

멀티미디어 스트리밍을 위한 최소 왜곡 패킷 스케줄링 기법 연구

Optimal Rate-Distortion base packet scheduling for multimedia streaming

*장 인 광
Ingwang Chang

**원 유 집
Youjip Won

Abstract - In this paper, we explore the streaming environment which adopts the MPEG-4 FGS(Fine Granularity Scalability) encoding schemes. We investigate the server and client structure to fine the bottleneck of streaming system. After the studies, we propose a novel packet scheduling algorithm which enhances user perceptible playback quality. Experimental results show the performance enhancement of our algorithm, and system require less resources.

Key Words : 멀티미디어, 스트리밍, FGS, MPEG

1. 연구의 필요성

스트리밍 서비스를 효과적으로 지원하기 위해, 대역폭 변화에 따른 단말기에서의 화질 변화를 최소화해야 한다. 우리는 각각의 요소들에 대한 조사를 마친 후 이를 바탕으로 최적의 시스템을 구성하기 위한 시스템 모델을 제시할 것이다. 이를 위해 기존 시스템이 가지는 문제점을 살펴 본다.

비디오 압축 시스템에서는 스트리밍 서비스에 더욱 알맞은 압축 방법이 개발되었다. MPEG-4 FGS[1]는 비디오의 계층을 세분화 하여 압축함으로써 스트리밍 서비스 높은 효율을 가질 수 있도록 한다.

전송 시스템과 단말기의 효율을 높이기 위한 운영체제의 지원 방법도 제시 되었다. Won[5]등에 의해 제시된 파일 저장 시스템은 스트리밍 서버의 디스크에서의 부하를 줄이는 방법을 제시하였다.

시스템이 최대의 성능을 내기 위해서는, 시스템을 이루는 각 요소들이 유기적으로 연동되어 작동하여야 한다. 따라서, 시스템 전체의 측면에서 성능 향상에 대한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 단말기에서의 재생 화질이 최대가 되도록 하는 패킷 스케줄링 알고리즘을 제시하며, 특히 모바일 환경과 같이 자원의 제약이 심한 시스템에서 탁월한 성능을 보임을 확인한다.

2. 스트리밍 시스템 환경 분석

2.1 MPEG-4 압축 기법

MPEG-4와 같은 인터프레임(Inter-frame)[2] 압축 기법은 인접 프레임과의 차이를 사용하여, 압축하며 참조 프레임은

복원시 반드시 필요하다. 이를 프레임간의 의존성이라 하며, MPEG-4 FGS 압축 기법에서는 계층들 간에서도 의존성을 가진다.

i 번째 프레임의 j 번째 계층은 (u, l) 와 같이 표현하며, $A(u, l)$ 는 계층 (u, l) 이 의존성을 가지는 계층의 집합이며, $C(u, l)$ 는 복원시 계층 (u, l) 을 참조하는 계층의 집합으로 정의한다. 그림 1은 MPEG-4 FGS의 계층간 의존성을 나타낸다.

계층 (u, l) 이 손상 되었을 때 갖는 왜곡의 양은 $FSNR(u, l)$ [3]을 사용한다. 계층 (u, l) 이 전송 과정에서 손실된 경우 이를 참조하는 계층들은 복원에 사용할 수 없다.

전송 시스템을 설계하기 위해서는 계층간의 의존성으로 인한 계층 손실의 영향력을 표현하기 위한 함수가 필요하며, 계층 (u, l) 의 자식 계층의 집합과, 각각의 계층이 갖는 왜곡의 양을 사용하여 계층 (u, l) 의 손실로 인해 발생하는 단말기의 화질 저하의 양 $QIF(u, l)$ 를 정의 한다. 식 1은 QIF의 정의를 나타낸다.

$$QIF(u, l) = \sum_{(i, j) \in C(u, l)} FSNR(i, j) \quad (1)$$

단말기의 재생 화질을 높이기 위해서는 전송 계층의 선택 시 $QIF(u, l)$ 의 순서에 따른 전송을 통해 화질을 향상 시킬수 있다.

2.2 패킷 스무딩(Smoothing)

스무딩 기법은 데이터 전송시 패킷의 전송 방법에 변화를 줌으로써 패킷 전송 성공률을 높일 수 있는 방법이다. 그림 2는 스무딩 기법의 사용으로 인한 손실율의 감소를 나타낸다. 스무딩을 사용한 방법에서는 패킷 손실이 많이 발생하지만, 전체 데이터 손실의 측면에서는 패킷 손실이 적어졌음을 알 수 있다. 이는 중요성이 높은 패킷에 긴 인터벌을 할당하고, 중요성이 적은 패킷에 짧은 인터벌을 할당하여 중요한 패킷의 전송 성공률을 높였기 때문이다.

저자 소개

* 張 仁 廣 : 漢陽大學 電子通信電波工學科 博士課程

** 元 裕 集 : 漢陽大學 電子通信電波工學科 教授

2.3. 단말기의 이중 큐 구조

서버에서 단말기로 패킷을 전송하면서 재생 프로그램이 가지는 버퍼의 상태를 고려하여 데이터 전송시, 어플리케이션의 버퍼가 비어있는 상황에서도 패킷의 손실율이 떨어지지 않았다. 단말기는 커널과 어플리케이션이 각각의 버퍼를 운영하므로 이중 중속큐의 형태로 볼수 있다. 따라서, 어플리케이션의 버퍼를 아무리 크게 잡아도 커널의 버퍼가 충분하지 않다면 패킷의 손실율은 감소하지 않는다. 결과를 통해 단말기의 버퍼 구조의 해석에는 2단계 큐 모델을 사용해야 함을 알 수 있다. 그림 3은 단말기의 2중 큐 구조를 나타낸다.

3. 패킷 스케줄링 알고리즘

3.1 문제 정의

이 연구의 목적은 단말기에서 동영상 재생시 비디오 화면의 품질을 최대화 하는데 있다. 즉, 높은 우선 순위를 가지는 패킷의 재생 성공률을 높여 시청자가 느끼는 화질을 향상 시킬수 있다. 식 2는 전송 스케줄이 가지는 왜곡의 양을 정의한다.

$$D(P) = \sum_{i=0}^{V-1} \sum_{j=0}^{k(i)-1} PSNR(u, d) - \sum_{(n, d) \in G, n \neq \alpha(v, i)} QIF(u, d) \quad (2)$$

따라서, 스케줄러의 재생 화질을 향상시키기 위해서는 $D(P)$ 의 값이 최대가 되도록 하는 스케줄러를 설계 해야한다.

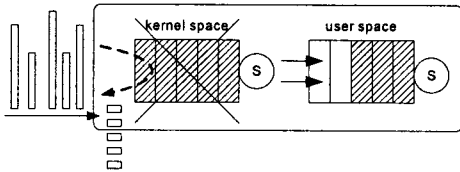


그림 3 단말기의 2중 큐 구조

3.2 패킷 스케줄링 알고리즘

그림 4는 제안한 패킷 스케줄링 알고리즘을 나타낸다. Packet-Scheduler()의 인수 GOP는 프레임의 배열을 나타낸다. GOP의 속성 중 layers는 GOP에 포함된 전체 계층의 수이다. c 는 네트워크로 전송할 수 있는 데이터의 양을 나타내며 단위는 byte 이다. e 는 정규화 계수를 결정하는 값이다.

4. 실험 및 분석

4.1 실험환경

실험은 ns-2[10]상에서 진행되었다. 실험에 사용된 파라미터는 표 1과 같다.

변수	내용
링크의 MTU값	1500 Byte
N (GOP의 길이)	15 프레임
M (P 프레임간 간격)	3 프레임
FPS (Frame per Second)	30 fps
전송 파일의 비트레이트	700 Kbps

표 3 실험에 사용된 파라미터

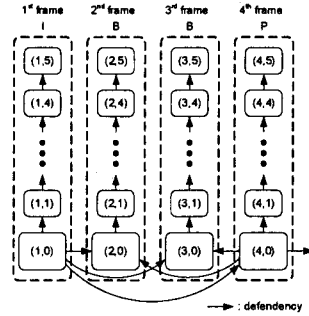


그림 1 FGS의 의존성

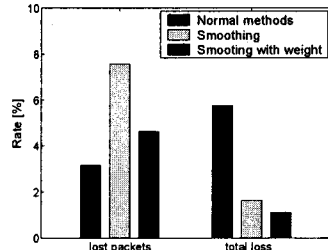


그림 2 스무딩 기법에 의한 손실율

```

Packet-Scheduler (GOP, c, e)
1: k ← 1
2: for i ← 1 to N
3:   do F ← GOP[i]
4:   for j ← 1 to F.layers
5:     do A[k] ← F[j]
6:     k ← k + 1
7:
8:   Sort-QoS (A)
9:
10:  sum ← 0
11:  for i ← 1 to GOP.layers
12:    do sum ← sum + A[i].size
13:    if c < sum
14:      then break
15:      else B[i] ← A[i]
16:
17:  Reorder (B)
18:  total ← 0
19:  for i ← 1 to B.layers
20:    do total ← total + ((B[i].size) * (B[i].QoS)^e) / c
21:
22:
23:  k ← 1
24:  for i ← 1 to B.layers
25:    do d ← Ceil(B[i].size / MTU)
26:    for j ← 1 to d
27:      do P[k] ← slice(B[i], j)
28:      P[k].time ← ((B[i].size) * (B[i].QoS)^e) / (c * d * total * T)
29:
30:    k ← k + 1
31:  return P
  
```

그림 4 패킷 스케줄링 알고리즘

그림 5는 알고리즘의 정규화 계수 e 를 -5에서 5까지 변화시켜서 얻은 패킷 손실율이다. 전체 패킷의 손실율은 $e=-0.5$ 에서 최소가 됨을 알수 있고, 그 외의 구간에서는 패킷의 손실율이 증가하고 있다.

그림 6은 계수 e 에 따른 재생 화질을 나타낸다. 즉, 전체 전송 데이터중 복원에 실패한 계층으로부터 QIF를 뺀값이다. $e=-5$ 에서 약 3×10^7 의 값에서 계속 상승한 뒤, $e=-0.5$ 를

참 고 문 헌

- [1] Information technology - Coding of audio-visual objects - Part 2: Visual, ISO/IEC IS 14496-2, Rev. 2nd ed., December 2001.
- [2] J. R. Jain, A. K. Jain, "Displacement measurement and its application in interframe image coding," IEEE Trans., vol. C-29, no. 12, pp. 1799-1806, Dec. 1981.
- [3] A. K. Jain, "Fundamentals of digital image processing," Prentice Hall, 1989.
- [4] Information Sciences Institute, "The network simulator - ns-2," January 2004. <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [5] Y. Won, J. Park, S. Ma, "Hermes: File system support for multimedia streaming in information home appliance," LNCS, vol. 2510, pp. 172-179, Oct. 2002.

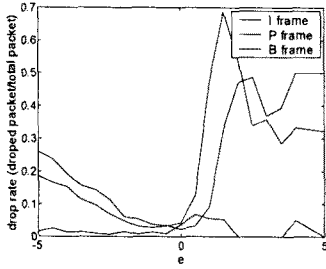


그림 5 e의 값에 따른 패킷 손실률

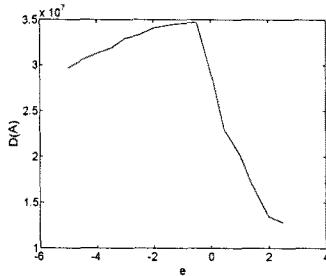


그림 6 e에 따른 단말기 재생 화질

정점으로 그래프가 하강하기 시작한다. 따라서, 재생시 화질은 $e=-0.5$ 일때 최고가 됨을 알 수 있다.

그림 5, 6로부터 알고리즘 성능이 가장 높은 경우의 정규화 계수는 $e=-0.5$ 임을 알 수 있으며, 이를 바탕으로 기존의 알고리즘과 비교를 수행한다.

그림 9는 재생 화질을 비교한 그래프이며, 제안한 알고리즘을 통해 30%정도의 화질 향상이 있음을 알 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 스트리밍을 위한 패킷 스케줄링 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 기존의 전송 방법보다 더 나은 화질을 제공하며, 시스템의 자원 사용 측면에서도 효율적임을 알 수 있다.

본 논문이 제안하는 기법을 통해, 모바일 환경과 같은 자원의 제약이 많은 환경에서 스트리밍 서비스를 제공할 수 있

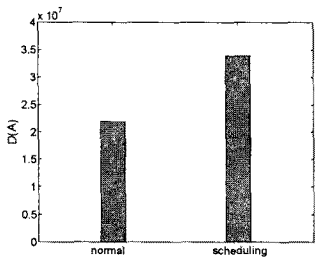


그림 9 전송 방법간의 화질 비교

다.