

# 스마트 케어 시스템에서의 3차원 전립선 암 가시화 도구 개발

안병욱<sup>†</sup>, 신승원<sup>\*\*</sup>, 최문형<sup>\*\*\*</sup>, 정승은<sup>\*\*\*\*</sup>, 김광기<sup>\*\*\*\*\*</sup>

## Develop 3D Prostate Cancer Visualization Tool in Smart Care System

Byung Uk Ahn<sup>†</sup>, Seung Won Shin<sup>\*\*</sup>, Moon Hyung Choi<sup>\*\*\*</sup>,  
Seung Eun Jung<sup>\*\*\*\*</sup>, Kwang Gi Kim<sup>\*\*\*\*\*</sup>

### ABSTRACT

In Korea, prostate cancer accounted for generating growth rate second the following thyroid cancer, because of western dietary habits. Survival rate of prostate cancer after clinical behavior is changed depend on follow-up management. A telemedicine have been applied to replacement of medical specialist in rural area, and a quick reaction to emergency situation. Our study developed prostate 3-dimensional (3D) visualization program and designed prostate aftercare system architecture, called smart care, using a device that can access the Internet. Region of interest (ROI) in prostate was manually segmented by physicians and visualized to 3D objects and sent to PACS Server as DICOM images. So, medical personnel could confirm patients' data along with 3D images not only PACS system, but also portable device like a smart phone. As a result, we conducted the aftercare service to 98 patients and visualize 3D prostate images. 3D images had advantage to instinctively apprehend where lesion is and make patients to understand state of their disease easily. In the future, should conduct an aftercare service to more patients, and will obtain numerical index through follow-up study to an accurate analysis.

**Key words:** Image Segmentation, Smart Care, 3D Visualization

### 1. 서 론

원격의료(Telemedicine)는 정보 통신 기술(Information Technology, IT)을 활용하여 원격으로 의료 정보와 서비스를 제공하는 것이다[1]. 이런 기술을 기반으로 의료인들은 먼 거리에서도 환자들을 진단하고 조언을 할 수 있는 기반을 마련하였다. 지난 30년간 정보 통신 기술 및 영상 분야의 발전으로 인해

고해상도 카메라와, 안정적이고 광범위한 인터넷(Internet)을 통해 일반적인 진단과 데이터 전송 이외에도 피부과, 신경의학과, 그리고 집중치료 등 다양한 분야로 적용이 가능해졌다[2]. 영국에서는 원격의료가 NHS(National Health Service)가 관련된 비용적인 문제를 해결할 수 있는 방안으로 제안되어 왔으며, 어디서든 전문가의 조언을 구할 수 있는 방법으로 사용되고 있다[3,4]. 미국에서는 1999년부터 2002

\* Corresponding Author : Kwang Gi Kim, Address: 323 Ilsan-ro, Ilsandong-gu, Goyang-si Gyeonggi-do, 10408, Republic of Korea, TEL : +82-31 - 920-2241, FAX : +82-31 - 920-2006, E-mail : kimkg@ncc.re.kr

Receipt date : Jan. 12, 2016, Approval date : Jan. 14, 2016

<sup>†</sup> Dept. of Biomedical Engineering, National Cancer Center (E-mail : byunguk0227@ncc.re.kr)

<sup>\*\*</sup> Dept. of Biomedical Engineering, National Cancer Center (E-mail : sswcom98@gmail.com)

<sup>\*\*\*</sup> Dept. of Radiology, Seoul St. Mary's Hospital, College of Medicine (E-mail : choimh1205@gmail.com)

<sup>\*\*\*\*</sup> Dept. of Radiology, Seoul St. Mary's Hospital, College of Medicine (E-mail : sejungj@catholic.ac.kr)

<sup>\*\*\*\*\*</sup> Dept. of Biomedical Engineering, National Cancer Center

\* This research was supported by 2015 National Information Society Agency of Korea (NIA).

년까지 Children with Special Health Care needs (CSHCN)를 병원에서 1시간 이상 떨어진 외곽지역에 살고 있는 어린이들을 대상으로 원격의료를 실시하였으며, 환자와 부모들로부터 좋은 평가를 받았음을 보고하였다[5]. 또한 유럽에서는 환자에게 휴대용 의료기기(Portable Medical Device)를 장착시키고 세계 무선 통신 시스템(Global System/Standard for Mobile Communication, GSM)을 통하여 응급상황이나 응급차량 내에서도 원격의료가 가능한 시스템을 실시, 설계하였다(Fig. 1). 그 결과 응급상황 발생 후, 병원에 도착하기 까지 40분 이상 걸리던 시간이 25~30분으로 줄었으며, 병원에 방문하지 않아도 되는 환자의 경우 전문가의 조언을 통해 즉각적으로 적절한 조치를 취할 수 있어 추가적인 사고 발생을 줄일 수 있었다[6].

전립선 암(Prostate Cancer)은 서양에서는 남성에게 발생하는 암 중 1위의 발생률과 2위의 사망률의 흔한 질병이다. 우리나라 또한 서구식 식습관으로 인해 발생 증가율이 1위를 차지하며 20년 전에 비해 발생환자 수가 20배 이상 증가하였다[7, 8]. 보통 전립선암의 침습 정도를 파악하기 위해서는 자기 공명 단층 촬영법(Magnetic Resonance Imaging, MRI)과 컴퓨터 단층 촬영법(Computed Tomography, CT)등의 영상진단 장비를 사용하게 된다. 하지만 이런 단층영상에서는 전립선에 위치한 실제 병변(Lesion)의 위치를 파악하는데 어려움이 있고, 전체적인 부피를 계산하는데도 어려움이 있다. 또한 암은 수술 및 방사선 치료가 끝난 후에도 사후관리(Aftercare)가 필요한 질병으로써, 전립선암의 경우 요실금과 발기부전 등의 합병증과 더불어 질병에 대한 이해 부족, 재발에 대한 공포심으로 인해 환자는 육체적, 정신적 고통을 겪게 된다[9]. 그렇기 때문에 환자의 상태에 대한 의료진의 적절한 피드백을 통해 환자가 삶에서 겪을 수 있는 고통과 불안감을 경감시킬 수 있으며,

지속적인 암의 관찰에 따라 재발 발견을 용이하게 할 수 있다[10-12].

이처럼 사후관리의 중요성이 강조되면서 발전하는 IT 기술을 기반으로 지속적인 건강관리 서비스를 제공하려는 연구가 진행되고 있다[13]. 특히 스마트 디바이스의 확산에 따른 디지털 헬스케어 시장이 급 성장하고 있으며 모바일 헬스케어 앱과 연계 가능한 모바일 헬스케어 센서 시장은 4억 700만 달러에서 2017년 56억 달러로 연평균 69% 성장할 것으로 전망되고 있다[14]. 현재 우리나라 또한 모바일 헬스케어와 관련하여 생체 정보 측정 센서를 개발 하고 있지만 이를 효율적으로 활용하기 위한 서비스와 수집된 생체 정보를 수집하고 활용하여 적시에 효과적인 예방과 치료 서비스를 제공하는 개인 맞춤형 의료 서비스의 제공이 필요하다[15].

따라서 본 논문에서는 전립선암을 주제로 기존 원격의료를 기반으로 한 스마트 케어 서비스를 설계하였으며, 전립선 암 환자의 의료영상과 치료 경과를 직관적으로 확인할 수 있도록 3차원 의료영상으로 재구성하고 모바일 서비스를 통하여 언제 어디서나 제공받을 수 있는 스마트 케어(Smart Care)서비스 시스템을 개발하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 재료

본 연구는 IRB 승인을 받은 환자 98명에 대해 MRI로 촬영하여 획득된 Digital Imaging and Communications in Medicine(DICOM) 타입의 이미지가 사용되었다. 수동 영역분할을 위하여 Image Processing and Analysis in Java(ImageJ, Ver.1.48, Disclaimer, the United State)이 사용되었고, 3차원 가시화는 The Visual ToolKit(VTK, Ver. 5.10, Kitware, the United State) 라이브러리를 Visual Studio(Ver. 2010, Microsoft, the United States)에 추가하여 프로그램을 작성하였다. 서버는 동은정보에서 설계한 모바일(Mobile) Picture Archiving and Communication System(PACS)를 사용하였으며 다양한 운영체제(IOS, Android, Window)에서 지원 가능한 웹 브라우저(Web Browser)방식의 크로스 플랫폼(Cross Platform)을 기반으로 만들어졌다.

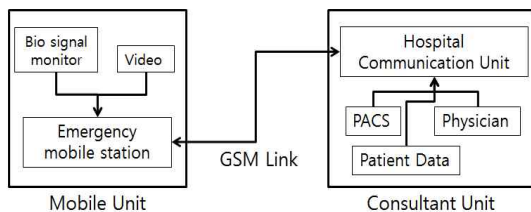


Fig. 1. Emergency system architecture using GSM.

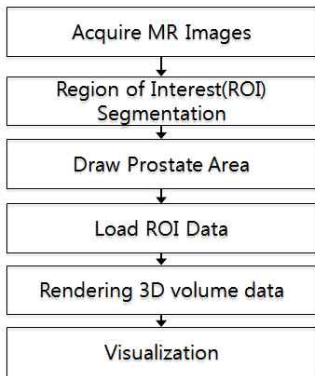


Fig. 2. Prostate visualization flow chart.

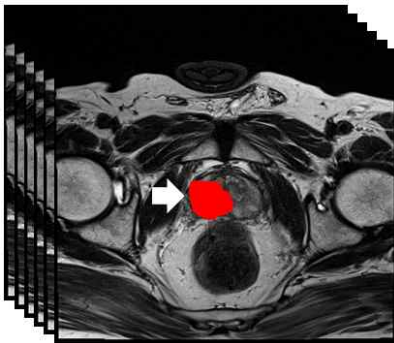


Fig. 3. Lesion ROI manual segmentation on ImageJ.

2.2 방법

전립선 암 환자의 MRI 영상을 이용하여 다중 평면 재구성 영상을 재구성하고 전립선 영역을 표시하게 되면 미리 만들어진 전립선 모형의 템플릿에 수동 영역 분할된 관심 영역들이 시각화 되는 알고리즘을 구현하였으며 전체적인 흐름도는 다음과 같다(Fig. 2).

2.2.1 영역 분할 및 전립선 영역 지정

3차원 재구성에 필요한 관심영역은 전문의가 수

동으로 분할, 지정하였으며, 전립선의 경우, 일반적인 전립선의 모양을 묘사한 템플릿 모델을 형성하였다(Fig. 3). 입력된 MRI영상을 기반으로 다중 평면 재구성(Multi Planar Reconstruction, MPR) 영상에서 전립선 영역을 지정하면 DICOM의 픽셀간 간격을 참조하여 전립선 템플릿의 크기를 계산하여 자동으로 전립선 모델을 생성한다(Fig. 4).

다중 평면 재구성 영상은 한쪽 단면으로 촬영된 영상을 쌓아서 볼륨을 형성하여 다양한 방면으로 영상을 재구성하는 것으로, 원 영상의 슬라이스 수에 따라 다른 평면 영상에 영향을 준다. 주로 축상면(Axial)으로 촬영된 영상을 관상면(Coronal), 시상면(Sagittal)로 재구성하여 보여주는데, 직접 촬영되지 않은 영상을 볼 수 있다는 장점이 있다.

2.2.2 3차원 가시화

분할된 관심 영역들은 다각형 형태를 취하게 되며 3차원 가시화를 위해 모든 점들의 x, y, z좌표를 1차원 버퍼(Buffer)에 저장한다. 이후 VTK를 이용하여 1차원 버퍼를 마칭큐브(Marching cube) 알고리즘을 적용하여 표면 렌더링(Surface rendering)을 통해 3차원 볼륨을 만든 후, 모델의 표면을 부드럽게 만드는 보간(Interpolation)과 스무딩(Smoothing) 작업을 통해 시각화 작업을 진행하였다. 마지막으로 다중 평면 재구성 영상에서 크기를 변경시킨 전립선 템플릿의 내부에 시각화 된 모델들의 상대적인 위치의 중심점과 템플릿의 중심점과의 거리를 비율로 계산하여 배치시킴으로써 시각화가 종료된다(Fig. 5).

전립선암의 진단지표는 관심영역의 볼륨으로 선정하였다. 폐암과 마찬가지로 각 관심영역의 모든 픽셀들을 합산한 후, 픽셀간 간격(Pixel spacing)과 슬라이스 두께(Slice thickness)를 곱하여 볼륨을 측정하였다.

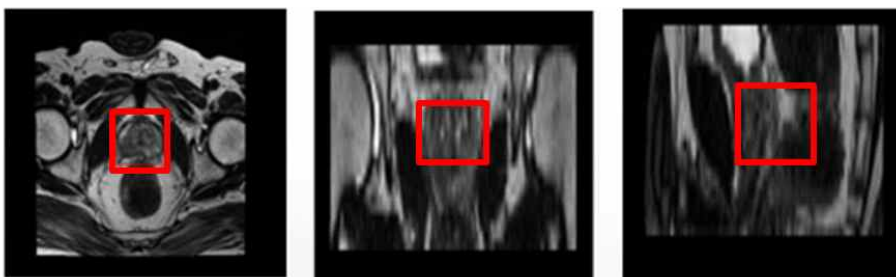


Fig. 4. Draw prostate ROI on MPR view. Axial (left), coronal (mid), sagittal (right).

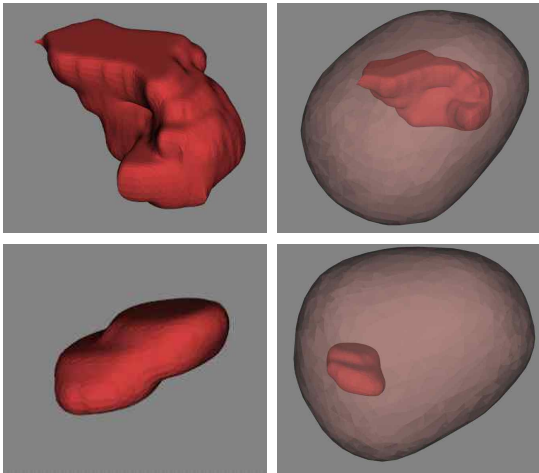


Fig. 5. 3D visualization based on segmented ROI(left), and locate ROI in a prostate template(right).

### 2.2.3 서버 전송

국립암센터의 PACS와 모바일 PACS에서는 의료영상 표준방식에 의해 획득한 DICOM 영상만을 제공하기 때문에 3차원 정보를 DICOM 영상으로 변환 전송하였다(Fig. 6). 따라서 3차원 가시화된 전립선을 2도씩 360도 회전시켜 얻은 180장의 DICOM 영상으로 저장한 후, 각 영상의 헤더(Header)에 원본

영상의 정보를 복사하였다. 이때 전송하는 데이터의 혼선을 막기 위해 Study Instance UID, Series Instance UID 등을 사전에 정의된 형식으로 변환하여 전송하였다. 서버에 저장된 DICOM 영상은 환자에 따라 각각 분류되어 저장되어 있다. 스마트폰, 인터넷, PACS를 통해 사용자가 3차원 정보를 확인을 요할 경우, 180장의 영상을 비연속적, 연속적으로 제공하여 360도에서 살펴볼 수 있게 영상을 제공한다.

### 3. 결 과

본 논문에서는 전립선암을 3차원 가시화하고, 스마트 디바이스를 이용하여 의료진들에게 3차원 정보를 제공하는 서비스를 설계하였다. 또한 획득된 데이터와 활동량을 측정하는 디바이스를 통하여 환자를 지속적으로 모니터링(Monitoring)하고 피드백(Feedback)을 제공함으로써, 환자에게 유의미한 애플터케어 서비스를 제공하고 있다(Fig. 7).

총 환자 98명에 대한 가시화를 수행하였으며, PACS 서버에 저장된 데이터를 통해 일반적인 PACS에서는 물론 PACS가 설치되어있지 않은 컴퓨터나 스마트 디바이스에서도 실시간으로 3차원 영상을 확

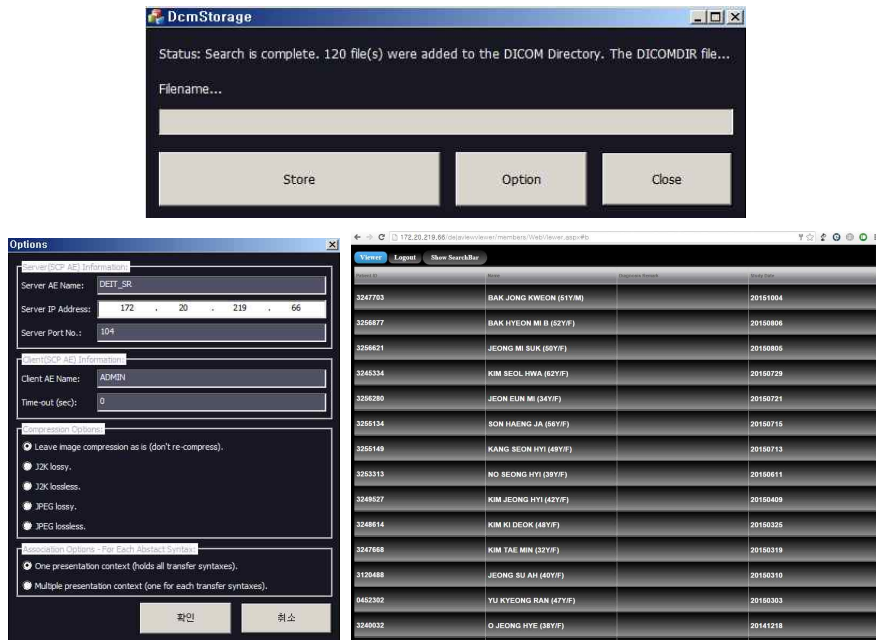


Fig. 6. Data sending program (top), PACS server setting (left), enrolled data list (right).

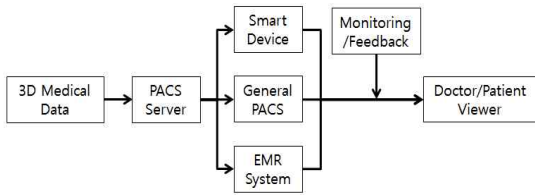


Fig. 7. Smart care service architecture.

인할 수 있었다(Fig. 8).

5. 논 의

본 연구에서는 3차원 가시화된 전립선과 병변을 통해 의료진들이 직관적으로 병변의 위치를 확인할 수 있었으며, 기존 환자에게 설명하기 어려울 수 있는 의료 영상을 쉽게 표현하여 현재 질병과 경과에 대한 설명을 용이하게 할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 수동 분할 방식으로 전립선과 병변 모두를 분리하는 작업은 많은 시간이 소요됨에 비해, 전립선 템플릿을 만들고 병변의 상대적인 위치만을 보여줌으로써, 3차원 영상 정보에 대한 분석 시간을 줄일 수

있었다. 비록 입력 영상의 적은 슬라이스 수와 슬라이스 두께로 인해, 관상면과 시상면의 해상도가 낮아지고 3차원 모델에 계단 현상이 발생하고 있지만, 이런 문제는 촬영 방법의 조절을 통해 향후 개선이 가능하다.

하지만, 전립선과 병변의 영상 분할을 수동으로 진행할 때 발생하는 의료진간의 차이가 존재할 수 있다는 단점이 있지만, 이는 자동 영상 분할 프로그램의 개발을 통해 극복할 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 환자의 개인적인 의료정보를 하나의 서버에 저장하여 공유하는 것은 보안적인 문제가 발생할 수 있기 때문에 의료정보와 관련한 제도적이고 기술적인 보완이 필요할 것으로 사료된다.

추후 진행되는 연구에서는 현재 케이스 이외에 더 많은 환자 케이스를 확보하고 환자와 의료진의 설문을 통해 스마트 케어의 효용성을 증명할 것이다. 또한 동일한 환자에 대한 관찰연구(Follow up Study)를 통한 질병의 객관적인 수치를 경과 관찰을 하며 진단에 있어서 수치화된 지표들로 인해 보다 정확한 진단을 기대할 수 있으며, 대상 환자들의 삶의 질을

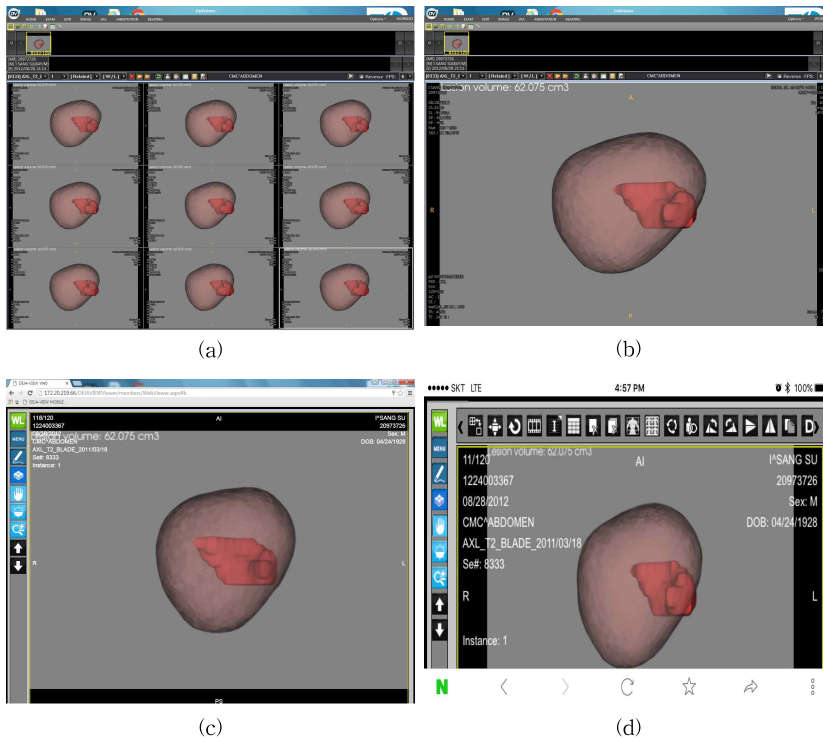


Fig. 8. Confirming the data wherever connected to the Internet. (a), (b) 3D image of general PACS, (c) 3D image of on a web, and (d) 3d images on a smart device.

호전시키고, 만족도를 향상시킴으로써 심리적, 신체적 회복을 도모하는 연구를 진행할 것이다.

REFERENCE

[ 1 ] D.A. Perednia and A. Allen, "Telemedicine Technology and Clinical Applications," *Journal of American Medical Association*, Vol. 273, No. 6, pp 483-488, 1995.

[ 2 ] J.M. Kahn, "Virtual Visits-Confronting the Challenges of Telemedicine," *New England Journal of Medicine*, Vol. 372, No. 18, pp. 1684-1685, 2015.

[ 3 ] R. Wootton, "Telemedicine in the National Health Service," *Journal of the Royal Society of Medicine*, Vol. 91, No. 12, pp. 289-292, 1998.

[ 4 ] NHS Executive, *Information for Health: An Information Strategy for the Modern NHS 1998-2005*, A1103, 1998.

[ 5 ] J.P. Marcin, J. Ellis, R. Mawis, E. Nagrampa, T.S. Nesbitt, and R.J. Dimand, "Using Telemedicine to Provide Pediatric Subspecialty Care to Children with Special Health Care Needs in an Underserved Rural Community," *Pediatrics*, Vol. 113, No. 1, pp. 1-6, 2004.

[ 6 ] S. Pavlopoulos, E. Kyriacous, A. Berler, and S. Dembeyiotis, "A Novel Emergency Telemedicine System Based on Wireless Communication Technology - AMBULANCE," *Information Technology in Biomedicine*, Vol. 2, No. 4, pp. 261-267, 1998.

[ 7 ] K.W. Jung and K.H. Lee, "Cancer Statistics in Korea: Incidence, Mortality, Survival, and Prevalence in 2012," *Cancer Research and Treatment*, Vol. 47, No. 2, pp. 127-141, 2015.

[ 8 ] MN. Kim, HJ. Park, KR.Kwon, "Trend of

u-Healthcare" *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 13, No. 2, pp. 1-9, 2009.

[ 9 ] W. McCaffrey and R.N. Deborah, "Cancer, Anxiety, and Quality of Life," *Cancer Nursing*, Vol. 8, No. 3, pp. 151-158, 1985.

[ 10 ] N.J. Davis and L. Batehup, "Towards a Personalised Approach to Aftercare: a Review of Cancer Follow-up in the UK," *Journal of cancer Survivorship*, Vol. 5, No. 2, pp. 142-151, 2011.

[ 11 ] K. Beaver and D.T. Robinson, "Comparing Hospital and Telephone Follow-up after Treatment for Breast Cancer: Randomised Equivalence Trial," *British Medical Journal*, Vol. 338, No. 7690, pp. 337-340, 2009.

[ 12 ] C. Sheppard, B. Higgins, M. Wise, C. Yiangou, D. Dubois, and S. Kilburn, "Breast Cancer Follow up: a Randomised Controlled Trial Comparing Point of Need Access Versus Routine 6-monthly Clinical Review," *European Journal of Oncology Nursing*, Vol. 13, No. 1, pp. 2-8, 2009.

[ 13 ] HS. Park, HS. Kim, HJ. Jung, H. Cho, "Development of m-Health Application based on Medical Informatics Standards," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 17, No. 5, pp. 640-653, 2014.

[ 14 ] Six Trends of Medical Device in United State, <http://www.globalwindow.org/GW/global/trade/all-all/overseamarket-detail.html>(accessed Jan., 6, 2016).

[ 15 ] S.R. Steinhubl, E.D. Muse, and E.J. Topol, "Can Mobile Health Technologies Transform Health Care?," *Journal of the American Medical Association*, Vol. 310, No. 22, pp. 2395-2396, 2013.



안 병 옥

2015년 2월 건국대학교 의공학과  
학사  
2015년 2월~현재 국립암센터 의  
공학연구과 연구원



정 승 은

1992년 2월 가톨릭대학교 의과대  
학 졸업  
1998년 8월 가톨릭대학교 의과대  
학 대학원 의학석사  
2001년 2월 가톨릭대학교 의과대  
학 대학원 의학박사

2012년 4월~현재 가톨릭대학교 서울성모병원 영상의학  
과 교수



신 승 원

2005년 2월 건국대학교 의학공학  
부 학사  
2007년 2월 건국대학교 의학공학  
대학원 석사  
2013년 2월 건국대학교 의학공학  
대학원 박사

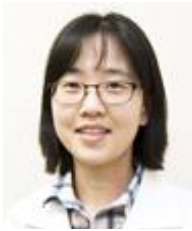
2014년 8월~현재 국립암센터 의공학연구과 연구원



김 광 기

1996년 2월 안동대학교 물리학과  
졸업  
1998년 2월 포항공과대학교 물리  
학과 석사  
2005년 2월 서울대학교 의용생체  
공학과 박사

2007년~현재 국립암센터 의공학연구과 선임연구원



최 문 형

2009년 2월 가톨릭대학교 의과대  
학 졸업  
2010년 2월 가톨릭대학교 성모병  
원 인턴 수료  
2014년 5월 가톨릭중앙의료원 영  
상의학과 레지던트 수료

2014년 5월~현재 가톨릭대학교 서울성모병원 임상강사