

무선 모바일 환경에서 병렬서버를 사용한 멀티미디어 스트림 전송기법

허 주⁰ 정진하 윤완오 신광식 최상방

인하대학교 전자공학과

sangbang@inha.ac.kr

Multimedia Stream Transmission Scheme using Parallel Server in Wireless and Mobile Environment

Joo Heo⁰ Jin-Ha Jung Wan-Oh Woon Kwang-Sik Shin Sang-Bang Choi

Dept. of Electronic Eng, Inha Univ.

요 약

기존의 VOD 서비스는 일반적으로 단일 서버 모델을 사용하여 서비스 되어왔다. 그렇지만 단일 서버 모델의 VOD 서비스는 서버 용량의 확장에 따른 오버헤드가 크며 서버 고장시 VOD 서비스를 실시할 수 없는 문제점이 있다. 따라서 이런 문제점들을 해결하고자 병렬 서버 구조에 기반을 둔 VOD 서비스에 대한 연구가 이루어지고 있다. 기존의 유선 네트워크에서의 병렬 서버 구조에 기반을 둔 스트림 전송에 관한 연구가 일부 진행되어 왔지만 무선 네트워크와 관련하여 그러한 연구가 거의 없으며 있어도 아주 이상적인 경우를 가정하였다. 이동통신의 급속한 발전으로 현재 이동국들은 멀티미디어 서비스를 받을 수 있게 되었으며 앞으로는 이동국들에 제공되는 멀티미디어 서비스 역시 QoS가 보장되어야 한다. 따라서 본 논문에서는 무선 모바일 환경에서 병렬 서버 구조를 사용하여 멀티미디어 스트림을 전송함으로써 기지국의 혼잡 상황에도 이동국에서 QoS를 보장할 수 있는 방법을 제시한다. 시뮬레이션 분석 결과를 보면 기지국의 혼잡 상황에서 병렬 서버 구조에 기반을 두고 멀티미디어 스트림을 전송하게 되면 단일 서버로 멀티미디어 스트림을 전송할 때보다 이동국의 수신 상태가 42% 향상됨을 알 수 있다.

1. 서론

VOD 서비스는 지금까지는 일반적으로 단일 서버 모델로서 서비스 되어 왔다. 즉 클라이언트가 VOD 서비스를 요청하면 하나의 비디오 서버만이 유니캐스트 방식이나 멀티캐스트 방식으로 비디오 스트림을 클라이언트에게 전송하였다. 그런데 단일 서버 방식의 시스템들은 만약 비디오 스트리밍 서비스를 제공하고 있는 서버에 문제가 발생하면 더 이상 클라이언트에게 서비스를 제공할 수가 없다는 단점이 있다. 즉 결함 허용 (Fault-Tolerance) 능력이 약한 문제가 있다. 이러한 단일 서버의 문제를 해결하고 서버 측의 용량을 확장하기 위해 일반적으로 동일한 데이터를 추가로 설치한 여러 서버들에 복사하고 이들을 사용하여 더 많은 클라이언트들에게 VOD 서비스를 제공한다. 이와 같은 방식은 단일 서버 방식이 가지는 결함 허용 문제를 해결하기는 하지만 똑같은 비디오 데이터가 여러 서버에 저장되기 때문에 저장 용량 측면에서 오버헤드가 생긴다. 또한 여러 서버들간의 부하 불균형 문제가 발생한다. 이러한 단일 서버 모델의 문제점을 해결하기 위해 비디오 데이터를 가지고 있는 한 서버만 클라이언트에게 비디오 스트림을 전송하는 방식이 아닌 비디오 데이터를 여러 대의 서버에 적절히 배치하여 전송하는 병렬 서버 구조에 기반을 둔 스트림 전송 기법과 관련된 연구가 시작되고 있다 [1]. 본 논문은 다음과 같은 내용으로 구성되어 있다. 2절에서는 병렬 서버를 사용하여 멀티미디어 스트림을 전송할 때 발생하는 문제점에 대해 기술한다. 3절에서는 차세대 멀티미디어 압축 표준인 MPEG-4의 비디오 프레임 특성과 기지국의 스케줄링 기법에 대해 소개하고 기지국의 혼잡 상황에서도 이동국에 QoS를 보장할 수 있는 병렬 서버를 사용한 스트림 전송 기법을 제안한다. 4절에서는 본 논문에서 제안한 스트림 전송 기법과 단일 서버 방식의 스트림 전송 기법의 성능을 분석한다. 5절은 본 논문의 전체적인 요약 부분이다.

시뮬레이션 분석 결과를 보면 기지국의 혼잡 상황시 병렬서버에 전송할 때보다 이동국의 수신상태가 42% 향상되었음을 알 수 있다.

2. 병렬 서버를 사용한 멀티미디어 스트림 전송

2.1. 병렬 서버 구조와 데이터 스트리밍

병렬 서버 구조에 기반을 둔 VOD 서비스의 핵심은 비디오 데이터를 여러 대의 서버에 배치하는 방법이며, 이렇게 비디오 데이터를 여러 서버에 배치하는 기법을 데이터 스트리핑이라고 부른다. 데이터 스트리핑 방식에는 두 가지 방법이 있다. 첫번째 방법은 타이밍 스트리핑 방법이라고 하는데 비디오 데이터를 프레임의 연속으로 쪼개서 한 서버당 N 개의 프레임을 라운드 로빈 식으로 여러 대의 서버에 배치하는 방식이다. 두번째 데이터 스트리핑 방법은 공간 스트리핑 방법이라고 하는데 이 방법은 타이밍 스트리핑처럼 프레임 단위로 스트리핑 하는 것이 아니라 단순히 비디오 데이터를 일정한 크기로 나누어서 그 비디오 데이터들을 각각의 서버에 저장하는 방식이다. 이처럼 병렬 서버 구조는 비디오 데이터가 여러 서버에 스트리핑 되기는 하지만 단지 한 번만 저장되기 때문에 저장 용량 측면에서의 오버헤드가 없다. 그리고 병렬 서버 구조를 사용하여 VOD 서비스를 하면 부하 불균형 문제를 거의 완벽하게 제거할 수 있다. VOD 서비스를 받기 위해서는 여러 대의 서버가 가지고 있는 데이터들을 라운드 로빈 방식으로 받아야 하기 때문이다. 또한 하나의 서버가 고장이 나도 다른 서버들은 계속 서비스를 수행할 수 있기 때문에 결함 허용 측면에서도 좋다. 따라서 병렬 서버 구조는 단일 서버 구조가 가지고 있는 문제점들을 많이 향상한 구조라고 할 수 있다.

2.2. 멀티미디어 동기화 문제

한 클라이언트가 요청한 동영상은 많은 미디어 객체들로 이루어져 있다. 여기서 미디어 객체란 동영상을 구성하는 텍스트 자막, 오디오 데이터, 이미지 등을 말한다. 멀티미디어 스트림의 특성상 미디어

본 과제(결과물)는 정보통신부의 정보통신기초기술연구지원사업(정보통신연구진흥원)으로 수행한 연구결과입니다(C1-2003-2000-0198).

객체들간에는 엄격한 시간상의 제약조건이 따른다. 다시 말하면 멀티미디어 객체들이 재생되는 순서가 정해져 있으며 이러한 순서가 정확히 지켜져야만 한다는 것이다. 이렇게 멀티미디어 동영상은 구성하는 미디어 객체 스트림들의 시간상의 재생순서를 유지시키는 과정을 멀티미디어 동기화[2] 라고 부른다. 멀티미디어 동기화 과정은 두가지 부류의 동기화로 분류된다. 첫번째는 인트라 스트림 동기화라고 하며 두번째는 인터 스트림 동기화라고 한다. 아래의 그림 1은 두가지 멀티미디어 동기화 과정을 설명하고 있다.

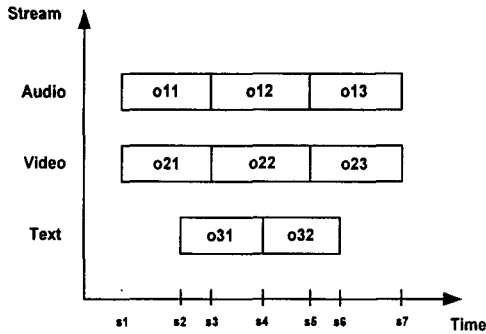


그림 1. 인트라 스트림 동기화와 인터 스트림 동기화

위의 그림을 살펴보면 하나의 멀티미디어 동영상이 3가지의 미디어 객체(오디오, 비디오, 텍스트)로서 구성되어 있음을 알 수 있다. 비디오 스트림 하나만을 고려해보면 고려하고 있는 시간 내에 3개의 세그먼트 데이터 (o21, o22, o23)의 재생 순서가 지켜져야만 한다. 이처럼 하나의 스트림을 구성하는 세그먼트 간의 재생순서를 지키는 과정을 인트라 스트림 동기화라고 한다. 인트라 스트림 동기화가 하나의 스트림 내에서의 세그먼트 간의 시간순서를 조절하는 과정인데 반해 인터 스트림 동기화는 서로 다른 스트림들을 구성하는 세그먼트들간의 시간 순서를 조절하는 과정이다. 단일 서버모델로서 멀티미디어 스트림을 전송하면 하나의 스트림만 존재하기 때문에 인트라 스트림 동기화만 고려하여 전송하면 된다. 그렇지만 병렬 서버 구조에 기반하여 멀티미디어 스트림을 전송하면 여러 스트림이 존재하게 되어서 인트라 스트림 동기화뿐만 아니라 인터 스트림 동기화도 고려해야 한다.

3. 무선 모바일 환경에서 병렬 서버에 기반을 둔 스트림 전송 방법

3.1. MPEG 0 4 비디오 데이터의 구조

MPEG-4는 객체 지향적인 압축표준이며 무선 채널에서 문제시되는 높은 비트당 에러율에도 불구하고 강한 오류 복구 능력을 지니고 있다. 또한 기존의 자연 영상뿐만 아니라 컴퓨터 그래픽이나 합성 영상 또한 압축할 수 있으며 수정, 편집 가능 또한 지니고 있기 때문에 무선 멀티미디어 압축 표준으로 널리 사용될 것으로 기대된다. MPEG-4는 기존의 MPEG-1, MPEG-2에 비해 여러 가지 부가적인 기능이 지원되는 것은 사실이지만 자연 영상을 무선 채널에 보낸다고 가정하면 압축 데이터를 복원하는 알고리즘 및 비디오 데이터의 구성은 MPEG-4와 MPEG-1은 다를 것이 거의 없다. 이 경우 MPEG-4의 비디오 데이터는 프레임 단위로 구분되며 I 프레임, B 프레임, P 프레임으로 이루어져 있다. 이들 중 I 프레임이 손실되면 1 GOP 동안 다른 프레임들은 복원할 수 없다. 따라서 MPEG -4 에서 비디오 데이터는 프레임간에 우선 순위가 존재한다.

3.2. 기지국에서의 스케줄링 정책

이동통신 기술의 급격한 발전에 힘입어 현재 CDMA 2000 1xEVDO 에 기반한 동영상 서비스를 이동국이 제공 받고 있으며 4세대 이동통신 시스템들은 2Mbps 이상의 고속 데이터 전송률을 지원할

것이 예상된다. 따라서 이동국들에게도 양질의 서비스를 제공해야만 하며 이를 위해서는 기지국 내에도 스케줄링 알고리즘을 사용하여 일정한 대역폭을 이동국들에게 제공함을 의미한다. 그러나 무선 채널은 유선 채널과는 달리 채널의 용량이 수시로 변화하며 또한 어떤 특정 지역에서는 거의 데이터 전송이 되지 않는 특징을 지닌다. 따라서 기존의 유선 네트워크에서 많이 연구되어 왔던 WFQ 나 W2FQ 스케줄링 알고리즘에 약간의 변형을 가하여 무선 채널의 상태에 따라 클라이언트의 할당 대역폭에 변화를 가하는 보상 기법이 연구되고 있다 [3].

3.3. 기지국의 QoS 보장 방안

기존의 멀티미디어 동기화와 관련된 연구는 주로 유선 네트워크를 가정하여 진행되어 왔다. 또한 유선 네트워크에 무선 네트워크를 접목시켰다 할지라도 아주 이상적인 환경에서만 연구되어 왔으며 기지국에 혼잡(Congestion)이 일어나는 경우는 고려하지 않았다 [4]. 또한 기지국에 스케줄링 기법을 적용하는 것과 관련되어서는 언급이 없다. 본 논문에서는 기지국에 혼잡이 일어나서 패킷 손실이 일어나는 경우에도 QoS를 보장하는 멀티미디어 스트림 전송기법을 제안한다. 기존의 병렬 서버를 사용한 멀티미디어 스트림 전송기법과 관련된 논문들에서는 서버 프레임 스트리밍 기법을 병렬 서버에 적용하였다. 그러나 이 방법을 사용하면 거의 완벽하게 부하 불균형 문제를 해소할 수 있지만 모든 서버가 동일한 비디오 데이터들을 나누어 높은 것을 가지고 있으므로 어느 한 서버의 데이터 플로우에 QoS를 주기가 용이하지 않다. 또한 앞에서 언급한 것처럼 MPEG 계열의 압축들은 프레임 간의 우선 순위가 존재하며 I 프레임이 손실되면 1 GOP에 해당하는 프레임들은 복원할 수 없다. 이러한 점을 감안하여 본 논문에서는 새로운 멀티미디어 스트림 전송기법을 제시하려고 한다. 아래의 그림 2가 그 점을 잘 나타내고 있다. 일단 각각의 서버에는 1가지 종류의 프레임만을 재생순서대로 정렬하여 저장한다. 그리고 나서 병렬서버는 자신이 가지고 있는 프레임들을 기지국에 전송한다. 그러면 기지국에서는 적절한 스케줄링 알고리즘을 적용하여 서버로부터 오는 스트림을 클라이언트에게 보낸다. 그러면 클라이언트는 각각의 서버로부터 전송되는 비디오 프레임 데이터를 버퍼에 저장한 후에 프레임들의 재생 순서를 고려해서 버퍼로부터 프레임을 꺼내 복원하여 하나의 스트림으로 만든다. 만약 기지국에서 혼잡이 발생하여 패킷 손실이 발생하면 I 프레임을 가지고 있는 서버에서 오는 패킷들에 우선 순위를 주어서 가급적 I 프레임의 패킷 손실을 막는다면 혼잡 상황이 기지국에 발생하더라도 1 GOP가 모두 손실되는 일이 없으므로 이동국의 QoS가 보장된다. 또한 이동국의 버퍼 크기는 일반적으로

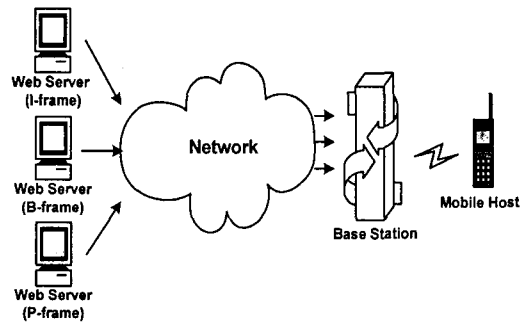


그림 2. 본 논문에서 제안하는 멀티미디어 스트림 전송기법

작으므로 이동국은 자신의 버퍼상태를 체크하고 있다가 자신의 버퍼가 넘치려고 하거나 비워지려고 할 때 컨트롤 메시지를 기지국을 통해 서버로 보내어 서버의 전송률을 조절함으로써 버퍼를 관리한다.

4. 시뮬레이션 환경 및 분석

시뮬레이션을 수행하기 위해서 MPEG-4 비디오의 프레임 당 바이트를 찍어놓은 StarWars IV 비디오 트레이스 파일을 사용하였다. 또한 서버에서 기지국간의 네트워크의 지연을 지수 확률분포로서 모델링 하였다. 기지국과 이동국의 지연은 일반적으로 서버에서 기지국간의 지연에 비해 상당히 작으므로 무시하였다. 그리고 기지국과 이동국 간의 무선 채널은 시뮬레이션 상에서는 이상적이라고 가정하였다. 따라서 기지국 스케줄링 방법은 우선 채널에 대한 보상기법이 적용되지 않은 W2FQ (Worst-Case Weighted Fair Queueing) 스케줄링 알고리즘을 사용하였다. 시뮬레이션에 필요한 파라미터 및 관련 정보를 아래의 표 1에 표시하였다.

표 1. 시뮬레이션 환경

비디오 트레이스 파일	StarWars IV
비디오 파일 포맷	QCIF (176 X 144)
초당 프레임 수	7.5 frames per sec
최대 비트율	74 kbps
평균 비트율	17 kbps
기지국 대역폭	2Mbps
기지국에서 플로우당 제공되는 버퍼 크기	10000 Bytes
평균 네트워크 지연	100ms
이동국이 필요한 버퍼크기	60 Kbytes

아래의 그림 3은 시뮬레이션에 사용될 StarWars IV 비디오 트레이스 파일을 나타내고 있다. 가로축은 GOP 들을 나타내고 세로축은 1개의 GOP를 구성하는 12개의 프레임의 압축된 크기를 모두 합한 후 bps 단위로 나타낸 것이다. 그림 3의 특성을 지니는 MPEG-4 비디오를 한 이동국이 받고 있다고 가정한다.

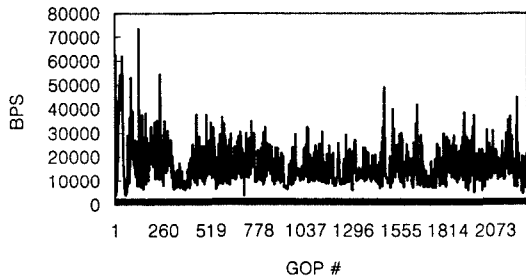


그림 3. StarWars IV 비디오 트레이스 파일

이제 기지국이 혼잡 상태를 간간히 보인다는 가정하에 동일한 조건에서 병렬 서버 구조를 사용할 때와 단일 서버 구조를 사용할 때의 이동국의 수신 상태를 시뮬레이션 한 결과가 아래의 그림 4와 5이다. 그림 4와 5에서 y축은 이동국 측에서의 수신율을 의미한다. 수신율이 1이라는 것은 한 GOP의 모든 프레임들을 복원할 수 있다는 의미이며 수신율이 0이라는 것은 한 GOP의 모든 프레임들을 복원할 수 없음을 의미한다. 시뮬레이션 결과를 보면 혼잡 상황에서 단일 서버로 스트림을 전송 받는 경우 수신율이 0이 되는 부분을 볼 수 있다. 이유는 1 프레임이 손실되었기 때문에 1 GOP 내의 다른 프레임들을 받는다 할지라도 그 프레임들을 복원시킬 수 없어서 받았다고 할 수 없기 때문이다. 병렬 서버의 경우에는 동일한 조건하에서 GOP가 0이 되는 부분이 발생하지 않았다. 이는 기지국 혼잡 상황에서 다른 프레임들은 손실되어도 가급적 1 프레임 패킷의 손실을 막아서 1 GOP내의 모든 프레임들의 손실을 막을 수가 있었기 때문이다. (손실된 비

트 수 / 전체 GOP #) 를 사용하여 수치적으로 계산해 보았을 때 병렬 서버는 105 [비트/GOP], 단일 서버는 180 [비트/GOP] 라는 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 수치적으로 볼 때 병렬 서버를 이용하여 멀티미디어 데이터를 전송하면 단일 서버로 전송할 때보다 42%의 이동국의 수신상태 개선이 있음을 알 수 있다.

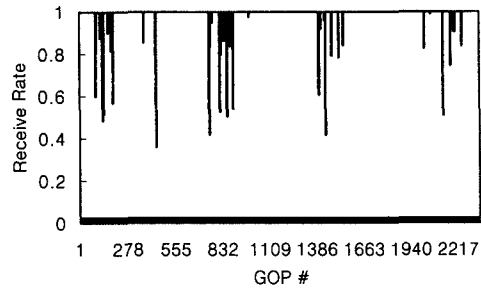


그림 4. 병렬 서버 사용시 이동국의 수신상태

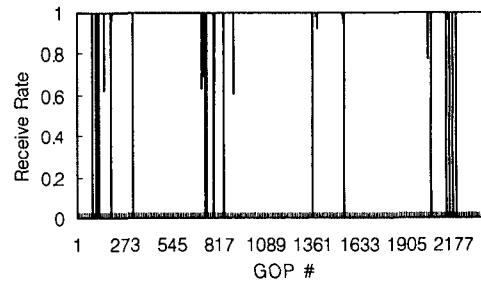


그림 5. 단일 서버 사용시 이동국의 수신상태

5. 결론

본 논문은 병렬 서버에 기반을 둔 멀티미디어 스트림 전송 기법을 무선 모바일 환경에 확장하였다. 그리고 기지국에서 혼잡이 발생하여 패킷 손실이 일어나더라도 이동국에 QoS를 보장하는 방안 또한 제시하였다. MPEG-4 비디오 프레임 간에 존재하는 우선 순위를 고려하여 하나의 서버에 한가지의 프레임만을 시간 순서대로 저장하여 전송하고 또한 기지국은 혼잡 상황에서 1 프레임을 가급적 보호하여 손실을 막는 방법을 사용하여 멀티미디어 스트림을 전송할 경우 기존의 단일 서버로 비디오 스트림을 전송할 때에 비해 기지국의 혼잡상황 시 이동국의 수신상태가 42% 정도 개선이 있음을 확인할 수 있었다.

6. 참고문헌

[1] J. Y. B. LEE, "Parallel Video Servers: A Tutorial," IEEE Multimedia, April-June 20-28, 1998.
 [2] E. Biersack, W. Geyer, and C. Bernhardt, "Intra- and Inter-stream Synchronization for Stored Multimedia Streams," IEEE International Conference on Multimedia Computing & Systems, June 17-23, 1996.
 [3] Y. Cao, and V. O. K. Li, "Scheduling Algorithms in Broad-band Wireless Networks," IEEE Proceedings of the IEEE, Vol. 89, No. 1, Jan. 2001.
 [4] A. Boukerche, S. Hong, and T. Jacob, "An Efficient Synchronization Scheme of Multimedia Streams in Wireless and mobile Systems," IEEE transactions on Parallel and Distributed Systems, Vol 13, No.9, Sept. 2002.