

레터논문-09-14-1-11

Motion JPEG2000을 이용한 디지털시네마 인터넷전송기술 연구

정 대 권^{a)†}

An Internet Streaming Service for Digital Cinema Using Motion JPEG2000

Dae-Gwon Jeong^{a)†}

요 약

Motion JPEG2000 부호화 기법을 사용하는 디지털시네마 시스템과 서비스의 구현은 방대한 자원과 시간을 필요로 하고 있다. 본 논문에서는 인터넷상에서 PC와 RTP 프로토콜을 사용하는 디지털시네마 전송시스템을 제안하고, 동영상 타일들이 각각의 PC에 전송되고 독립적으로 부호화되고 한 화면으로 결합되어 대화면을 이루는 방법을 제안하였다. 128x128, 256x256, 512x512와 같은 다양한 크기의 타일들에 대해 실험을 한 결과, 두 대의 PC를 사용하여 타일을 수신 및 복호하여 전체 크기의 동영상을 성공적으로 재생할 수 있었다. 압축률 160:1 에서는 30dB 에서 40dB 의 PSNR을 보여주고 있고, 16:1 이하에서는 30dB 에서 50dB 의 PSNR을 보여준다. 제안된 시스템은 멀티 비전 동영상의 복원에도 사용될 가능성을 보여준다.

Abstract

While the Motion JPEG2000 has been considered as a unique encoder for digital cinema due to its high quality coding and large screen format, the realization of a digital cinema system and its service cost enormous fund and time. In this paper a digital cinema transmission system with PC and RTP protocol over the Internet is proposed, and showed how tiles of moving images are transmitted, decoded independently and combined to reconstruct and display at a large screen for digital cinema service. The simulation has been carried out for tiles of 128x128, 256x256, 512x512, and 1024x1024 pixels. In the experiment, two clients of PC's received and decoded tiles of video and constructed whole size of moving images successfully. The PSNR's of the video ranges 30dB to 40dB at compression rate of 160:1 and 30dB to 50dB at and below 16:1, respectively. The result showed a possibility for the reconstruction of video in multi-vision.

Keywords : Digital Cinema, Motion JPEG2000, JPEG2000, Streaming Service

I. 서 론

통신과 방송 분야의 디지털화가 가속되면서 영화 또한 디지털화가 진행 중이다. 영화는 미디어 콘텐츠로 대표되

는 분야이지만 특수효과와 일부 영화를 제외하고는 아직 아날로그 방식이 주를 이루고 있다. 미국 영화업계가 4000x2000 픽셀(pixel) 영상을 지원하는 Motion JPEG2000을 디지털시네마의 품질을 충족할 수 있는 압축방식으로 결정하였으나, Motion JPEG2000이 다른 동영상 압축기법에 비해 많은 연산량을 요구하므로 실시간 전송의 경우 고성능 하드웨어가 뒷받침 되어야 하는 단점이 존재한다^[1,2].

현재 우리나라는 도시간 기간망이 완벽한 광통신망으로

a) 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부
Korea Aerospace University

† 교신저자 : 정대권(dgjeong@kau.ac.kr)

※ 본 논문은 2004년도 한국항공대학교 교비지원 연구비에 의하여 지원된 연구의 결과임

구축되어 있지 않고, 거의 케이블망에 의존하고 있기 때문에 속도에 불리한 TCP/IP 대신 UDP/IP 기반의 전송을 고려하는 것이 타당하다. 그러나 영상의 크기와 복잡성을 고려할 때 UDP/IP 전송의 경우 정보의 정확성이 떨어져 어려움이 있고, 사용자의 PC 성능을 감안해야 하므로 전송 채널 및 클라이언트의 부하를 줄이면서 사용자가 만족할 만한 품질의 동영상 서비스를 하는 방법이 연구되어야 한다.

본 논문은 PC와 RTP(Real Time Protocol)을 이용한 디지털시네마 전송 시스템을 제안하고 서버에서 전송한 영상을 클라이언트에서 단독 또는 병렬 처리를 통해 각각의 클라이언트에 대한 부하를 줄이고, 더 나아가 이를 이용하여 대화면으로 구현할 수 있는 방법을 제시한다. II 장에서는 디지털시네마를 위한 동영상 압축기술로서의 Motion JPEG2000 과 JPEG2000 정지영상 압축기술을 검토하고, III 장의 전송구조와 프로토콜을 이용하여, IV장에서 디지털시네마 서비스 시스템을 제안하고 실험결과를 통해 필요한 요건들을 제시한다.

II. 디지털시네마 서비스를 위한 Motion JPEG2000

1. JPEG2000 부호화 기법

Motion JPEG2000은 알고리즘의 복잡도 감소, 편집의 용이성, 에러에 대한 내성과 같은 장점을 가지고 있는 동영상 압축 시스템으로서, 압축방식은 차세대표준인 JPEG2000을 사용한다. JPEG2000에 정의되어 있지 않는 기능은 MPEG에 정의되어 있는 기능들을 사용한다^[3,4].

JPEG2000은 압축 효율성 면에서 기존의 표준인 JPEG에 비하여 100%의 향상을 보여, 최대 40:1의 압축을 제공할 수 있다. JPEG2000의 핵심은 웨이블릿(wavelet)기반의 압축 방식으로서 JPEG과 MPEG에서 사용하고 있는 DCT (Discrete Cosine Transform) 기반 압축 방식의 단점인 블럭 현상을 없애주며, EBCOT(Embedded Block Coding with Optimized Truncation) 알고리즘을 사용하여 다중 해상도를 갖는 압축방법이다^[3,5].

JPEG2000에서는 그림 1과 같이 전처리 과정을 거친 입력 영상 타일의 색상성분에 대해 이산 웨이블릿 변환(DWT, Discrete Wavelet Transform)이 수행된다. 손실 압축의 경우, 웨이블릿 계수들의 양자화가 이루어지고 양자화된 서브밴드는 코드블럭으로 나누어져 각각 부호화된다. 코드블럭은 비트평면 (bit-plane) 단위로 각각의 비트들이 상위비트부터 EBCOT알고리즘에 의해 부호화되어 그에 대한 정보와 함께 엔트로피 부호화되고, 최적의 영상을 얻을 수 있도록 비트율 제어기법에 의해 비트열을 구성하게 되어^[7], 패킷으로 전송된다.

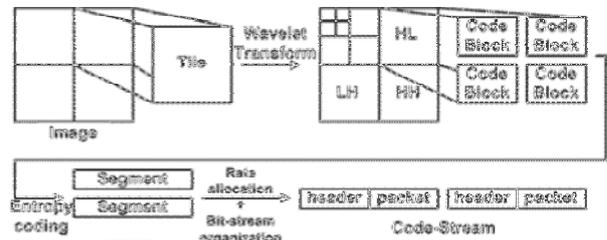


그림 1. JPEG2000 부호화의 블록도
Fig. 1. A Block Diagram of JPEG2000 Encoder

2. Motion JPEG2000 부호화 알고리즘

그림 2는 Motion JPEG2000 알고리즘의 시스템 블록도를 나타낸다. 동영상은 정지영상 표준인 JPEG2000 코덱을 이용하여 부호화되며, 오디오 코덱(audio codec)을 이용하여 처리된 오디오 비트 스트림과 동기되어 최종적인 비트 스트림을 생성한다.

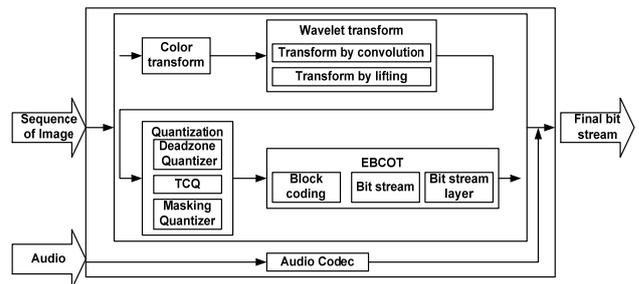


그림 2. Motion JPEG2000 알고리즘 블록도
Fig. 2. A Block Diagram of Motion JPEG2000 Algorithm

3. 전송 구조 및 프로토콜

Motion JPEG2000의 기본 전송구조는 끊기지 않는 영상을 서비스 받는 것이 중요하므로 UDP/IP 기반을 사용하는데 TCP/IP 기반에 비해 정보 전달 능력은 떨어지지만 속도에 있어서 많은 이점을 가진다^[4,6,7].

Motion JPEG2000부호기로 부호화된 비디오데이터는 스트리밍 서비스를 위해 힌트 트랙을 갖는 ISO 미디어 파일 포맷으로 변환되고, 패킷화되어 UDP/IP프로토콜을 사용하여 전송된다^[4,8]. 클라이언트에서는 수신된 데이터가 역패킷화되어 Motion JPEG2000 비디오데이터만이 복호화된 후 디스플레이된다.

IV. 제안된 디지털시네마 시스템 및 실험

1. 제안된 디지털시네마 시스템

본 논문에서 제안하고 있는 디지털시네마 시스템의 구조는 그림 3과 같다.

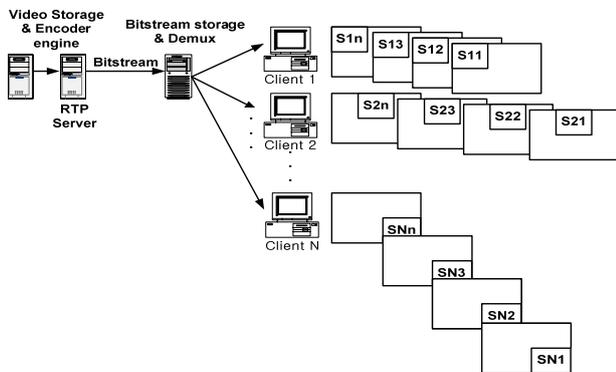


그림 3. 디지털시네마 시스템
Fig. 3. A Digital Cinema System

전체 시스템에서 서버는 비디오의 저장 및 부호화 그리고 전송을 담당한다. 서버는 인터넷이나 인트라넷에 연결된 네트워크의 많은 사용자들의 접속을 위해 스트림분할기법을 사용한다. 이는 서버에 요구되는 스트림을 여러 서버에

분산시켜 특정한 서버의 부하를 줄이는 방식이다.

클라이언트에 전달하기 전에 스트림은 또 다른 서버를 거치게 되는데 이는 각 클라이언트에 해당하는 타일 정보를 전송하기 위한 일종의 de-multiplexer이다. 각 클라이언트에 분배된 비트스트림은 그림 4에서와 같이 각각의 타일 정보를 가지고 있으며 병렬로 복호화가 수행된다. 복호화 수행시 동기신호는 각 클라이언트의 버퍼링의 시작과 끝을 기점으로 가장 마지막으로 버퍼링이 끝난 시간을 기점으로 동시에 디스플레이가 된다. 물론, 인터넷으로 묶여 있는 클라이언트라면 제어를 담당하는 서버에서 동기신호를 보내어 클라이언트간의 동기를 제어하게 된다. 단, 여기서 적용되는 조건은 클라이언트의 성능이 모두 같아야 하고 인터넷 구성 시 제어기능을 갖춘 서버 데이터베이스와 동기제어를 담당하는 서버가 반드시 필요하다.

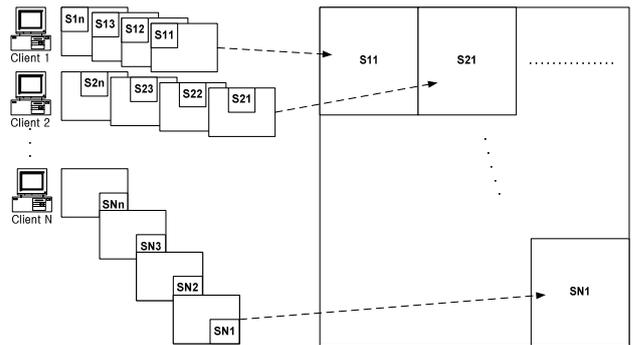


그림 4. 클라이언트의 병렬처리에 의한 디지털시네마 화면구성
Fig. 4. Digital Cinema Screen Construction by Clients Parallel Processing

2. 서버 및 클라이언트 설계

Motion JPEG2000에서 사용하는 웨이블릿 기반부호화 방식은 각 프레임을 타일로 나누어 비트스트림을 생성한다. 이때 각 타일에는 해상도 정보와 레이어 정보 그리고 Y, Cb, Cr에 대한 정보가 포함되며 각각의 색차 성분은 서브밴드로 나누어져 패킷을 생성한다. 그림 5에서 제안하고 있는 블록 타일링은 n 개의 프레임이 존재할 때 512x512 또는 128x128 크기의 타일을 같은 위치에 존재하는 그룹으로 나누어 부호화를 수행한다. 즉, S_1은 1번 프레임 S_2는 2번 프레임에 대한 타일이다. 타일을 가져오는 순서는 좌에서

우로, 위에서 아래의 순서로 가져온다.

서버에 저장된 비디오 소스가 그림 5에서의 과정을 거쳐 전송단계에 도달하면, 비트율 제어 버퍼에 의해 조절되고 서버와 클라이언트의 처리 속도를 보상할 수 있고, 일정한 비트율로 전송이 가능해진다. 전송 직전에 배치된 버퍼 또한 전송 채널에 대한 과부화 및 손실의 최소화의 방법으로 제안되었다⁹⁾.

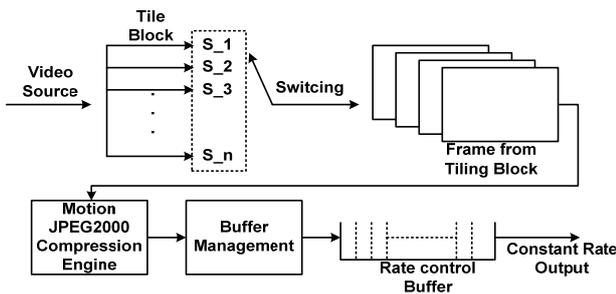


그림 5. 다중세션 비디오 스트리밍 서버
Fig. 5. A Multi Session Video Streaming Server

서버에서 전송된 비트스트림을 수신한 클라이언트는 복호시 서버에서 전송 한 순서대로 타일을 배치하게 된다. 이때 기존의 스트리밍서비스가 가지는 데이터의 휘발성은 무시되고 클라이언트의 저장 매체에 저장된다. 클라이언트 즉, 복호기에서 비디오를 재생할 때 비디오의 일부(타일)만을 플레이 할 수도 있고 전체 비디오 소스를 모두 저장하여 동시에 재생도 가능해진다. 여기서 클라이언트의 성능 문

제가 대두되지만, 여러 개의 머신을 사용하여 병렬처리 한다면, 디지털시네마에서 요구하는 4000x2000 정도크기의 대화면 구현이 가능해 질 것이다.

3. 디지털시네마 서비스 실험

제안된 시스템을 실험하기 위해 비디오 시퀀스 Bike, Son, Mmflyby 를 사용했으며 각각 150, 174, 159프레임을 Motion JPEG2000 압축기법에 기반을 둔 Motion JPEG2000 VM2.0을 사용하였고 사용된 PC의 성능은 Pentium III 550 MHz 와 Pentium III 933MHz 이고 클라이언트용으로 각각의 독립된 타일을 디스플레이 하는 역할을 담당하였다.

실험방법은 서버에서 미리 타일별로 프레임을 저장하고 클라이언트에서 요청한 타일만을 512Kbps로 전송하여 복호화하였다. 타일의 크기는 각각 128, 256, 512, 1024로 적용하였으며, 타일 크기, 클라이언트의 병렬처리 여부에 따라 전송 지연 시간을 실험하였다. 실험결과는 그림 6에 보여주고 있다. 그림의 전송시간은 프로그램 내에서 측정된 프로세싱 시간이다. 각 스트림은 ASF 포맷으로 서버에 각각 저장되어 있다.

서버에서 동시에 스트리밍을 전송하더라도 클라이언트의 성능이 각각 다르고 클라이언트 간 통신이 직접 연결 즉, null 케이블이나 이더넷으로 묶여진 그룹이 아니므로 더블 클라이언트에서 전송 지연 및 동기지연을 감수해야 했다.

Motion JPEG2000의 기본 타일의 구조는 128x128 이므

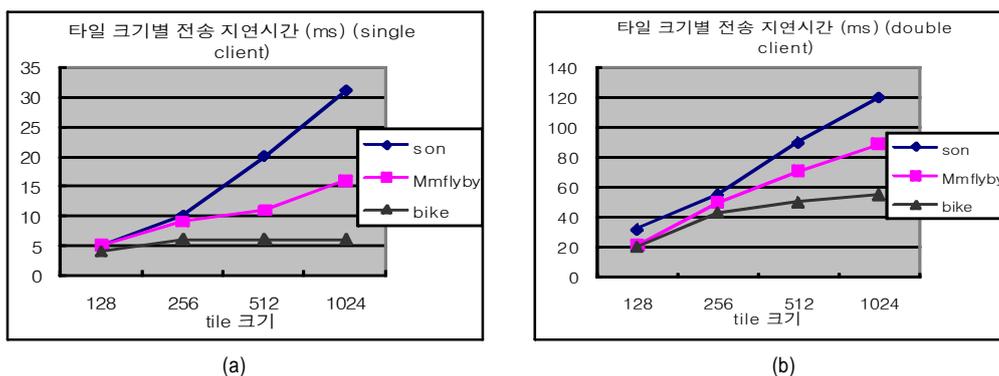


그림 6. 타일 크기별 전송 지연시간 (a) 단일 클라이언트 (b) 복수 클라이언트
Fig. 6. Transmission Delay on Each Tile Size (a) single client b) double client

로 기본 타일을 가져와서 병렬로 디스플레이 하는 데는 별 지장이 없었지만, 강제로 타일의 크기를 지정하여 병렬 처리를 수행함에 따라 지연 시간이 급격히 증가하였다. 또한 burst 에러를 없애기 위해 트래픽 감시 기능을 추가하였지만, 이 또한 무한대에 가까운 버퍼링을 수행하게 되어 클라이언트에 많은 부하를 초래하였다.

그림 7은 실험에 사용된 Bike 동영상의 부호화율 왜곡을 보여준다. 영상의 타일크기별로 부호화율 왜곡을 나타내었으며 비트율은 범위는 1Mbps ~ 5Mbps이다. 비트율이 증가할수록 PSNR은 증가하였고, 타일의 크기가 작을수록 PSNR은 높은 값을 보였다. 128x128 크기의 타일은 Motion JPEG2000의 기본 구조에 해당하므로 타일로 이루어진 동영상 프레임을 추출하고 부호화하는 데는 큰 문제가 없지만 타일 크기가 커질수록 그림 6에서 볼 수 있듯이 PSNR은 감소하였고, 128x128 크기의 타일과 1024x1024 크기의 타일과의 PSNR의 차이는 약 5dB~25dB 정도의 수치를 보였다. 비트율은 앞에서 설명한 EBCOT 부호기를 이용하여 조절하였다.

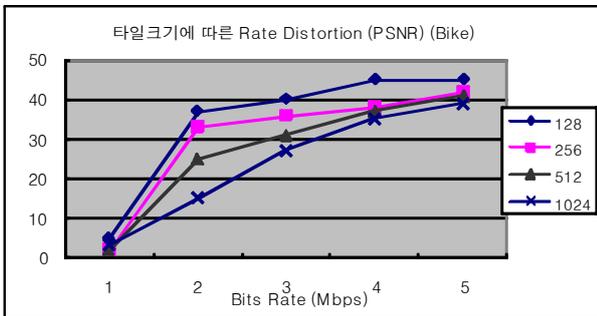


그림 7. 타일 크기별 왜곡 (Bike)
Fig. 7. Rate Distortion on Each Tile Size (Bike)

표 1은 각각의 동영상의 비트에러율을 나타낸다. 영상을

표 1 실험영상에 따른 비트에러율 (BER) (Random Error 1×10^{-5})
Table 1 Bit Error Rate with Various Videos (Random Error 1×10^{-5})

영상	Bit 수	Packet 수	BER
Bike	1,285,067	328	3.21×10^{-5}
Mmflyby	2,570,325	632	3.36×10^{-5}
Son	5,141,321	1,220	3.99×10^{-5}

전송할 때 랜덤비트 에러를 임의로 발생시켜 비트에러율을 측정하였다. 영상간의 큰 차이는 보이지 않았고, 양적으로 많은 비트를 보유한 영상일수록 비트에러율이 조금 높았다.

그림 8은 실제로 구현한 클라이언트 모듈이다. 영상의 타일 스위치를 누르면 해당 타일이 서버로부터 전송된다. 클라이언트의 기본 모델은 ActiveX 컨트롤이며 Motion JPEG2000 복호기 역할을 한다. 두개의 클라이언트에서 동시에 재생을 할 때 동기는 버퍼링 시간을 기준으로 하여 클라이언트간에 버퍼링이 끝났다는 ACK를 서로 주고 받은 뒤 재생을 시작한다. 단일 클라이언트일 때는 다른 클라이언트와 ACK을 주고 받을 수 없으므로 무한 대기 상태에 빠질 수 있는데 이때는 강제로 재생버튼을 누르면 ACK를 기다리지 않고 바로 재생된다. 오디오부분에서는 타일의 시간축 인덱스와 동기는 맞았지만 두 클라이언트의 성능의 차이로 인하여 영상과의 동기가 잘 맞지 않는 경우가 발생하였다.



그림 8. 구현 모듈
Fig. 8. Implementation Module

4. 실험결과 분석

본 논문에서 제안한 방법은 기존의 멀티미디어 스트리밍 서비스와 비교할 때 그리 효율적이지 못하고, 서버 및 클라이언트에 많은 과부하를 초래하게 된다. Motion JPEG2000을 위한 전용 프로세서 및 장비를 갖추지 않고도, 여러 컴퓨터의 병렬 처리로써도 이루어 질 수 있음을 보여주는 것이다.

Motion JPEG2000의 성능을 발휘하기 위해서는 전용 복호기가 필수이다. 또한 초고속 이더넷과 전용 프로세서가 없는 상태에서의 한계성을 드러내었다. 윈도우 자원을 이용하는 소프트웨어 역시 동영상에 필요한 메모리, 멀티스레드 등의 활용에 있어서 많은 맹점을 보였다. 결국, 완벽한 디지털시네마를 구현하기 위해서는 전용 프로세서의 개발과 이를 효율적으로 구동할 수 있는 OS를 탑재하는 것이 가장 빠르고 확실한 방법임은 분명하다. 영상의 PSNR은 압축율이 160:1에서 30dB~40dB 였고 16:1 이하에서는 40dB~55dB 정도 PSNR을 보였다.

향후 PC가 아닌 전용프로세서를 이용하여 병렬 분산처리를 할 수 있도록 한다면 그리 불가능한 일은 아니라고 본다. 하지만, 반드시 네트워크 기반망이 확보되고 서버와 클라이언트 간에 신뢰도가 높은 전송채널을 반드시 갖추어야 할 것이다.

V. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 Motion JPEG2000 부호화 알고리즘을 인터넷 스트리밍서비스에 적용하려고 시도되었다. 서버에서 부호화된 특정영역의 동영상 타일을 UDP/IP 기반의 전송 프로토콜을 사용하여 인터넷으로 독립적인 사용자에게 전송하여 디지털시네마용 대화면을 구성하는 것을 시도하였다.

실험결과 128x128 크기의 타일은 Motion JPEG2000의 기본 구조에 해당하므로 타일로 이루어진 동영상 프레임을 추출하고 부호화하는 데는 큰 문제가 없었지만, 타일 크기

가 커질수록 PSNR은 감소하였고 128x128크기의 타일과 1024x1024 크기의 타일과의 PSNR의 차이는 약 5dB~25dB 정도를 보였다.

본 논문에서 제안한 디지털시네마 시스템은 전용장비를 사용하지 않고 기존의 PC 및 전송 프로토콜을 사용하여 구현했다는 점에서 의의가 있으며 디지털시네마 시스템 구현의 방법론을 제시하였다. 향후, 실험결과에서 나타난 타일의 크기에 따른 부호화율 왜곡 제어문제와 오디오 코덱과의 동기 그리고 다수의 클라이언트간의 동기문제에 대한 추가적인 연구가 필요할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] S. Foessel, "Motion JPEG 2000 and Digital Cinema", ISO/IEC JTC1/SC29/WG1/N2999, July 2003.
- [2] Jill Hunter, "Digital Cinema Reels from Motion JPEG2000 Advance," EE Times, Jan. 6, 2003.
- [3] ISO/IEC 15444-1: Information Technology - JPEG 2000 image coding system - Part 1: Core coding system, 2000.
- [4] ISO/IEC 15444-3 : Information Technology - JPEG 2000 image coding system - Part 3: Motion JPEG2000, 2002.
- [5] D. Taubman and M. W. Marcellin, JPEG 2000: Image Compression Fundamentals, Standards and Practice, Kluwer Academic, Boston, MA, USA, 2002.
- [6] A. Basso and S. Varakliotis, "Transport of MPEG-4 over IP/RTP", 2000 IEEE International Conference on Multimedia and Expo. 2000, vol.2, pp.1067 - 1070, February 2000.
- [7] A. Basso and S. Varakliotis, "Delivery of MPEG-4 over IP/RTP", Proc. of Packet Video Workshop PV2000, May 2000.
- [8] Bruce Schreier, Applied Cryptography: Protocols, Algorithms, and Source Code in C, 2nd Edition, John Wiley & Sons, 1996.
- [9] Yong-Dong Wu and Robert Deng, "A Method for JPEG2000 Access Control", ISO/IEC JTC1/SC29/WG1/N2810, Jan. 23, 2003.