the number of connections
n = current frame time

For (i = 1 to N) Do
    R_i(n+1) = max { { x_hat_i(n+1) + Lq_i(n) - k [ x_hat_i(n+1) + Lq_i(n) ] * ln[SD_i(n)] }, 0 }
Endfor
If (sum_{k=1}^N R_k(n+1) < C), Then
    For (i = 1 to N) Do
        A_i(n+1) = R_i(n+1)
    Endfor
Else
    For (i = 1 to N) Do
        A_i(n+1) = [ R_i(n+1) * C / sum_{k=1}^N R_k(n+1) ]
    Endfor
Endif
    
```

그림 6. 대역 요청 및 할당 정책
Fig. 6. Bandwidth request and allocation procedure.

제안된 방법의 주요 장점 중 하나는 식 (10)의 연결별 utilization이 사용자 QoS 요구사항에 따라 적응적으로 제어, 결정된다는 것이다.

$$\rho_i = \frac{\sum_j x_i(j)}{\sum_j A_i(j)} \quad (10)$$

기존의 동적 자원 할당^[11] 방법에서는 식 (11)을 이용하여 요청 셀 레이트 계산하고 식 (12)를 이용하여 대역을 할당하기 때문에, 사용자가 원하는 품질을 제공하기 위해서는 α 값의 결정이 필요하다. 만약 α 값을 작게 하면 셀 손실 및 지연이 증가하고, 크게 하면 대역

의 낭비가 심해져 ρ_i 가 작아진다. 그런데 기존 방법의 α 는 연결 설정 전에 미리 결정하여야 하므로 사용자 QoS에 따라 어떤 α 값을 선정하여야 하는 것은 매우 어려운 문제이다.

$$R_i(n+1) = \alpha \times [\bar{x}_i(n+1) + Lq_i(n)] \quad (11)$$

$$A_i(n+1) = \min \left\{ R_i(n+1), \frac{C \times R_i(n+1)}{\sum_{k=1}^N R_k(n+1)} \right\} \quad (12)$$

반면 제안된 방법은 실시간 서비스 품질 만족도에 따른 요청 값 제어로 인해 연결 별 utilization이 자동 제어된다. 즉, 보다 엄격한 사용자 요구사항이 있을 시에는 utilization이 자동으로 작아지고, 그렇지 않을 경우에는 1에 근접하게 된다.

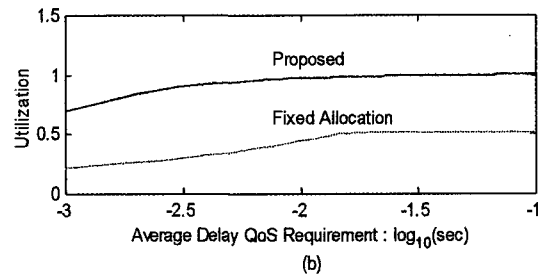
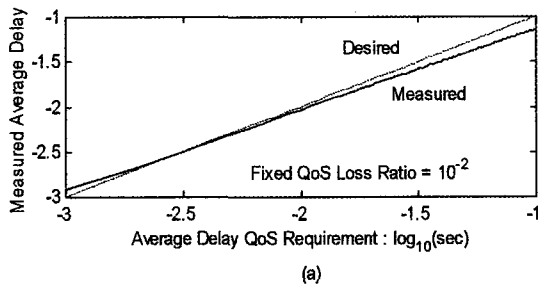


그림 7. 평균 셀 전송 지연 준수: (a) 평균셀 전송지연, (b) Utilization 변화.

Fig. 7. Delay quality guarantee: (a) average cell transfer delay, (b) utilization changes.

그림 7과 그림 8은 사용자 요구사항 변화에 따라 제안된 방법을 사용하여 실제 측정된 서비스 품질과 그때의 utilization을 보여준다. 실험에 사용된 영상은 약 2시간 분량의 "Star Wars" 영화 시퀀스이며, 제안된 알고리즘에서 $k=1.0$, 고정길이 버퍼 크기 (BUFF) = 200 셀' 로 선정하였다. 또한 출력 트렁크 용량은 제한을 받지 않는다고 가정하였다. 그림 7은 사용자 QoS의 셀 손실률 $CLR^{QoS} = 10^{-2}$ 로 고정한 상태에서, 사용자의

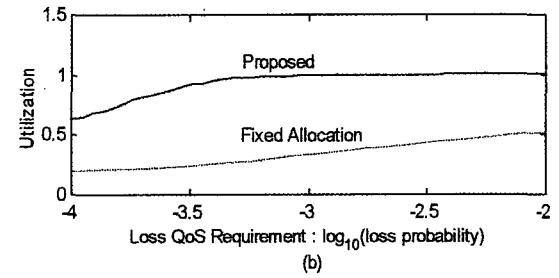
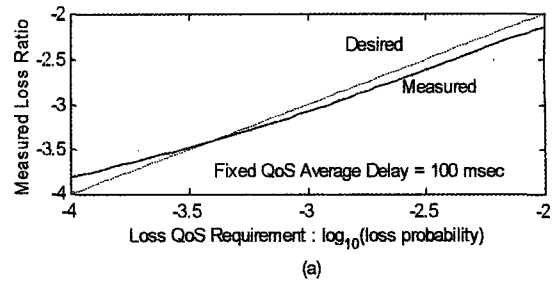


그림 8. 셀 손실률 준수: (a) 셀 손실률, (b) Utilization 변화.

Fig. 8. Cell loss quality guarantee: (a) cell loss ratio, (b) utilization changes.

평균 셀 지연 QoS $ACTD^{QoS}$ 를 1msec~100msec로 변화시켰을 때의 결과이고, 그림 8은 반대로 $ACTD^{QoS} = 100msec$ 로 고정하고, CLR^{QoS} 를 $10^{-2} \sim 10^{-4}$ 로 변화시켰을 때의 결과이다. 그림 7, 8의 (b)의 utilization 비교에서 고정 할당 (fixed allocation) 커브는 연결 설정 기간 동안 동적 대역 할당을 하지 않고 QoS를 만족시킬 수 있는 최소의 고정 대역을 할당했을 때의 utilization 변화이다. 그림에서 볼 수 있듯이 제안된 방법은 별도의 utilization 관련 파라미터의 설정 없이, 적응적으로 사용자가 원하는 QoS를 잘 만족시킬 수 있음을 알 수 있다. 본 논문의 모의실험에서는 셀 손실률을 $10^{-2} \sim 10^{-4}$ 정도의 범위에서 고려하였다. 이는 실험에 사용된 비디오 시퀀스의 제한된 트래픽으로는 아주 작은 값의 셀 손실률 실험이 불가능 하기 때문이다. 실제 상황에서는 10^{-5} 이하의 셀 손실률을 보장하여야 하는 응용도 있는데, 이때는 보다 정밀한 제어와 긴 관측 주기가 요구된다. 보다 정밀한 제어를 위해서는 본 논문에서 제안된 프레임 시간 단위의 파라미터 갱신주기를 더 짧게 설정할 수 있다.

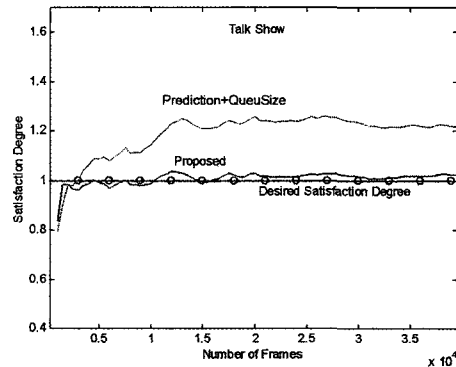
3. 모의실험을 통한 기존 동적 대역할당 방법과의 성능비교

본 절에서는 모의 실험을 통해 식 (11)과 (12)를 이

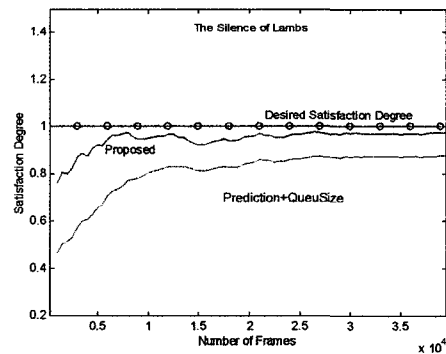
용한 기존의 방법 ($\alpha=1$) (Prediction+QueueSize')과 본 논문에서 제안된 방법의 성능을 분석한다. 성능 분석은 사용자 QoS 요구사항이 주어 졌을 때 통신망에서의 서비스 품질 보장 내역 및 시간에 따른 만족도 변화에 대해 이루어 졌다. 다음 프레임의 입력 레이트 예측은 기존의 방법과 제안된 방법 모두 SM-LMS 방법을 사용하였다. 또한 실험에 사용된 영상 시퀀스는 표 1에서와 같이 각 30분 분량의 5개의 MPEG 스트림을 이용하였다. 제안된 방법에서 '스케일 상수' k 는 1로 설정하였고 각 연결별 버퍼의 크기 (BUFF)는 200 셀을 사용하였다. 실험에서 5개의 비디오 스트림은 같은 시작 프레임 시각에 모든 연결의 I-프레임이 동시에 입력되는 상황을 가정하였다. 이는 통신망에서 QoS 보장을 위한 최악의 조건이다.

첫 번째 실험으로, 각 연결의 QoS 요구사항이 동일하고 출력 트렁크 링크 용량이 $C = AACR/0.3 = 4,225 \text{ cells/sec}$ (여기서, AACR(average aggregated cell rate)은 각 연결의 평균 셀 입력률의 합이다)로 제한 되었을 때, 통신망에서 제공되는 서비스 품질을 분석하였다. 모의실험을 위해 스위치가 모든 연결에 보장하여야 할 QoS 요구사항으로, 5 msec의 평균 셀 전송 지연과 10^{-3} 의 셀 손실률을 선정하였다. 표 2에서 볼 수 있듯이 기존의 방법은 QoS 제어가 이루어 지지 않으므로, "서비스 품질 만족도 (SD)"가 각 연결마다 크게 다르고 일부 비디오 소스의 연결들은 QoS를 보장하지 못한다. 이에 반해 제안된 방법은 5개 연결에 대한 서비스 품질 만족도를 거의 1 근처에서 유지시킬 수 있다. 표 2의 정규화 된 사용 대역 (normalized used bandwidth)는 실제 평균 셀 입력률 합 (AACR)에 대한 각 연결의 평균 할당 셀 레이트 합의 비이다. 제안된 방법은 평균 입력 셀 레이트의 1.09배 정도의 대역을

동적으로 할당 받는다. 기존 방법의 할당 대역보다 약간 많은 대역이 사용되었는데, 이는 QoS를 보장 하기 어려운 연결에 대해 만족도를 높이기 위해 동적으로 대역을 더 많이 할당하였기 때문이다.



(a)



(b)

그림 9. 시간에 따른 만족도 변화 비교: (a) Talk Show, (b) The Silence of Lambs.

Fig. 9. Quality of service satisfaction degree: (a) Talk Show, (b) The Silence of Lambs.

표 2. 각 비디오 소스별 만족도 비교 (단위: msec (ACTD), (CLR))

Table 2. Provided quality of service degree (unit: msec (ACTD), (CLR)).

Video	QoS Requirements		Measured Quality (Prediction+QueueSize)			Measured Quality (Satisfaction Degree-based)		
	ACTD	CLR	ACTD	CLR	SD	ACTD	CLR	SD
Star Wars	5 .0	1.0	5.48	1.37	0.73	3.28	1.03	0.97
Talk Show	5 .0	1.0	3.98	0.02	1.22	4.88	0.25	1.02
Terminator	5 .0	1.0	5.60	0	0.89	5.17	0	0.97
The Silence of Lambs	5 .0	1.0	5.70	0.53	0.88	5.12	0.53	0.98
Mr. Bean	5 .0	1.0	3.77	0.80	1.31	4.80	0.81	1.03
Normalized Used Bandwidth			1.06			1.09		

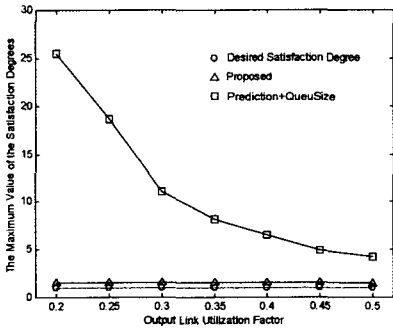
그림 9는 "Talk Show"와 "The Silence of Lambs" 비디오 시퀀스에 대해 서비스 품질 만족도 SD의 시간에 따른 변화를 보여준다. 제안된 방법은 두 실험 영상 시퀀스에 대해 원하는 레벨의 QoS를 매우 근사적으로 제공한다. 또한 그림에서 볼 수 있듯이 제안된 방법은, 기존의 방법으로 과도한 만족도를 보이는 "Talk Show" 시퀀스에 대해서는 만족도를 원하는 레벨까지 떨어뜨리고 (즉, 할당되는 평균 셀 레이트를 기존의 방법에

비해 줄임), 반면 기존의 방법에서는 낮은 만족도를 보이는 "The Silence of Lambs" 시퀀스에 대해서는 만족도를 높이는 제어 (즉, 할당되는 평균 셀 레이트를 늘림)를 수행 함을 알 수 있다. 이는 자원의 적절한 분배와 적응적인 utilization 제어가 제안된 알고리즘을 통해 이루어 지기 때문이다.

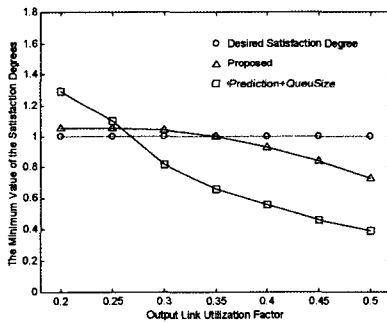
두 번째 실험으로, 연결 별 서로 다른 사용자 QoS 요구사항에 대하여, 출력 트렁크 링크의 용량 C를 증가 시키면서 통신망이 제공하는 서비스 품질을 기존의 방법과 비교한다. 표 3은 각 연결별로 설정한 사용자 QoS 요구 사항이다.

그림 10은 출력 링크 용량 변화에 따른 만족도의 변화를 나타낸다. 그림 10-(a)는 5개 연결의 서비스 품질 만족도 중 최대 값의 변화를 도기한 것이고 10-(b)는 최소 값의 변화를 나타낸다. 그림 11은 출력 링크 용량 변화에 따른 정규화 된 사용 대역을 보인다. 이상적인 동적 자원 할당에서는, 통신망은 사용자에게 약속한 품질을 보장 하면서 자원은 효율적으로 사용하여야 하므로 그림 10의 경우, 최대 값과 최소 값이 1.0 근처에서 유지되도록 하여야 한다. 그림 10의 출력 링크 utilization factor는 $AACR/C$ 로 표시되는 값이다.

그림 10과 그림 11의 결과에서 알 수 있듯이 제안된 방법은 만족도의 최대 값은 통신망의 자원관리의 효율을 높이기 위해 원하는 QoS 레벨 근처로 유지하고, 만족도의 최소 값은 기존의 방법에 비해 1.0에 보다 가깝게 유지 할 수 있음을 알 수 있다. 또한 사용 대역 관점에서 출력 링크의 용량이 커서 (utilization factor가 작은 경우) QoS 보장이 용이한 구간에서는 기존의 방법에 비해 할당 대역을 적게 사용하고, QoS 보장이 어려운 구간에서는 만족도를 원하는 레벨로 유지하기 위해 적응적으로 할당 대역을 늘려 주는 것을 알 수 있다. 그러나 제안된 방법에서도, 출력 트렁크 링크 용량 자체가 중합된 트래픽을 처리하기에 너무 적을 경우, 그림 10-(b)에서 보듯이 최소 만족도가 원하는 레



(a)



(b)

그림 10. 출력 링크 용량 변화에 따른 다중 연결의 최대/최소 만족도 변화: (a) 최대 만족도 변화, (b) 최소 만족도 변화

Fig. 10. Maximum and minimum QoS satisfaction degrees in accordance with output link capacity changes: (a) maximum satisfaction degrees, (b) minimum satisfaction degrees.

표 3. 각 비디오 소스 별 QoS 요구사항
Table 3. The QoS requirements for each connection.

Connection	1	2	3	4	5
Video	Star Wars	Talk Show	Terminator	The Silence of Lambs	Mr. Bean
ACTD QoS	5 msec	5 msec	50 msec	50 msec	50 msec
CLR QoS	0.002	0.002	0.02	0.02	0.02

벨 (1.0)을 유지하지 못하게 된다 (실험 예에서는 출력 링크 utilization 4.0 이상). 따라서 사용자에게 연결 설정 기간 동안 일정한 서비스 품질을 제공하기 위해 서비스 품질 만족도를 고려한 호 수락 제어가 요구된다. 제 IV 장에서 제안하는 호 수락 제어 방법은 기존의 연결에 대한 만족도가 원하는 레벨로 유지 될 수 있는 경우에만 신규호의 수락을 결정하는 정책을 사용한다.

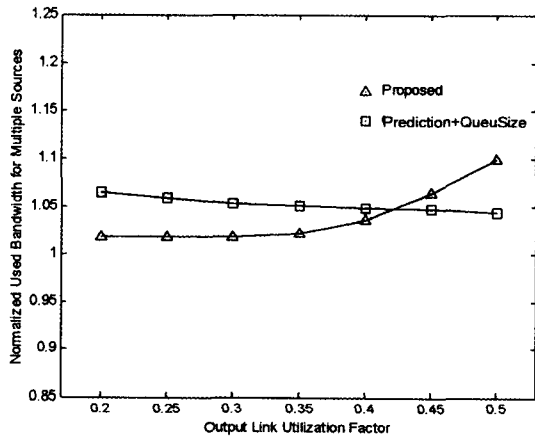


그림 11. 출력 링크 용량 변화에 따른 정규화 사용 대역 변화

Fig. 11. Normalized used bandwidth in accordance with output link capacity changes.

IV. 일관된 서비스 품질 제공을 위한 호 수락 제어

호 수락 제어는 ATM 망에서의 중요한 트래픽 제어 기법중의 하나이며, 향후 인터넷 망에서도 사용자에게 안정된 서비스 품질 보장하기 위해서는 이에 대한 연구가 계속 필요한 분야 이다. 호 수락 제어에서는 새로운 호의 연결 요청이 있을 경우 이를 수락할 것인지, 거절할 것인지를 결정한다. 새로운 호의 수락이 기존의 호의 서비스 품질을 사용자가 요구한 값 보다 저하 시키지 않는다면, 연결이 허용되지만 그렇지 않을 경우 호 요청은 거절된다.

ATM 망에서의 기존의 호 수락 제어는 주로 사용자가 호 요청 시에 사용자의 트래픽을 몇 가지 트래픽 기술자로 표현하여 망에게 알리고, 망에서는 이를 근거로 사용자 QoS를 제공할 수 있는 자원 할당이 가능한가를 검사하는 방법으로 이루어 진다. 그러나, 본 연구에서 고려하는 서비스의 특성은, 많은 경우 사용자가 미리 트래픽의 특성을 알 수 없기 때문에 망에서는 사

용자로 부터의 트래픽 기술자의 전달 없이 동적으로 대역을 할당하면서 QoS를 보장하는 것이다. 따라서 새로운 호의 요구 시 어떻게 기존의 사용자에게 일관된 서비스 품질을 제공할 수 있을까를 결정하는 것은 어려운 문제이다. 동적 대역 할당의 기존의 연구^[10-13]에서는 출력 트링크 링크의 용량의 제한을 고려하지 않고 신규 호 요청 시, 이를 모두 수락하는 구조를 (즉, 특별한 호 수락 제어 메커니즘을 갖지 않음) 가정하였다. 이 경우 각 연결에 제공되는 서비스 품질은 연결 설정 기간동안 심한 변화를 보이게 된다.

본 논문에서는 동적 자원 할당 구조에서의 호 수락 제어를 위해 만족도 기반의 새로운 방법을 제안한다. 현재 스위치에서의 프레임 시간이 n 이고, N 개의 기존 호에 새로운 $(N+1)$ 번째 호 요구가 요청되었을 때, 제안된 호 수락 제어에서는 다음 두 조건이 만족될 경우에만 신규 호가 수락된다.

$$\begin{cases} i) f_1(A_1, A_2, \dots, A_{N-1}, A_N) < C, \text{ and} \\ ii) f_2(SD_1, SD_2, \dots, SD_{N-1}, SD_N) \geq 1 \end{cases} \quad (13)$$

첫 번째 조건의 $f_1()$ 함수는 다음과 같이 정의된다.

$$f_1(A_1, A_2, \dots, A_{N-1}, A_N) = \sum_{i=1}^N E[A_i] \times \beta(N) \quad (14)$$

여기서, $E[A_i] = \sum_{j=n_i}^n A_i(j) / (n - n_i + 1)$ 결국 $f_1()$ 은 현재까지, N 개의 각 연결의 평균 할당 대역의 합에 기중치 $\beta(N) (> 1)$ 을 곱한 값이다. $\beta(N)$ 은 출력 링크 용량 C 에 대해 신규 호의 수락에 필요한 대역폭을 확보하기 위한 여유 값 (marginal value)로 연결 수 N 이 클수록 1에 가깝게 설정한다. $\beta(N)$ 은 통신망 운용자에 의해 N 값에 따라 다른 값을 갖는 함수로 정의되거나 고정값으로 사용될 수도 있다.

두 번째 조건의 $f_2()$ 함수는 다음과 같이 정의된다.

$$f_2(SD_1, SD_2, \dots, SD_{N-1}, SD_N) = \min\{SD_1(n), SD_2(n), \dots, SD_{N-1}(n), SD_N(n)\} \quad (15)$$

즉, 두 번째 조건은 신규 호의 수락에 앞서 기존 호의 서비스 품질 만족도가 모두 사용자 QoS 준수 레벨인 1.0 이상일 때에만 신규 호를 수락한다는 것이다.

그림 12는 출력 트링크 링크 용량 $C=8750$ cells/sec 이고, 표 3과 같은 5개의 비디오 소스의 사용자 QoS 요구사항을 갖는 연결들에 대해, 기존의 방법 및 제안

된 방법을 이용한 호 수락 제어 시 연결들의 만족도 값들 중 최소값의 변화를 보여준다. 제안된 방법에 대해서는 'k=1.0, BUFF=200 cells, β(N)=1.2'를 사용하였다. 그림 12에서와 같이, 제안된 방법들은 모든 연결들에 대하여 안정된 서비스 품질을 제공할 수 있도록 호 수락 제어가 수행됨을 알 수 있다.

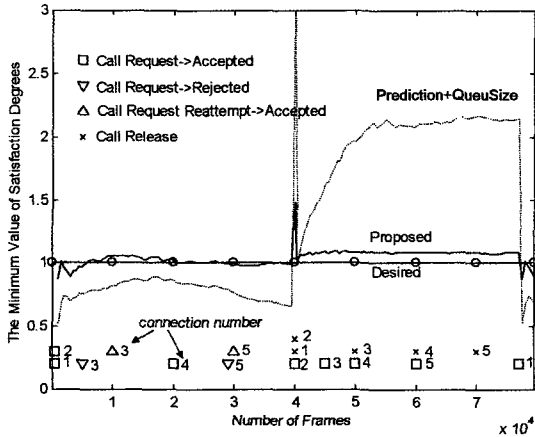


그림 12. 제안된 호 수락 제어를 이용한 모의 실험
Fig. 12. The simulation result using the proposed call admission control

본 논문에서 제안한 동적 대역 할당 및 호 수락제어 방법은 사용자가 원하는 서비스 품질을 안정되게 제공할 수 있다는 점에서 기존의 동적 대역 할당 방법에 비해 우수한 성능을 보인다. 그러나, 제안된 방법에서도 망이 몇 가지 원인에 의해 짧은 기간동안 사용자가 원하는 품질을 제공할 수 없을 수 있다. 가정된 비디오 서비스는 사전에 사용자 트래픽 특성을 전혀 모른다는 점에서 출발 하였고 호 수락 제어 역시 현재 연결의 만족도 측정값에 기준하기 때문에, 중합된 트래픽의 갑작스런 증가 등의 변동으로 인해 서비스 품질을 일시 보장하지 못하는 경우가 생길 수 있다. 이러한 경우에도 연결 중인 호 수 N이 클 경우 빈번한 호 해제 (call release) 및 다중화 효과로 기존 연결들의 서비스 품질을 원하는 레벨로 빠르게 다시 유지 할 수 있을 것으로 기대 되지만, 보다 강인한 호 수락 제어 방법은 계속 연구 되어야 할 것이다.

V. 결 론

본 논문에서는 VBR 비디오 소스로 부터의 트래픽에

대해, 통신망 내부에서의 동적인 자원 요청 및 할당을 통해 사용자가 요구하는 서비스 품질을 만족시키면서 동시에 자원의 효율적 사용을 제공할 수 있는 새로운 방법을 제안하였다. 통신망은 각 연결 별로 향후 트래픽을 예측하고 또한 현재 측정된 QoS 만족도를 고려하여 다음 프레임에 위한 적절한 대역을 할당한다. 제안된 동적 대역 할당 방법은 사용자가 요구한 QoS를 보장하기 위해 적응적으로 연결 별 utilization을 제어할 수 있다. 또한 적절한 자원의 분배를 통해 모든 연결에 대한 만족도를 사용자가 원하는 레벨로 유지한다. 동적 자원 할당에 의한 QoS 보장이 연결 기간 중 일관되게 유지될 수 있도록 만족도를 고려한 새로운 호 수락제어 방법을 제안하였다. 모의실험을 통해, 제안된 동적 자원 할당 및 호 수락 제어 구조는 통신망이 사전에 사용자 트래픽의 특성을 전혀 모르는 조건에서도 사용자가 요구하는 서비스 품질을 보장하고 망의 효율을 높일 수 있음을 알 수 있다. 추후 연구 과제로, 실제 비디오 응용에서 중요한 서비스 품질 파라미터인 최대 셀 전송 지연을 보장할 수 있는 동적 자원 할당 방법 연구와 트래픽 변동에 강인한 호 수락제어 메커니즘의 개발이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] ITU-T Recommendation I.371, "Traffic Control and Congestion Control in B-ISDN", Geneva, July 1995.
- [2] "Traffic Management Specification Version 4.0", ATM Forum Technical Committee, 1996.
- [3] A. L. Corte, A. Lombardo, S. Palazzo, and S. Zinna, "Modeling activity in VBR video sources", *Signal Processing : Image Communications* 3, pp. 167- 178, 1991.
- [4] P. Skelly, M. Schwartz, and S. Dixit, "A histogram-based model for video traffic behaviour in an ATM multiplexer", *IEEE/ACM Trans. on Networking*, Vol. 1, No.4, pp. 446-459, 1993.
- [5] B. Maglaris, D. Anastassiou, P. Sen, G. Karlsson and J. D. Robbins, "Performance models of statistical multiplexing in packet

- video communication”, *IEEE Trans. on Communications*, Vol. 36, No.7, pp. 834-844, 1988.
- [6] D. P. Heyman, A. Tabatabai, and T. V. Lakshman, “Statistical analysis and simulation study of video teleconference traffic in ATM networks”, *IEEE Trans. on Circuit and Systems for Video Technology*, Vol.2, No.1, pp. 49-59, 1992.
- [7] A. I. Elwalid, and D. Mitra, “Effective bandwidth of general Markovian traffic sources and admission control of high speed networks”, *IEEE/ACM Transaction on Networking*, Vol.1, No.3, pp. 329-343, 1993.
- [8] G. Kesidis, J. Walrand, and C.-S. Chang, “Effective bandwidth for multiclass Markov fluids and other ATM sources”, *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol.1, No.4, pp. 424-428, 1993.
- [9] J. Y. Hui, “Resource allocation for broadband networks”, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 6, pp. 1598-1608, 1988.
- [10] Song Chong, San-qi Li, Joydeep Ghosh, “Predictive dynamic bandwidth allocation for efficient transport of real-time VBR video over ATM”, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 13, No.1, pp. 12-23, 1995.
- [11] Abdelnaser Mohammad Adas, ‘Using adaptive linear prediction to support real-time VBR video under RCBR network service model’, *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol. 6, No. 5, pp. 635-644, 1998.
- [12] Girish Chiruvolu, Ravi Sankar, N. Ranganathan, “An adaptive scheme for better utilization with QoS constraints for VBR video traffic in ATM networks”, *3rd IEEE Symposium on Computer and Communications*, pp. 3-7, 1998.
- [13] Xinyu Wang, Souhwan jung, James S. Meditch, “Dynamic bandwidth allocation for VBR video traffic using adaptive Wavelet prediction”, *IEEE ICC’98*, pp. 549-553, 1998.
- [14] Monson H. Hayes, *Statistical Digital Signal Processing and Modeling*, Wiley, 1996.
- [15] ftp-info3.informatik.uni-uerzbug.de/pub/MPEG/
- [16] Daniel J. Reininger, Dipankar Raychaudhuri, Joseph Y. Hui, “Bandwidth renegotiation for VBR video over ATM networks”, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 14, No. 6, pp. 1076-1086, 1996.
- [17] Hemant Kanakia, Partho P. Mishra, Amy R. Ribman, “An adaptive congestion control scheme for real time packet video transport”, *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol. 3, No. 6, pp. 671-682, 1995

 저 자 소 개

俞 相 朝(正會員)

1988년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 (공학사).
 1990년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사).
 2000년 8월 : 한국과학기술원 전자전산학과 (공학박사).
 1990년 3월 현재 : 한국통신 연구개발본부

金 聖 大(正會員)

1977년 : 서울대학교 전자공학과 (공학사). 1979년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사). 1983년 : 프랑스 INPT ENSEEIHT (공학박사). 1984년~현재 : 한국과학기술원 전자전산학과 교수