

TFT-DXD 방식의 디지털 X-ray Detector를 이용한 고효율 의료 영상처리시스템

준희원 황 재 석*, 이 재 균*, 정희원 이 채 옥*

An Effective Medical Image System using TFT-DXD Method's Digital X-ray Detector

Jae-Suk Hwang,* Jae-Kyun Lee* Associate Members, Chae-Wook Lee* Regular Member

요 약

기존의 필름 X-Ray 및 CCD(Charge Coupled Device) 방식은 공간적인 제약과 진단 시간이 많이 걸리는 단점이 있다. 본 논문에서는 기존 방식들의 단점을 보완할 수 있는 TFT-DXD 방식의 digital X-ray detector(DR1000C)를 이용한 고효율 의료 영상처리시스템을 구현하였다. 본 논문에서 제안하는 DR1000C를 이용한 의료용 영상처리시스템은 기존의 X-Ray 방식에 비해 공간 효율성이 높고 진단 시간이 짧아진다는 장점이 있다.

영상처리시스템에서 획득한 영상을 고화질로 만들기 위해 1900*1200의 해상도를 가지는 LCD 컨트롤 드라이버를 개발하였고, 영상의 성능향상을 위해 enhancement unsharp masking 기법을 제안하여, 기존의 방식과 비교하였다.

Key Words : LMS, FIR Filter, ANC, Wavelet

ABSTRACT

The Film X-ray and the CCD method of current medical image system have the disadvantages such as required large place and diagnosis time. In this paper, we implement an effective medical image system using TFT-DXD method's digital X-ray detector(DR1000C). The implemented medical image system has advantages of placing efficiency and short diagnosis time.

In order to make the image out of the system more effective, we develop an LCD(Liquid Crystal Display) control driver, having the resolution of 1900*1200. And we propose an enhancement unsharp masking method to update image enhancement of DR1000C medical image system, and compare it with the current methods.

I. 서론

정보통신기술의 발전은 의료 진료와 영상 의학 분야에도 많은 변화와 발전을 이끌고 있다. 그 결과 인체를 진단하는데 지금까지 많이 사용되었던 X-ray 필름의 대체장비들이 나타나고 있다. 그 예로 CT

(Computed Tomography), MRI(Magnetic Resonance Imaging), 초음파 영상(U/S: Ultra Sound) 등 이미 많은 디지털 영상을 접하고 있으며, 영상의료기기에 대한 기술 동향이 디지털화되는 추세에 있다. 그러나 아직까지 X-ray 장비는 대부분 기존의 필름 방식에 의존하고 있다.

※ 본 연구는 2006학년도 대구대학교 학술연구비 지원에 의한 논문임.

* 대구대학교 정보통신공학과 (armani7942@lycos.co.kr, ljk6031@daegu.ac.kr, cwlee@daegu.ac.kr)

논문번호 : KICS2006-10-448, 접수일자 : 2006년 10월 23일, 최종논문접수일자 : 2007년 4월 11일

현재 의료 CT, MRI, 초음파 영상 등의 영상 시스템 시장 비율을 CT(37.9%), MRI(25.2%), 초음파 영상(4.9%), X-ray(32%)로 분류되어 있으며, 현재 X-ray 시장 중의 65% 이상이 필름 X-ray 방식이다. 필름방식은 촬영에서 진단까지 많은 시간이 소요되므로 환자가 제 시간에 진료를 받지 못하는 경우가 많고, 또한 필름 보관 과정에서의 부주의로 필름 손상이 일어날 가능성이 높으며, 필름의 현상과 보관에 넓은 장소가 필요하다는 단점이 있다. 따라서 필름 방식의 X-ray 사용보다 편리하고 보관 및 관리의 개선을 높이기 위해 영상의 전산화에 대한 필요성이 증대되고 있다.^{[1][2]}

영상의 디지털화는 자료를 전산화, 정보화하는데 매우 유익하고, 영상의 대조도 증강과 경계 강조 등 여러 가지 영상처리기법을 적용함으로써 미세 음영의 가시도 개선과 정량적인 측정과 분석 등에 따른 진단능력의 향상을 기대할 수 있다. 또한 디지털 X-ray 영상 진단기기는 영상 획득부의 감도를 별도로 최대화함으로써 기존 필름방식에 비해 더 적은 X-ray 조사량으로 우수한 화질을 얻을 수 있고, 영상의 필름화가 필요 없어 방대한 저장시설과 인화에 필요한 화학약품이 불필요하여 보다 환경친화적이다.^{[3][4]}

한편 필름방식보다는 조금 발전된 방식으로 CCD(Charge Coupled Device) 방식의 X-ray가 있다. 이 방식은 필름 방식 X-ray의 보관상의 문제와 시간적인 문제를 해결하였지만 X-ray 촬영기기를 설치하는데 큰 공간이 필요하다는 단점이 있다.

본 논문에서는 Hologic사에서 최근 개발한 TFT-DXD(Thin Film Transistor-Digital X-ray Detector) 방식의 디지털 X-ray 디텍터인 DR1000C를 이용하여 기존의 필름방식과 CCD 카메라 방식의 단점을 모두 보완할 수 있는 새로운 형태의 영상처리시스템을 구현하고자 한다. 그리고 영상 획득에서 디스플레이까지 걸리는 시간이 짧은 의료용 영상 시스템과 의료용 영상을 고해상도로 디스플레이하기 위한 고해상도 LCD 컨트롤 드라이버를 구현하였으며 획득한 영상의 성능 개선을 위한 새로운 알고리즘을 제안한다.

본 논문에서는 기존 필름 X-Ray 방식과 CCD 카메라 방식에 본 논문에서 사용한 Hologic사의 DR1000C에 대해 조사하고, DR1000C의 통신 방식인 SCSI(Small Computer System Interface)방식에 대해 분석하였다. 이를 바탕으로 X-ray 이미지 획득을 위해 Computer에서 영상신호를 처리하는 방법을

연구하였고, 이를 디스플레이하기 위해 필요한 GM1601 LCD 컨트롤 드라이버를 사용한 WUXGA(Wide Ultra XGA)의 해상도를 가지는 LCD 컨트롤 보드를 개발하였다. 또한 개발된 의료 영상시스템을 통해 얻은 영상의 품질을 향상시키기 위하여 기존의 Unsharp Masking 기법과 본 논문에서 제안한 향상된 Unsharp Masking 기법에 대해 설명하고, Simulation한 결과를 보여준다.

II. 의료영상시스템

2.1 기존의 X-ray 방식과 CCD 카메라 방식

기존의 필름 X-ray방식은 X-ray 발생기에서 X-ray를 발생시켜 피사체를 통과한 X-ray를 특수 필름에 검출하여 필름을 인화하고 여기서 나타난 영상을 분석하여 진단하는 방식이다.

한편 조금 발전된 방식으로 CCD 카메라를 이용한 방식이 있는데, 이 방식은 먼저 피사체를 투과한 X-ray를 X-ray에만 반응하는 형광판에서 발광을 일으켜 가시광선으로 변환시키게 된다. 이렇게 변환된 가시광선을 CCD 카메라를 이용하여 촬영하여 영상 처리를 통해 디스플레이장치에 나타난 영상으로 진단하게 된다. CCD 카메라를 이용한 방식은 빛이 차단된 암실에서만 영상촬영이 가능하고 또한 아무리 넓은 광각범위를 가진 렌즈를 사용한다 하더라도 형광판으로부터 CCD 카메라까지 공간적 제약이 따르기 때문에 비효율적이라 할 수 있다. 그림 1은 필름 X-ray 방식과 CCD 카메라 방식을 비교한 그림이다.

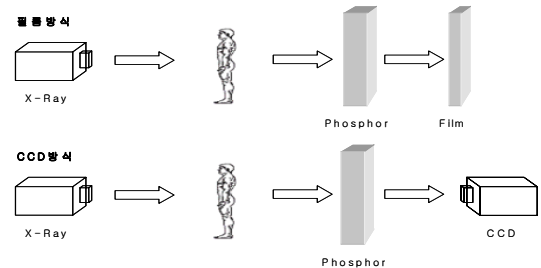


그림 1. 기존의 필름방식과 CCD방식의 X-ray의 비교

2.2 DR1000C를 이용한 디지털 X-ray방식

DR1000C의 디텍터는 검출기를 a:Se(amorphous Selenium : 비결정 셀레늄)로 사용하는 검출기로서 TFT의 아주 작게 센서를 Array할 수 있는 특징을 이용하여 a:Se와 같은 광전도 물질을 X-Ray 디텍터로 사용하여 TFT Array를 통해 입력된 신호를 읽

어서 출력으로 내보내주는 리드아웃 IC와 DR1000C를 구동하는 드라이버 IC로 구성된다. 그림 2는 DR1000C 디텍터의 구성도이다.

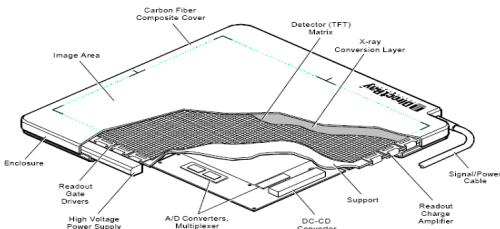


그림 2. DR1000C의 제품 구성도

DR1000C는 TFT를 이용한 방식으로 TFT의 아주 작게 센서를 Array할 수 있는 특징을 이용하여 a:Se와 같은 광전도 물질을 X-ray 디텍터로 사용한다. TFT의 매트릭스는 액티브 센서로써 사용하는 방식으로, 필름 대신에 X-Ray에 반응하는 광물질 또는 전기적인 물질을 사용하여 View-Box가 아닌 바로 모니터 상에 디스플레이 하는 기술이다.

III. 제안하는 의료영상시스템

3.1 영상 데이터 처리 인터페이스

DR1000C는 X-Ray 디텍터 부분과 컨트롤러 부분으로 이루어져 있으며, 컨트롤러는 디텍터에서 획득한 디지털 신호를 PC로 전송하는 역할을 한다. 컨트롤러에서는 디텍터의 각 상태에 따라 API 함수로 정의되어 있으며, 이에 따라 PC와 DR1000C와의 기본적인 인터페이스는 C++함수로 구현하였다. 영상 데이터 처리는 그림 3과 같은 순서로 이루어진다.

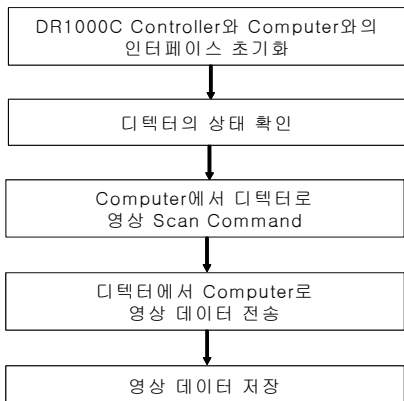


그림 3. 영상 데이터 처리 플로우차트

DR1000C 컨트롤러는 PC와의 SCSI 인터페이스를 가능하게 하기 위해 인터페이스 초기화를 한다. 또한 DR1000C 컨트롤러는 디텍터의 상태를 확인한 후 사용자의 명령에 따라 PC에서 디텍터로 명령을 전달한다. 명령이 전달되면 스캔한 영상은 디텍터에서 PC로 전달하며 이 영상을 PC에 저장한다.

3.2 의료영상시스템 구현

본 논문에서 구현한 DR1000C를 이용한 의료 영상 시스템의 블록 다이어그램은 그림 5와 같다. X-ray 제너레이터에서 발생된 아날로그 X-ray 신호는 TFT-DXD 패널 센서를 통해 전기적인 신호로 변환되어진다. 변환된 전기적인 신호는 아날로그 디지털 컨버터를 거쳐 디지털 신호로 변환된다.

변환된 디지털 신호는 SCSI 통신방식으로 PC와 인터페이스 되며, 입력된 영상 데이터는 PC에서의 처리를 통해 X-ray 이미지가 저장되고, 이 저장된 이미지는 LCD 모니터를 통해 디스플레이된다. 그림 4는 본 논문에서 구현한 의료용 영상 시스템의 블록 다이어그램이다.

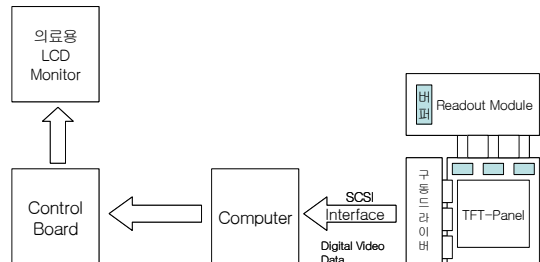


그림 4. 의료용 영상 시스템 블록 다이어그램

3.3 LCD Control Board 구현

DR1000C를 이용하여 획득한 이미지 영상은 기존의 LCD에서는 해상도 부족으로 완벽한 영상을 보여주기 힘들다. 따라서 본 논문에서는 GM1601 LCD 컨트롤 드라이버를 사용한 1900*1200의 고휘상도 LCD를 개발하였다.

DR1000C를 통해 PC에 입력된 영상 데이터는 Selector와 비디오 디코더를 통해 LVDS(Low Voltage Differential Signalling)포맷으로 GM1601 LCD 컨트롤 드라이버로 전송한다. GM1601 LCD 컨트롤 드라이버는 1900*1200의 고휘상도로 입력된 영상을 디스플레이하며 DVI(Digital Video Interface) 및 D-SUB 단자를 통해 입력된 영상 신호는 Selector를 통해 입력된 영상 신호를 선택하여 LCD 컨트롤 드라이버로 출력한다. 또한 Component,

Composite, S-Video를 통해 입력된 영상신호들은 비디오 디코더를 통해 입력된 영상을 선택하여 아날로그 프로세싱 동작과 아날로그 데이터를 디지털 데이터로 변환시키며 변환된 디지털 데이터를 LCD 컨트롤 드라이버로 보내준다.^{[5][6][7][8]}

Selector와 비디오 디코더를 통해 출력된 데이터는 LVDS 포맷으로 LCD 컨트롤 드라이버로 출력되며 LCD 패널을 통해 디스플레이 된다. 본 논문에서는 1900*1200의 고해상도를 가지기 위해 고해상도 LCD 컨트롤 드라이버인 GM1601을 사용하였으며 GM1601은 OSD(On Screen Display), Input Format Auto Detection, Phase and Image Positioning Auto configuration 및 Keypad Scanning의 기능을 제공한다. 또한 5개의 영상입력을 가능하게 하기 위해 BA7657F(Selector), VPC3230D(비디오 디코더)를 사용하였다. 그림 5는 본 논문에서 구현한 LCD 컨트롤 보드의 블록 다이어그램이다. 또한 그림 6과 그림 7은 구현한 LCD 컨트롤 보드와 전체 시스템 구현 그림이다.

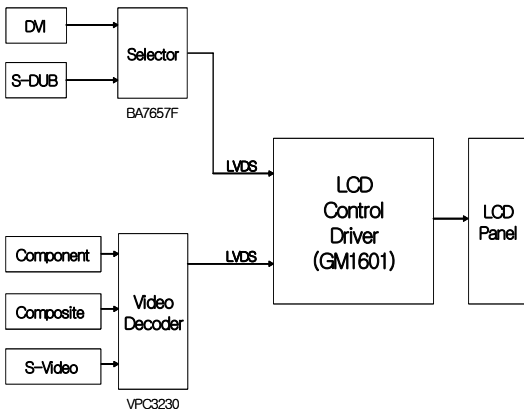


그림 5. LCD 컨트롤 보드 블록 다이어그램

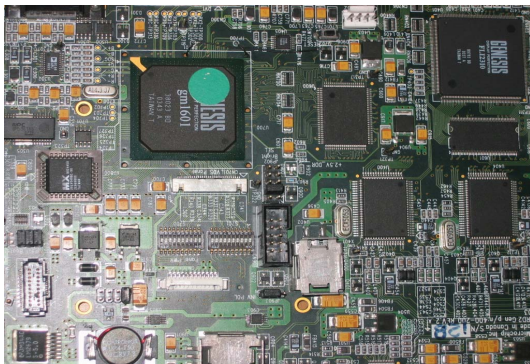


그림 6. 구현한 LCD 컨트롤 보드

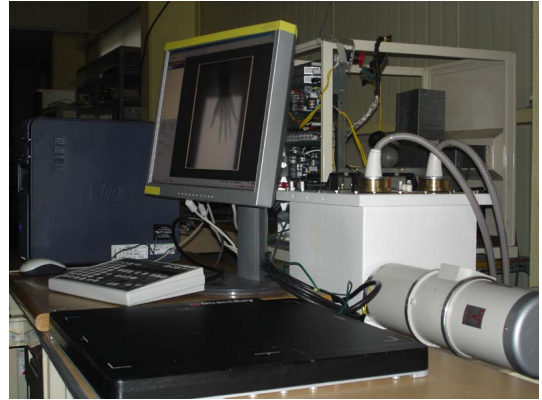


그림 7. 전체 시스템 구현

IV. 이미지 향상 기법

4.1 Unsharp Masking

의료 영상 분야를 포함한 X선 영상 처리 분야에서 영상 향상을 위해 가장 자주 사용되는 기법이 Unsharp Masking이다. Unsharp Masking은 원 이미지에 이미지를 평활화한 이미지를 뺀 이미지를 사용해 얻어진다. 즉 저역 성분을 마스킹하고 고역을 강조한다.^{[9][10][11][12]}

Unsharp Masking의 처리 과정을 살펴보면 다음과 같다. Unsharp Masking은 입력 이미지 $f(x, y)$ 로부터 경계 영역의 이미지 $g(x, y)$ 를 만들어낸다.

$$g(x, y) = f(x, y) - f_{smooth}(x, y) \quad (1)$$

여기에서 $f_{smooth}(x, y)$ 는 $f(x, y)$ 의 smooth된 형태이다. 이를 블록 다이어그램으로 살펴보면 그림 8과 같다.

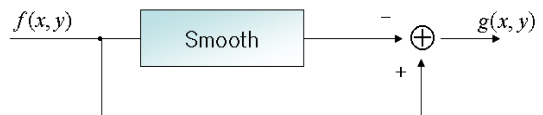


그림 8. Spatial Sharpening

(1)에서 얻어진 $g(x, y)$ 와 입력된 이미지 $f(x, y)$ 를 더해줌으로써 완전한 Unsharp Mask의 식을 얻는다.

$$f_{sharp}(x, y) = f(x, y) + k * g(x, y) \quad (2)$$

여기에서 k 는 scaling 상수이며, k 는 경계 영역 강화에 영향을 미치는 값으로서 0.2~0.7의 값을 가진다. 이를 블록 다이어그램으로 살펴보면 그림 9와 같다.

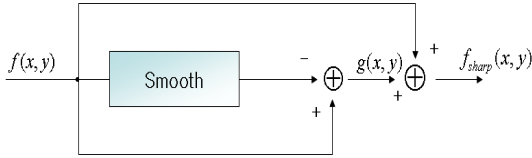


그림 9. Complete Unsharp Masking

4.2 Enhancement Unsharp Masking

의료 영상은 환자의 올바른 진단을 위해 영상의 선명도와 경계 영역의 구분이 명확해야한다. 그러나 의료 영상의 경우 경계가 부분적으로 확산되며 모든 경계는 농담치가 적으며, 경계의 특징이 경계 부분 및 피사체의 종류에 따라 변화할 가능성이 있다. 따라서 이를 극복하기 위한 방법이 필요하다.

본 논문에서는 영상의 임계치(Threshold) 값을 설정하여 영상의 대조도를 증가시킨 후 Unsharp Masking을 적용하여 영상의 경계영역을 강화시켰다. 영상의 임계치 설정을 위해 영상의 평균치를 구하여 영상의 데이터와 비교하여 영상의 가중치를 설정하였다.

$$mean = \frac{\sum_{k=0}^n \alpha x(k)}{\sum_{k=0}^n x(k)} \quad (7)$$

여기에서 $\sum_{k=0}^n x(k)$ 는 픽셀의 총 계수를 나타내며

$\sum_{k=0}^n \alpha x(k)$ 는 각각의 픽셀에 대한 그레이 레벨의 총 합을 의미한다. 설정한 임계치는 저주파 영역과 고주파 영역의 특성을 구분하는 기준이 된다. 임계치 설정을 위한 블록 다이어그램과 알고리즘은 그림 10 및 식 (8)과 같다.

$$U(x,y) = \begin{cases} \alpha f(x,y), & \text{if } |T(x,y)| < Threshold \\ \beta f(x,y), & \text{if } |T(x,y)| \geq Threshold \end{cases} \quad (8)$$

영상의 값이 $T(x,y)$ 값 보다 작으면 저주파 영역으로 간주하고 입성성의 유지를 위한 이득(α)을 작은 값으로 선택하고 $T(x,y)$ 값 보다 크면 고주파 영역으로 간주하여 경계선을 강조하기 위하여 이득(β)을 큰 값으로 선택하여 새로운 영상을 얻는다. 얻어진 새로운 영상은 고주파 성분은 강화시키고 저주파 성분은 떨어뜨림으로써 영상의 향상을 가져온다. 임계값 설정을 통해 획득한 영상에 원 영상을 LPF한 영상을 뺄으로써 기존의 방법보다 더 나은 성분을 얻는다. 이렇게 얻어진 성분을 원 영상에 더해줌

으로 기존의 Unsharp Masking을 적용한 영상보다 더욱 향상된 영상을 얻을 수 있다.

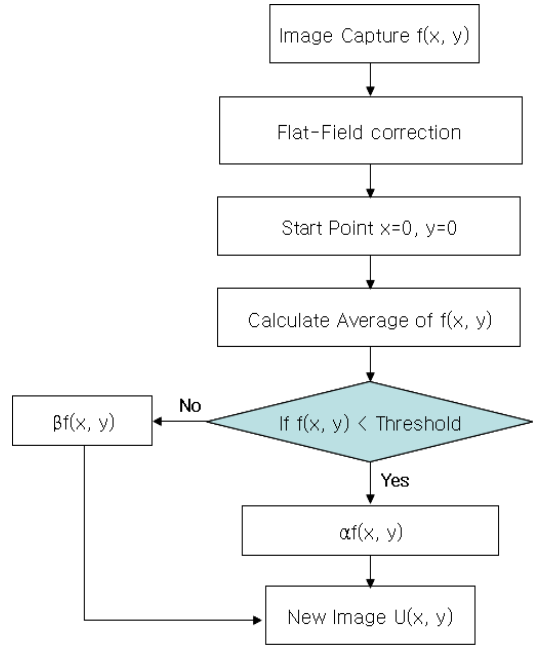


그림 10. 임계치 설정 흐름도

$$g(x,y) = U(x,y) - f_{smooth}(x,y) \quad (9)$$

$$f_{sharp} = g(x,y) + k * f(x,y) \quad (10)$$

위에서 구현한 알고리즘을 블록 다이어그램으로 표현하면 그림 11과 같다.

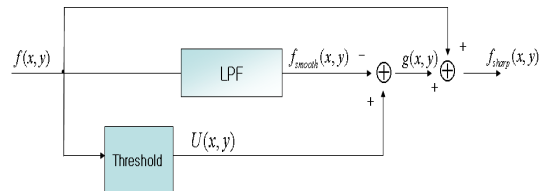


그림 11. 제안한 시스템의 블록다이어그램

4.3 Simulation

구현한 DR1000C를 이용한 의료영상시스템을 이용하여 획득한 영상으로 제안한 영상처리 알고리즘을 구현하였다. 영상은 손을 찍은 X-ray 영상과 발을 찍은 X-ray 영상을 사용하였으며 기존의 Unsharp Masking과의 결과를 비교하였다.

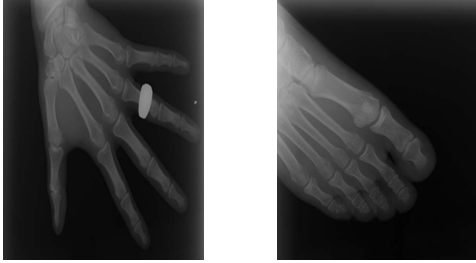


그림 12. 구현한 X-ray에서 획득한 원 영상

그림 12는 본 논문에서 구현한 X-ray를 통해 획득한 영상을 나타내며, 그림 13은 Enhancement Unsharp Masking을 적용한 영상이다.

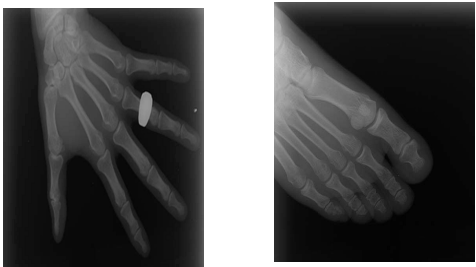
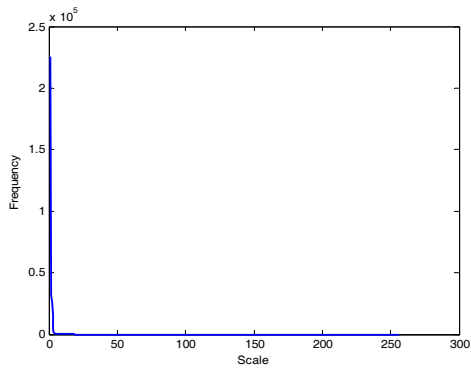
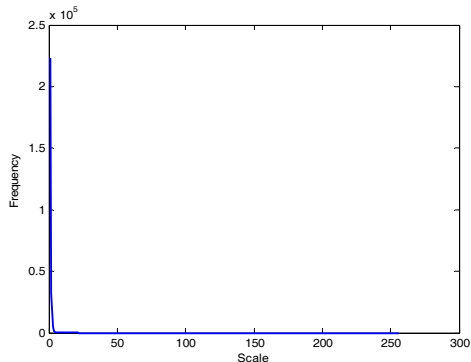


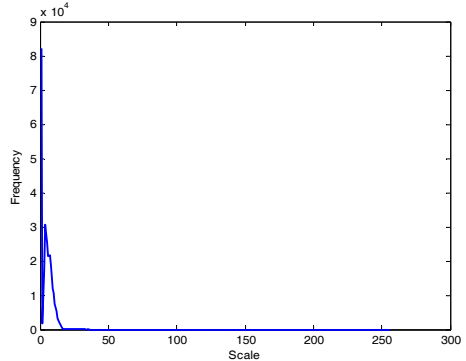
그림 13. 제안한 알고리즘 수행 결과



(a) 3X3 Mean Filter를 Smoothing 기법으로 사용한 경우



(b) LPF를 Smoothing 기법으로 사용한 경우



(c) Enhancement Unsharp Making 기법을 사용한 경우

그림 14. 경계 영역 획득 히스토그램

그림 14은 위에서 수행한 각각의 기법들의 경계 영역 성분을 히스토그램으로 나타낸 것이다. 그림에서 처럼 경계 영역 검출에서 Enhancement Unsharp Masking이 기존의 방법보다 우수한 것을 볼 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 기존의 필름 방식 X-ray와 CCD 방식 X-ray의 단점을 보완하기 위하여 TXT-DXD 방식의 디지털 X-ray detector를 이용하여 새로운 형태의 고효율 의료용 영상처리시스템을 개발하였다. 그리고 개발한 시스템으로부터 획득한 영상을 보다 향상시키기 위하여 새로운 기법을 제안하여 영상의 품질을 향상시켰다.

본 논문에서는 고화질의 요구되는 의료용에 적합한 고해상도 LCD 컨트롤 보드를 개발하기 위해 GM1601 LCD 컨트롤러를 사용하여 다중 입력이 가능한 고해상도 LCD 컨트롤 보드를 개발하였으며, 획득한 영상의 고화질 여부 확인을 위하여 제안한 Enhancement Unsharp Masking 알고리즘과 기존의 Unsharp Masking 기법을 사용하여 비교 및 분석하였다.

경계 영역 획득 히스토그램을 통해 기존의 Unsharp Masking 기법 보다 Enhancement Unsharp Masking 기법을 사용하였을 때 경계 영역의 성분이 더 많이 남아 있는 것을 확인할 수 있었다. 또한 이를 적용한 기존의 Unsharp Masking과 Enhancement Unsharp Masking 기법의 히스토그램의 비교를 통해서도 성능을 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] Hwang Bo-Seong, Jung Sung-Jae, "The Research regarding the digital X-Ray Development which uses the CCD-Camera and an Image control", Institute of Computer and Communications Honam University. pp.147-154, 2003.

[2] Ji-Koon Park, Jang-Yong Choi, Sang-Sik Kang Dong-Gil Lee, Dae-Woo Seok, Sang-Hee Nam, "Development of 14"×8.5" active matrix flat-panel digital x-ray detector system and Imaging performance", 대한방사선기술학회지 Vol.26 No.4 pp.39-46, 2003.

[3] S. H. Nam, C. W. Moon, H. W. Lee, J. H. KIM, "Development of Flat Panel Digital X-ray Detector Using a-Se", Inje Medical Journal, Vol 23, No 1, pp 91-95, 2002.

[4] Jin-Ho Cho, Hee-Dong Kang, "Development of Sensor and Its System for Medical Applications", 경북대학교 센서기술연구소, pp 287-292, 1997.

[5] Byong-Ki Park, Chul-Ho Choi, Jin-Sung Park, Byong-Hoen Kwon, Myung-Ryul Choi, "A Universal Controller Design for a-Si TFT LCD of SXGA Class ", 정보처리학회논문지 Vol 6, No 9, pp 2548-2557, 1999.

[6] Hae-Seong Cho, Nam-Hee Kim, Byoung-Sil Chon, "An Implementation of TFT LCD Controller Video Conversion Board", 전북대학교 공업기술연구소, pp 197-203, 2000.

[7] Genesis. "gm1601 preliminary Product Brief", 2005.

[8] Macronas, "Preliminary Data Sheet Edition 1PD"

[9] Yanxia Wang, Qiuqi Ruan, "An Improved Unsharp Masking Method for Palmprint Image Enhancement", Innovative Computing, Information and Control, 2006. ICICIC '06. , First International Conference on Volume 2, 30-01 Aug. 2006 Page(s):669-672.

[10] Polesel, A, Ramponi, G, Mathews, V.J, "Image enhancement via adaptive unsharp masking". Image Processing, IEEE Transactions on Volume 9, Issue 3, March 2000 Page(s):505 - 510.

[11] Sashin, D, Slasky, B.S, Pearsall, C.R, II, "Reduced dose and improved image quality with a computerized line-scan radiography system", Medical Imaging, IEEE Transactions on Volume 12, Issue 2, June 1993 Page(s):380-383.

[12] Badamchizadeh M.A, Aghagolzadeh, A, "Comparative study of unsharp masking methods for image enhancement", Image and Graphics, 2004. Proceedings. Third International Conference on 18-20 Dec. 2004 Page(s):27-30.

황 재 석 (Jae-Suk Hwang)

준회원



2005년 2월 대구대학교 정보통신공학부 통신공학과 학사
2005년 3월~현재 대구대학교 정보통신공학과 석사과정
<관심분야> X-ray, 영상신호처리

이 재 균 (Jae-Kyun Lee)

준회원



2004년 2월 대구대학교 정보통신공학부 통신공학과 학사
2006년 2월 대구대학교 정보통신공학과 석사
2006년 3월~현재 대구대학교 정보통신공학과 박사과정
<관심분야> 디지털신호처리, 이

차원바코드, ANC

이 채 욱 (Chae-Wook Lee)

정회원



1980년 2월 한국항공대학교 통신공학과 학사
1987년 2월 동경공업대학 전기전자공학과 석사
1990년 2월 동경공업대학 전기전자공학과 박사
1990년 3월~현재 대구대학교 정보통신공학부 교수

<관심분야> 디지털신호처리, 광통신공학, ANC