

CCD Camera 기반 실시간 방사선치료조사면 검증 시스템 개발 및 화질개선을 위한 기초연구

장지원, 박지균, 이동길, 김진영, 남상희, 하성환*
인제대학교 의료영상연구소, 서울대학교 의과대학*

System Development and Fundamental Study of CCD Camera Based Electronic Portal Imaging Device

Gi-Won Jang, Ji-Koon Park, Dong-Gil Lee, Jin-Yeong Kim, Sang-Hee Nam, and Sung-Whan Ha*
Medical Imaging Research Center of Inje University, College of Medicine, Seoul National University.*

Abstract

The purpose of this study is to develop prototype EPID system and improve image quality of radiation therapy field imaging system using CCD camera. For this research we used Linac(Clinac 4/100), Copper metal plate, $Gd_2O_2S_2$ phosphor and CCD camera(Photronic). In this study we find best thickness of built-up metal plate and acquired projection image of humanoid head phantom. Also we enhanced raw image data using superposition and histogram stretching method. Through the thickness optimized of metal plate and image processing, we confirmed of an improved image quality of an EPID system using CCD camera.

As result, highest quality image was acquired at 1mm thickness of Copper metal plate and improved image quality by image processing methods.

Key Words : Radiation therapy, EPID system, Metal plate, image processing, CCD camera

1. 서론

방사선치료의 궁극적인 목적은 병변 부위에 방사선을 조사하여 암세포를 비롯한 이상조직을 살상하고, 그 병적 진행상태를 완화하는데 있다. 이러한 방사선치료 과정에서 이상부위와 인접한 정상조직 및 인체의 중요기관에 조사되는 방사선량을 최소화함으로써 방사선치료로 인한 부작용을 최소화하는 것이 바람직하다. 따라서 방사선이 병변 조직으로 정확하게 조사되는지의 여부를 확인하는 것이 필수적이라 할 수 있다. 이를 위해 매 방사선 치료 시마다 치료 부위에 대한 위치확인용

영상을 얻어야 하지만, 현재 방사선치료를 받는 대부분의 환자들은 1주에 1회 정도 film 영상을 획득하고 있는 실정이다. 이로 인한 치료 및 영상 획득의 schedule에 따른 관독 지연의 문제로 방사선치료조사 부위의 오차가 최대 1주일간 반복적으로 발생할 수 있다는 치명적인 문제점을 낳았다.

최근 digital radiography의 연구 및 실용화 동향에 병행하여 치료 방사선 영역에서도 이의 활용 및 적용 가능성이 크게 부각되고 있다. 이러한 환경 변화에 부응하기 위해 기존의 방사선치료조사면 imaging을 digital화함으로써 그 조사면 확인능력을 향상시키고 치료효과를 높이기 위한 연구로서 EPID(Electronic Portal Image Device)에 관

한 연구가 활발히 수행 중에 있다. 이러한 연구의 주목적은 방사선치료 시 환자와 치료 빔의 부적합에 대한 평가 및 환자의 misalignment, motion, 치료장비의 불일치 등의 원인에 의해 방사선치료에서의 기하학적 error를 야기하는 요소를 실시간으로 monitoring하고, 평가함으로써 치료의 정확도 및 방사선치료 계획 측면에서의 정밀도를 추구하기 위함이다.

본 연구에서는 CCD camera 기반의 EPID system 개발을 위해 build-up metal 및 phosphor layer의 물성과 두께 최적화를 수행하였고, 자체 제작된 prototype system을 통해 영상을 획득하였다. 획득된 raw image의 histogram 분석결과 그 분포가 일정 영역에 집중되어 있음을 알 수 있었고, 이로 인한 image contrast 저하의 문제점이 노출되었다. 따라서 histogram stretching 및 random noise제거와 image 중첩 과정을 통한 획득영상의 image contrast 향상 및 화질 개선을 구현하였다.

2. 실험

본 연구를 위해 서울대학교병원 치료방사선과에 설치된 Linac(Clinac 4/100, Varian)을 이용하였다. 고에너지 치료방사선에 의한 CCD camera의 영향을 최소화하기 위해 build-up metal과 phosphor를 통해 가시광으로 변환된 영상 정보를 metal 거울로 반사시켜 CCD camera(Photronic)를 통해 영상을 획득하였다. 전체적인 실험의 구성을 그림 1.에서 나타내고 있다.

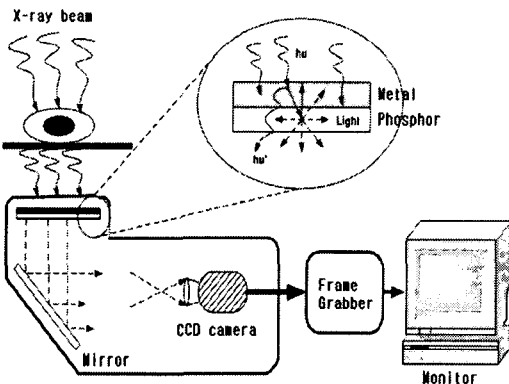


그림 1. 영상획득 시스템의 구성도

환자의 몸을 투과한 고에너지 치료방사선으로부터 전자를 방출하는 metal plate의 재질은 전자의 방출 효율을 고려하여 copper를 사용하였으며, 최적의 두께를 결정하기 위해 copper plate의 두께를 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5mm로 변화 시켜가면서 phosphor layer에서의 광량과 획득영상을 비교하였다. 또한 build-up metal에서 방출된 전자에 의해 가시광을 발생시키는 phosphor layer는 형광효율이 좋은 $Gd_2O_2S_2$ 로 형성하였다. 실험에 사용된 build-up metal 및 phosphor layer의 구성과 단면도를 그림 2.를 통해 나타내고 있다.

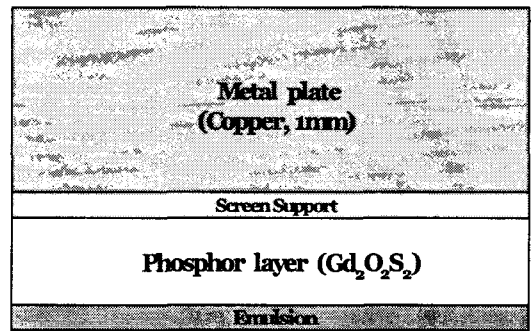


그림 2. Build-up metal 및 phosphor layer의 구성 및 단면도

영상화를 위한 object로는 humanoid head phantom을 이용하였으며, Linac의 조사 조건은 6 MV X-ray, Dose rate 240 cGy/min으로 설정하여 영상을 획득하였다.

실험에 의해 획득된 영상을 digital format으로 저장하고, display 하기 위한 PC interface는 PCI frame grabber(Matrox)를 이용하였으며, 이후 획득된 raw image는 Visual C++ program을 이용하여 histogram stretching 및 random noise제거와 동일한 조건에서 획득된 15개의 image frame을 중첩시키는 과정을 통하여 영상의 대조도를 높이고, 선예도를 향상시키는 화질 개선을 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 3.은 Build-up metal plate의 두께 변화에 따른 phosphor layer에서의 광 발생량을 나타내고 있다. 실험결과 phosphor layer에서의 광 발생량은

그 두께의 증가에 따라 증가하다가 일정 두께이상 부터는 오히려 저하되는 현상을 나타내었으며, copper plate의 두께가 1mm일 때 광 발생량이 가장 높음을 알 수 있었다. 따라서 $Gd_2O_2S_2$ 로 형성된 phosphor layer에서 발생하는 가시광의 광량을 최대로 하기 위한 build-up metal의 두께를 1mm로 최적화하였다.

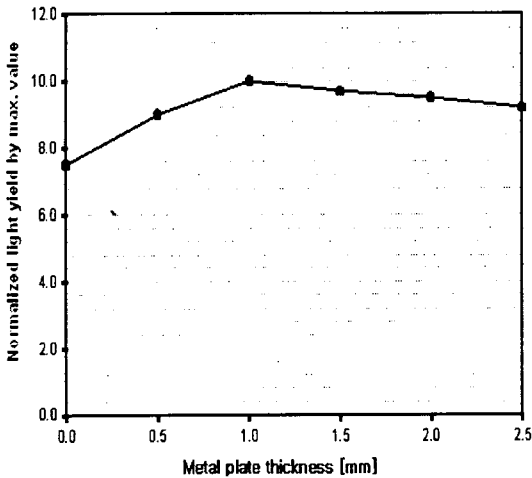


그림 3. Copper plate 두께 변화에 따른 광 발생량

Build-up metal 과 phosphor layer의 물성 및 두께 최적화를 통해 구현된 prototype system에 의해 획득된 humanoid head phantom의 raw image를 그림 4.에서 나타내었다. 이 raw image의 histogram을 분석한 결과 그림 5.에서 보여지는 것과 같이 그 분포가 일정 영역으로 집중되어 있음을 알 수 있었고, 이와 같은 image gray level의 저 대조도(low contrast)로 인해 명확한 영상 판독이 어려운 문제점이 발견되었다. 따라서 획득 image의 contrast를 향상시키기 위한 방법으로 그림 6.과 같이 VC++ program을 이용한 histogram stretching 과정을 통해 그 분포를 변화시켜 그림 7.와 같은 image contrast가 향상된 영상을 얻을 수 있었으며, 이렇게 얻어진 영상을 15 frame 중첩시킨 결과 최종적으로 그림 8.과 같은 random noise가 제거되어 선예도와 대조도가 향상된 영상을 획득하였다.

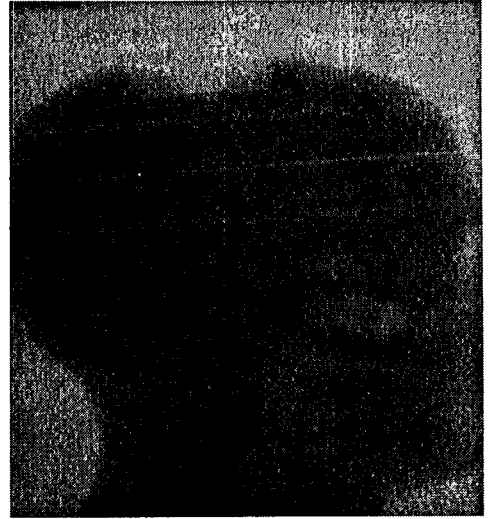


그림 4. 6 MV X-ray, Dose rate 240 [cGy/min]의 조건에서 획득된 humanoid head phantom의 raw image

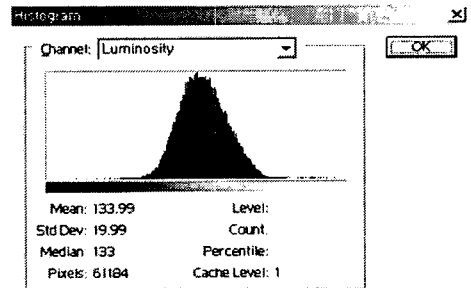


그림 5. Humanoid head phantom raw image의 histogram 분포

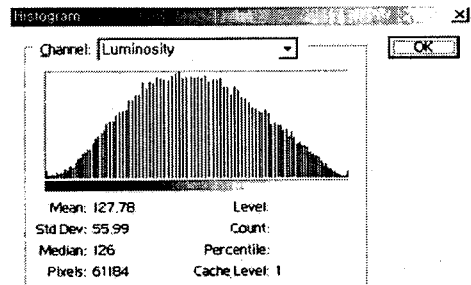


그림 6. Histogram stretching 과정을 통해 변화된 Humanoid head phantom의 image histogram 분포

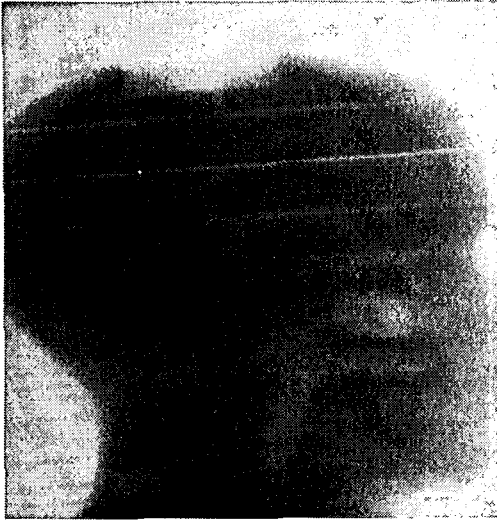


그림 7. Histogram stretching 과정을 거친 후의 humanoid head phantom image

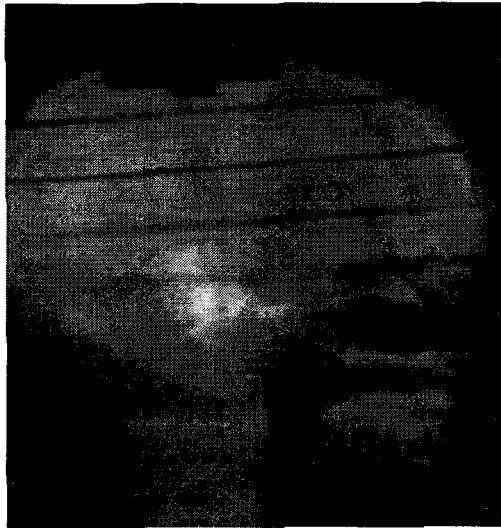


그림 8. Histogram stretching 및 frame zooming 과정을 통해 획득된 humanoid head phantom image

4. 결 론

본 연구를 통해 CCD camera 기반의 EPID system을 구현하였으며, EPID system 개발의 핵심기술인 build-up metal 및 phosphor layer의 물

성과 두께를 최적화하였다. 제작된 system으로 획득된 영상의 histogram 분포 변화와 image frame zooming 과정을 통해 random noise의 제거, 선예도의 향상 및 영상의 대조도 향상에 따른 영상화질 개선의 가능성을 확인하였다. 또한, CCD camera를 이용한 EPID system의 성능을 개선시킬 수 있는 방법으로, 획득 영상의 화질 개선을 위한 영상 algorithm 개발 연구의 필요성을 알 수 있었다. 본 연구를 토대로 방사선치료 부위의 신속하고 정확한 확인과 그에 따른 치료효율향상, 그리고 보다 높은 치료 성공률을 가져올 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구논문은 정보통신부의 출연금으로 수행한 정보통신선도기반기술개발사업의 연구결과입니다.

참고 문헌

- [1] FAIZ M, KHAN. "The Physics of Radiation Therapy", Williams & Wilkins
- [2] P.C. Levendag, B.J.M. Heijmen. "Dosimetry with a fluoroscopic electronic portal image device", Douch cancer society, 1999
- [3] Hammoudah MM. & Henschke, "Supervoltage Beam Films", International J. of Radiation Oncology, Biology, Physics, vol. 2, 1997
- [4] D.A.Jaffray, JJ Battista, A.Fenster & PBE Munroe, X-ray Scatter in Megavoltage Transission Radiography: Physical Characteristics and Influence on Image Quality, vol.21, 1994
- [5] W.E.Moore & D.J.Steklenski, "Radiation Oncology Portal Imaging", US 09/651,761 filed Aug. 31, 2000
- [6] R.T. Droege & B.E. Bjarngard, J.Medical physics, "Influence of Metal Screens on Contrast in Megavoltage X-ray Imaging" vol.1, 1979
- [7] J. Anthony Parker "Image Reconstruction in Radiology", CRE Press