

게임 동영상 전송을 위한 적응형 대역폭 방법에서 프레임 폐기 방법에 의한 성능 평가

이면재*, 김태은**

요약

온라인 게임에서 동영상은 게임을 홍보하는 중요한 수단이며, 게임 진행에 많은 도움을 준다. 이 경우에 동영상은 저장 공간의 효율적인 사용과 네트워크 자원의 효율성을 위해 가변 비트율 형태로 압축된다. 적응형 대역폭 할당은 게임 동영상에 대한 전송 계획을 세우고 이 계획에 의한 전송률이 가용 전송률보다 큰 경우에 가용 전송률을 만족시킬 때까지 일부 프레임을 폐기시켜서 전송하는 방법이다. 이때, 적응형 대역폭 할당 방법에서의 평가 요소들은 전송률을 설정하는데 크게 영향을 준 프레임들의 폐기 순서에 따라 크게 달라질 수 있다. 본 논문에서는 이를 살펴보기 위하여 전송 계획에 사용되는 CBA, MCBA, MVBA, [6], [7]의 알고리즘들을 적응형 대역폭 할당 방법의 전송 계획으로 각각 적용하여 다양한 프레임 폐기 방법들로 성능을 평가한다.

Performance Evaluation by Frame Discard Methods in Adaptive Bandwidth Allocation Technique for Transmission Plan of Game Moving Picture

Myoun-Jae Lee*, Tae-Eun Kim**

Abstract

A moving picture in online game is one of major ways to advertise online games, which gives a lot of help in playing game. In this case, a moving picture is compressed to variable bit rate for efficient storage use and network resource efficiency. Adaptable bandwidth allocation technique builds a transmission plan of a game moving picture. And, then some frames are discarded when transmission rate by the transmission plan is larger than available transmission rate, until transmission rate satisfies available transmission rate. Thus, performance evaluation factors in adaptable bandwidth allocation technique may be dependent on discarding order of a frame which transmission rate is much influenced. In this paper, in order to show the performance, a CBA algorithm, an MCBA algorithm, an MVBA algorithm, [6] and [7] algorithm were applied to a transmission plan in the adaptable bandwidth allocation technique using various frame discard methods and performance evaluation factors were compared in among smoothing algorithms.

Keywords : Moving Picture, Adaptable Bandwidth Allocation Technique

1. 서론

온라인 게임에서 동영상은 게임 홍보와 게임의 흥미를 일으키는데 도움을 주거나, 게임 플레이 도중에 동영상을 삽입하여 실제감을 더해준다는데 사용되기도 한다.

이 경우에 동영상 비디오 데이터는 저장 공간과 네트워크 자원의 효율적인 사용을 위해 프레임 당 비트 수가 다른 가변 비트율 형태로 저장된다. 이와 같이 저장된 비디오 데이터를 전송

※ 제일저자(First Author) : 이면재
접수일자:2008년06월18일, 심사완료:2008년09월08일
* 남서울대학교 멀티미디어학과
mjlee@nsu.ac.kr
** 남서울대학교 멀티미디어학과
▣ 본 논문은 2008년 남서울대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음

계획을 세우지 않고 그대로 전송하는 경우에는 QoS를 보장하기 위해서 전송률을 급격히 증가시켜야 되는 버스트 현상이 발생할 수 있다[1][2][3][9]. 이 문제를 해결하기 위해 스무딩(Smoothing), 적응형 비디오 전송(Adaptable Video Transmission), 적응형 대역폭 할당(Adaptable Bandwidth Allocation) 방법 등이 사용된다[2][3][4]. 스무딩은 네트워크의 트래픽을 고려하지 않고 전송 계획을 수립하여 비디오 스트림을 전송하는 방법이다. 이를 위한 알고리즘에는 CBA(Critical Bandwidth Allocation)[5], MCBA(Minimum Changes Bandwidth Allocation)[11], MVBA(Minimum Variability Bandwidth Allocation)[12], PCRTT(Piecewise Constant Rate Transmission and Transport) 방법[8][9][10], e-PCRTT(enhanced-PCRTT) 알고리즘[14], e-PCRTT를 개선한 [6], [6]을 다시 개선한 [7]의 알고리즘 등이 있다. 이 방법은 전송률 변화 횟수 등의 특정 요소에 최적화된 전송이 가능하지만, 전송 계획대로 네트워크 자원들이 확보되는 환경에서만 제한적으로 사용될 수 있다. 적응형 비디오 전송은 네트워크 트래픽을 만족하기만 하면 전송 계획을 세우지 않고 프레임들을 전송하는 방법으로, 특정 요소에 대한 최적화된 전송을 할 수 없다. 적응형 대역폭 할당은 CBA 알고리즘을 사용하여 전송 계획을 세우고, 전송 계획에서 요구되는 전송률이 네트워크의 가용 전송률 보다 큰 경우에는 일부 프레임을 폐기하여 가용 전송률을 만족시킨다[2][3][4]. 이때, 전송률을 설정한 프레임이 늦게 폐기된다면 최소 재생률, 평균 재생률, 재생률 변화량 등의 평가 요소들이 크게 영향을 받을 수 있다. 이와 같은 현상은 오버플로우 경계점과 언더플로우 경계점을 중심으로 전송률이 변화되는 MCBA, MVBA 알고리즘에서도 동일하게 발생할 수 있다.

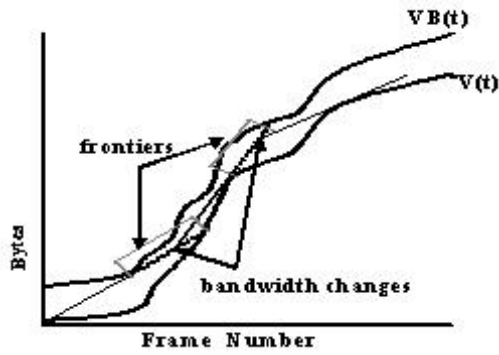
본 논문에서는 적응형 대역폭 할당 방법에서 프레임의 폐기 방법에 따른 성능을 평가하기 위하여 전송 계획으로 각각 CBA, MCBA, MVBA, [6]과 [7]의 알고리즘을 각각 적용하고 다양한 프레임 폐기 방법을 이용하여 성능을 평가한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 스무딩을 살펴보고, 3장에서는 적응형 대역폭 할당 방법에 대해 기술하고, 4장에서는 CBA, MCBA, MVBA, [6]과 [7]의 알고리즘을 적응형 대역폭

방법의 전송 계획으로 각각 적용하여 다양한 프레임 폐기 방법으로 성능을 평가한다. 그리고, 5장에서는 결론 및 추후 연구 방향을 기술한다.

2. 스무딩

스무딩 방법은 네트워크의 트래픽을 고려하지 않고 비디오 데이터에 대한 전송 계획을 세우는 것으로, (그림 1)은 스무딩 기법의 원리를 나타내는데[8], X축은 시간 즉 프레임 번호이며 Y축은 바이트 수이다. 식(1)의 $V(t)$ 는 언더플로우 경계선으로 프레임 0부터 프레임 t 까지의 누적된 바이트 수이며, f_i 는 프레임 i 의 바이트 수이다. 서버가 이 경계선보다 낮은 전송률로 프레임을 전송하면 클라이언트에서 언더플로우가 발생되어 QoS를 보장할 수 없다. VB(t)는 오버플로우 경계선으로 식(2)와 같이 언더플로우 경계선에 클라이언트 버퍼 크기 b 를 더한 값으로 표현된다. 서버가 오버플로우 경계선 보다 큰 전송률로 프레임을 전송하면 클라이언트에서 오버플로우가 발생되어 QoS를 보장할 수 없다. 따라서, 서버에서 계산된 전송률이 QoS를 만족하려면 언더플로우 경계선과 오버플로우 경계선 영역내에 있어야 하며, 이 경우에 스무딩 알고리즘은 언더플로우 경계선과 오버플로우 경계선 사이의 영역에서 동일한 전송률로 전송할 수 있는 연속적인 프레임들을 검색해야 한다. 이때 이 전송률에 의해 언더플로우 경계선(오버플로우 경계선)을 만나는 경우에 이 지점부터 오버플로우(언더플로우)를 발생시키는 프레임까지의 구간을 연장 구간(frontiers)이라 하고, 연장 구간에 속한 프레임들 중에서 스무딩 알고리즘의 목적에 적합한 프레임을 검색하여 이 프레임에서 전송률을 변화시킨다. 이 경우에 동일한 전송률로 전송하는 프레임들의 그룹을 런(Run)이라 한다.

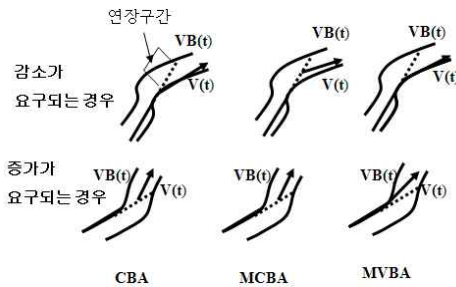


(그림 1) 스무딩 기법의 원리

$$V(t) = \sum_{i=0}^t f_i \quad (1)$$

$$VB(t) = b + \sum_{i=0}^t f_i \quad (2)$$

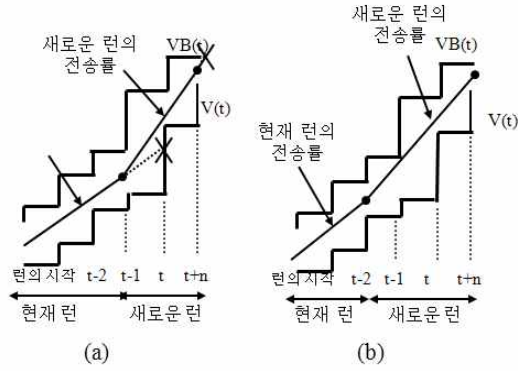
(그림 1)의 스무딩 기법의 원리를 바탕으로 QoS를 만족하면서 전송률 변화 횟수, 전송률 변화량, 그리고 버퍼 크기와 같은 특정 요소를 최적화하기 위한 목적으로 다양한 스무딩 알고리즘들이 연구되어져 왔다. (그림 2)는 CBA, MCB A, MVBA 알고리즘의 전송률 조절 방법이다[7][8].



(그림 2) CBA, MCB A, MVBA의 전송률 조절 방법

CBA 알고리즘[5]에서는 전송률 증가 횟수의 최소화를 목적으로 전송률 감소가 요구되는 경우에는 연장 구간의 첫 프레임을 새로운 런의 시작 프레임으로 설정하며, 전송률 증가가 요구되는 경우에는 연장 구간에 속한 프레임들 중에서 새로운 전송률로 언더플로우나 오버플로우가 발생되지 않고 가장 많은 프레임을 전송할 수 있는 프레임을 검색하여 이 프레임을 새로운 런의 시작 프레임으로 설정한다. MCB A 알고리즘[11]에서는 전송률 변화 횟수를 최소화하기 위해

서 전송률 변화가 요구되는 경우에 연장 구간에서 가장 많은 프레임을 전송할 수 있는 프레임을 새로운 런의 시작 프레임으로 설정한다. MVBA 알고리즘[12][16]에서는 전송률 변화량을 최소화하기 위해 연장 구간의 첫 프레임을 새로운 런의 시작 프레임으로 설정한다. 구간의 크기가 고정되고 버퍼 크기가 커질 수 있는 PCRR T 방법[8][9][10]을 개선한 e-PCRR T 알고리즘[14]에서는 각 구간에서 언더플로우가 발생되지 않을 최소 전송률과 오버플로우가 발생되지 않을 최대 전송률의 평균을 해당 구간의 전송률로 설정한다. 그러나, e-PCRR T 알고리즘은 PCRR T 알고리즘과 같이 전송률 변화 횟수에 제한을 갖고 있고 구간의 크기가 일정하여서 불필요한 전송률 변화가 발생되거나 요구되는 클라이언트 버퍼 크기가 커질 수 있다. 이를 개선하기 위해서 [6]에서는 전송률이 언더플로우 경계점과 오버플로우 경계점의 중간에서 변화되고 전송률 변화 횟수에 제한이 없고 구간의 크기를 가변적으로 설정한다. 그러나, 이 방법에서는 전송률 증가가 요구되는 경우에 새로운 구간의 전송률 증가량을 고려하지 않고 전송률을 설정하기 때문에 새로운 구간에서 급격히 높은 전송률이 요구될 수 있다. 이를 개선하기 위하여 [7]에서는 새로운 구간에서 전송률 증가가 요구되는 경우에 전송률 증가량을 최소로 하는 프레임을 검색하여 이 프레임을 새로운 구간의 시작 프레임으로 설정한다. (그림 3)은 [6]과 [7]에서의 전송률 조절 방법이다. (그림 3)(a)는 e-PCRR T 알고리즘을 개선한 [6]에서의 전송률 조절 방법으로 현재 런에서 언더플로우가 발생되어 전송률 증가가 요구되는 경우와 새로운 구간에서 오버플로우가 발생되어 전송률 감소가 요구되는 경우 두 경우 모두 전송률 증가량과 감소량을 고려하지 않고, 동일한 방법으로 전송률이 설정됨을 보여준다. 그래서, 새로운 구간에서 급격하게 높은 전송률이 요구될 수 있다. (그림 3)(b)는 이를 다시 개선한 [7]에서의 전송률 조절 방법으로 [6]에서와 같은 방법으로 연속적인 두 개의 런을 구하고 현재 런에서 새로운 구간의 전송률 증가를 가장 완만하게 설정할 수 있는 프레임 t-2를 검색하여 이 프레임을 새로운 런의 시작 프레임으로 설정하여 전송률의 증가가 요구되는 경우 완만하게 전송률이 증가됨을 보여준다.

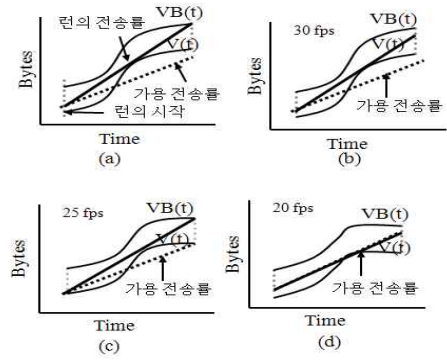


(그림 3) [6], [7]의 전송률 조절 방법

3. 적응형 대역폭 할당 방법

적응형 대역폭 할당은 네트워크 트래픽을 만족하면서도 특정 요소에 최적화된 전송을 하기 위하여 크게 두 단계로 구성된다.

첫 번째 단계에서는 스무딩 알고리즘을 사용하여 동일한 전송률로 전송할 수 있는 프레임들의 그룹을 설정한다. 두 번째 단계에서는 네트워크 트래픽을 고려하여 전송하는데, 첫 번째 단계에서 계산된 그룹의 전송률이 네트워크의 가용 전송률보다 큰 경우에는 가용 전송률을 만족시킬 때까지 그룹을 구성하는 프레임들 중에서 일부 프레임을 폐기시킨다. (그림 4)는 이 방법에서의 재생률 조절 과정이다[2][3]. (그림 4)(a)은 CBA 알고리즘을 수행하여 생성된 런이며, (그림 4)(b)는 30 fps인 경우에 런의 전송률이 가용 전송률보다 커서 재생률 조절이 필요한 경우이다. (그림 4)(c)는 재생률을 25로 감소시켰으나 아직도 런의 전송률이 가용 전송률보다 커서 재생률을 (그림 4)(d)에서와 같이 20 fps로 감소하여 가용 전송률을 만족시켜야 한다. 이 방법은 네트워크 트래픽이 변동될 때마다 런을 생성하기 위해 CBA 알고리즘을 수행하므로 계산 시간이 많이 소요된다[2][3][4].



(그림 4) 적응형 CBA 방법의 재생률 조절 과정

4. 성능 평가

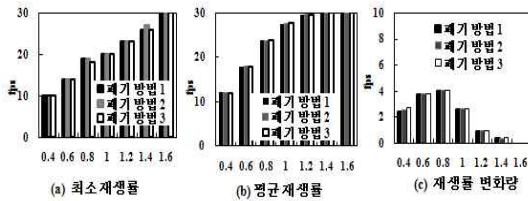
CBA, MCBA, MVBA, e-PCRTT를 개선한 알고리즘[6], [6]을 다시 개선한 알고리즘[7]을 적응형 대역폭의 전송 계획으로 각각 적용하여 폐기되는 프레임을 선택하는 방법에 따른 성능을 평가한다. 이를 위하여 첫째, [2][3]에서와 같이 폐기되는 프레임을 선택하는 경우(방법 1), 둘째, 런의 시작 프레임부터 프레임이 폐기되는 경우(방법 2), 셋째, 런의 마지막 프레임부터 폐기되는 경우(방법 3)를 런의 전송률이 가용 전송률을 만족시키지 못하는 경우 폐기되는 프레임을 선택하는 방법으로 설정하여 실험한다.

가용 전송률이 평가 요소에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 버퍼 크기를 5MB[2][3][4]로 고정하고 가용 전송률을 비디오 스트림을 구성하는 프레임들의 평균 바이트 수의 0.4배부터 1.6배 [2][3][4]까지 다양하게 설정하여 실험한다. 실험에 사용된 평가 요소는 최소 재생률[2][3][4], 평균 재생률[2][3][4], 재생률 변화량[2][3][4]이다. 사용된 비디오 데이터는 E.T.90[2][3][4][15]이다.

실험에 사용된 컴퓨터의 사양은 Penitum 4인데, 속도는 2.8 Ghz이고 메모리는 1GB이다. 실험에 사용된 스무딩 알고리즘들은 Microsoft Visual Studio 6.0 환경에서 모두 C 언어를 사용하여 구현하였다.

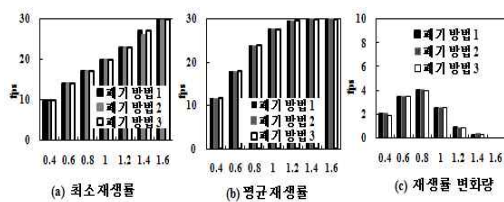
(그림 5)는 [7]을 적응형 대역폭 방법에서의 전송 계획으로 적용하여 각 가용 전송률에 대해 평가 요소를 비교한 결과이다. 실험에 사용된 모든 프레임 폐기 방법들에 대해서, 가용 전송률이

커질수록 최소 재생률과 평균 재생률이 모두 커진다. 이는 가용 전송률이 클수록 프레임을 적게 폐기시켜도 전송 계획에서 요구되는 전송률이 가용 전송률을 만족시킬 수 있기 때문이다. 가용 전송률이 1.6배인 경우 재생률 변화량이 0인데 이는 모든 구간의 전송률이 가용 전송률을 만족시켜서 모든 구간의 재생률이 30으로 설정되기 때문이다. 이 방법에서는 프레임 폐기 방법에 따라 평가 요소들이 크게 영향을 받지 않는데 이는 특정 프레임에 의해서 해당 구간의 전송률이 설정되지 않고 구간을 구성하는 평균 바이트 수에 의해 런의 전송률이 설정되기 때문이다.



(그림 5) [7]의 알고리즘을 이용한 실험 결과

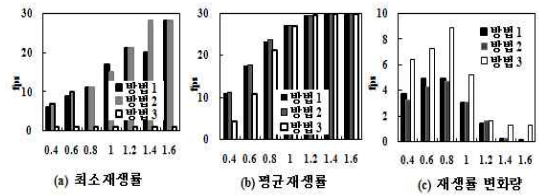
(그림 6)은 e-PCRTT를 개선한 알고리즘[6]을 적응형 대역폭 방법에서의 전송 계획으로 적용하여 각 가용 전송률에 대해 평가 요소를 비교한 결과이다. 가용 전송률이 클수록 최소 재생률과 평균 재생률이 커진다. 재생률 변화량도 (그림 5)의 [7]의 알고리즘에서와 동일하게 가용 전송률이 1.6배인 경우에 0이다. 이 방법에서도 (그림 5)에서와 같은 이유로 프레임들의 폐기 방법에 따라 평가 요소들이 크게 영향을 받지 않는다.



(그림 6) [6]의 알고리즘을 이용한 실험 결과

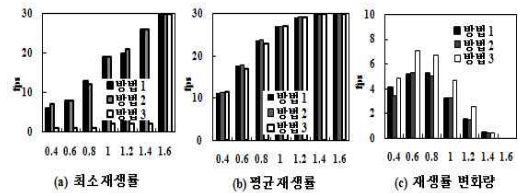
(그림 7)은 CBA 알고리즘을 적응형 대역폭 방법에서의 전송 계획으로 적용하여 각 가용 전송률에 대해 평가 요소를 비교한 결과이다. 폐기

방법과 폐기 방법 2의 경우 구간의 전송률에 영향을 크게 준 프레임이 주로 구간의 시작 부분에 있는데, 이 프레임이 빨리 폐기되는 경우가 많아서 가용 전송률이 커질수록 최소 재생률이 커진다. 그러나, 폐기 방법 3의 경우 최소 재생률이 1로 일정한데, 이는 런의 전송률이 런의 첫 번째 프레임에서 설정되었는데, 이 프레임이 가장 늦게 폐기되는 구간이 발생되었기 때문이다.



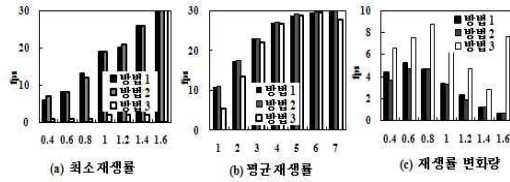
(그림 7) CBA 알고리즘의 실험 결과

(그림 8)은 MCBA 알고리즘을 적응형 대역폭 방법에서의 전송 계획으로 적용하여 각 가용 전송률에 대해 평가 요소를 비교한 결과이다. 폐기 방법 1과 폐기 방법 2의 경우 (그림 7)에서와 같은 이유로 가용 전송률이 커질수록 최소 재생률이 커진다. 그러나, 폐기 방법 3의 경우 (그림 7)에서와 같은 이유로 최소 재생률과 평균 재생률이 아주 낮다.



(그림 8) MCBA 알고리즘의 실험 결과

(그림 9)는 MVBA 알고리즘을 적응형 대역폭 방법에서의 전송 계획으로 적용하여 각 가용 전송률에 대해 평가 요소를 비교한 결과이다. MVBA 알고리즘에서의 최소 재생률, 평균 재생률, 재생률 변화량은 (그림 7)의 CBA 알고리즘과 (그림 8)의 MCBA 알고리즘에서의 최소 재생률, 평균 재생률, 재생률 변화량 비교에서와 동일한 이유로 비슷한 결과를 보인다.



(그림 9) MVBA 알고리즘의 실험 결과

5. 결론 및 추후 연구 방향

적응형 대역폭 할당 방법은 전송 계획을 세우고 네트워크 트래픽을 고려하여 비디오 데이터를 전송하는데, 전송 계획으로 CBA 알고리즘이 사용된다. 그러나, 이 알고리즘은 특정 프레임에서 런의 전송률이 설정되므로, 이 프레임이 늦게 폐기되는 정도에 따라서 최소 재생률, 평균 재생률, 재생률 변화량의 평가 요소가 크게 영향을 받는다. 이와 같은 현상은 MCBA, MVBA 알고리즘을 전송 계획으로 적용하는 경우에도 동일하게 발생될 수 있다.

본 논문에서는 적응형 대역폭 할당 방법에서 프레임 폐기 방법이 평가 요소에 미치는 영향을 살펴보았다. 이를 위해, CBA, MCBA, MVBA, [6], [7]을 적응형 대역폭 할당 방법의 전송 계획으로 각각 적용하고 런의 전송률이 네트워크 트래픽을 만족시키지 못하는 경우에 프레임 폐기 방법으로 [2,3]에서 제시된 프레임 폐기 방법, 런을 구성하는 첫 번째 프레임부터 순차적으로 프레임을 폐기하는 방법, 그리고 런을 구성하는 마지막 프레임부터 첫 번째 프레임까지 프레임을 폐기하는 방법을 각각 실험하고 분석하였다.

평가 결과, [6]과 [7]의 알고리즘에서는 런의 전송률이 런을 구성하는 프레임들의 평균 비트 수로 계산되어서 특정 프레임에 의해 런의 전송률이 설정되지 않은 결과로 평가 요소들이 실험에 사용된 프레임 폐기 방법들에 의해 크게 영향을 받지 않았다. 그러나, CBA, MCBA, MVBA 알고리즘의 경우에 특정 프레임에서 런의 전송률이 설정되므로 런의 전송률을 설정한 프레임이 늦게 폐기되는 경우에 최소 재생률, 평균 재생률, 재생률 변화량이 크게 영향을 받았다.

추후에는 프레임의 중요도를 고려하여 프레임 폐기하는 방법에 관한 연구를 진행할 예정이다.

다.

참고 문헌

- [1] D. Le Gall, "MPEG: A video compression standard for multimedia applications", Communications of the ACM, vol.34, pp.47-58, April 1991.
- [2] Wu-chi Feng, Ming Liu, "Critical Bandwidth Allocation Technique for Stored Video Delivery Across Best-Effort Network", pp.25, (OSU- CISRC-8/98-TR3 2) Electronic report under 1998/TR32.ps.
- [3] Wu-Chi Feng, Ming Liu, "Extending critical bandwidth allocation Techniques for stored video delivery across best-effort networks", International Journal of COMMUNICATION SYSTEMS Int.J.Communic.ust, 2001.
- [4] Wu-Chi Feng, Ming Lue, Brijesh Krishnaswami, "A Priority Based technique for the Best-Effort Delivery of Stored Video", SPIE/IS&T Multimedia Computing and Networking 1999 Sanjose, California, January 1999.
- [5] W. Feng, S. Sechrest, "Critical Bandwidth Allocation for the Delivery of Compressed Pre-recorded Video," Computer Communications, Vol.18, No.10, pp.709-717, Oct 1995.
- [6] 이면재, 박도순, 이준용, "가변 비트율 비디오 전송을 위한 효율적인 스무딩 알고리즘", 한국정보처리학회, 제 11-C권 제 7호, 2004.
- [7] 유희진, 이면재, "네트워크 트래픽을 고려한 효율적인 게임 동영상 전송 알고리즘", 한국정보기술학회, 제 6권 3호, 2008.6.
- [8] W. Feng and J. Rexford, "Performance evaluation of smoothing algorithms for transmitting pre-recorded VBR video", IEEE Trans. on Multimedia, September 1999.
- [9] Wu-chi Feng, "A Comparison of Bandwidth Smoothing Techniques for the Transmission of Pre-recorded Compressed Video", in Proc. IEEE INFOCOM, pp.58-66, April 1997.
- [10] J. McManus and K.Ross, "Video on demand over ATM:Constant-rate Transmission and Transport", in proc.of ACM SIGMETRICS, pp.222-231, May 1996.
- [11] W.Feng, F.Jahanian, S.Sechrest, "An Optimal Bandwidth Allocation Strategy for the Delivery of Compr

essed Prerecoded Video”, ACM/Springer-Verlag Multimedia Systems, vol. 5, no. 5, pp.297-309, Sept 1997.

[12] J.D. Salehi, et. al., “Supporting stored video: Reducing rate variability and end-to-end resource requirements through optimal smoothing”, in Proc. of ACM SIGMETRICS, pp.222-231, May 1996.

[13] O.Hadar S.Greenberg, “Statistical multiplexing and admission control policy for smoothed video streams using e-PCRTT algorithm”, International Conference on Information Technology: Coding and Computing, March 2000.

[14] Ofer Hadar Reuven Cohen, “PCRTT Enhancement for Off-Line Video Smoothing”, The Journal of Real Time Imaging. Vol. 7, No. 3, pp.301-314, June 2001.

[15] <http://web.cecs.pdx.edu/~wuchi/Video>

[16] J. D. Salehi, “Scheduling Network Processing on Multimedia and Multiprocessor Servers”, Ph.D. dissertation, Univ. Massachusetts, Amherst, Sept 1996.

[17] W. Feng, et.al., “Optimal Buffering for the Delivery of Compressed Prerecoded Video”, Proc. of the IAS TED/ISMM Intl Conference on Networks, January 1995.

[18] J. Zhang and J. Hui, “Applying traffic smoothing techniques for quality of service control in VBR video transmissions”, Computer Communications, pp.375-389, April 1998.

이 면 재



1992년 : 홍익대학교 전자계산학과(학사)
 1994년 : 홍익대학교 전자계산학과(석사)
 2006년 : 홍익대학교 전자계산학과(박사)

2006년~현재 : 남서울대학교 멀티미디어학과 교수
 관심분야: 게임 프로그래밍, 게임 엔진, e-Learning

김 태 은



1989년 : 중앙대학교 전기공학과(학사)
 1992년 : 중앙대학교 전자공학과(석사)
 1997년 : 중앙대학교 전자공학과(박사)

1995년 : 삼성휴먼테크 논문대상 은상수상
 1994년~1996년 : 한국과학재단(ERC) 참여연구원
 1997년~현재 : 남서울대학교 멀티미디어학과 부교수
 관심분야 : 컴퓨터비전(영상인식), 증강현실, 멀티미디어인식시스템