

# 패킷 트레이스를 통한 MPEG-4 스트리밍 트래픽의 모델링에 대한 연구

홍건호, 송하윤  
홍익대학교 컴퓨터공학과  
e-mail : ghhong@cs.hongik.ac.kr

## A Study on MPEG-4 Streaming Traffic Modeling through Packet Trace Experiment

Gun-Ho Hong, Ha Yoon Song  
Dept. of Computer Engineering, Hongik University

### 요 약

브로드 밴드 네트워크와 모바일 네트워크를 통한 멀티미디어 콘텐츠의 전송이 늘어남에 따라 QoS 의 보장과 트래픽 엔지니어링을 위해 멀티미디어 스트리밍 트래픽의 QoS 요구사항을 예측하고 적용하려는 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 본 논문은 오브젝트 기술에 기반한 MPEG-4 콘텐츠의 트래픽을 패킷 레벨에서 측정하고 이에 기반하여 MPEG-4 스트리밍 시스템의 구성요소가 트래픽에 미치는 영향을 고찰해 본다. 또한 기존 멀티미디어 트래픽 모델링 방식의 한계를 규명하여 보다 정확한 트래픽 성격을 표현할 수 있는 모델링 방식을 제안한다.

### 1. 서론

브로드 밴드 네트워크의 도입과 모바일 망의 발전으로 인해 다양한 기기를 통한 멀티미디어 콘텐츠의 전송 및 재생에 대한 연구와 개발이 활발히 진행되고 있다. 이러한 추세에 따라 표준화와 안정화를 거친 MPEG-4 표준이 광대역 멀티미디어 서비스의 핵심 기술로 주목 받고 있다. MPEG-4 는 오브젝트 기반의 코딩 방식을 사용하며 다양한 프로토콜 상에서 전송될 수 있도록 표준화된 인터페이스를 규정한다는 점에서 기존의 MPEG-1, 2 표준과의 차별성을 가진다.

오브젝트 기반 코딩 방식은 기존의 오디오와 비디오 정보만을 처리하던 방식에서 벗어나 멀티미디어 콘텐츠를 구성하는 각각의 요소 - 오디오, 비디오, 이미지, 텍스트, 3D 그래픽 등-를 하나의 오브젝트로 취급하여 다양한 미디어를 집합적으로 처리할 수 있으며 각 오브젝트의 개별적 관리를 통해 상호작용 가능한 콘텐츠의 제작을 가능하게 한다. 따라서 네트워크를 통해 전송되는 MPEG-4 멀티미디어 트래픽은 기존의 오디오와 비디오 중심의 MPEG-2 시스템의 트래픽과 비교할 때 내용과 성격에 있어 차이를 갖게 된다. 이는 인터넷이 Best Effort 망에서 QoS enabled 망으로 진

화하는 현재 시점에서 MPEG-4 기반 멀티미디어 트래픽의 QoS 요구사항 및 특성 분석이 QoS 정책 수립과 트래픽 엔지니어링에 있어서 중요한 의미를 가지게 된다는 것을 의미한다. 또한, MPEG-4 의 오브젝트 기반 콘텐츠가 증가함에 따라 MPEG-4 트래픽은 전체 멀티미디어 트래픽의 QoS 와 밀접한 관련을 가지게 된다.

본 논문은 MPEG-4 기반의 멀티미디어 스트리밍 트래픽의 패킷 트레이스를 통해 Audio 와 Video 그리고 메타 정보를 포함하는 MPEG-4 트래픽의 특성을 파악하여 향후 MPEG-4 기반 멀티미디어 트래픽의 QoS 연구와 각종 미디어 스트림(이미지, 합성 영상 및 음향, 애니메이션, 3D 그래픽)을 포함하는 MPEG-4 트래픽 연구의 기초를 마련하고자 한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서 관련 연구를 통해 멀티미디어 트래픽 모델링의 연구 경향과 최근의 연구성과를 살펴보고 3 장에서는 MPEG-4 스트리밍 트래픽의 패킷 트레이스 실험을 통해 트래픽의 특성을 알아본다. 3 장의 실험을 바탕으로 4 장에서 MPEG-4 기반의 트래픽 모델링과 QoS 에 대해 고찰한다. 마지막으로 5 장에서 결론과 향후 연구를 제시한다.

2. 관련연구

비디오 정보의 코딩에 있어서 MPEG-2 와 같이 프레임간의 유사성을 이용하여 압축을 적용하는 기술 (Inter-frame coding)은 압축된 프레임 사이의 상대적인 크기차이로 인해 VBR(Variable Bit Rate) 특성을 가지게 된다. 따라서 결과적으로 발생하는 멀티미디어 트래픽의 대역폭 요구량도 시간에 따라 급격히 변하게 된다. 이에 따라 비디오 트래픽이 최적의 대역폭 사용과 최소의 대역폭 요구량 변화를 갖도록 하기 위해 클라이언트의 버퍼를 이용한 다양한 스무딩 기법이 연구되었고[1,2], 주로 MPEG-1, 2 와 같은 오디오와 비디오 정보만을 포함하는 기술에 기반하였다. [3,4,5,6,7]

비디오 트래픽의 VBR 특성과 이를 극복하려는 연구와 함께 인터넷 트래픽의 자기유사성(Self-Similarity)이 실험적, 분석적으로 밝혀지면서 VBR 방식의 멀티미디어 트래픽도 역시 자기유사성을 가진다는 것이 규명되었다[8,9]. 이에 따라 long-range dependence 및 자기유사성에 기반한 멀티미디어 트래픽 연구가 이루어졌다. Fitzek 과 Reisslein[10]은 MPEG-4 와 H.263 에 대한 비디오 트레이스 라이브러리를 제공하고 압축된 미디어 소스에 대한 통계적 분석결과를 제시하였다. 또한 Arifler 와 Evans[11]는 앞서 연구된 비디오 트레이스를 웨이블릿(wavelet) 기반의 분석을 통해 MPEG-4 비디오 소스도 자기 유사성을 지님을 보여주었다.

이러한 멀티미디어의 트래픽 특성에 대한 연구는 QoS 적용을 통한 네트워크 설계와 트래픽 엔지니어링, 그리고 미디어 스트리밍 시스템의 성능 측정과 개선에 적용된다. 따라서 신뢰가 높은 트래픽 모델을 도출하여 멀티미디어 트래픽의 성격을 규정하고 이를 멀티미디어 시스템의 성능향상에 적용하려는 연구와 개발이 계속되고 있다.

3. MPEG-4 스트리밍 트래픽의 패킷 트레이스

오디오와 비디오 오브젝트로 이루어진 기본적인 MPEG-4 기반 콘텐츠의 스트리밍 트래픽 측정을 위해 다음과 같은 환경을 구성하였다.

표 1. MPEG-4 스트림 패킷 트레이스 실험 환경

Server	Streaming	Darwin Streaming Server 4.3
	OS	RedHat Linux 8.0
	Protocol	RTSP / UDP
Media	format	Hinted MPEG-4 file 300kbit / 100kbit
	Video	380x480 / 192x240 MPEG-4 Video
	Audeo	32kHz / 16bits / MPEG-4 Audio (11.025 kHz / 16bits : 100kbit stream)

패킷 트레이스 데이터는 tcpdump version 3.7 을 사용하여 얻어졌고 스트리밍 서버의 소스 트래픽 측정을 위해 서버와 클라이언트는 Lan 상에서 허브를 통해 연결되었다. 테스트용 MPEG-4 file 은 반복되는 동영상 패턴을 통해 시간에 따라 동일 패턴의 트래픽 특성이 어떻게 변화되는지 측정할 수 있도록 구성하

였다. 다음은 트래픽의 측정 결과이다.

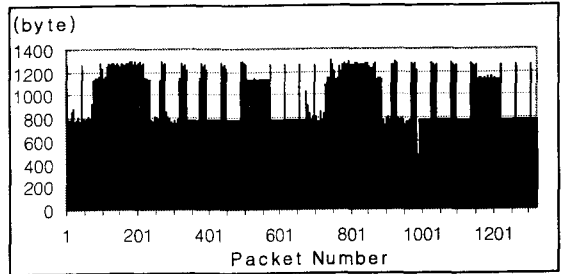


그림 1. Packet 의 크기 분포

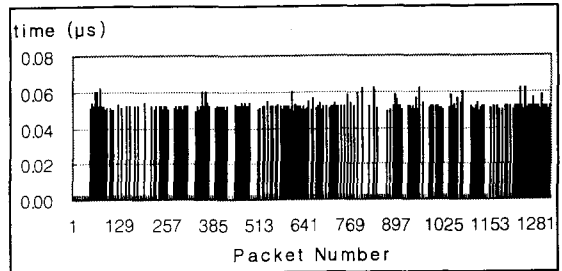


그림 2. Packet 의 시간 간격 차이

그림 1 은 300kbit MPEG-4 스트림 전송시 서버의 패킷 크기 분포를 나타낸 그래프이며 2 개의 동일한 패턴을 포함하고 있다. RTSP 프로토콜의 경우 데이터 패킷은 UDP(User Datagram Protocol)를 통해 전송되며 최대 크기는 Ethernet 의 MTU(Maximum Transfer Unit) 값에 의해 제한 받는다. MPEG-4 스트림은 클라이언트 플레이백(Playback) 시스템으로 2 개의 UPD 포트를 통해 전송된다. 첫번째 포트로 전송되는 스트림은 800 byte 정도에서 균일한 패킷 사이즈 분포를 보이고 나머지 하나의 포트로 전송되는 스트림은 동영상 화면 변화의 정도에 따라 급격하게 변화하는 분포를 보인다. 그림 1 은 이 두개의 스트림이 동일 시간 간격 내에서 합쳐진 것을 보이는 그래프이다.

그림 2 는 각 패킷의 전송 시점의 시간 차이를 나타낸 것이다. 시간은 마이크로세컨드(microsecond) 단위로 측정되었다. 패킷 간의 시간 간격이 미세한 경우에는 그래프의 하단에 몰려 표현되었고 중간중간 커다란 간격 차이를 보이는 부분에서 막대 그래프 형태로 표현되고 있다. 즉 대부분의 트래픽은 2 개로 분류되는 시간차를 가지고 전송되며 이러한 시간차를 가지는 패킷이 서로 교차되며 전송됨을 알 수 있다. 그림 2 도 두 개의 동일한 동영상 패턴을 보여준다.

그림 3 과 4 는 각각 1 초 단위와 1 밀리세컨드(millisecond) 단위의 대역폭 요구량을 보여준다. 시간적 스케일(scale)이 변화해도 유사한 모양의 분포를 보이는 자기 유사성의 특성이 나타남을 볼 수 있다.

측정된 트래픽의 개별 패킷의 크기 분포와 각 패킷의 전송 시점 분포 그리고 시간 단위에 따른 대역폭 요구량 변화를 볼 때 오디오와 비디오 오브젝트 만으

로 이루어진 기본적인 MPEG-4 콘텐츠의 스트리밍 트래픽은 기존의 MPEG-2 와 마찬가지로 균일하지 않은 (burst) 특성을 보이는 것으로 판단된다. 이는 실험에 사용된 스트리밍 서버와 OS 의 프로토콜 스택의 특성에 따른 것일 수도 있지만 일반적으로 널리 사용되는 Linux 의 TCP/IP 스택과 실험당시 힌트트랙(Hint track) 이 포함된 MPEG-4 파일의 스트리밍을 지원하는 유일한 상용 서버인 Darwin 서버가 사용되었다는 점에서 실험결과는 일반적인 스트리밍 시스템의 특성을 반영한다고 판단된다. 하지만 보다 정확한 결과를 얻기 위해서 다양한 미디어 소스와 플랫폼에 대한 실험이 진행 되어야 한다.

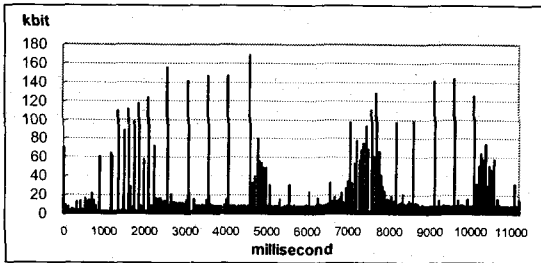


그림 3. Millisecond 당 대역폭 요구량

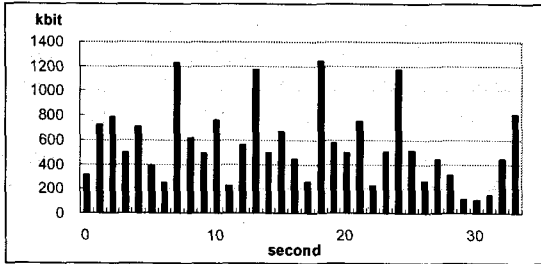


그림 4. Second 당 대역폭 요구량

측정된 MPEG-4 스트림의 특성은 힌트 트랙을 통한 패킷화(Packetization) 방식에서 스무딩(Smoothing) 기법이 적용되지 않았으며 스트리밍 서버와 프로토콜 스택 사이에 규정된 QoS 모델이 없었기 때문에 인코딩된 미디어 소스의 프레임 사이즈 불균일성이 직접적으로 트래픽의 특성에 영향을 준 것이라고 판단된다.

#### 4. MPEG-4 기반의 트래픽 모델링 및 QoS

MPEG-4 콘텐츠는 오디오와 비디오 외에 합성영상과 음성, 애니메이션, 3D 그래픽 등의 다양한 요소를 포함할 수 있지만 아직 현재의 MPEG-4 콘텐츠가 오디오와 비디오 위주임을 감안할 때 인터넷 혹은 모바일 환경에서 서비스되는 MPEG-4 스트리밍 트래픽은 오디오와 비디오의 Element Stream(ES)의 특성에 의해 결정된다고 할 수 있다. 따라서 3 장의 실험 결과와 같이 현재 대부분의 MPEG-4 스트림 역시 균일하지 못한 트래픽 속성을 가질 것이다.

그림 5 는 MPEG-4 기반의 스트리밍 시스템의 모델을 구성하는 컴포넌트들과 각각의 컴포넌트가 트래픽

특성에 영향을 주는 부분을 제시한다.

전체적인 시스템은 개별 스트림을 대상으로 동작하는 인코더 및 힌트 트랙 생성 부분과 다수의 스트림을 처리하는 스트리밍 서버 및 네트워크 스택으로 구분될 수 있다.

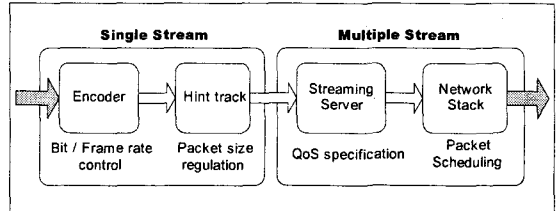


그림 5. MPEG-4 기반의 스트리밍 모델

인코더는 bit rate 혹은 frame rate 의 컨트롤을 통해 각 frame 의 크기 혹은 단위 시간당 frame 의 개수를 조절하게 된다. 이러한 frame 의 크기나 개수변화는 인코더로 입력되는 원본 미디어 데이터(raw media data) 의 특성에 따라 결정되며 인코딩 파라미터나 프로파일 에 따라 동일한 원본 데이터라도 인코더에 의해 생성되는 결과는 달라지게 된다.

힌트 트랙 생성기(Hint track generator)는 인코더로부터 출력된 ES 를 어떠한 방식으로 패킷화(Packetization)할지 결정하게 된다. ES 의 종류 - 오디오, 비디오, OD(Object Descriptor) 혹은 Scene Descriptor 등 - 에 따라 패킷의 구성은 달라질 수 있다. 또한 스트림이 전송될 하부 프로토콜(IP 또는 MPEG-2 Transport stream)에 따라 패킷의 구성 방식은 변화하게 된다. 힌트 트랙은 스트리밍 서버를 위해 일종의 패킷 생성 명령어를 생성하며 스무딩 기법을 적용하여 패킷 사이즈가 균일하게 이루어지도록 조절 할 수 있다.

인코더와 힌트 트랙 생성기의 역할은 개별 스트림에 적용되며 실제 전송되는 패킷에 직접적인 영향을 주는 것이 아니라 전송 및 멀티플렉싱(Multiplexing) 이전의 스트림 특성을 결정하게 된다. 서버에서 전송되는 패킷의 QoS 특성과 패킷 스케줄링은 다수의 스트림을 처리하는 스트리밍 서버와 네트워크 스택에 의해 결정된다. 따라서 패킷 트레이스를 통해 측정할 수 있는 트래픽 특성은 스트리밍 서버와 네트워크 스택의 특성에 직접 영향을 받게 된다.

스트리밍 서버는 힌트 트랙이 첨가된 스트림들을 입력으로 받아 각각의 스트림이 어떠한 QoS 특성을 가져야 하는지 판단하고 네트워크 스택을 통해 결정된 QoS 파라미터들을 전달한다. 스트림 전송 중에는 다수의 스트림이 모두 각자에게 주어진 QoS 특성에 맞추어 전송 될 수 있도록 버퍼와 같은 자원 관리를 한다. 추가적으로 MPEG-4 기반의 스트리밍 서버는 DMIF(Delivery Multimedia Integration Framework)-Application Interface 를 지원한다.

네트워크 스택은 패킷이 전송되는 다양한 프로토콜 스택을 집합적으로 지칭한다. QoS 지원을 위해 QoS 파라미터 지정을 위한 API 를 제공하고 규정된 QoS 따라 패킷들을 스케줄링 한다.

위와 같은 MPEG-4 기반의 스트리밍 모델을 고려할 때, 일반적인 MPEG-4 스트리밍 트래픽 모델 도출을 위해 네트워크 스택에 의해 발생하는 최종적인 패킷 스트림의 분석에만 의존하는 경우에는 스트리밍 시스템 각 구성요소의 가능한 모든 조합에 대해 분석이 시행되지 않는 이상 보편화된 트래픽 소스 모델 (Generalized Traffic Source Model)을 구성하기 어렵게 된다. 또한 결과적으로 나타나는 트래픽의 특성과 스트리밍 시스템 구성요소의 특성 사이의 인과관계를 성립시킬 수 없게 되어 트래픽 엔지니어링을 위한 도구로서의 유용성을 잃게 된다. 즉, 스트리밍 시스템에 의해 발생하는 트래픽을 측정해 얻어진 수치정보의 수학적 해석에만 기반한 모델은 스트리밍 시스템 구성의 다양성을 반영하기 힘들고 구성요소의 변화가 트래픽에 어떠한 영향을 미치는지 정확하게 규명하기 어렵게 된다는 것이다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 MPEG-4 스트리밍 트래픽에 영향을 주는 4 가지 구성요소의 특성을 모델링 하고 원본 미디어 데이터(raw media data)와 각 구성요소의 설정에 따라 다양한 MPEG-4 스트림의 트래픽을 생성할 수 있는 모델이 필요하다. 또한 이러한 모델의 유효성을 실제 시스템의 패킷 스트림에 대해 검증할 수 있는 도구가 필요하다. 결국 이러한 모델에 기반하여 각 스트림에 적용될 정확한 QoS 특성을 결정할 수 있게 된다.

### 5. 결론 및 향후 연구 방향

MPEG-4 멀티미디어 스트림의 패킷 레벨 측정을 통해 오디오와 비디오만으로 구성되는 MPEG-4 컨테이너의 트래픽 특성을 알아볼 수 있었고 기본적인 MPEG-4 스트리밍 시스템 모델과 보다 발전된 MPEG-4 스트리밍 트래픽 모델의 구성방안에 대해 알아보았다.

멀티미디어 트래픽은 점차적으로 인터넷과 모바일 망에서 비중이 높아지고 있고 또한 QoS 보장에 있어 가장 중요한 위치를 차지하고 있다. 이에 따라 점차 적용 범위를 넓혀가고 있는 MPEG-4 기반 기술의 스트리밍 트래픽의 특성 연구는 향후 네트워크 및 멀티미디어 통신이 관련되는 전 분야에서 중요하게 사용될 것으로 예상된다.

MPEG-4 기반의 정확한 스트리밍 모델은 기존 스트리밍 시스템의 성능을 측정하고 개선하기 위해 사용될 수 있다. 현재의 MPEG-4 기반 스트리밍 시스템과 QoS 지원 시스템은 정확한 성능 모델링을 통해 구성되었다기 보다는 각 시스템의 특징적인 디자인과 구현 방식을 통해 구현되었다. 따라서 기존 시스템은 4장에서 제시한 모델의 전체적인 부분에 대한 최적화가 아니라 각 구성요소 단위의 설계 목표에 따른 최적화에 중점을 두었다. 따라서 정교한 스트리밍 모델을 통해 기존의 스트리밍 시스템은 전체적인 성능과 특성을 보장하는 방향으로 개선될 수 있을 것이다.

현재 MPEG-4 기술과 함께 스트리밍 기술을 주도하는 Windows Media Technology(WMT), QuickTime, Real media 등의 기술이 서로 경쟁과 상호 발전의 관계에 있다. 향후 연구는 MPEG-4 와 함께 다양한 스트리밍

기술에 대한 종합적인 실험과 모델링을 통하여 보다 일반적으로 적용될 수 있는 스트리밍 시스템 및 트래픽 모델을 도출하는 것에 있다.

### 참고문헌

- [1] James D. Salehi, Zhi-Li Zhang, Jim Kurose and Don Towsley, *Supporting Stored Video: Reducing Rate Variability and End-to-End Resource Requirements Through Optimal Smoothing*, IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 6, No. 4, August 1998.
- [2] Junbiao Zhang and Joseph Hui, *Applying traffic smoothing techniques for quality of service control in VBR video transmissions*, Computer Communications, vol. 21, pp 375-389, April, 1998.
- [3] 박준원, 이면재, 송하운, 박도순, *MPEG 동영상 전송을 위한 GOP 단위의 최소 변경 대역폭 할당 기법*, 정보처리학회 논문지 C, Vol. 9, No. 5, 2002.
- [4] Wu-chi Feng and Jennifer Rexford, *Performance Evaluation of Smoothing Algorithms for Transmitting Pre-recorded Variable-Bit-Rate Video*, IEEE Transactions on Multimedia, Vol. 1, No.3, pp 302-313, 1999.
- [5] Wu-chi Feng, Farnam Jahanian and Stuart Sechrest, *An optimal bandwidth allocation strategy for the delivery of compressed precoded video*, ACM/Springer-Verlag Multimedia Systems, vol. 5, no. 5, pp297-309, Sept, 1997.
- [6] Jennifer Rexford and Don Towsley, *Smoothing Variable-Bit-Rate Video in an Internetwork*, IEEE/ACM Transaction on Networking, Vol. 7, No. 2, pp 202-215, 1999.
- [7] Christos Tryfonas, *Practical Considerations for Smoothing Multimedia Traffic transported over Packet-Switched Networks*, Technical Report 2001-12-5, Sprint Advanced Technology Laboratories, December, 2001.
- [8] Mark W. Garrett, Walter Willinger, *Analysis, Modeling and Generation of Self-Similar VBR Video Traffic*, ACM SIGCOMM Proceedings on communications architectures, protocols and applications, vol. 24, issue 4, October 1994.
- [9] Zafer Sahinoglu and Sirin Tekinay, *On Multimedia Networks: Self-Similar Traffic and Network Performance*, IEEE Communications magazine, pp 48-52, Jan 1999.
- [10] Frank H.P. Fitzek and Martin Reisslein, *MPEG-4 and H.263 Video Traces for Network Performance Evaluation*, TKN Technical Report TKN-00-06, Telecommunication Networks Group, Technical University Berlin.
- [11] Arifler, D.; Evans, B.L., *Modeling the self-similar behavior of packetized MPEG-4 video using wavelet-based methods*, Image Processing 2002, pp 848- 851, 2002