

웨이브렛 기반 무손실 압축 방법을 사용한 동영상 강의 콘텐츠 제작기 구현

이상엽*, 박성원**

A Instructional Contents Creator using Wavelet for Lossless Image Compression

Sang-Yeob Lee*, Seong-Won Park**

요 약

동영상 강의를 손쉽게 제작하기 위해서는 카메라 촬영 영상, 화이트 보드 영상, 첨부 비디오 영상, 도큐먼트 데이터 및 오디오가 실시간으로 결합되어 동영상으로 만들어지는 알고리즘이 필요하다. 본 연구에서는 다중 미디어 객체를 실시간으로 합성하고 해당 영상의 재생산을 위하여 웨이브렛 기반 무손실 압축을 사용하는 동영상 강의 콘텐츠 제작 시스템을 구현하였다. 상용화된 PC를 사용하여 다중 미디어 객체를 실시간으로 결합시켜주는 동영상 강의 콘텐츠 편집 시스템은 동영상 강의 콘텐츠를 제작하고자 할 때 빠르고, 쉽고, 유용하게 사용될 수 있으므로, 지속적으로 증가하고 있는 이러닝 및 모바일 러닝 분야에서 교수자에게 매우 효율적인 시스템이 될 수 있을 것이다. 뿐만 아니라 제안하는 멀티미디어 실시간 합성 기술과 무손실 압축 기술은 원격 회의, 전자상거래 등 다양한 분야로의 응용이 가능하므로 더욱 의의가 있다.

▶ Keyword : 웨이브렛, 무손실 압축, 동영상 제작기, 강의 제작기

Abstract

In order to easily create video tutorials, the algorithm is needed that video camera recording, white board images, video attachments, and document data are combined in real-time. In this study, we implemented the video lecture content creation system using wavelet-based lossless compression to composite multimedia objects in real-time and reproduce the images. Using commercially available PC can be useful when lecturers want to make video institutional contents, it can be operated easily and fastly. Therefore, it can be very efficient system for e-Learning and m-Learning. In addition, the proposed system including multimedia synthesis technology and real-time lossless compression technology can be applied to various fields, different kinds of multimedia creation, remote conferencing, and e-commerce so there are highly significant.

▶ Keyword : Wavelet, Lossless Compression, Video Creator, Instructional Contents Creator

• 제1저자, 교신저자 : 이상엽

• 투고일 : 2010. 12. 02, 심사일 : 2010. 12. 17, 게재확정일 : 2010. 12. 24.

* 삼육대학교 경영정보학과(Dept. of Management Information System, Sahmyook University)

** 연세대학교 정보대학원(Graduate School of Information, Yonsei University)

1. 서론

정보통신 기술을 활용하여 시간과 공간의 제약을 받지 않고 학습할 수 있도록 하는 e-러닝은 2000년대 이후 정보통신 기술의 발달, 꾸준한 학습자 수요, 그리고 참여 업체 수의 증가에 따라 그 시장이 지속적으로 성장하고 있다[1]. 2010년 3월 지식경제부와 정보통신산업진흥원이 발표한 “2009년 e-러닝 산업 실태조사”에 따르면 e-러닝 산업 매출 규모는 지난해 2조 910억 원으로 전년대비 11.8% 성장한 것으로 나타났다. 이는 국민 2명 중 1명이 e-러닝을 이용할 정도로 보편화가 이루어졌다는 것을 의미한다[2]. e-러닝은 인터넷 및 정보통신 기술을 이용하여 학습하는 것을 의미하는데, 온라인 교육, 원격 교육, 사이버 교육 등 다양한 명칭으로 표현된다. e-러닝(온라인 강의)은 기존의 오프라인 교육에 비하여 비용 측면, 시간 측면 그리고 효율성 측면 등에서 다양한 장점을 가지고 있음이 밝혀져 왔다[2][3].

일반적으로 온라인 동영상 강의는 6mm DV로 촬영을 하거나 스크린 캡처를 하여 제작하는 데, 예를 들면, 6mm DV tape을 통하여 촬영된 영상을 Adobe사의 Premiere 와 같은 소프트웨어를 사용하여 편집하거나 강의 내용을 전문 그래픽 디자이너가 애니메이션 프레임으로 제작하는 등의 과정을 거친다[1][4]. 이렇게 콘텐츠를 저작하기 위하여 추가적인 편집 소프트웨어의 사용하는 것은 아직도 전문적인 기술 습득을 필요로 하므로 온라인 동영상 강의 콘텐츠의 활성화에 제약점이 되고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 PC를 이용하여 동영상 강의 영상을 제작 당사자(강사)가 편집 소프트웨어에 대한 전문 지식 없이도 온라인 강의 콘텐츠를 제작할 수 있도록 해주는 동영상 콘텐츠 제작기가 필요하다. 본 연구에서는 콘텐츠 제작 당사자(강사)가 손쉽게 강의 콘텐츠를 표준화된 동영상으로 제작할 수 있도록 해주는 군고구마 멀티미디어 편집기[5]를 개발하였다.

이전의 동영상 강의 제작은 기술한 바와 같이 촬영 영상을 또 다른 소프트웨어를 사용하여 편집해야 했으므로, 실시간 녹화가 불가능하고, 화이트보드(칠판), 부가적인 강의자료(한글파일, 파워포인트 파일, 엑셀 파일 등) 그리고 강사가 강의 중간에 강의 내용을 강조하기 위한 글이나 그림을 그릴 수 있는 그리기 객체까지 포함하기 위해서는 더욱 오랜 시간과 전문적인 기술이 필요하다는 문제점을 가지고 있었다[6]. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 동영상을 실시간으로 제작할 수 있으며, 강사의 강의 모습 촬영 동영상, 부가적인 도큐먼트 강의자료들, 그리고 그리기 객체를 포함하는

동영상 강의 콘텐츠 제작을 매우 손쉽고 빠르게 할 수 있는 시스템을 개발하였다.

지금까지 개발된 실시간 강의 저작도구는 미디어의 형태가 표준 동영상 포맷인 MPEG 1, MPEG 2, 및 MPEG 4 또는 윈도우 미디어 플레이어로 재생 가능한 AVI, WMV 이 아닌 특정 플레이어에서만 실행 가능한 자체 포맷을 사용해 왔기 때문에 상호 호환이 어려운 문제점을 가지고 있었다[6]. 본 연구에서는 MPEG 4, AVI 등으로 재생할 수 있도록 하여, 고프레이머, 윈도우즈 미디어 플레이어와 같은 일반적인 플레이어에서도 재생이 가능한 시스템을 개발하여 사용자의 편의성을 높였다.

뿐만 아니라 PC 화면을 캡처하는 방식을 이용한 강의 제작기에서 생성되는 영상의 화질과 프레임의 질이 매우 낮아서 교육용 콘텐츠 제작 및 교육 효과에 큰 기여를 하지 못하였다[6]. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 동영상을 녹화할 때 재편집을 위하여 무손실 압축 하는 방법을 사용하여 영상의 화질을 높이는 시스템을 개발하였다.

즉, 본 연구에서는 다양한 온라인 강의 콘텐츠를 쉽고 빠르게 제작할 수 있도록 해주는, 제작 당사자(강사)가 편집 소프트웨어에 대한 전문 지식 없이도 온라인 강의 콘텐츠를 제작할 수 있도록 해주고 강사의 강의 동영상, 추가 도큐먼트 자료, 그리고 그리기 객체 등을 포함하는 다양한 형태의 자료들을 모두 포함하는 동영상 콘텐츠를 제공하며, 무손실 압축 방법을 사용하여 고품질을 제공하고, 이 동영상을 실시간으로 제작할 수 있는 동영상 콘텐츠 제작기[5]를 개발하였다. 뿐만 아니라 제작된 동영상 콘텐츠를 상호호환이 용이한 상용 동영상 플레이어에서 재생이 가능하도록 하였다.

본 논문은 크게 다양한 멀티미디어 객체를 합성하여 하나의 동영상 스트림을 제작 하는데 있어, 전체 시스템 구현 방법과 무 손실 영상 압축 방법을 소개 한다. 본 논문에서 제안하는 동영상 합성 시스템의 구현 방법은 다방면의 멀티미디어 스트림을 합성하는 분야에서 많은 기여를 할 것으로 예상되며, 실시간으로 입력되는 무 손실 동영상 압축 방법은 영상의 화질을 엄격하게 관리하는 분야에서 영상의 원 데이터를 저장하는 방법으로 매우 유용하게 활용될 것으로 예상된다. 본 논문에서는 동영상 강의 콘텐츠 제작에 필요한 멀티미디어 객체의 실시간 합성 기술 및 저장 기술을 보여주는데 실시간 합성 기술 및 저장 기술에 관하여 실전 구현 방법이 매우 중요하므로 본 논문에서는 제작 방법의 모든 내용을 이론과 함께 실전 구현 방법을 함께 기술하여 보여준다. 본 논문의 구현 방법은 다양한 멀티미디어 합성 및 저장 시스템을 개발하는 이후의 연구자들에게 기여할 것이라 예상된다.

본 논문은 2장에서 전체 시스템 구조를 설명하고, 3장에서 다중 미디어 객체를 효과적으로 합성하는 방법을 설명하며, 4장에서 웨이브렛을 이용한 무손실 압축 방법을 설명한다. 5장에서는 사용자 인터페이스 측면과 인지 측면의 성능 평가와 무손실 압축의 성능 평가를 하고 6장에서 결론을 맺는다.

II. 전체 시스템 구조

제안 시스템은 PC에서 MS WINDOWS 계열에서 구동하도록 하였다. 운영체제를 MS WINDOWS 를 사용한 이유는 PC 사용자의 대부분이 해당 운영체제를 사용하기 때문이다. 본 연구에서 개발한 동영상 강의 콘텐츠 제작기를 “군고구마”라고 명명하였다.

2.1 군고구마 편집기

군고구마 편집기는 3년 전부터 개발 및 배포되었는데, 1.0 버전에서 시작하여 2.0 버전을 거쳐 현재 3.0까지 개발되었으며, 본 논문에서는 군고구마 편집기 3.0 버전을 보여준다. 군고구마 편집기는 실제 온라인 강의를 제작을 필요로 하는 강사들에게 배포되었는데, 지금까지 10만 카피가 배포되었다. 이렇게 실제 배포 및 평가를 통하여 군고구마 편집기는 사용자의 요구를 크게 반영하여 발전되었다. 실제 배포 및 평가를 통하여 동영상 강의 콘텐츠 제작기의 구현에서 가장 중요한 점으로 첫째, 실시간으로 여러 미디어 객체를 결합할 수 있도록 하는 기술 둘째, 이 결합된 영상을 고해상도의 초당 30프레임의 비디오 스트림으로 구현하는 기술 셋째, 영상 제작 전문가의 도움 없이 사용자(강사)가 콘텐츠 제작을 용이하게 할 수 있도록 해주는 쉬운 User Interface(사용자 인터페이스) 설계로 나타났다. 과거 2.0 버전의 군고구마 편집기에서는 다양한 객체의 실시간 합성이 주력하였는데, 2.0 버전 이전의 군고구마 편집기는 합성된 영상을 압축 화질로 저장하기 때문에, 생성된 영상을 이용하여 여러 번 합성을 시도할 경우 영상이 압축과 복원을 반복함으로 영상 정보가 훼손되는 단점을 가지고 있었다. 그래서 3.0 버전에서는 이런 문제를 해결하기 위해서 합성 영상을 무 손실 압축으로 저장하는 방법을 사용하였다. 또한 과거 2.0 버전에서 발생된 여러 문제를 해결하여 보다 성능이 우수한 멀티미디어 편집기를 개발하여 배포 하였다.

2.2 DIRECT X 플랫폼 사용

MS WIDNOWS 에서는 다양한 멀티미디어 데이터를 컴

퓨터로 받아들이기 위한 기본 플랫폼을 제공하는데 해당 플랫폼이 DIRECT X 이다. 이 플랫폼에서 멀티미디어 데이터의 소스를 캡처 할 수 있는 DIRECT SHOW 플랫폼을 이용하였다. 그림 1 은 제안 시스템이 미디어 데이터를 캡처하는 방법을 도시 한다.

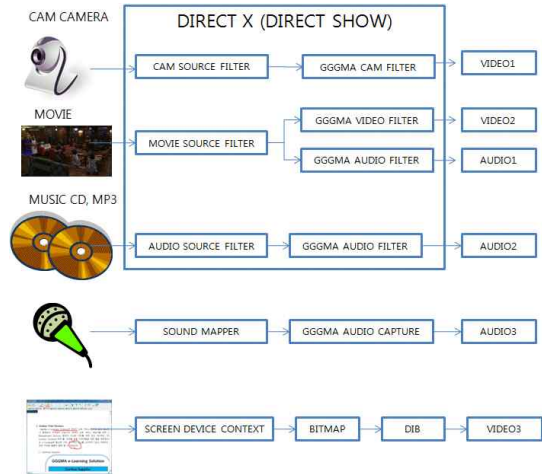


그림 1. 미디어 데이터 캡처
Fig. 1. Media Data Capture

PC 와 연결 되어 있는 캠 카메라와 동영상 음악 등은 모두 Direct Show Filter 를 이용 하였다. 캠 카메라 시스템이 매우 다양하고 동영상 포맷이 매우 다양하며, 음악 포맷도 다양하다. 이런 다양한 포맷의 해당 코덱을 모두 구현 하게 될 경우 목적하는 시스템 제작 시간이 매우 길게 된다. Direct Show Filter을 사용하게 되면 포맷 제작사에서 제공하는 코덱을 사용하기 때문에 본 문제를 해결 할 수가 있다. Direct Show Filter 최 하단은 랜더 필터가 연결되어 있다. 이 랜더 필터를 제거하고 새로 제작한 군고구마 편집기 필터 (GGGMA 필터)를 결합하여 랜더 데이터를 DIB(Device Independent Bimap) 와 샘플링 디지털 오디오 데이터 생성된다.

사용자 필터는 랜더 필터와 베이스 필터 두가지 방법으로 제작 할 수 있다. 랜더 필터를 이용하여 만들게 되면 재생시간에 맞추어 데이터가 GGGMA 필터로 전달되며, 베이스 필터를 사용하면 시간에 상관없이 연속적으로 데이터가 전달된다. 제안 시스템은 캠과 화이트보드를 사용하여 실시간 녹화 시에는 랜더 필터를 사용하였으며, 영상을 구간 편집이나 합성을 할 경우 베이스 필터를 사용하였다.

마이크로부터 입력되는 음성 데이터는 미디어 맵퍼를 통해서 직접 캡처 하였으며, PC화면에서 출력 되는 도큐먼트와 그리기 객체는 Screen Device Context 핸들을 받아서 비트

맵으로 전환하였고, 해당 비트맵을 DIB(Device Independent Bitmap)으로 전환 하였다. 이렇게 추출된 Video1 ~ Video3 와 Audio1 ~ Audio3를 합성하여 하나의 동영상 스트림을 만든다.

2.3 영상 합성의 두 가지 모드

실시간으로 전달되는 영상의 정보량 크고 종류가 다양하면 CPU에서 실시간으로 합성 처리를 하기가 어렵다. 예를 들어 1024 X 768 해상도의 총 4개의 영상이 30 프레임 씩 전송 되고 이 데이터를 합성하여 압축 한다고 가정 하였을 때 펜티엄4 듀얼코어 2.1GHz CPU에서는 초당 30프레임 합성이 불가능 하다. 2.0 이전 시스템에서는 대략적 합성 방법을 이용 하였으나 3.0 버전 이후에서는 두 개의 모드를 선택 할 수 있도록 하였다. 첫 번째 모드는 실시간에 최적화 된 영상을 합성하나, 합성 수행 능력에 따라 대략적 합성을 하는 방법이다. 이 방법을 사용할 경우 시스템의 성능이 나쁠 경우 프레임이 손실 되는 문제점이 있다. 그러나 녹화가 끝난 이후 바로 동영상이 생성되는 장점이 있다. 두 번째 모드는 가상 메모리에 큐를 설정하고 입력되는 비디오 영상을 모두 저장한 다음 새로운 프로세스가 순차적으로 합성하는 방법이다. 이 방법은 녹화되는 모든 프레임을 합성하는 장점이 있으나, 녹화가 끝난 이후에서 큐에 남아 있는 데이터를 처리하는 시간 동안 기다림이 발생 된다. 그림 2는 영상 합성의 두 가지 모드를 보여준다.

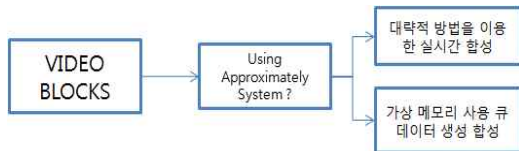


그림 2 두 가지 영상 합성 모드
Fig. 2. Two types of Image Synthesis

2.4 음성 합성 방법

음성을 합성하기 위해서는 우선 소스로부터 입력 받는 영상을 N 크기의 블록에 순차적으로 저장을 한다. 다음은 해당 크기의 블록만큼 데이터가 수신 되면 해당 블록을 링크드 리스트에 연결시킨다. 이때 마이크로로부터 입력되는 오디오 블록은 버퍼에 블록 크기를 설정 하면 해당 크기만큼 기록되어 수신되기 때문에 별도의 버퍼를 만들 필요가 없다. 그림 3은 오디오 블록 합성 방법을 보여준다.

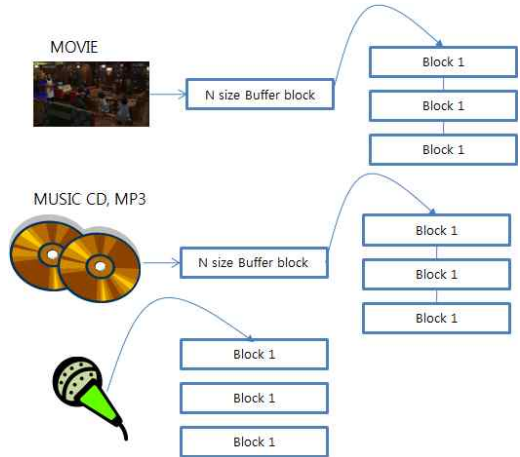


그림 3 오디오 블록 합성 방법
Fig. 3. Synthesis of Audio Block

III. 미디어 객체 동영상 스트림 합성

3.1 대략적 방법을 이용한 최적화 합성

실시간으로 전달되는 영상의 정보량 크고 종류가 다양하면 CPU에서 실시간으로 합성 처리를 하기가 어렵다. 스트림 객체는 프레임 수만 다양한 것이 아니라, 크기 또한 다양하며 위치 또한 동적이다. 따라서 영상을 합성 할 때 이렇게 다양한 모든 변수를 고려해서 결합해야 한다. 또한 다양한 프레임과 다양한 크기를 1개의 고정 프레임 수와 1개의 프레임 크기에 맞추어 결합해야 한다. 그림 4은 대략적 방법을 이용한 최적화 합성의 전체를 보여 준다.

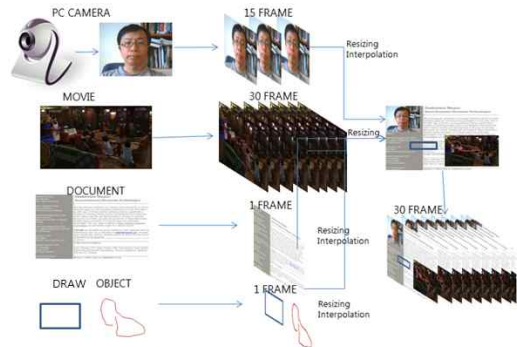


그림 4. 대략적 방법을 이용한 최적화 합성
Fig. 4. The Approximate Synthesis

제한하는 시스템은 고정적인 사양의 PC가 아닌 성능이 각기 다른 다양한 성능의 PC에서 구동이 될 수 있도록 설계되었다. 따라서 고성능 PC와 저성능 PC에서 처리할 수 있는 데이터의 양이 다르고 그에 따른 결과 또한 다르다. 제안하는 시스템에서 프레임 처리 양은 초당 30프레임을 보장한다. 이를 위하여 본 연구에서는 최적화 합성과 실시간 구동의 문제점의 정의를 수행 시간 지연 처리 측면에서 살펴보고 개선하였다.

합성시에 다양한 객체를 합성하는 스레드가 구동되며 이 구동되는 스레드는 컴퓨터 성능에 따라서 빠르게 또는 늦게 수행 될 수가 있다. 늦게 수행 되면 처리할 데이터가 메모리가 남게 되어 메모리의 증가가 발생 되고, 강의 종료 후에 남은 데이터를 처리하기 위한 처리 시간 동안의 기다림이 발생 된다. 이때 극복할 수 있는 지연 시간을 문턱치 값(Threshold value)로 설정하고 문턱치 값 이하일 경우에 해당 프로세스가 가능하도록 설계 하였다. 그림 5는 수행 시간 지연 처리에 대하여 보여준다.

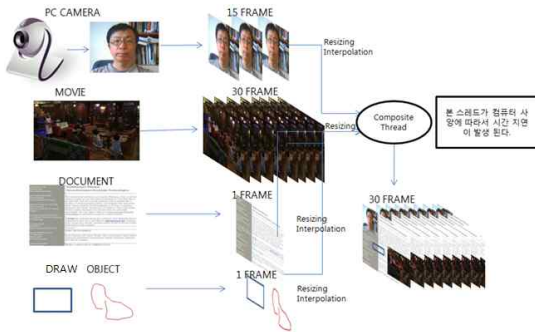


그림 5. 수행 시간 지연 처리
Fig. 5. Delay of Execution Time

수행 시간 지연과 함께 메모리 오버플로를 방지하기 위한 메모리 한계를 두어야 한다. 합성 스레드의 시간이 지연 되면 합성을 기다리는 프레임 객체들이 메모리에 존재 하게 된다. 녹화 시간이 길어질수록 메모리 량은 증가 되고 결국 메모리 오버플로가 발생 된다. 최적화 합성을 하기 위해서 저장된 데이터가 일정 크기의 메모리를 상위 하면 해당 시스템의 프레임 수를 줄이거나 또는 결합 객체를 줄여 최적화 합성을 수행 한다.

3.2 영상 손실 최소화 알고리즘

입력 단의 영상 리스트에서 프레임의 손실이 없게 하는 유효화 프레임 설정하고 해당 프레임을 합성 압축 전송 하는 방법을 이용하여 영상 손실을 최소화 하였다. 그림 6은 본 연구에서 사용한 알고리즘의 전체 구조를 보여 준다.

Composite Thread 는 여러 개의 영상을 합성하여 하나의 영상을 만들어 내는 스레드 이다. 이 스레드가 1개의 프레임 만들어 내는데 평균 1/20 sec. 가 걸린다면 입력 프레임이 20 프레임이 넘게 되면 손실 되게 된다. Composite Thread 의 average frame 을 Avf 라고 하였을 때 Avf 값보다 확실하게 적은 입력 소스는 버퍼 한 개를 두고 해당 버퍼에 데이터를 입력 받는다.

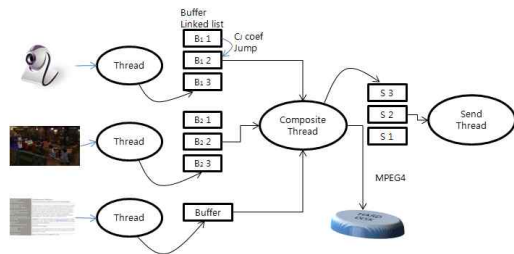


그림 6. 최적화 합성 알고리즘
Fig. 6. Optimization Algorithm for Video Synthesis

문서 데이터와 그리기 객체는 이 프레임 수보다 작기 때문에 1개의 버퍼를 이용하여 해당 버퍼에 지속적으로 데이터를 복사하는 방법을 사용 한다. Avf 보다 클 경우 손실되는 프레임은 다음과 같다.

$$Objf - Avf = Loss \dots\dots\dots (1)$$

Objf는 각 스레드 에서 전송되는 프레임 수를 의미 하며 Loss 는 손실 프레임의 수를 의미 한다. 손실되는 프레임을 한꺼번에 손실을 발생 시키지 않고 중간 프레임을 제거해야 한다. 예를 들어서 30 프레임 입력 소스에서 20 프레임이 유효할 경우 순차적으로 20 프레임을 받고 나머지 10 프레임을 제거 하게 되면 영상의 변화율이 매우 커져서 영상이 손상되었다는 느낌을 가지게 된다. 소스 입력 원에서는 초당 최대 프레임의 링크드 리스트로 만든 다음 합성 프레임에서는 해당 링크드 리스트에서 Jump 계수만큼 이동하면서 데이터를 받는다.

$$Cj = \frac{Objf}{Avf} + 0.5 \dots\dots\dots (2)$$

Cj는 정수형 Jump 계수 이다. 이 계수만큼 Jump 하여 프레임을 받게 되면 전체 프레임에서 중간에 연결되는 프레임이 손실되기 때문에 영상의 흐름에 끊김이나 큰 변화가 보이지 않는다. 전체 손실 계수는 다음과 같이 계산 된다.

$$E_{loss} = \sum (Objf_i \times \frac{Avf_i}{Objf_i}) \dots\dots\dots (3)$$

E_{loss} 는 PC의 수행 능력에 따라 다양하게 발생 하나본 방법을 사용하게 되면 결합된 영상의 변화율이 작게 되어 손실이 없는 것처럼 느끼게 된다. 현재 인코딩 된 데이터는 유효 프레임으로 존재 하고 남아 있는 데이터는 손실 데이터가 된다. 예를 들어 30 프레임이 목적 프레임인데 현재 연산 처리 과정에서 20프레임만 처리 했을 경우 10 프레임의 손실이 발생 된다. 이때 손실된 10 프레임은 모두 버리는 것이 아닌 10 프레임과 다음 프레임의 30프레임을 더한 40 프레임에서 최적화된 20 프레임은 추출 하는 것이다. 이렇게 할 경우 40 프레임에서 20 프레임은 추출해야 하기 때문에 Jump 계수는 2가 되어 2프레임 중 한 프레임을 선택 하는 것이다. 만약 40 프레임에서 20 프레임을 추출 하지 못하고 5 프레임이 남게 되면 다음 30 프레임과 5 프레임을 더한 35 프레임에서 20 프레임을 설정하는 Jump 계수를 설정하는 방법이다.

3.3 가상 메모리 큐를 이용한 영상 합성

입력되는 비디오 스트림을 가상 메모리 공간에 큐를 설정하고 스트림을 순차적으로 저장을 한다. 가상메모리 공간은 하드 디스크를 메모리 공간으로 설정하는 일반적인 방법을 사용 하였다. 합성 스레드가 구동 되면서 큐에 저장된 다중 비디오 스트림을 순차적으로 합성하여 하나의 비디오 스트림을 만든다. 실제 입력되는 비디오 스트림이 모두 초당 30프레임을 보장 하지 않기 때문에 입력 비디오 스트림에 따라서 새로운 프레임을 생성 삽입해야 한다. 그림 7은 입력되는 영상 스트림의 정보를 손실 없이 합성하는 방법을 보여 준다.

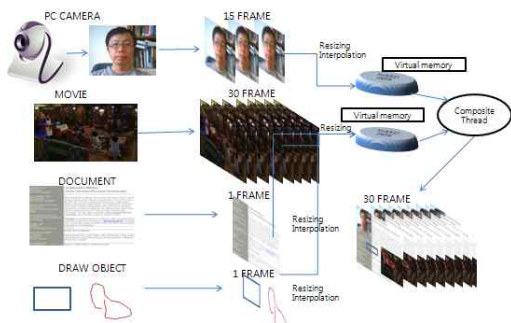


그림 7. 가상 메모리를 이용한 영상 합성
Fig. 7. Video Synthesis using Virtual Memory

IV. 웨이브렛을 이용한 무손실 영상 압축

합성된 영상을 일반적 동영상 압축 방법인 MPEG4 를 이용한 손실 압축을 할 경우 원 영상에서 손실이 발생 된다. 손실이 발생된 영상을 다시 재합성하기 위해 압축을 풀고 새롭게 변형하여 합성을 하게 되면 손실 발생된 영상의 또다시 손실이 발생된다. 군고구마 3.0 에서는 해당 손실 발생을 막기 위해서 무 손실 압축 방법을 사용하였다. 영상 원본은 무 손실 압축 방법을 이용하여 저장을 하고 배포 시에 원영 상들의 합성으로 손실 압축을 한다.

본 시스템에서 사용하는 웨이브렛[7][8]의 기본 함수는 Haar 웨이브렛 함수를 사용 하였다. Harr 웨이브렛은 덧셈 연산을 기본으로 하고 복잡한 삼각 함수를 사용하지 않기 때문에 실시간 영상 압축에는 매우 유효 하다.

4.1 2D 1차 웨이브렛 처리 과정

동영상 무 손실 압축 알고리즘의 전체적인 구조는 그림 8 에서 보여준다. 영상이 결합되면서 저장된 첫 영상은 Initial 프레임으로서 프레임의 모든 데이터가 압축되어 저장된다. 이후 입력되는 영상은 이전 영상과 비교하여 변화율이 특정 값보다 크면 Initial 프레임으로 확정되어 같은 처리를 거치게 되며, 그렇지 않으면 변화된 블록만을 사용한다.

Initial 프레임을 만들기 위해서는 영상을 1차 Harr 웨이브렛 변환 (Harr Wavelet Transform)을 이용하여 4개의 주파수 영역으로 분리한다. 그림의 Vertical high frequency, Horizontal high frequency, Vertical-Horizontal high frequency, Low frequency가 이것이다. 4개의 주파수 영역 값을 N bit Tag coding 알고리즘을 이용하여 압축을 한다. Motion estimation으로 추출한 Motion block은 의 변화율을 확인하여 변화된 블록만을 N bit tag coding 알고리즘을 이용하여 압축한다.

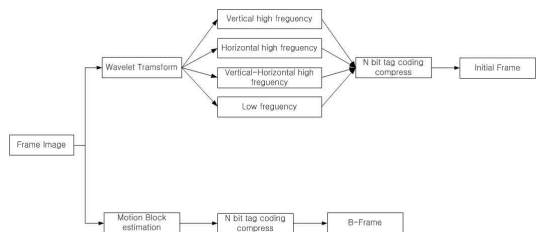


그림 8. 무손실 압축 알고리즘의 전체 구조
Fig. 8. Structure of lossless Compression Algorithm

4.2 영상 압축 알고리즘

웨이브렛 변환을 거친 영상 프레임은 그림9와 같은 형태를 갖는다. 이러한 처리를 거친 영상 프레임의 각 데이터들은 특정 값으로의 몰림 현상이 발생된다. 주로 RGB색상의 0,0,0 값 즉 검정색에 해당하며 예시로 제시된 영상 프레임을 웨이브렛 변환을 처리한 값을 그래프로 나타내면 그림10과 같다. 압축을 위해 주파수 변환을 시도 하는 가장 큰 이유는 공간 영역의 정보가 주파수 영역에서는 특정 주파수 공간으로 몰리는 현상이 발생되기 때문이다. 이렇게 몰리는 데이터의 비트 양을 최소화하는 방식으로 영상을 압축 하면 효과적인 압축을 할 수 있다. 특히 일반적으로 색상이 한정되는 경우가 많은 동영상 강의의 경우는 자연 영상 등의 여러 상황의 동영상들 보다 비교적 높은 압축률로 압축하는 것이 가능하다.

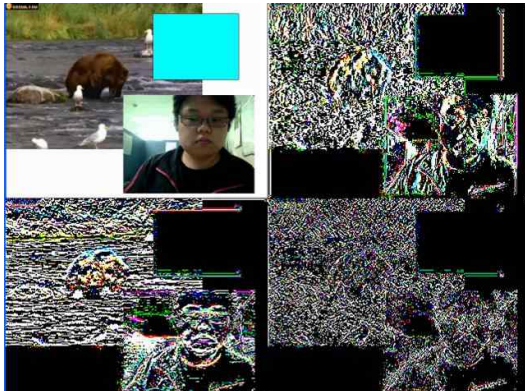


그림 9. 1차 웨이브렛 변환 결과
Fig. 9. Result of First Wavelet Transform

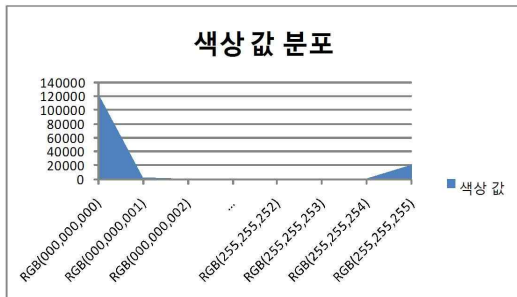


그림 10. 웨이브렛 변환 이후 색상 값 분포
Fig. 10. Distribution of Color Value from Wavelet Transform

4.3 N 비트 태그 코딩

무 손실 압축에서 대표적으로 사용하는 방법이 허프만 코딩과 사전식 압축 코딩이다[9]. 그러나 허프만 코딩은 영상의 변화율이 매우 심할 경우 압축 성능이 떨어지는 단점이 있으며, 사전식 압축 코딩은 영상 색상 정보가 클 경우 압축 성능이 떨어지는 단점이 있다. 이외에 LZW 압축방식이 있으나 이 방식 또한 동영상 스트림이 지속적이면 성능이 떨어지는 단점이 있다. 우리는 본 시스템에 성능이 효과적인 N 비트 태그 코딩(N bit tag coding) 알고리즘을 새롭게 개발 하였다. 본 시스템에 적용된 N 비트 태그 코딩은 이 모든 문제점을 보완하는 알고리즘이다.

웨이브렛 변환을 거친 Initial 프레임과 추출된 Motion Block은 N 비트 태그 코딩(N bit tag coding)을 통해 무손실 압축 된다. N 비트 태그 코딩은 3단계로 압축을 한다. 1 단계는 압축하고자 하는 데이터의 태그 비트를 고정하는 것이다. 그 고정 값이 N이 된다. 예를 들어 가장 많이 사용하는 데이터를 1 비트로 설정하고 n비트 크기의 태그 정보를 사용하고자 하면 태그 코드의 길이가 된다. 본 시스템에서는 4 비트를 태그 코드로 두고 압축을 진행한다. 이와 같은 경우 처음 0값은 가장 많이 사용되는 값으로 설정하고 이후 개의 사전 코드를 만들 수 있다. 2단계로 N bit 태그 코드를 만든 다음 영상에서 픽셀 값들을 분석하여 태그 코드와 연속되는 값을 그림11과 같이 설정한다.

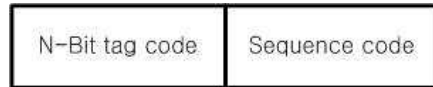


그림 11. 영상 정보를 압축으로 전환한 블록
Fig. 11. Block of Compressed Video Date

예를 들어서 1101이 태그이고 이 값이 연속적으로 8개가 들어온다면 2진수로 그림 12와 같이 설정한다.

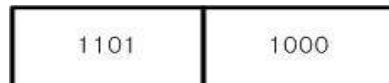


그림 12. 압축 코드의 예
Fig. 12. Example of Compression Code

마지막으로 연속된 값을 추출하는 단계이다. 그림11의 Sequence code는 태그 비트가 참조되는 색상 값의 연속된 개수이다. 이때 VF(Vertical Frequency)는 수직 방향으로,

HF(Horizontal Frequency)는 수평 방향으로 연속되는 개수 값이다. 주파수 방향에 참조하여 해당 방향으로 연속된 값을 추출한다. 그림 13은 시퀀스 코드 추출의 방향을 보여준다.

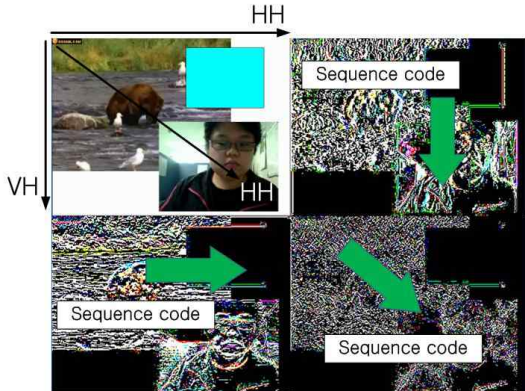


그림 13. 시퀀스 코드 추출방향
Fig. 13. Direction of Sequence Code Extraction

본 연구에서의 알고리즘은 허프만 코딩과 사전식 압축 코딩을 결합한 방법이다. 즉, 허프만 코딩의 비트 증가율을 막고 사전식 압축 코딩의 모든 데이터의 사전 데이터 추출의 문제점을 보완하여 개선하였다.

4.4 복호화 과정

복호화 과정은 먼저 N 비트 태그 데이터를 원래의 색상 정보로 전환한다. 전환된 영상 블록을 웨이블릿 역변환을 통해서 원래의 영상으로 복원 시킨다. 그림 14는 복호화 과정의 순서도를 보여 준다. 압축된 데이터에서 N 비트의 데이터를 읽어서 해당 데이터가 태그 코드일 경우 뒤의 Sequence code 값을 읽은 다음 해당 코드만큼 반복하여 원래의 값을 복원한다. 만약 태그 코드가 아닐 경우 해당 데이터는 색상 정보이기 때문에 그대로 사용 한다. Harr 웨이블릿 변환을 하게 되면 0.5의 소수점 데이터가 발생 된다. 이를 위해서 실수 연산을 하게 되면 저장에서 용량이 커지며 수행 능력 또한 떨어진다. 이를 방지하기 위해서 하위 1개 비트를 소수 값으로 설정한다. 하위 1개 비트가 1이면 0.5이고 그렇지 않을 경우에는 0.0으로 설정하여 소수를 처리 한다.

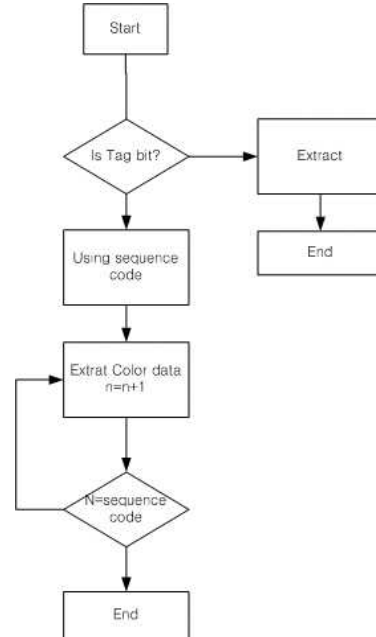


그림 14. 복호화 과정 순서도
Fig. 14. Flow Chart of Decoding

V. 시스템 성능 평가

제안 시스템은 온라인 강의 동영상 콘텐츠를 컴퓨터를 이용하여 빠르게 제작하는 저작도구의 구현 방법[10]을 보여준다. 본 시스템에 대한 성능을 평가하기 위해서 3가지 측면에서 평가 하였다. 첫 번째는 사용자 인터페이스 측면에서의 평가이며, 두 번째는 무손실 압축의 성능이며, 마지막으로는 대략적 합성 방법에 대한 사용자 인지 평가 이다.

5.1 사용자 인터페이스 평가

사용자 인터페이스 측면 평가란 강의를 하고자 하는 사용자가 강의 콘텐츠를 제작하기 위해 동영상 강의 콘텐츠 제작기를 사용할 때 사용이 용이한 시스템이 무엇인가를 확인하기 위한 평가 이다. 그림 15는 군고구마 시스템의 실행 화면을 보여주는데, 녹화 화면에 동영상을 로드하고 캡 화면이 결합된다. 워드, 한글, 파워포인트, 엑셀 등의 문서 데이터가 함께 로드되며, 박스와 그리기 객체를 사용하는 화이트보드 기능이 탑재 되어 있다. 현재까지, 이러한 모든 멀티미디어 데이터가 결합 되어 하나의 동영상 스트림으로 실시간 결합되어 MPEG 4, AVI 등으로 생성하는 프로그램은 존재하지

않는다. 강의 저작도구로 화면과 도큐먼트 데이터를 결합하는 다양한 툴이 있으나, 이 툴들은 한 개의 비디오 표준 비디오 스트림을 생성하지 않기 때문에 제안하는 논문의 시스템과 비교 판단이 불가능 하다. 또한 기존의 동영상 편집기는 단순히 실시간 강의를 목적하는 것이 아니기 때문에 이 또한 비교가 불가능 하다.

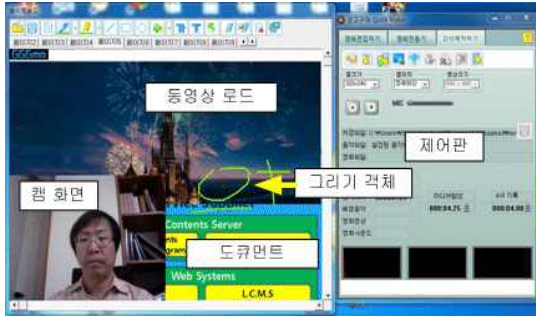


그림 15. 군고구마 실행 화면
Fig. 15. Execution Image of GGGMA

본 연구에서는 강의를 저작하기 위해 필요한 동영상 편집기의 주요 항목은 본 분야의 전문가 4명이 검토하여 선정되었으며, 중요도에 따라 각 항목의 배점 안을 마련하여 제안하는 시스템을 사용자 인터페이스 측면에서 평가하였다. 표 1은 사용자 인터페이스 측면에서의 평가 항목을 보여준다. 이 평가 항목들을 사용하여 동영상 강의 콘텐츠를 제작하고자 하는 강사 30명에게 동영상 강의 저작도구에 필요한 핵심 요소가 무엇인가를 설문하였다.

국내용 강의 저작도구와 국내용 동영상 편집기의 기술이 유사하여 대표적인 프로그램 1개를 설정 하여 불특정 강사 30명에게 평가를 받았다. 제안된 시스템과 다른 동영상 편집기와의 평가 결과는 표 2와 같다. 평가 결과 아도비 프리미어(Adobe Premiere)가 가장 높은 점수를 받았으며 두 번째로 군고구마 시스템이 평가 점수가 높았다. 표2의 결과가 나온 이유는 강의 녹화 할 때의 사용자 인터페이스 부분이 타 시스템보다 군고구마가 좋았기 때문으로 판단되었다. 이것은 다중 미디어 객체를 실시간 합성하는 방법을 구현하였고, 현재까지 다중 미디어 객체를 실시간 합성하여 한 개의 스트림으로 나오는 하는 본 연구에서 제안하는 시스템과 동일한 종류의 시스템은 없기 때문으로 판단된다. 아도비 프리미어가 최고 점수를 받은 이유로는 강의 콘텐츠의 제작에 중점을 두기 보다는 동영상 편집을 할 수 있는 다양한 기능이 있기 때문인 것으로 판단되었다. 그러므로 기존의 군고구마 동영상 강의 콘텐츠 제작기에 다양한 동영상 편집 기능을 추가 시키면 사용

자들에게 매우 우수한 시스템으로 인지될 것으로 예상된다.

표 1. 사용자 인터페이스 평가 항목
Table 1. Questionnaire of User Interface

번호	평가 항목	배점
1	캠, 동영상, 오디오, 화이트 보드가 결합되어 실시간 녹화가 가능한가?	15
2	99.2% 녹화 중지 후에 녹화 시간의 10% 정도의 지연 이후에 동영상으로 변환 되는가?	10
3	여러 개의 동영상을 동시에 편집 가능한가?	10
4	구간 편집이 가능한가?	10
5	자막 처리가 가능한가?	5
6	프레임별 영상 처리가 가능한가?	15
7	고급 영상 처리 기법이 결합 되어 있는가?	15
8	표준 동영상 스트림으로 생성 가능한가?	20
합 계		100

표 2. 사용자 인터페이스 평가 결과
Table 2. Results of User Interface Analysis

시스템	1	2	3	4	5	6	7	8	계
군고구마	15	10	8	8	3	10	5	15	74
프리미어	5	10	10	10	4	15	15	15	83
Macintosh iMovie	5	6	10	10	0	13	12	15	71
MS Movie Maker	2	4	5	5	2	7	8	7	40
국내 강의 저작도구	15	10	0	0	0	0	0	0	25
국내 동영상 편집기	3	7	8	8	3	10	5	10	54

5.2. 무손실 압축 성능 평가

현재 가장 인기있는 동영상 편집기로는 MS 사의 Movie MAker, 애플사의 iMovie 그리고 아도비사의 Premiere(프리미어)가 있다. 이 중 맥킨토시의 iMovie는 MPEG 4 손실 압축을 사용하고 MS 사의 Movie Maker는 자체의 손실 압축 코덱을 사용한다. 그리고 아도비사의 프리미어는 손실 압축을 사용하는 대표적인 시스템이다. 그러므로 본 연구에서는 무손실 압축 방법을 사용하는 군고구마, 아도비 프리미어, 허프만 코드 그리고 사전 부호화를 사용했을 때 압축률을 분석하여 표 3에서 보여준다.

표 3. 무손실 압축 성능 평가
Table 3. Results of Lossless Compression Performance

시스템	압축율 (%)
아도비 프리미어	73.4
군고구마	58.2
허프만 코드	68.4
사전 부호화	75.6

동영상 편집기가 아닌 타 시스템에서의 영상 압축에서는 평균적으로 50~60% 정도가 나온다. 그러나 해당 시스템은 동영상 편집이 목적이 아닌 특수 목적으로 사용된 알고리즘이다. 그러나 아도비 프리미어는 Run Length 형식의 압축을 사용하기 때문에 제안된 시스템 보다 압축률이 떨어진다. 제안된 시스템의 압축이 타 시스템 보다 좋은 이유는 I 프레임은 무손실 압축을 하고 B와 P 프레임일 경우 변화율에 무손실 압축 방법을 결합했기 때문이다. 그러므로 동영상 무손실 압축을 위하여 제안하는 방법을 사용하면 매우 효과적이다.

5.3. 대략적 합성 방법에 대한 사용자 인지 평가

표 4는 프레임 손실이 없는 영상과 프레임 손실이 있는 영상의 차이를 느끼는 값의 비교하여 보여준다. E_{loss} 는 1을 최대값으로 정규화(normalize) 한 값이다. 총 200명을 대상으로, 여러 영상을 합성한 후 손실 없는 영상과 손실 있는 영상에 대하여 어떻게 느끼는지 확인해 보았다. 분석 결과 0.4 값 이하일 경우 손실이 있다는 느낌을 느끼지 못하였으나 0.4를 초과할 경우에는 손실이 있다는 것을 느끼는 것으로 나타났다. 그러므로 만약 값이 0.4 보다 클 경우 대략적 합성 모드가 아닌 가상 메모리 큐 방식을 선택 하여야 한다는 결론을 얻었다.

표 4. 영상 손실에 대한 사용자 인지
Table 4. User Cognition of Image Loss

E_{loss}	손실	무손실	비율(%)
0	2	198	0.01
0.2	2	198	0.01
0.4	3	197	0.015
0.6	173	27	0.865
0.8	192	8	0.96
1	200	0	1

VI. 결론

동영상 강의 콘텐츠의 생산이 매우 크게 증가 되고 있다. 현재 많은 서비스 기반이 온라인 콘텐츠 배포에 중점을 두고 진행 되어 왔다. 동영상 강의 콘텐츠의 생산에 장애가 되는 중요한 요인으로는 제작비가 있다. 동영상 강의 콘텐츠를 제작하기 위해 별도의 스튜디오, 촬영기사, 그리고 편집 전문가 등이 필요하기 때문에 콘텐츠의 생산 비용은 다수의 콘텐츠 제작시에도 크게 감소될 수 없었다. 이러한 이유들로 인하여 콘텐츠가 고가로 보급되어 왔고 콘텐츠의 양적 질적 향상이 어려웠다.

본 연구에서 개발한 시스템을 사용하면, 강사가 직접 동영상 강의 콘텐츠를 쉽게 제작할 수 있을 뿐만 아니라 다중 멀티미디어 데이터를 실시간으로 합성하여 사용할 수 있기 때문에, 콘텐츠 제작비용이 현저하게 감소될 수 있다. 이렇게 저렴한 콘텐츠의 제작은 결국 콘텐츠의 양적 증가에 기여를 할 수 있다.

본 연구에서 개발한 시스템은 강사의 강의 동영상, 화이트보드, 한글, 파워포인트, 엑셀 파일과 같은 도큐먼트 첨부물 손쉽게 실시간으로 제작할 수 있도록 해 준다. 이러한 다양한 미디어 객체를 결합할 수 있도록 해 줌으로써 강의 콘텐츠의 질이 향상될 수 있을 것이므로 학습 효과 향상에 기여점이 있다.

본 연구에서 개발한 시스템은 동영상 재생산을 위한 무손실 최적 압축 방법을 사용하였으며, 압축 성능 평가 결과가 우수한 시스템으로 나타났다. 무손실 압축 기술은 동영상 강의 분야 뿐 만이 아니라 향후 동영상을 다루는 다양한 분야에서 사용할 수 있으므로 그 기여점이 크다고 할 수 있다.

그러므로 제안된 시스템은 온라인 동영상 강의를 저작하는데 매우 효과적인 시스템이다. 뿐만 아니라 본 시스템과 연결 하여 누구나 자신만의 블로그형 교육 시스템을 구축할 수 있는 강의콘텐츠 거래를 위한 포털 웹 사이트를 개발[11] 하였다. 본 시스템과 교육 포털 서비스는 강의 동영상 콘텐츠 제작과 보급에 크게 기여할 수 있을 것이다. 결국 강의 콘텐츠 산업의 발전에 기여를 할 것으로 예상된다.

향후 연구로는 현재의 시스템에 아도비 프리미어와 같은 동영상 편집기능을 포함하는 시스템의 개발이 필요할 것이며, 이렇게 강사 스스로 카메라 앵글을 설정하고 스스로 제작하는 콘텐츠를 사용한 학습이 기존의 각기 다른 전문가 다수가 함께 모여 만든 콘텐츠를 사용한 학습과 비교할 때 학습자들에게 어떠한 인지를 주는지 분석이 필요할 것으로 예상된다.

참고문헌

- [1] Youngdo Yoon, and Eunyoung Choi, "Falsh Video Efficiency in Producing E-learning contents," The Journal of the Korea Contents Association, Vol. 7, No. 4, pp.192-198, 2007.
- [2] The Size of e-Lerning Market, <http://www.asiae.co.kr/news/view.htm?idxno=2010030311004628743>
- [3] Bok-Keun Sun, and Kwang-Rok Han, "A Study on Synchronization of Video and Virtual Reality Data for On-line Education," Journal of Korea Multimedia Society, Vol. 8, No. 3, pp. 389-397, 2005.
- [4] W. Horton, and K. Horton, "*E-learning Tools and Technologies : A consumer's guide for trainers, teachers, educators, and instructional designers*," John Wiley & Sons, 2003.
- [5] <http://www.gggma.com>
- [6] Sang-Yeob Lee, and Duck-Shin Oh, "Study of the compression of the various video stream objects using lossless method for the education contents," In proc. of Korean Society Conference of Computer Information, Vol. 17, No. 1, pp. 363-366, 2010.
- [7] Stephane Mallat, "*A Wavelet tour of signal processing*", Academic Press, 1998.
- [8] Ana Ruedin, "A Class-Conditioned Lossless Wavelet-Based Predictive Multispctral Image Compressor," IEEE geoscience and remote sensing letters, Vol. 7, No. 1, pp. 166-170, 2010
- [9] Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, and Clifford Stein. "*Introduction to Algorithms*," MIT Press and McGraw-Hill, pp. 385 - 392. 2001.
- [10] Sang-Yeob Lee, "*Visual C++ Programming Bible*," Youngjin books, 1998.
- [11] Bo-mi Kim, Sang-Yeob Lee, "A Study on the Construction Methodology for opened E-Leaning system," In proc. of Spring Conference of Korea Contents Association," pp. 459-462, 2010.

저자 소개



이 상 엽

1998 : 한양대학교 전자계산학과 석사
 2003 : 한양대학교 전자공학과 박사
 2000 - 현재 : 삼육대학교 경영정보학과 부교수
 2009 - 현재 : 에스와이미디어로봇연구소(주) 대표이사
 관심분야 : 영상처리, 멀티미디어, 로봇
 E-mail : zikimi@syuaclkr



박 성 원

2003 : 이화여자대학교 컴퓨터학과 석사
 2007 - 현재 : 연세대학교 정보대학원 박사과정
 관심분야 : Business Strategy, IT Impact, Digital Contents,
 E-mail : seongwon@yonsei.ac.kr