

# Development of a Medical Radiation Simulator System for Education and Proposal of a Research Model

Chang-Hwa Han<sup>1</sup>, Young-Hwang Jeon<sup>1</sup>, Jae-Bok Han<sup>1</sup>, Chang-gi Kong<sup>2</sup>, Jong-Nam Song<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Radiology, Dongshin University

<sup>2</sup>Department of Radiological Technology, Wonkwang Health Science University

Received: May 17, 2023. Revised: June 15, 2023. Accepted: June 30, 2023.

## ABSTRACT

Due to the development of advanced technology, a lot of digital radiographic equipment has been developed, which is very helpful for accurate diagnosis and treatment, and it is very important to train personnel who have acquired professional knowledge in order to use it safely and effectively. Students are exposed to the risk of radiation exposure in radiography training using diagnostic X-ray equipment, and some educational institutions do not use X-ray equipment due to management difficulties in accordance with the Nuclear Safety Act. As a solution to this, this study developed a medical radiation simulator for education that does not generate radiation by using a vision sensor and self-developed software. Through this, educational institutions can reduce the burden of administrative implementation according to the law, and students can obtain a high level of educational effects in a healthy practice environment without radiation exposure.

Keywords: X-ray System, Simulator, Education, Radiation Exposure

## I. INTRODUCTION

1895년 Wilhelm Conrad Roentgen이 X선을 발견한 이후에<sup>[1]</sup> 의료분야에서 방사선은 21세기인 현재에 이르기까지 의학 분야에 응용되어, 환자의 진단과 치료에 크게 이바지해왔다<sup>[2,3]</sup>. 최근에는 첨단 기술의 발전으로 디지털 방사선 영상 장비들이 개발되어 조금 더 정확한 진단을 내리고 치료를 돕는데 있어서 많은 도움을 주고 있다. 이러한 최첨단의 방사선 영상 장비를 활용하여 방사선 영상 진단 검사를 수행하기 위해서는 전문적인 지식을 습득한 인력양성이 매우 중요하다<sup>[4,5]</sup>.

의료방사선 교육은 기초 지식을 쌓아가는 이론 교육과 더불어 의료 현장의 실무적 능력 향상을 위한 실습 교육<sup>[6]</sup>을 함께 병행하고 있다. 최근에는 디지털화된 실습환경으로의 많은 개선으로 많은 교

육기관에서 디지털 방사선 영상 장비들의 보유가 가능해졌다<sup>[7]</sup>.

교육기관에서 활용되는 방사선 영상 장비들이 많아진 만큼 그에 따른 법 적용도 강화되어, 2014년 5월에 개정된 원자력안전법 개정 사항(법 제 53조, 제 56조, 제 59조, 제 70조, 제 92조, 제 98조, 제 106조)에 따라서 교육기관에서 교육·연구용으로 사용 중인 방사선 발생장치 및 동위원소는 방사성동위원소 일반면허를 소지하고 있는 안전관리책임자를 선임하여 신고, 검사, 설치, 측정, 검·교정을 받아야 하며, 방사선관계종사자에 해당하는 자는 피폭 관리를 받아야 한다.

이처럼 원자력안전법 적용으로 ‘강의 및 실습 등을 위해 일정 기간 방사선 관리구역에 출입하는 외부 인원’도 수시출입자로 분류가 되며, 이를 위해서는 건강진단 결과, 피폭선량 기록, 교육훈련 및

\* Corresponding Author: Jong-Nam Song E-mail: way2call@naver.com Tel: +82-61-330-3574 Address: Dept. of Radiology, Dongshin University, 185 Geonjae-Ro, Naju-si, Jeonlanamdo, Republic of Korea

선량한도와 관련된 사항 등의 기록·관리가 필요하며, 이와 관련된 서류를 5년간 보관하게 되어 있다.

영상의학 분야의 방사선사 전문인력양성을 위하여 진단용 방사선 발생장치를 실습에 이용하여 효과적인 수업을 진행해야 하지만, 원자력안전법 및 시행령에 따라서 현재 방사선학과 재학생들도 원자력안전법 시행령 제2조 제8호에 따라 수시출입자로 분류·관리되어<sup>18)</sup>, 교육기관에서는 원자력안전법에 따른 행정처분과 진단용 방사선 발생장치의 관리 및 운용에 투입되는 재정적 비용이 부담<sup>9,10)</sup>되는 경우, 진단용 방사선 발생장치를 실습에 이용하지 않거나, 폐기하는 상황까지 발생하여 실습 교육에 직접적으로 방사선 촬영 장비를 사용하지 못하는 등 효과적인 수업 진행이 이루어지지 않은 교육기관도 있다<sup>11)</sup>.

또한, 방사선 발생장치를 취급할 수 있더라도 방사선 피폭에 의한 안전을 위하여 인체 모형 팬텀을 이용하여 실습<sup>12)</sup>해야만 한다. 실습 교육에 사람을 대신하여 인체 모형 팬텀을 사용하기 때문에 촬영 실습에 있어서 방사선 피폭<sup>13)</sup>이 없는 장점이 있지만, 촬영검사 방법에 따라서 인체 모형 팬텀은 다양하게 자세를 취할 수 없어서 이러한 이유로 높은 실습 교육 효과는 기대할 수 없다<sup>14)</sup>.

이러한 이유로 교육기관에서는 원활한 의료방사선 촬영 실습환경 조성을 위하여 방사선 발생이 없는 교육용 시뮬레이터의 필요성이 대두되고 있다<sup>15)</sup>.

이에 본 저자는 방사선 촬영 실습 교육에 사용되는 방사선 발생장치에 의한 방사선 피폭의 위험성을 제거하여, 건강권이 보장된 원활한 방사선 촬영 실습 교육 환경 구축을 위하여, 의료방사선 교육용 시뮬레이터를 개발하고자 한다.

## II. MATERIAL AND METHODS

### 1. 교육용 의료방사선 시뮬레이터 설계와 개발

시각적 변화에 따른 환경 요소로 학생들의 학습 성취도에 영향을 주지 않도록 기존 방사선 검사 실습에 사용하였던 진단용 방사선 발생장치를 이용하여 장비 구조의 이해와 취급 및 조작에서 효과적인 교육이 이루어질 수 있도록 시스템을 설계하였

다. 그리고 원자력안전법에 따른 행정 사항 이행의 부담을 줄일 수 있고, 무엇보다 기존 실습 장비를 이용한 교육 중 X선 발생에 의한 방사선 피폭의 위험성을 없앨 수 있도록 X-ray Tube와 고전압 발생장치를 제거하였고, 제거된 X-ray Tube 부분에는 비전 센서를 장착하여 이미지를 획득하는데 이용되도록 Fig. 1과 같이 시뮬레이터를 설계하였다.

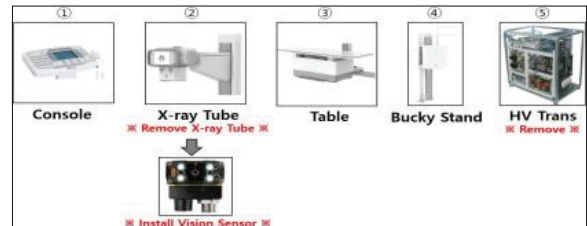


Fig. 1. Radiation simulator design.

#### 1.1. 교육용 의료방사선 시뮬레이터의 기본 구성

콘솔 모듈, X선 튜브 모듈, 테이블 모듈, 버키스탠드 모듈, 고전압 발생장치 등 기존 진단용 X선 발생장치의 5가지 모듈의 시스템 구성체에서 Fig. 2과 같이 X선 발생에 직접적인 역할을 하는 X선 튜브와 고전압 발생장치 등 2가지 모듈의 케이스를 제외한 나머지 내부 구성품을 제거하여 외부적으로 시각적인 변화는 없으나, 방사선이 발생하지 않도록 시스템을 구성하였다.



Fig. 2. Configuring the Diagnostic X-ray Generator System.

#### 1.2. X선을 대체할 콘텐츠 개발 및 모델 설계

본 연구로 개발한 교육용 의료방사선 시뮬레이터를 활용한 ‘실습용 X선 촬영 이미지’ 구현을 위하여 비전 센서(COGNEX사, In-Sight 2000, USA)를 이용하여 실제 사진 이미지를 촬영하였으며, Python v3.10.7 프로그램을 사용하여 개발한 소프트웨어 ‘Raim View v1.0’을 이용하여 비전 센서로 촬영된 사진 이미지를 X선 영상 이미지로 변환하여

시각화 및 표현할 수 있도록 하였고, L-spine(AP, Lat), Hand(PA, Obl), Elbow(AP, Lat), Knee(AP, Lat), Foot(AP, Lat) 등 10가지 촬영 기법에 관하여 각 10회씩 촬영하였다.

### III. RESULT

#### 1. 단일 스레드

##### 1.1. 프로토타입 시뮬레이터 개발

원자력안전법 적용 등의 법률적인 제한으로 Fig. 3과 같이 휴대용 X선 발생기를 이용하여 프로토타입의 시뮬레이터를 개발하여 제한적이지만 사용할 수 있도록 하였다.

그리고 시뮬레이터의 동작은 Fig. 4와 같이 촬영 조건입력(kVp, mAs 등)과 촬영 부위에 따른 H/W 기구물 위치조정(SID, 각도 등) 및 영상 출력의 순서로 이루어지도록 설계하였다.

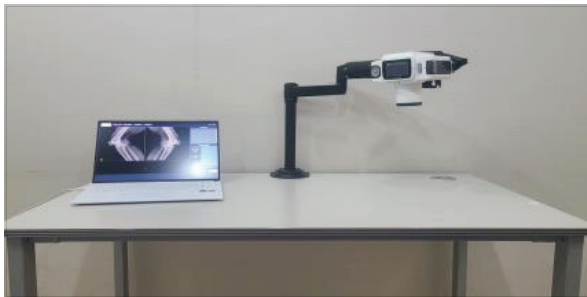


Fig. 3. Prototype Simulator with Dental X-ray Generator.

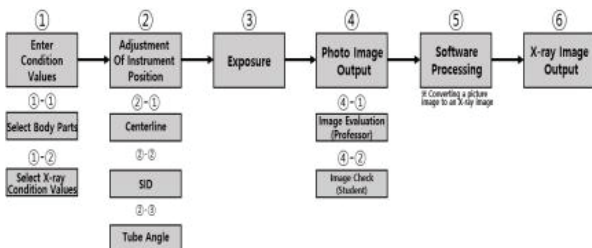


Fig. 4. Process Diagram of Simulator.

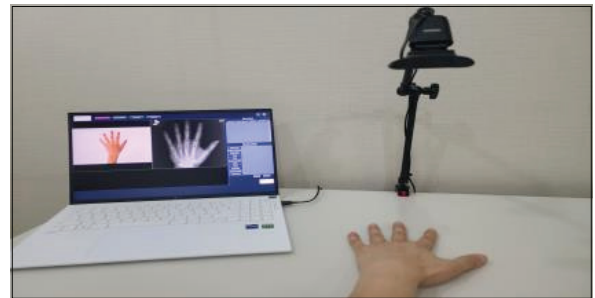
##### 1.2. X선 대체 콘텐츠 모델 설계

Fig. 5와 같이 콜리메이터 내부로 비전 센서를 삽입하여 기존 장비와 외형적으로 다르게 느껴지지 않도록 하고, 비전 센서로 촬영 부위 및 포지션에 따라 촬영된 일반 사진을 이용하여 촬영 위

치 확인 및 실습 평가에 활용하도록 한다.



(a) Example of inserting a Vision Sensor



(b) Self-developed Software(Raim View v1.0)

Fig. 5. Development of Alternative Content.

그리고 촬영 부위 및 포지션에 따라 촬영된 일반 사진 이미지를 X선 이미지로 변환해 주는 소프트웨어를 이용하여, 기존의 진단용 방사선 발생장치 장비 조작으로 X선 이미지를 구현하는 것과 같은 효과를 나타낼 수 있도록 Fig. 6과 같이 모델을 설계하였다.

X선 이미지의 시각화 표현은 Fig. 4의 절차에 의해서 입력된 촬영 조건에 맞게 DICOM 형태의 데이터 이미지가 저장되어있는 서버에서 출력될 수 있도록 하였고, 실험방법에서 제시한 L-spine(AP, Lat), Hand(PA, Obl), Elbow(AP, Lat), Knee(AP, Lat), Foot(AP, Lat) 등 10번씩 진행된 10가지의 촬영에서 각각의 포지션 조건에 맞는 이미지를 에러 없이 빠르게 출력하였다.

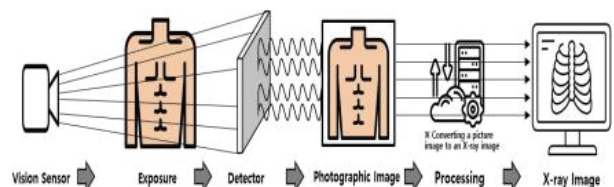


Fig. 6. Model Design Process.

#### IV. DISCUSSION

원자력안전법의 적용으로 인하여 일부 교육기관 방사선학과의 경우 행정처분과 법 절차에 맞는 방사선 발생장치 운영에 따른 운용 비용 등의 부담<sup>[15]</sup>으로 인하여 실습에 방사선 촬영 장비를 이용하지 않거나, 폐기를 하는 등 원활한 방사선 촬영 실습 교육이 이루어지지 못하고 있는 실정에 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 노력으로 최근에는 AR 및 VR과 같이 정보통신기술을 활용하여 가상현실을 이용한 교육훈련도 시도되고 있으나<sup>[15]</sup>, 완전한 가상현실을 만들어 내지 못한다는 단점과 고사양의 PC 스펙을 요구하는 등 시설을 운영에 따른 고비용의 시설 비용 문제와 장비 사용에 이질감과 두통 및 어지러움을 발생시키는 등 단점으로 AR 및 VR과 같이 가상현실을 이용한 교육 또한 기존의 실습 교육을 완전하게 대체하지 못하고 있다.

VR 기기를 활용한 교육의 한계와 방사선 촬영 실습 중 방사선 피폭의 문제, 원자력안전법에 따른 방사선 촬영 장비 운용에 따른 행정 사항 이행의 부담으로 실습 교육에 방사선 촬영 장비를 원활하게 이용하지 못하는 문제를 본 연구에서 고안한 ‘방사선이 발생하지 않는 안전한 교육용 의료방사선 시뮬레이터 개발과 모델 설계’로 이러한 문제들을 해결하고자 하였다.

본 연구에서 비전 센서를 이용하여 개발된 시뮬레이터로 방사선 발생 없이 원하는 X선 영상을 최종 출력(시각화)할 수 있음을 증명하였고, 일반 사진 이미지를 X선 이미지로 변환시켜 주는 Raim View v1.0 소프트웨어의 고도화와 방사선 발생을 대체할 콘텐츠로 제안한 모델 설계와 같이 비전 센서를 실제 의료산업 현장과 같은 장비에 탑재하여 의료방사선 촬영 실습 교육에 활용된다면, 방사선 촬영 장비 조작에 이질감이 없고, 원자력안전법 적용에 따른 작업중사자 기록·관리 등의 문제와 방사선 안전관리책임자 선임 및 방사선 차폐 시설물 설치 등 방사선 장비 운용에 따른 간접 비용 또한 절감할 수 있는 방사선이 발생하지 않는 안전한 교육용 의료방사선 시뮬레이터로 사용될 것으로 사료된다.

본 연구에서 개발한 교육용 의료방사선 시뮬레이터는 원자력안전법 적용 등의 법률적인 제한으로 휴대용 X선 발생기를 이용하여 프로토타입으로 개발되어 사용 편의성 부분에 제한사항이 있었고, X선 이미지 변환 프로그램으로 사용된 Raim View v1.0 소프트웨어 또한 프로그램 보안과 워크리스트 저장 등 기능상 보완할 부분이 많이 있다.

법률상의 제한사항으로 본 연구에 사용하지 못한 일반 진단용 방사선 발생장치와 소프트웨어의 기능적인 보완으로 에러를 줄여 가고, 잘못 촬영된 Artifact 이미지를 구현되도록 하는 방법과 신체 모든 부위를 실습할 수 있도록 데이터를 수집하여 고도화하면 방사선 교육 분야에서 매우 효과적으로 사용할 수 있는 시뮬레이터가 될 것으로 사료되어 현재 추가 연구 중이다.

#### V. CONCLUSION

본 연구에서는 교육기관에서 학생들이 진단용 방사선 촬영 실습을 할 때, 방사선 피폭이 없는 건강권이 확보된 상태에서 실습이 이루어지도록 비전 센서와 자체 개발한 소프트웨어를 이용하여 교육용 의료방사선 시뮬레이터를 개발하였다.

방사선의 안전관리의 문제로 인하여 진단용 방사선 발생장치를 이용하지 못하였던 교육기관과 학생들이 본 연구로 개발된 시뮬레이터를 실습에 활용한다면, 방사선 피폭의 위험성에서 벗어나 안전한 교육 환경에서 효과적인 실습과 양질의 교육을 통한 임상 실무 역량 강화의 역할이 가능할 것으로 기대된다.

#### Reference

- [1] S. Webb, *The physics of medical imaging*, Taylor & Francis Group, New York, pp. 20-26, 1988.  
<https://doi.org/10.1201/9780367805838>
- [2] J. N. Lim, H. T. Kim, M. H. Kim, K. S. Chon, "Enhancement of Image Quality Using Detector Filter", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 10, No. 6, pp. 451-456, 2016.  
<https://doi.org/10.7742/JKSR.2016.10.6.451>
- [3] S. G. Kang, "Changes in CT Number and Noise

- Level according to Pitch in Spiral Image Acquisition", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 14, No. 7, pp. 981-989, 2020. <https://doi.org/10.7742/JKSR.2020.14.7.981>
- [4] H. S. Jung, Y. K. Lee, S. M. A, "A Study on Regulations Through Analysis of the Status of Radiation Workers and Related Workers and Satisfaction Survey in the Radiology", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 16, No. 3, pp.327-334, 2022. <https://doi.org/10.7742/JKSR.2022.16.3.327>
- [5] H. J. Lee, C. G. Kim, M. S. Han, C. H. Baek, "Problems of the Radiation Safety Management System and Legal Improvement Plans in the Department of Radiological Science: Focusing on the survey of the head of the Department of Radiological Science", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 16, No. 7, pp. 815-824, 2022. <https://doi.org/10.7742/JKSR.2022.16.7.815>
- [6] S. M. Jeon, Y. K. Lee, S. M. Ahn, "A Study on the Exposure Dose of Workers and Frequent Workers in the Radiology Department", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 15, No. 3, pp. 354-359, 2021. <https://doi.org/10.7742/JKSR.2021.15.3.355>
- [7] C. S. Park, "Application of Digital Radiography", *The journal of the Korean dental association*, Vol. 40, No. 11, pp. 838-841, 2002.
- [8] B. W. Lee, C. G. Kim, "A Study on the Convergence Perception of Students in Radiology on the Reorganization of Safety Management System by person with frequent access of Nuclear Safety Act", *Journal of the Korea Convergence Society*, Vol. 10, No. 6, pp. 89-94, 2019. <https://doi.org/10.15207/JKCS.2019.10.6.089>
- [9] I. W. Park, W. K. Jeung, H. S. Hwang, S. H Lim, D. N. Lee, I. C. Im, J. S. Lee, H. H. Park, B. j. Kwak, Y. S Yu, "A Study on the Patient Exposure Doses from the Panoramic Radiography using Dentistry", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 7, No. 1, pp. 17-24, 2013. <https://doi.org/10.7742/JKSR.2013.7.1.017>
- [10] C. N. Lee, S. S. Lee, J. E. Kim, "Comparison of dosimetry methods for panoramic radiography : thermoluminescent dosimeter measurement versus personal computer - based Monte Carlo method calculation", *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology*, Vol. 121, No. 3, pp. 322-329, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2015.10.030>
- [11] I. J. Lee, C. Y. Park, J. H. Lee, "Comparison of Machine Learning Classification Models for the Development of Simulators for General X-ray Examination Education", *Journal of radiological science and technology*, Vol. 45, No. 2, pp. 111-116, 2022. <https://doi.org/10.17946/JRST.2022.45.2.111>
- [12] Y. R. Jeon, P. K. Cho, E. O. Han, H. C. Jang, J. K. Ko, Y. M. Kim, "The Knowledge, Attitude and Behavior on the Radiation Safety Management for Dental Hygiene Major Students", *Journal of Radiological Science and Technology*, Vol. 38, No. 4, pp. 411-420, 2015. <https://doi.org/10.17946/JRST.2015.38.4.11>
- [13] J. W. Kil, J. H. Park, Y. G. Kim, "Study on The Planning and Operation of Training Education in Radiologic Science for Reduced x-ray Exposure", *Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers*, Vol. 51, No. 12, pp. 174-179, 2014. <https://doi.org/10.5573/IEIE.2014.51.12.174>
- [14] S. H. Jung, "A Study on the Educational Simulator of Dental Panorama Radiography Equipment", *Master of Health Science*, Far East University, 2018.
- [15] J. M. Seo, "Development and Usefulness Evaluation of Simulator for Educational Radiation Generator", *Journal of Radiological Science and Technology*, Vol. 44, No. 6, pp. 591-597, 2021. <https://doi.org/10.17946/JRST.2021.44.6.591>

## 교육용 의료방사선 시뮬레이터 시스템 개발 및 연구 모델 제안

한창화<sup>1</sup>, 전영황<sup>1</sup>, 한재복<sup>1</sup>, 공창기<sup>2</sup>, 송종남<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>동신대학교 방사선학과

<sup>2</sup>원광보건대학교 방사선과

### 요 약

첨단 기술의 발전으로 디지털 방사선영상 장비들이 많이 개발되어 정확한 진단과 치료에 많은 도움을 받고 있으며, 이를 안전하고 효과적으로 사용하기 위하여 전문적인 지식을 습득한 인력양성이 매우 중요하다. 진단용 X선 장비를 활용한 촬영 실습 교육에 있어서 학생들은 방사선 피폭의 위험성에 노출되어 있고, 일부 교육기관에서는 원자력안전법에 따른 관리의 어려움으로 X선 장비를 사용하지 않는 경우도 발생하고 있다. 이에 대한 해결책으로, 본 연구에서는 비전 센서와 자체 개발한 소프트웨어를 활용하여 방사선이 발생하지 않는 교육용 의료방사선 시뮬레이터를 개발하였고, 이를 통해 교육기관은 법에 따른 행정 이행 사항의 부담을 줄일 수 있고, 학생들은 방사선 피폭이 없는 건강한 실습환경에서 높은 수준의 교육 효과를 얻을 수 있게 하였다.

중심단어: X선 장비, 시뮬레이터, 교육, 방사선 피폭

### 연구자 정보 이력

|        | 성명  | 소속           | 직위   |
|--------|-----|--------------|------|
| (제1저자) | 한창화 | 동신대학교 방사선학과  | 대학원생 |
| (공동저자) | 전영황 | 동신대학교 방사선학과  | 대학원생 |
|        | 한재복 | 동신대학교 방사선학과  | 교수   |
|        | 공창기 | 원광보건대학교 방사선과 | 교수   |
| (교신저자) | 송종남 | 동신대학교 방사선학과  | 교수   |