



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



**저작자표시.** 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



**비영리.** 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



**변경금지.** 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

교육학 석사 학위 청구 논문

관심영역 추출을 이용한 *PDA*기반의  
원격강의 시스템 설계 및 구현



2007년 8월

부경대학교 교육대학원

전산교육전공

한 은 영

교육학석사학위 청구논문

관심영역 추출을 이용한 PDA기반의  
원격강의 시스템 설계 및 구현

지도교수 박홍복

이 논문을 교육학석사 학위 청구논문으로 제출함

2007년 8월

부경대학교 교육대학원

전산교육전공

한은영

한은영의 교육학석사 학위논문을 인준함

2007년 8월 30일



주심 공학박사 박 승 섭 ㉠

위원 이학박사 김 영 봉 ㉠

위원 이학박사 박 흥 복 ㉠

# 목 차

표 차례 .....	ii
그림 차례 .....	iii
Abstract .....	iv
<b>1. 서론 .....</b>	<b>1</b>
<b>2. 관련 연구 .....</b>	<b>3</b>
2.1 모바일 네트워크 트렌드 .....	3
2.2 적응적인 영상처리 기술 .....	3
2.2 포켓 PC 2002 .....	6
2.3 DIBSectionLite API .....	7
2.4 이미지 스케일링(Image Scaling) .....	8
<b>3. 시스템 설계 .....</b>	<b>10</b>
3.1 강의 서버(Lecture Server) .....	11
3.1.1 전처리(Preprocessing) .....	13
3.1.2 Canny 에지 연산을 통한 에지 검출 .....	13
3.1.3 모폴로지(Morphology) 연산 .....	16
3.1.4 Projection XY .....	17
3.2 이미지 스케일링 .....	18
3.3 클라이언트(PDA) .....	20
<b>4. 시스템 구현 및 결과 분석 .....</b>	<b>22</b>
4.1 시스템의 구현 .....	22
4.1.1 Lecture Server(PC) .....	23
4.1.2 Client(PDA) .....	25
4.2 결과 분석 .....	25
<b>5. 결론 .....</b>	<b>30</b>
참고문헌 .....	31

## <표 차례>

표 1. 주요 통신 업체별 m-러닝 도입 현황 자료 .....	4
표 2. 시스템 구현 환경 .....	22
표 3. PDA(hp iPAQ rw6100) 사양 .....	23
표 4. 학습관련 자료에서 학습 영역 중심의 영상 축소 결과 .....	26



## <그림 차례>

그림 1. 모바일 네트워크 트렌드 .....	3
그림 2. 포켓 PC 어플리케이션 아키텍처 .....	6
그림 3. DIBSectionLite 주요 Method 흐름도 .....	8
그림 4. 이미지 스케일링 기법 .....	9
그림 5. 시스템 구성도 .....	10
그림 6. Lecture Server(pc)의 세부 구성도 .....	11
그림 7. 학습 영역 추출 과정 .....	12
그림 8. Gray 영상 변환 .....	13
그림 9. 영상의 3x3 영역과 sobel 마스크 .....	14
그림 10. 히스토그램 계산 과정 .....	14
그림 11. 가우시안 필터 적용 과정 .....	15
그림 12. Canny 에지 필터를 수행 과정 .....	15
그림 13. Opening(침식->팽창) 연산 과정 .....	16
그림 14. Project XY 연산 과정 .....	17
그림 15. 제안하는 축소 알고리즘 순서도(a) .....	19
그림 16. Client(PDA) 구성도 .....	20
그림 17. PDA에서 동영상 재생 .....	21
그림 18. 학습 영역의 추출과정과 220x210의 해상도로 축소된 이미지 ..	23
그림 19. Lecture Server 인터페이스 화면 .....	24
그림 20. Client 실행 화면 .....	25
그림 21. 다양한 학습 컨텐츠에서 학습 영역 중심의 영상 축소 결과 .....	27
그림 22. 제안된 방법으로 축소된 영상과 고정 비율로 축소된 영상 .....	28
그림 23. 서버로부터 전송되어 PDA상에 재생된 PPT 영상 .....	29

# *Design and Implementation of Remote Lecture System Using Region of on PDA*

Han, Eun Young

*Dept of Computer Science Education, Graduate School of Education,  
Pukyong National University*

## ***Abstract***

PDA provides an opportunity for users to study anytime and anywhere because it is portable and convenient thanks to its relatively small size. However, users may face difficulties to fully recognize the characters provided through lecture videos, due to its low resolution and small scaled screen. This thesis proposes a system of remote lecture in which the size of videos can be adjusted and transmitted on the basis of contents necessary for study, using detection of region-of-interest(ROI) image, and a method of image scaling in a bid to solve such a problem of PDAs. This proposed system prepared the opportunity to raise expandability of remote device and presented the direction about the movie service that is efficient in remote communication that provides optimized lecture contents to students and

minimizes packet transmission quantity in the real-time lecture image. The experiment on 802.11b wireless network shows that the proposed system is able to provide more optimized lecture videos than in existing method.



## 1. 서론

디지털 신호 처리, 저장 매체, 전송 방식의 발전은 음성 정보로 국한된 강의로부터 다양한 멀티미디어 기능이 포함된 강의를 가능하게 하였다. 이와 더불어 e-Learning[12][13]과 같은 온라인 강의가 보편화 되고, 모바일 기기가 대중화 되어감에 따라 모바일 기기를 이용한 다양하고 고품질의 교육 서비스를 제공 받고자 하는 요구사항 또한 증가되고 있다[1]. 이에 따라 동영상의 방대한 정보를 저장, 전송하기 위한 여러 가지 압축방식 및 멀티미디어 트랜스 코딩(Multimedia Transcoding) 기술 등의 연구가 활발히 이루어지고 있다[3][9].

Transcoding은 어떤 표준의 syntax를 다른 표준의 syntax로 변환하는 것을 말하며, 이 때 변환은 한 표준의 decoding과 다른 표준으로의 re-encoding과정을 가능한 거치지 않고 직접 목표 syntax로 변환토록 하여 처리량과 시간을 최소화하는데 그 목적이 있다. 이와 같은 Transcoding은 두개의 서로 다른 표준이 적용되는 통신 링크 간에 통신을 하고자 할 경우에는 반드시 요구되는 기술이다[3]. 그러나 이러한 Transcoding 기술 또한 원활한 영상 전송을 위해 대부분의 기술이 대역폭의 감소에 초점을 맞추고 있어, 전송되는 영상의 퀄리티는 상대적으로 고려되고 있지 못하다.

실시간으로 진행되는 강의 영상의 데이터 유형은 텍스트, 영상, 애니메이션 등 다양하다. 이러한 데이터 유형 중 텍스트는 이미지의 내용을 함축적이고 구체적으로 표현하는 중요한 정보이다. 이러한 텍스트를 실시간 강의 영상으로부터 빠르게 추출하기 위해서는 먼저 텍스트의 대략적인 위치를 찾아야 한다. 텍스트는 고주파 성분인 에지를 많이 가짐으로 에지를 이용하여 텍스트의 대략적인 위치를 쉽게 찾을 수 있다.

본 논문에서는 모바일 디바이스 중에 멀티미디어 교육의 활용도가 높은

PDA를 사용하여 영상의 질적 저하를 최소화하여 Client의 디바이스에서 학습 영상에 대한 사용자의 시각적 인식률을 높이는데 연구의 목적을 두고, 이를 위해 크게 두 단계의 과정으로 분류하였다. 먼저 강의 영상에서 중요한 의미를 가지는 텍스트를 중심으로 학습 영역을 추출하기 위해 캐니(Canny) 필터[11]를 수행한 후 에지 이미지를 구하고 형태학적 연산(Morphological Operation) 및 투영(Projection)을 통해 관심 영역을 추출한다. 두 번째로 추출된 영역을 강의를 요청하는 Client의 PDA 화면 사이즈에 적합한 영역을 조정하기 위해 이미지 스케일링(Image Scaling)과정에서 Client의 디바이스 정보를 참조하여 영상 크기를 조절한 후 전송한다. 이러한 방법은 영상의 특징이 고려되지 않고 일정한 고정 비율로 축소되었던 기존의 방식과는 다르게 학습에 중심이 되는 영역과 사용자의 디바이스 특징을 고려하여 영상을 축소함으로써 영상의 질적 저하를 최소화할 수 있는 동시에 사용자의 디바이스에 적합한 영상을 제공할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구를 설명하고, 3장은 제안하는 축소 방법에 대한 설계를 기술한다. 4장은 구현 및 결과 분석, 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

## 2. 관련 연구

본 장에서는 모바일 네트워크 트렌드의 변화에 따른 PDA의 교육적 활용 가치와 본 논문에서 사용된 Pocket PC2002에 대해 살펴보고 이미지 스케일링을 위한 기본적인 영상처리 기술에 대해 소개한다.

### 2.1 모바일 네트워크 트렌드

모바일 기기는 차세대 u-Learning 매체 중 하나로 그 대표적 속성에는 이동성, 접근 용이성, 즉시성, 유연성 등이 있다[12]. 이러한 모바일의 특성은 IT기술의 급격한 발달로 인하여 데스크톱 PC에서 보다 다양한 모바일 서비스와 응용을 가능하게 하였으며, 모바일 사용률을 더욱 높이는 결과를 가져다주었다.

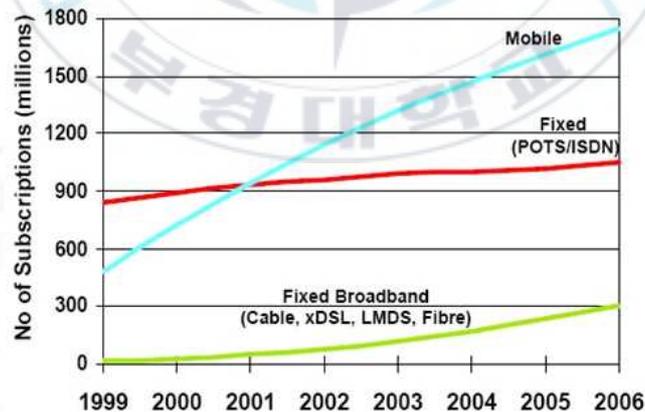


그림1. 모바일 네트워크 트렌드

그림 1은 모바일 사용률의 증가로 이동전화 시장은 포화 상태를 누리고

있는 반면 유선네트워크 시장의 발전 속도는 상당히 정체되는 네트워크의 시대별 트렌드를 잘 보여주고 있다[9].

모바일 기기의 편리함과 모바일 사용률의 증가는 고품질의 교육 서비스를 위한 기술의 개선을 더욱 가속화 한다[1]. 이러한 모바일 기기 중 PDA는 비교적 작은 사이즈로 인하여 휴대하기 쉽고 간편하다는 장점이 있어 학습자에게 언제, 어디서나 학습할 수 있는 기회를 제공한다. 특히 현장학습에서 언제든지 들고 다니며 정보의 수집, 기록, 평가 등이 가능하여 멀티미디어 기능 및 실시간 정보 교환용으로의 활용가치가 매우 높다.

<표 1>은 이러한 모바일 기기를 이용한 주요 통신 업체별로 다양하게 제공되는 m-Learning의 도입 현황을 보여준다.

표 1. 주요 통신 업체별 m-러닝 도입 현황 자료 : 교육과정 평가원

	주요 서비스
SKT	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 네이트 : 휴대폰을 통한 토익, 생활영어, CNN뉴스, 영어 사전</li> <li>- 준(June) : 동영상 영어회화 -패러디 잉글리시, 매직보케블러리</li> <li>- 네이트 에듀모띠 : 엠씨스퀘어 기능을 포함한 PDA 전략 학습</li> <li>- 네이트 EBS 에듀팩 : EBS의 영어학습 프로그램 PDA 패키지</li> </ul>
KTF	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 매직엔 멀티큐 : 영어 단어, 생활영어와 비즈니스 영어</li> <li>- 링투미 : 통화 연결음 대신 영어 단어, 생활영어</li> <li>- 헬로모바일 : 통화벨소리 대신 영어회화, 토익/토플</li> <li>- 뫼(Fimm) : YBM 시사 영어, 일본어, 중국어, 수능과목, ADO강의</li> <li>- 고구려+ : 1318class와 제휴로 중.고생 대상의 PDA 동영상 강의</li> </ul>
LGT	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PDA를 통해 학습지 정보와 교육 콘텐츠 전달</li> <li>- 원샷 영단어 : 단어와 뜻이 액정화면에 표시되는 영어단어 암기</li> </ul>

<표 1>에서 알 수 있듯이 모바일 기기를 이용한 m-Learning은 멀티미디어 기능을 이용한 학습이 많이 이루어지고 있으며 특히 동영상으로 제공되는 학습의 대부분이 PDA 중심으로 제공되고 있음을 알 수 있다. 이는 PDA가 PC와 유사한 개발 플랫폼을 제공하기 때문에 개발이 용이하고, 핸드폰 단말기 보다 학습하기에 편리한 환경을 제공하기 때문이다[14].

## 2.2 적응적인 영상처리 기술

이러한 멀티미디어 서비스는 다음과 같은 제약조건 등으로 인하여 고속망 접속이 가능한 데스크탑 컴퓨터와 같이 원활한 서비스를 받기 어렵다.

- 유선망에 비해 낮은 가용 대역폭
- 페이딩 효과에 의해 통신조건이 변화가 빈번
- 작은 무선 단말기 크기로 인하여 처리능력, 메모리크기, 디스플레이 능력, 입력방법 등에 제약 따름

이러한 문제 중 작은 단말기 크기의 한계를 해결하기 위해 T.Liu[1]는 Video Transcoding 기술과 미리 정의(Predefine)된 색상 기반의 ROI(Region Of Interest) 영역 추출을 통하여 실시간으로 촬영 되는 학습 영상을 PDA로 전송하여 재생하는 시스템을 제안하였다. 또한 X.Fan[2]는 TV 영상을 PDA에서 원활하게 제공하기 위해 사용자가 영상이 재생되는 동안 비디오 프레임의 사이즈를 자동 또는 수동으로 조절하고, Visual Attention Model[5][6][7]을 중심으로 이미지내의 각 객체들을 재구성함으로써 스크린 사이즈의 제약을 극복할 수 있는 방법을 제시하였다. 그러나 이러한 방법은 다양한 모바일 기기에 적합한 영상 품질과 사용자 중심의 내용을 제공

할 수 있지만, 특정 영역을 미리 정의하고 추출함으로써 복잡하고 다양한 영상에서 의미 있는 영역을 정확히 추출하기 어려우며, 적응적인 영역 추출 및 다양한 영역에서 응용되기에는 많은 한계가 있다.

## 2.2 포켓 PC 2002

포켓 PC 2002는 멀린이라는 코드명으로 개발되다가 2001년 10월에 출시된 윈도 CE 플랫폼의 또 다른 형태로 기존 PDA 보다 기능을 확장시킨 PDA이다. 그림 2는 포켓 PC의 어플리케이션 아키텍처를 나타낸다. 데스크톱과 동기화를 지원하기 위해 ActiveSync 기술을 지원하고 네트워크 연결을 지원해 인터넷 접속이 가능하다. VPN 연결을 위한 통합 지원과 응용 프로그램 실행과 서버 유지 관리를 원격 서버 접속을 통해 할 수 있다.

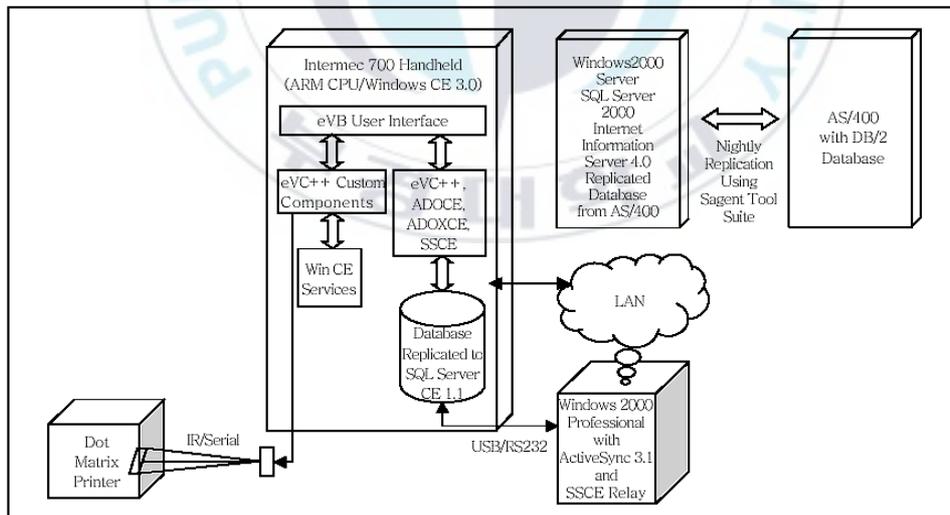


그림 2. 포켓 PC 어플리케이션 아키텍처

포켓 PC 개발 도구에는 eMbedded Visual C++와 eMbedded Visual Basic을 포함하는 eMbedded Visual Tools 3.0, Pocket PC SDK, HPC Pro 3.0 SDK, Pocket Access, SQL Server2000 Windows CE Edition, ADOCE, POOM이 있다.

eMbedded Visual C++은 Visual C++ 6.0을 따라서 모델링하였기 때문에 Visual Studio와 동일한 에디터, 동일한 메뉴 구조, 동일한 대화상자를 가진다. 또한 MFC와 ATL을 지원하는데 MFC AppWizard를 수정하였으며 동일한 ClassWizard를 가지므로 ActiveX 컨트롤 지원 등 MFC의 많은 부분들을 지원한다.

응용 프로그램 개발의 중요한 특징은 각 플랫폼별로 플랫폼을 설정해 주어야 한다는 것이다. HP iPAQ의 경우 포켓 PC이므로 PocketPC 2002를 선택해 줘야 한다. 각 플랫폼에 맞게 빌드한 후 PDA에 다운로드 하여 PDA에서 실행할 수 있는데 ActiveSync을 이용해 바로 다운로드가 가능하다. 또한 여러 PDA 별로 에뮬레이터를 제공하므로 PDA 없이도 미리 실행을 테스트 해 볼 수 있다[14].

### **2.3 DIBSectionLite API**

PDA는 PC와 유사한 인터페이스를 제공하고 있어 누구나 쉽게 사용할 수 있지만 저장 공간, 처리 능력, 배터리 수명, 파일 포맷, 코덱 등이 제한적이기 때문에 멀티미디어 서비스를 원활히 제공받기 어렵다. 이러한 제한적인 디바이스에 널리 이용되고 있는 Graphic API가 GAPI(Game API)와 DIBSectionLite AIP 이다. GAPI는 이미지 처리에 우수한 성능을 보이지만, 애플레이터에서는 확인할 수 없는 단점이 있어 게임과 같이 리소스를 많이 차지하는 모듈이나 3D 화면 재생 등에서 많이 이용된다. 반면 DIB

SectionLite API는 GAPI 보다는 성능이 떨어지지만, 애플레이터로 확인 가능한 장점이 있다. 또한 장치 독립적(Device Independent)인 이미지를 제공하므로 현재 윈도우의 디스플레이 등록정보와 무관하게 색상을 표현할 수 있다. DIBSectionLite 클래스를 Win32와 CE 플랫폼에 적합하게 커버해 주며 Class 형태로 제공되기 때문에 개발이 용이하다. 그림 3은 YUV 2RGB 메소드를 통해 전송받은 YUV 파일을 RGB 색상의 비트맵 파일로 변환한 후 화면상에 그려주는 구조를 보여준다.

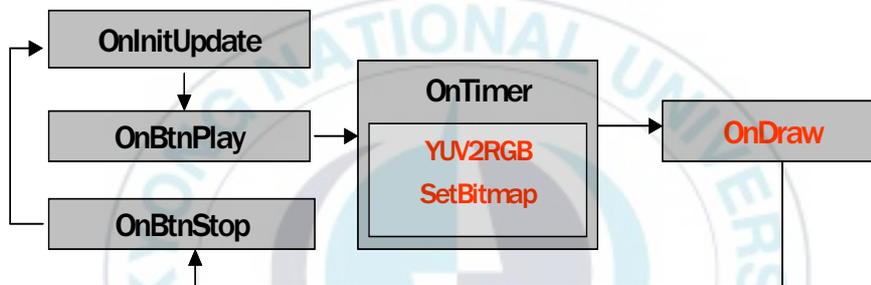


그림 3. DIBSectionLite 주요 Method 흐름도

## 2.4 이미지 스케일링(Image Scaling)

다양한 장치 등으로 입력된 영상들은 적절한 크기와 교정을 위해 화소들의 위치나 배열을 변경하는 스케일(Scale), 회전(Rotation), 이동(Translation) 등의 기하학적 처리(Geometric Processing)가 요구된다[10]. 그 중 본 시스템은 디바이스에 적합한 영상 크기로 변환하기 위해 스케일 기법 중 축소를 수행한다. 축소의 방법으로는 그림 4에서와 같이 블록 내의 화소들의 중간 값으로 대체하는 중간 표현(Median Representation), 화소들의 블록을 그 블록 내의 모든 화소들의 평균값으로 표현하는 평균 표현(Average Representation) 등이 있다. 중간표현은 그림 4의 (a)와 같이 원

도우 내의 화소들을 오름차순으로 정렬한 후 가운데 화소를 선택하는 방법으로 결과 영상이 선명하게 표현되지만 화소들을 정렬하기 위한 계산으로 인하여 처리속도가 느린 단점이 있으며, 평균 표현(b)은 스무딩 효과 및 처리속도 빠르다는 장점이 있다[10]. 그러나 이러한 축소 방법들은 작은 모바일에서 보여지는 글자들을 정확하게 표현해 주는 것에는 한계가 있다.

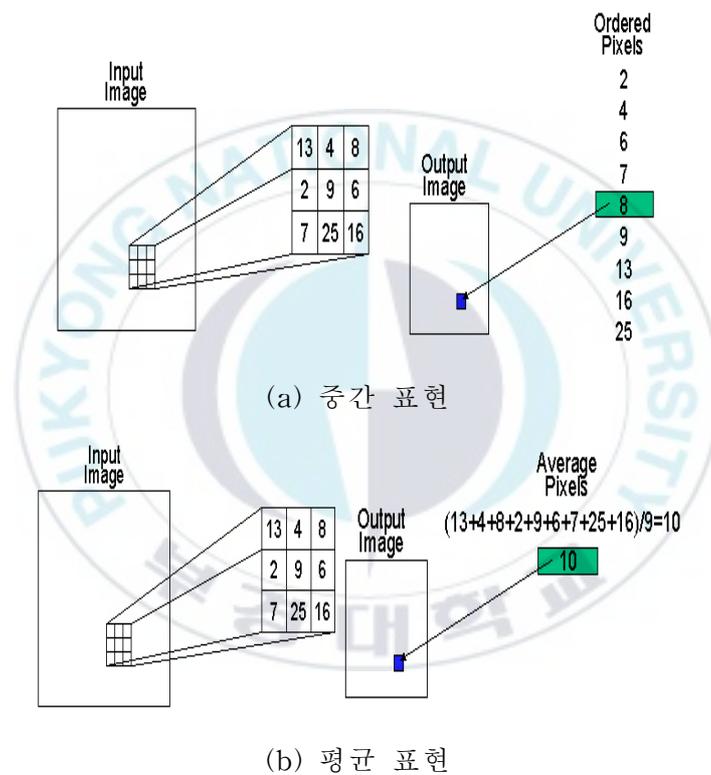


그림 4. 이미지 스케일링 기법

그러므로 본 논문은 학습 영역이라는 관심 영역을 추출하여 스케일링 과정에서 학습 영역을 중심으로 추출된 학습 영역이 PDA의 화면 크기보다 클 경우에만 축소 비율을 계산하고, 평균표현 기법과 보간법을 수행함으로써 영상의 질적 저하를 최소화 하였다.

### 3. 시스템 설계

본 장에서는 다양한 크기와 제약을 가진 PDA를 통해 효율적으로 원격 강의 서비스를 제공하기 위한 적응적인 학습 영역 추출 시스템을 설계한다. 제안하는 시스템은 그림 5와 같다.

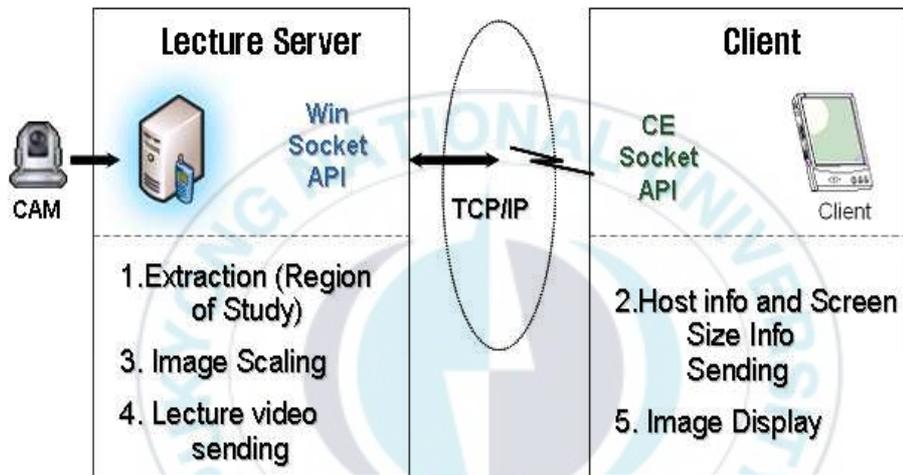


그림 5. 시스템 구성도

본 시스템은 Lecture Server(PC)와 Client (PDA)로 구성되며, PC와 PDA간의 유무선 통신을 위해 TCP/IP 프로토콜을 사용하였다. 그림 5는 강의 서버에서 캠으로 촬영된 강의 영상을 영상 처리 과정을 통해 학습 영역을 추출(1)하고 대기한다. 그리고 Client는 Host 정보와 Device 정보를 서버에 전달(2)하여 강의를 요청하게 되고, 서버는 Client로부터 전송된 정보를 참조하여 영상의 크기를 조절(3)한 후 Client에게 강의 영상을 전송(4), 이를 수신한 Client가 PDA상에 영상을 재생(5)하는 일련의 과정을 보여준다.

### 3.1 강의 서버(Lecture Server)

Lecture Server의 주된 기능과 기능 별 데이터의 흐름은 그림 6에서 잘 보여주고 있다. Lecture Server는 먼저 캠으로부터 입력된 영상을 Get Frame 함수를 통해 이미지 정보를 버퍼 큐(Buffer Queue)에 넣는다. 저장된 영상은 학습 영역을 추출(Extraction of ROS)하는 과정을 통해 학습에 중요한 영역을 지정 및 추출하고 강의를 요청하는 Client로부터 수신된 디바이스 정보(Client Device Info)를 참조하여 학습 영역을 확장 또는 축소 함으로써 Client 디바이스에 적합한 사이즈(Scale adjustment)로 조정하는 이미지 조정(Image Scaling) 과정을 수행한다. Client 디바이스 크기에 적합하게 조정된 영상은 전송 큐(Send Queue)에 저장하여 무선 네트워크 상으로 전송된다.

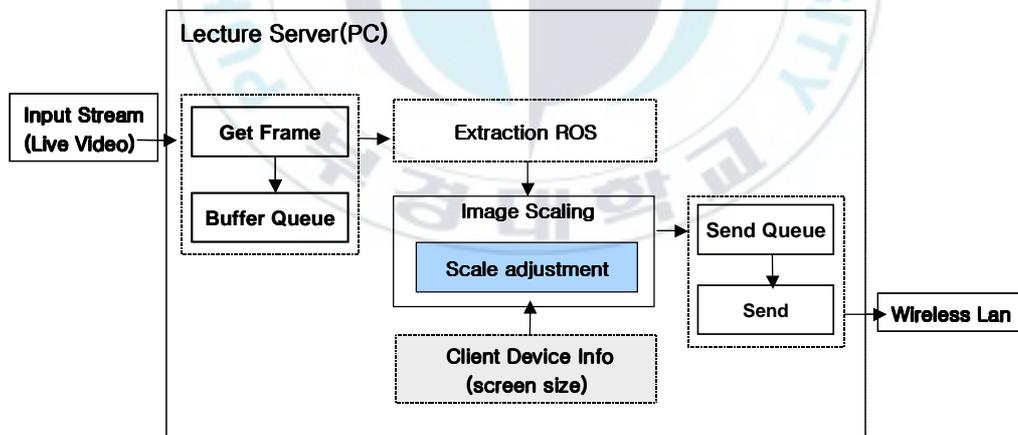


그림 6. Lecture Server(pc)의 세부 구성도

위 그림 6의 Lecture Server의 세부 구성도에서 학습 영역 추출(Extraction of ROS)의 세부적인 과정은 그림 7과 같다.

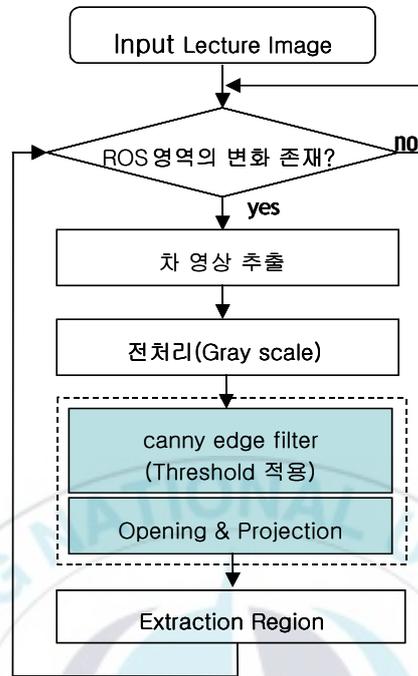


그림 7. 학습 영역 추출 과정

그림 7에서와 같이 학습 영역을 추출하기 위한 첫 번째 과정은 ROS 영역의 변화 유무를 판별하는 학습 영역(ROS, Region of Study)의 비교이다. ROS 영역은 이전 영상에서 추출된 학습 영역으로, 초기 값은 320x240이다. ROS영역이 초기화 된 상태에서 ROS 영역 내에 화소의 변화가 발생할 경우 차 영상을 추출하고 전처리를 수행한다. 전처리 후 Canny 연산을 통해 에지를 추출하고, 추출된 에지 영상을 오픈닝(Opening) 연산과 투영(Projection) 연산을 통해 잡영 및 긴 선을 제거한다. 최종 남겨진 에지를 중심으로 Bounding Box 처리를 통해 학습 영역을 지정하고 ROS 값을 갱신하여 ROS 영역의 변화를 다시 검사한다.

### 3.1.1 전처리(Preprocessing)

전처리 단계는 먼저 그림 8과 같이 계산 복잡도를 낮추기 위해 Color 영상을 Gray 영상으로 변환한다. Red, Green, Blue 색상에 각각 0.299, 0.587, 0.114를 곱함으로써 표준 Gray 영상으로 변환할 수 있다.

```
BYTE* pData=(BYTE*)_lpLastVHdr->lpData+(Height-1-y)*Width*3+x*3;
//RGB values -> grayscale value
grayValue=(BYTE)((pData[2]*0.299)+(pData[1]*0.587)+(pData[0]*0.114));
GrayImage[y][x]=grayValue;
```

그림 8. Gray 영상 변환

### 3.1.2 Canny 에지 연산을 통한 에지 검출(Edge Detection)

강의 영상에서 텍스트 영역을 빠르게 추출하기 위해 잡음에 덜 민감한 캐니 연산[10]을 사용하였다. 캐니 연산에 이용되는 소벨 필터[9]를 수식으로 나타내면 (식1), (식 2)와 같다.

$$G_x = (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3) \quad (1)$$

$$G_y = (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7) \quad (2)$$

소벨 연산자는 대표적인 1차 미분의 기울기 연산자로서, 영상의 에지를 검출할 뿐만 아니라 영상을 부드럽게 하는 효과도 가지고 있다. 텍스트는 주위 배경과 대체로 큰 픽셀 값의 차이를 보이며 텍스트 내의 픽셀 값이

서로 비슷하기 때문에 텍스트의 에지 부분에 큰 경사도 값이 나타난다.  
 식(2)의 등식을 구현하기 위하여 그림 9와 같이 3x3의 소벨 마스크가 사용된다.

$z_1$	$z_2$	$z_3$	-1	-2	-1	-1	0	1
$z_4$	$z_5$	$z_6$	0	0	0	-2	0	2
$z_7$	$z_8$	$z_9$	1	2	1	-1	0	1

그림 9. 영상의 3x3 영역과 sobel 마스크

그림 10은 에지를 추출하기 위해 적용할 임계값을 얻기 위해 히스토그램 값을 계산한다.

```
//histogram calc
iHist[(long)grayValue]=iHist[(long)grayValue]+1;
totalNumberOfPixels++;

for(i = 0; i <= 255; i++) {
    hist[i]=(float)iHist[i]/(float)totalNumberOfPixels;
}
```

그림 10. 히스토그램 계산 과정

그림 11은 Canny 필터를 수행하기 위해 가우시안 필터를 적용한다. 모든 필터 들은 처리 시간을 줄이기 위해 마스크를 쓰지 않고 직접 곱하였다.

```

For(i=1;i<height-1;i++)
{
    For(j=1;j<width-1;j++)
    {
        tmp = img_data[i-1][j-1] + img_data[i-1][j] + img_data[i-1][j+1];
        tmp += img_data[i][j-1] + img_data[i][j] + img_data[i][j+1];
        tmp += img_data[i+1][j-1] + img_data[i+1][j] + img_data[i+1][j+1];
        tmp /= 9;
        s_tmp[i][j] = (unsigned char)round(tmp);
    }
}

```

그림 11. 가우시안 필터 적용 과정

Canny 연산은 상한과 하한 두개의 임계값이 주어져야 명확한 에지를 선별할 수 있는 단점이 있다. 그러므로 그림 12와 같이 소벨 필터를 수행한 후 히스토그램 분석을 통해 얻은 임계값을 이용하여 두개의 조건을 부여하여 보다 정확한 에지 영역을 추출하였다.

```

tmp1 = (img_data[i-1][j-1]*-1)+img_data[i-1][j+1]
      +(img_data[i][j-1]*-2)+(img_data[i][j+1]*2)
      +(img_data[i+1][j-1]*-1)+img_data[i+1][j+1];
tmp2 = (img_data[i-1][j-1]*-1)+(img_data[i-1][j]*-2)
      +(img_data[i-1][j+1]*-1)+img_data[i+1][j-1]
      +(img_data[i+1][j] * 2)+img_data[i+1][j+1];
tmp = (long)sqrt((int)tmp2*(int)tmp2+(int)tmp1*(int)tmp1);

//Threshold(Using Histogram)
if (tmp <= ((imin + imax)/2) || tmp >= imax)
    tmp = 0;
else if ( tmp > (imin + imax)/2)
    tmp = 255;

s_tmp[i][j] = (unsigned char)tmp;

```

그림 12. Canny 에지 필터를 수행 과정

### 3.1.3 모폴로지(Morphology) 연산

에지 추출 후 이진화된 결과 영상은 그림자나 작은 구멍과 같은 잡음(Noise)을 포함하게 된다. 따라서 이러한 작은 구멍들을 채우고 돌출 부분을 제거하여, 불연속적인 에지 점들을 연결하기 위해 이진화 과정을 거친 후 영상에 모폴로지 기법인 팽창(Dilation)과 침식(Erosion)을 반복적으로 수행한다. 식(4)과 식(5)는 각각 팽창 연산과 침식 연산으로 물체의 최외각 픽셀을 확장 또는 수축시키는 역할을 한다. 식(5)은 식(3)과 식(4)를 차례대로 연산하는 Opening 연산을 나타낸다[9][10].

$$A \oplus B = \{z | (B)_z \cap A \neq \Phi\} \quad A : \text{Binary Image} \quad (3)$$

$$A \otimes B = \{z | (B)_z \subseteq A\} \quad B : \text{Structuring element(Mask)} \quad (4)$$

$$A \circ B = (A \otimes B) \oplus B \quad (B)_z : B \text{ translated by } z \quad (5)$$

그림 13은 침식 연산과 팽창 연산의 과정을 보여준다.

```

//Dilation
if (img_data[i-1][j] == 0 && img_data[i][j-1] == 0
    && img_data[i][j] == 0 && img_data[i][j+1] == 0
    && img_data[i+1][j] == 0)
    s_tmp[i][j] = (unsigned char)0;
else
    s_tmp[i][j] = (unsigned char)255;
//Erosion
if (img_data[i-1][j] == 255 && img_data[i][j-1] == 255
    && img_data[i][j] == 255 && img_data[i][j+1] == 255
    && img_data[i+1][j] == 255)
    s_tmp[i][j] = (unsigned char)255;
else
    s_tmp[i][j] = (unsigned char)0;

```

그림 13. Opening(침식->팽창) 연산 과정

### 3.1.4 Projection XY

문자는 대부분 수평으로 정렬되어 있다. 그러므로 Y방향 투영을 통해 문자 영역을 두드러지게 하고 그 외의 불필요한 부분을 제거하는 연산을 수행한다. Y방향 투영의 수식을 정의하면 다음과 같다.

$$totalBinary_j = \sum_{i=j}^{Width} Binary(i, j) \quad (6)$$

$$avgBinary = \frac{1}{Height} \sum_{i=1}^{Height} totalBinary_j \quad (7)$$

(식 6)에서 Width는 영상의 넓이이고, (식 7)에서 Height는 영상의 높이이다. 그림 14는 투영 연산을 위한 과정이며, 이 과정을 통해 Y방향의 이진 값의 밀도를 구하여 밀도가 낮은 부분은 제거하게 된다.

```
if (img_data[i][j] == 255)
{
    sum_of_hist_x[j]++;
    sum_of_hist_y[i]++;
    sum_totpixel++;

    if (sum_of_hist_x[j] < 250 && sum_of_hist_x[j] > max_xcnt)
        max_xcnt = sum_of_hist_x[j];
    else if (sum_of_hist_x[j] > 10 && sum_of_hist_x[j] < min_xcnt)
        min_xcnt = sum_of_hist_x[j];

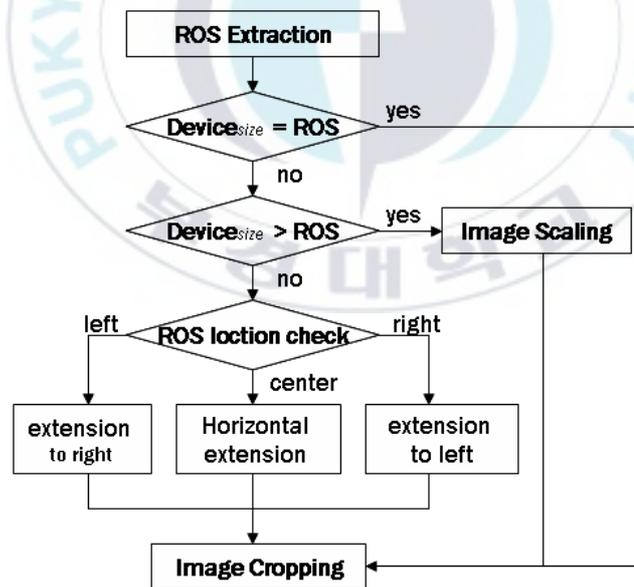
    if (sum_of_hist_y[i] < 200 && sum_of_hist_y[i] > max_ycnt)
        max_ycnt = sum_of_hist_y[i];
    else if (sum_of_hist_y[i] > 10 && sum_of_hist_y[i] < min_ycnt)
        min_ycnt = sum_of_hist_y[i];
}
```

그림 14. Project XY 연산 과정

### 3.2 이미지 스케일링

다양한 교육용 콘텐츠에서 학습 영역을 중심으로 영상의 크기를 축소하기 위한 과정을 그림 15의 (a)와 같이 순서도로 나타내고, 이에 대한 세부적인 알고리즘을 그림 15의 (b)로 나타내었다.

먼저 앞 단계에서 추출된 학습 영역(ROS: Study of Region)을 디바이스 크기와 비교한다. 디바이스 크기와 ROS크기가 같다면 Cropping 작업을 바로 수행하며, ROS 크기가 Device 크기보다 크다면, ROS의 크기를 기준으로 Image Scaling(축소)을 수행한 후 Cropping 한다. 반면 ROS 크기가 Device 크기보다 작다면, ROS의 위치를 체크하고 ROS 크기가 될 때까지 왼쪽 또는 오른쪽으로 이미지를 확장하고 Cropping 한다.



(a) 축소 알고리즘 순서도

```

if (DeviceScreensize - ROSsize == 0)
    추출된 ROS 영역 그대로 Image Cropping;
else if (DeviceScreensize - ROSsize < 1)
    if (ROS가 중앙에 근접하여 위치
        // Crop영역을 ROS 좌/우로 확장
        Cropleft = ROSleft - (DeviceScreenleft - ROSleft)/2;
        Cropright = ROSright + (DeviceScreenright - ROSright)/2;
    else if (ROS가 좌측으로 치우침)
        // Crop영역을 ROS의 오른쪽으로 확장
        Cropleft = 1;
        Cropright = ROSright + (DeviceScreenright - ROSright)/2
            + ((DeviceScreenright - ROSright)/2 - (ROSleft - 1));
    else if (ROS가 우측으로 치우침)
        // Crop영역을 ROS의 왼쪽으로 확장
        Cropright = DeviceScreenright - 1;
        Cropleft = ROSleft - ((DeviceScreenleft - ROSleft)/2)
            - ((DeviceScreenleft - ROSleft)/2) - (Cropright - ROSright);
else // ROS > Device화면 크기
    //Down Scale 수행
    Cropleft = ROSleft;
    Cropright =  $\frac{(DeviceScreen_{right} \times (\frac{100.0}{ROS_{size}}))}{100}$ ;
평균보간법 수행;

```

(b) 축소 알고리즘

그림 15. 제안하는 축소 알고리즘과 순서도

그림 15의 (b)를 통해 알 수 있듯이 추출된 영역의 크기를 중심으로 가로 세로 축소 비율을 각각 다르게 적용하고, 추출된 학습 영역을 최대한 중심에 두기 위해 좌/우 영역의 치우침 정도를 계산하여 학습 영역을 확장한다. 이러한 방법은 기존의 축소 방법의 단점[5]을 보완할 수 있는 효율적인 축소 방법이 될 수 있다.

### 3.3 클라이언트(PDA)

Client(PDA)의 주된 기능과 기능 별 데이터의 흐름은 그림 16에서 잘 보여주고 있다. 그림 16은 PC와 PDA간의 원활한 통신을 위해 TCP Socket을 사용하였고, PDA 상에 영상을 재생하기 위해 DIBSectionLite API를 사용하였음을 보여준다.

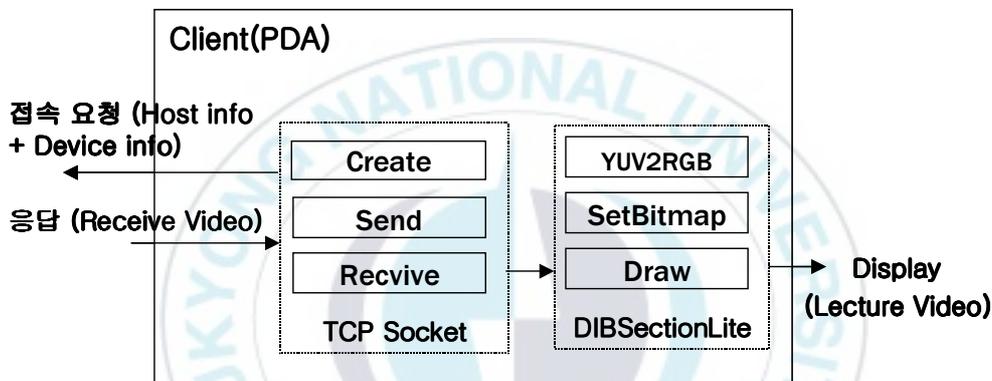


그림 16. Client(PDA) 구성도

Server가 접속 승인 메시지를 보내게 되어 소켓을 연결하게 되면 Client는 자신의 디바이스의 해상도를 구하여 서버에게 전송하여 강의 영상의 크기의 조정을 위한 매개 변수로 이용된다. Client의 디바이스 크기에 맞게 강의 영상을 조절한 후 Client에게 강의 영상을 제공하게 된다. 서버로부터 수신된 강의 영상은 임시 버퍼에 저장된다. 저장된 데이터를 이미지 객체로 만들기 위해서는 그림 17과 같이 CE용 Bitmap을 구성할 수 있는 Image API인 SetBitmap 메서드를 통해 전송 받은 이미지의 Bitmap Structure를 구성한 후 memcpy 함수를 통해 데이터를 복사하며, Dibsection을 통해 생성된 BITMAP 핸들을 이용하여 Bitblt 함수에서 이미

지를 PDA 화면상에 그려준다.

```
BITMAPINFO m_bmi = {0, };
LPBYTE      m_DIBbit = NULL;
memset(&m_bmi, 0, sizeof(BITMAPINFO));
m_bmi.bmiHeader.biSize          = sizeof(BITMAPINFOHEADER);
m_bmi.bmiHeader.biWidth         = IMG_WSIZE;
m_bmi.bmiHeader.biHeight        = -IMG_HSIZE;
m_bmi.bmiHeader.biPlanes        = 1;
m_bmi.bmiHeader.biBitCount      = 24;
m_bmi.bmiHeader.biCompression  = BI_RGB;
m_bmi.bmiHeader.biSizeImage     = IMAGE_SIZE;
m_bmi.bmiHeader.biXPelsPerMeter = 0;
m_bmi.bmiHeader.biYPelsPerMeter = 0;
m_bmi.bmiHeader.biClrUsed       = 0;
m_bmi.bmiHeader.biClrImportant  = 0;

HWND hWnd = GetSafeHwnd();
HDC hdc = ::GetDC(hWnd);
HDC hMemDC = ::CreateCompatibleDC(hdc);
//create back buffer
HBITMAP m_hbm = CreateDIBSection(hdc, (BITMAPINFO *)&m_bmi,
                                  DIB_RGB_COLORS, (VOID *)&m_DIBbit, NULL, 0);
memcpy(m_DIBbit, m_pBuffer, IMAGE_SIZE); //image copy
::SelectObject(hMemDC, m_hbm);
::BitBlt(hdc, 10, 140, IMG_WSIZE, IMG_HSIZE, hMemDC, 0, 0, SRCCOPY);
```

그림 17. PDA에서 동영상 재생

## 4. 시스템 구현 및 결과 분석

본 장에서는 3장에서 설계된 바탕으로 학습 영역을 중심으로 Client의 디바이스 정보에 따라 적응적으로 축소되는 과정을 제시하고 결과에 따른 효율성을 분석하고 증명한다.

### 4.1 구현

본 논문에서 제안하는 시스템은 Pentium IV 1.4GHz의 WindowsXP 운영체제를 기반으로 Lecture Server(PC)의 TCP/IP 환경을 구현하기 위해 MFC Socket API를 사용하고, PDA 클라이언트는 Windows Mobile 2003 SE 운영체제 기반에서 CESocket API를 이용하였다. 서버 프로그램은 Microsoft Visual C++ 6.0 MFC를 이용하여 개발하였으며, PDA 클라이언트 프로그램은 Microsoft eMbedded Visual C++ 4.0 MFC를 이용하여 구현하였다. 세부적인 구현 환경은 <표 2>와 같고, 테스트를 위해 사용한 PDA의 상세한 사양은 <표 3>으로 정리하였다.

표 2. 시스템 구현 환경

항목 \ 시스템	<i>LectureServer</i>	<i>Client</i>
운영체제	Windows XP	Windows Mobile 2003 SE
플랫폼	Visual C++ 6.0 MFC	eMbedded Visual C++ 4.0 MFC
Socket	Win32 Socket API	CESocket API
시스템사양	Pentium IV 1.4GHz	-
구현장치	PC	PDA(HP iPAQ rw6100)

표 3. PDA(hp iPAQ rw6100) 사양

구분	세부 사양
통합 무선	CDMA 1x EV-DO, WLAN 802.11b, IrDA
운영체제	한글 Microsoft Windows Mobile™ 2003 for 포켓 PC SE
프로세서	Intel PXA270 520 MHz 프로세서
디스플레이	2.8인치 반투과형 TFT 디스플레이 (최대 260K 컬러 지원)
메모리	128 MB Intel Strata Flash ROM 64 MB 133 MHz Mobile SDRAM

#### 4.1.1 Lecture Server(PC)

그림 18은 3장의 설계에서 학습 영역 추출 과정을 순서대로 수행하여 얻은 결과 이미지이다. 그림 18에서 (a)는 실 영상이며, (b)는 차 영상을 통해 추출된 이미지를 Gray 이미지로 변환한 결과이다. (c)는 소벨 마스크를 이용하여 캐니 연산을 수행한 결과이며, (d)는 캐니 연산을 통해 추출된 에지에 2개의 임계값(Threshold)을 적용하여 이진화한 결과이다.

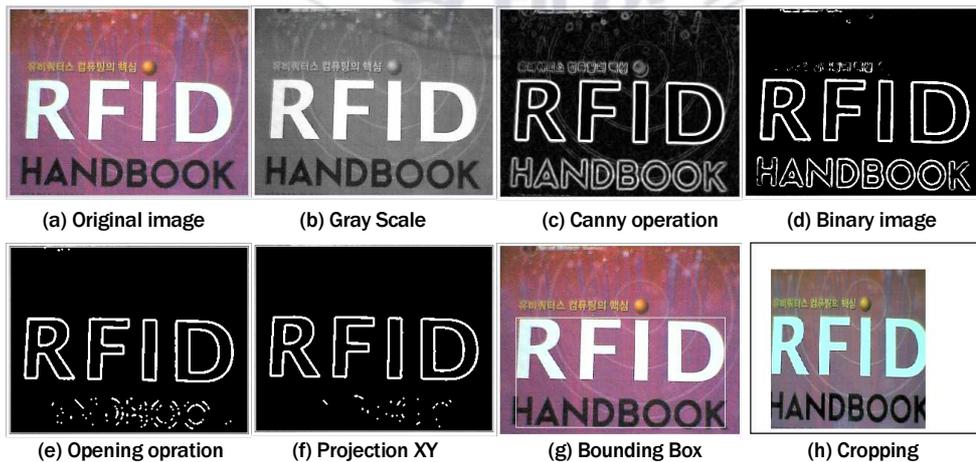


그림 18. 학습영역(ROS)의 추출과정과 220x210의 해상도로 축소된 이미지

그림 18의 (e)는 모폴로지 연산인 오프닝(Opening)을 적용하여 잡영이 없어진 결과를 확인할 수 있으며, (f)는 Projection 연산을 통해 긴선을 등을 제거한 결과이다. 정확한 에지를 추출한 후 (g)에서 Bounding Box를 적용하였으며, 제안하는 축소 알고리즘을 적용하여 PDA 크기에 적합하게 잘린 결과 (h)를 확인할 수 있다.

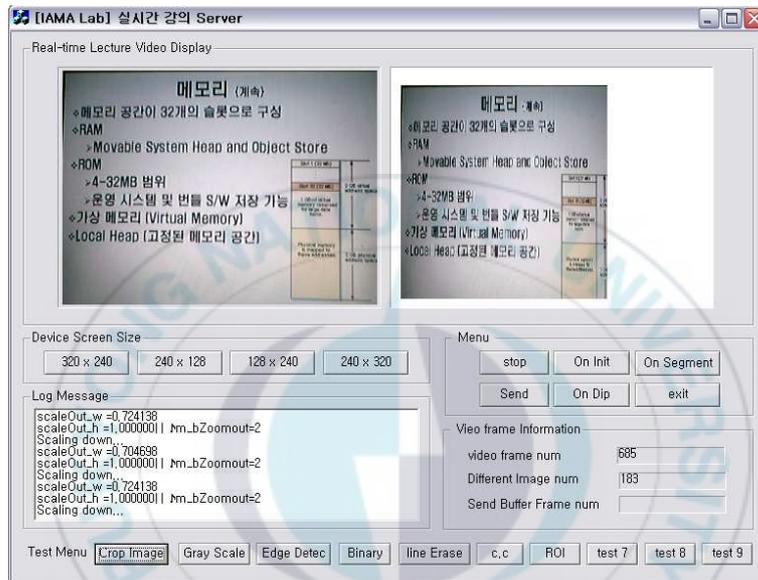


그림 19. Lecture Server 인터페이스 화면

그림 19는 Lecture Server의 인터페이스 화면으로써 강의 영상에서 학습 영역을 분석하고 추출한다. 재생되는 영상 중 왼쪽의 영상은 캠으로 촬영되는 실시간 영상이며, 오른쪽의 영상은 축소된 결과 영상이다.

#### 4.1.2 Client(PDA)

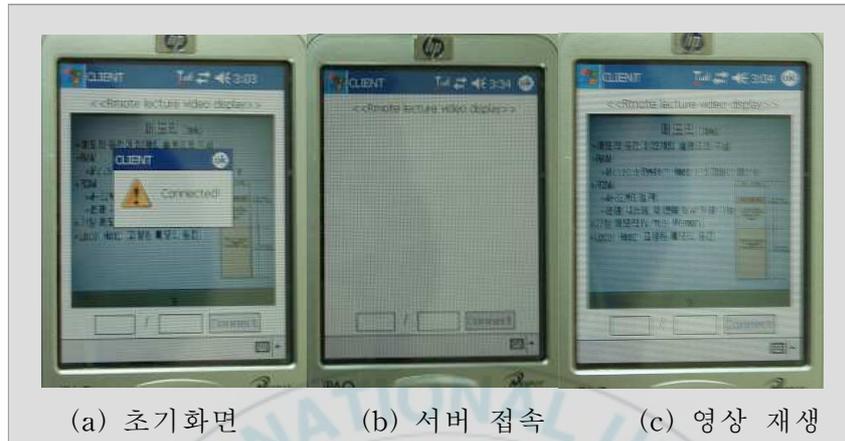


그림 20. Client 실행 화면

그림 20은 강의 서버를 통해 전송되는 최적화된 강의영상을 클라이언트(PDA) 상에서 디스플레이 시킨 화면이다. 영상 분할 과정을 거치지 않았을 때(왼쪽) 보다 영상 분할 과정을 거친 학습 영역이 보다 명확해 보임을 알 수 있다.

#### 4.2 결과분석

제안한 방법의 평가를 위해서 PC CAM(320x240 Resoultion)을 이용하여 학습과 관련된 다양한 자료를 실시간으로 촬영하고 변화되는 학습 영역과 축소되는 비율을 관찰하여 기록 하였다. 결과 이미지에 대해서는 적응적인 이미지 축소의 성능을 비교하기 위해서 책표지, 본문, PPT, 그림책으로 영상을 분류하였다. 책표지와 동화책은 다양하고 복잡한 배경 이미지와 적당한 사이즈의 문자를 포함하며, PPT와 책 본문은 단순한 배경색과 작은 문자들로 구성된다.

전체 프레임에서 학습 영역 추출률을 평가하였으며, 아래의 두 식(정확도(precision)와 검출률(recall)을 이용하였으며, 제안된 알고리즘의 성능 평가 결과는 <표 4>와 같다.

$$Precision = \frac{(Total\ number\ of\ correct\ regions)}{(Number\ of\ total\ regions)} \quad (8)$$

$$Recall = \frac{(Total\ number\ of\ correct\ regions)}{(Total\ number\ of\ correct\ regions + Number\ of\ Miss\ regions)} \quad (9)$$

표 4. 학습관련 자료에서 학습 영역 중심의 영상 축소 결과

유형	Total	Correct	Miss	False
책 표지	15	14	1	0
본 문	17	14	2	1
PPT	20	19	1	0
그림책	13	12	1	0
총	65	59	5	1
Precision = 0.91 Recall = 0.92				

<표 4>는 65장의 영상에 대해 학습 영역을 기준으로 축소되고 Crop된 추출률과 정확도를 보인다. 책의 본문에서 추출률이 다소 떨어지는 이유는 저해상도 캠으로부터 입력 받은 영상의 낮은 질(Quality)과 조명의 영향으

로 인하여, 학습 영역의 사이즈가 작거나 선명하지 못한 부분에서 제대로 추출이 되지 못하는 경우가 발생되기 때문이다. 예를 들어 그림 21의 (d)에서 보는 바와 같이 문자의 크기가 작은 영역에 대해서는 제대로 추출하지 못하는 결과를 보인다. 그러나 실험 결과 그림 21에서와 같이 이미지가 선명하거나 조명이 어둡지 않는 학습 영상에 대해서는 대부분 추출이 가능함을 보였다.

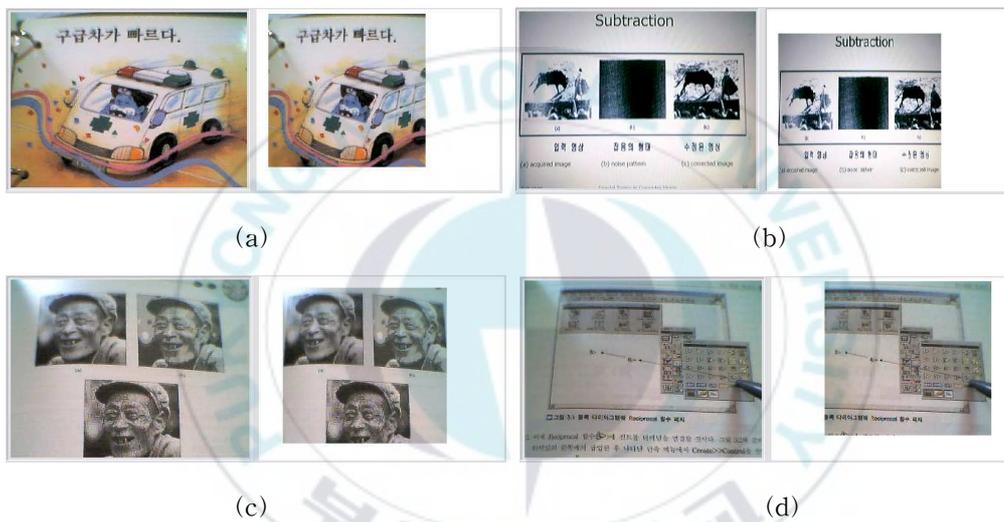


그림 21. 다양한 학습 콘텐츠에서 학습 영역 중심의 영상 축소 결과

축소된 영상의 성능을 비교하기 위해 강의 영상의 특징을 고려하여 텍스트 색과 배경 색은 다양하지만 복잡하지 않고, 학습 개체의 배치가 불규칙적으로 구성되어 PC상에 프리젠테이션 되는 영상을 이용하여 나타내었다.

그림 22는 강의 서버에서 촬영된 PPT 영상으로 왼쪽에서 첫 번째 영상은 캠으로부터 캡처되는 실시간 영상이며, (c), (f), (i)는 제안된 방법으로 축소된 영상이다. (b), (e), (h)는 학습 영역이 고려되지 않은 고정비율로 축소된 영상으로써 제안된 방법으로 축소된 영상보다 그림이나 글자들이

좀 더 작게 보이게 됨을 알 수 있다.



그림 22. 제안된 방법으로 축소된 영상(c, f, i)과 고정 비율로 축소된 영상(b, e, h)

그림 23은 제안된 방법으로 축소되어 전송된 강의 영상을 PDA 에플레  
 이터상에서 재생시킨 화면이다. 축소된 영상이 PDA의 크기에 알맞고 영상  
 의 질 또한 큰 변화가 없음을 알 수 있다.

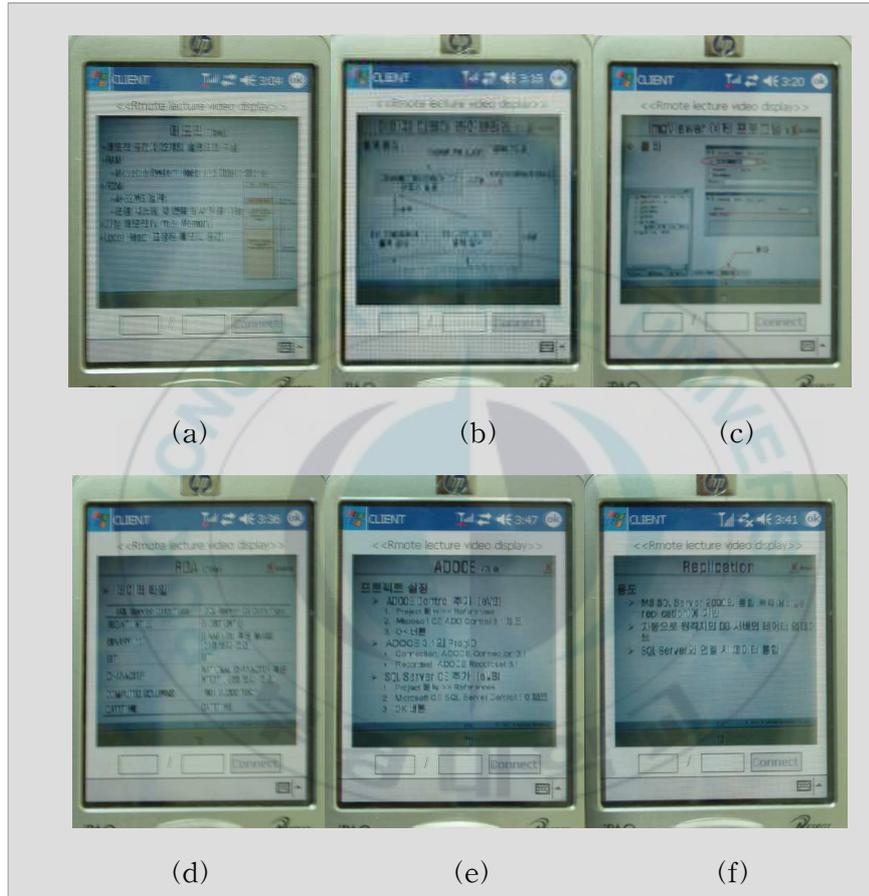


그림 23. 서버로부터 전송되어 PDA상에 재생된 PPT 영상

## 5. 결론

본 논문은 PDA의 제한적인 스크린 사이즈로 인하여 실시간으로 제공되는 강의 내용을 정확하게 인식하기에는 어려운 문제점을 해결하기 위해 관심 영역(ROI)의 추출(Detection)과 이미지 스케일링(Image Scaling) 기법을 이용하여 학습에 필요한 영역을 중심으로 강의 영상의 크기를 적응적으로 변환하고 전송하는 강의 영상 전송 시스템 제안을 제안하였다. 제안된 시스템은 영상의 질적 저하를 최소화하여 Client의 디바이스에서 학습 영상에 대한 사용자의 시각적 인식률을 높이는데 연구의 목적을 두고, 이를 위해 크게 두 단계의 과정으로 분류하였다. 먼저 강의 영상에서 중요한 의미를 가지는 텍스트를 중심으로 학습 영역을 추출하기 위해 캐니(Canny) 필터[11]를 수행한 후 에지 이미지를 구하고 형태학적 연산(Morphological Operation) 및 투영(Projection)을 통해 관심 영역을 추출한다. 두 번째로 추출된 영역을 강의를 요청하는 Client의 PDA 화면 사이즈에 적합한 영역을 조정하기 위해 이미지 스케일링(Image Scaling)과정에서 Client의 디바이스 정보를 참조하여 영상 크기를 조절한 후 전송한다. 이러한 방법은 영상의 특징이 고려되지 않고 일정한 고정 비율로 축소되었던 기존의 방식과는 다르게 학습에 중심이 되는 영역과 사용자의 디바이스 특징을 고려하여 영상을 축소함으로써 영상의 질적 저하를 최소화할 수 있는 동시에 사용자의 디바이스에 적합한 영상을 제공할 수 있으며 계산 복잡도가 크지 않는 에지 정보만을 이용하여 학습에 중심이 되는 영역을 추출하고 사용자의 디바이스 특징을 고려하여 사용자 디바이스 사이즈에 적합한 영역을 효과적으로 계산함으로써, 계산에 소요되는 시간을 크게 줄일 수 있었다. 그러나 학습 영역을 추출하고 영상을 축소하여 사용자에게 전송하는 과정에서 압축 코덱을 사용하지 않음으로 인해 전송 속도를 더 높이지 못하였다. 따라서

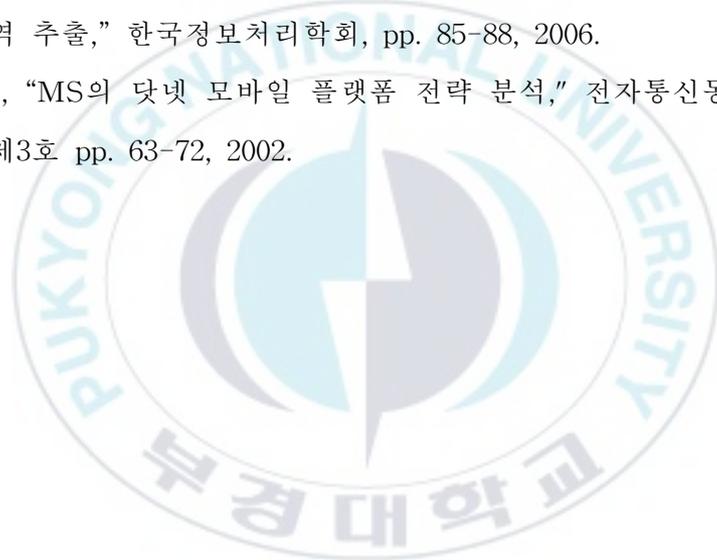
다양한 코덱을 적용하여 시스템의 성능을 더 높일 수 있는 연구가 필요하며, 나아가 u-Learning에 활용해 볼 수 있는 적응적인 영상처리 기술과 학습 영역을 추출하는 과정에서 얻어지는 영상 정보를 데이터베이스화함으로써 개별화 가능한 강의 영상을 제시해 볼 수 있는 다양한 자료로 활용해보는 연구도 꾸준히 이루어져야 할 것이다.



## 참고문헌

- [1] T. Liu, C. Choudary "Real-time Content Analysis and Adaptive Transmission of Lecture Videos for Mobile Applications," in ACM, USA, pp. 10-16, 2004.
- [2] X.Fan, Xing Xie, Wei-Ying Ma, Hong-Jiang Ahang, H.Q.Zhou, "Visual Attention based Imaged Browsing on mobile devices," Proc. Of ICME, Vol.I, pp. 53-56, 2003.
- [3] A. Vetro, A. Divakaran, H. Sun, "Providing multimedia services to a diverse set of consumer devices," Internat. Conf. on Consumer Electronics 2001, pp. 32 -33, 2001.
- [4] H. Mitsui, H. Koizumi, "A Remote Experiment System Provided with Individual Guidance Function and Report Preparation Support Function," Internat.Conf. on AINA'03, IEEE pp. 117-125, 2003.
- [5] Hao Liu, Xing Xie, Wei-Ying Ma, Hong-Jiang Zhang "Automatic Browsing of Large Pictures on Mobile Devices," in ACM 2003
- [6] Bongwon Suh, Haibin Ling, Benjamin B. Bederson, David W. Jacobs "Automatic Thumbnail Cropping and its Effectiveness," in ACM 2003
- [7] Yun Zhai, Mubarak Shah "Visual Attention Detection in Video Sequences Using Spatiotemporal Cues," in ACM 2006
- [8] Y.Zhong, K.Karu, and A.K.Jain, "Locating text in complex color images," in Pattern Recognition vol.28, pp. 1523-1535, 1995
- [9] McubeWorks,inc. "H.264/MPEG-4 PART10 AVC Video Coding" Jan 2004.

- [10] Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, Digital Image Processing, Addison-Wesley, 1998.
- [11] Nick Efford, Digital Image Processing: a practical introduction using Java, Pearson Education Limited, ISBN 0-201-59623-7
- [12] 임영진, 서정희, 박홍복, "모바일 단말에서의 SMIL을 이용한 멀티미디어 교육 알고리즘 설계 및 구현," 한국해양정보통신학회, pp. 189-192, 2006.
- [13] 한은영, 서정희, 박홍복, "에지와 색상 정보를 이용한 강의 영상의 학습 영역 추출," 한국정보처리학회, pp. 85-88, 2006.
- [14] 이상윤, "MS의 닷넷 모바일 플랫폼 전략 분석," 전자통신동향분석 제 17권 제3호 pp. 63-72, 2002.



## 감사의 글

보다 큰 배움의 뜻을 안고 대학원의 문을 두드린 것이 어제 같은데 벌써 2년 반이라는 시간이 흘렀습니다. 학부 때와는 사뭇 다르기도 하고 한편으로는 고단하고 힘든 일상을 보내면서도 제게 주어진 목표를 해결하고 나서 느낄 수 있었던 성취감은 그 무엇과도 비교할 수 없는 큰 기쁨이자 앞으로 제가 살아갈 삶에 있어서 훌륭한 디딤돌이 되었다고 생각합니다.

먼저 부족함이 많은 제게 보다 선생님께서의 전문적인 길을 갈 수 있도록 많은 지도와 격려를 아끼지 않으셨던 박홍복 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 또한 본 논문을 세심하게 심사하여 주시고 귀한 조언을 주신 박승섭 교수님, 김영봉 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 그리고 제가 가고자 하는 분야에 대한 많은 지식과 이해에 도움과 조언을 아끼지 않으셨던 서정희 교수님께도 감사의 말씀을 전합니다.

그간의 연구실 생활을 돌이켜 보면 늘 어려움과 학업의 벽이 제게 부담을 주었지만, 그럼에도 불구하고 저 혼자만이 아니라 함께 고됨을 나누고 같이 문제를 해결해 나갈 수 있는 연구실 식구들이 있었기에 이 자리에 설 수 있었던 것 같습니다. 언제나 자상하시고 성실한 분이 되셨던 김영완 선생님, 오랜 시간동안 학업을 같이 하면서도 항상 배우는 자세로 많은 도움을 주었던 길영이, 늘 한결같은 자세로 노력하는 영철씨에게도 고마움을 전합니다. 그리고 항상 열심히 하는 모습으로 제게 자극이 되어주었으며 늘 성실한 모습으로 연구실을 꾸려왔던 사랑하는 후배들에게 남은 학기동안 힘내도록 건투를 보냅니다.

마지막으로 하늘나라에서 저를 지켜봐 주고 계실 어머님과 반딧불만한 작은 희망만 있어도 참고 인내하며 기도와 사랑으로 격려해 주셨던 아버지, 끝까지 믿고 사랑으로 지켜봐 주며 아낌없이 지원해준 언니와 형부 그리고 영원히 사랑스러울 두 조카에게 감사의 마음을 전하며, 담대히 나아가게 하시고 언제나 나와 함께 하시는 하나님께 영광 드립니다.

“여호와와는 나의 목자시니 내게 부족함이 없으리로다..(시편 23:1)“