

Preliminary Research on the Implementation of Information of Human Facial Part Required for the 3D Printing of Eye Shield

Seokyoon Choi

Department of Radiological Science, Catholic University of Pusan

Received: November 04, 2019 Revised: December 25, 2019 Accepted: December 31, 2019

ABSTRACT

The Computed tomography (CT) scan can have high radiation in a few tests, and this risk is significant given that it is often repeated in one patient. In children, the incidence of radiation-induced cancer is reported because organs are growing, are more sensitive to radiation. 3D printing has recently been studied to be applied to various applications as a research field for 3D printing applications, research on fabrication of radiation shields and materials has been conducted. The purpose of the 3D printer is to replace the existing panel-type shields and to make customized designs according to the shape of the human body. Therefore, research on 3D information processing to be input to the 3D printer is also necessary. In this study, 3D data of the human body surface, which is the preliminary step of the manufacture of patient-specific eye shield using stereo vision depth map technology, was studied. This study aims to increase the possibility of three-dimensional output. As a result of experimenting with this method, which is relatively simple compared with other methods of 3D information processing, the minimum coordinates for 3D information are extracted. The results of this study provided the advantages and limitations of stereo images using natural light and will be the basic data for the manufacture of eye shields in the future.

Keywords: Tube voltage, Slice thickness, Noise, Head CT

I. INTRODUCTION

CT(Computed tomography: 전산화단층촬영장치) 장비의 발전에 따라 여러 이로운 점을 들 수 있으나 반복검사 및 검사의 다양화 등으로 인해 환자의 피폭선량이 증가하는 추세이고 여러 문제점이 발생하게 되었다. CT 검사에 의한 방사선 피폭이 일반인이 받는 총 방사선 피폭의 67%를 차지한다.^[1] 최소 선량을 이용해서 CT검사를 해야 하지만 진단에 도움이 되는 좋은 화질의 영상 획득을 위해서 최소한의 피폭이 이루어 지지 못하는 게 현실이다. CT 검사는 몇 번의 검사로 50-150 mSv 의 방사선을 받을 수 있다. 어린이의 경우 방사선에 민감하고, 여러 차례 검사를 해야 할 상황이 많아지므로

방사선에 의한 암 발생률이 더 높다.^[2]

두부의 경우 CT검사서 가장 많은 검사를 수행하고 피폭선량도 빠르게 증가하는 추세이다^[3]. 두부 CT 검사를 할 때 CTDIvol 60 mGy, DLP는 1,000 mGy로 알려져 있다. 수정체의 피폭은 안과 질환 및 장애를 초래할 수 있다. 수정체는 감수성이 매우 높은 조직이기 때문에 방사선에 의해서 장애를 받을 수 있다고 한다. 국제방사선방어위원회(International Commission on Radiological Protection, ICRP)의 보고에 의하면 단일 시기 두부 CT 검사 시 수정체 선량이 약 3 mGy 정도이다.^[5] 수정체혼탁, 백내장의 한계선량은 0.5~2.0 Sv이며, 반복된 검사에 0.15 Sv/year 로 알려져 있다. 방사선 민감 장기인 눈에 대한 방사선의 방어는 안과질환 환자

* Corresponding Author: Seokyoon Choi E-mail: image@cup.ac.kr
Address: Catholic University of Pusan, A310, Busan, Republic of Korea

및 반복적인 CT검사가 진행되는 환자에서 특히 중요하다.^[6]

3D 프린트는 여러 분야에 적용을 시키기 위해서 많은 연구가 진행되고 있다. 특히 차폐체 제작에 대한 연구 및 재료에 대한 연구도 진행되고 있다. Mun^[7]의 연구에서는 방사선투과검사 분야에서는 기존의 납 차폐체가 아닌 3D 프린터 필라멘트를 이용해서 맞춤형 방사선 차폐체 제작을 위한 기초 자료를 제공하고자 하였다. 차폐 분석은 MCNPX를 이용한 모의 모사를 하였다. 3D 프린터에서 사용 가능한 열가소성 플라스틱 재질에 대해서 차폐 두께의 증가에 따른 차폐 효과^[8]에 대한 연구가 있고, Cho^[9]의 연구에서 필라멘트는 산화(oxidation)가 발생하고 압출 성형이 어려운 문제점이 있어, 금속 또는 금속의 합금 분말을 포함하는 복합필라멘트 사용에 대해 다루고 있다. 이상의 연구들에서 3D 프린트를 이용 차폐체를 제작하기 위한 노력을 하고 있으나 3D 프린트의 재료에 대한 연구에만 집중하는 제약점들을 가지고 있다. 3D 프린터의 목적은 기존의 판넬 형태의 차폐체를 대체하고 인체의 형태에 따라 맞춤형 제작을 하는 것이 최종 목적이기 때문에 3D 프린터에 입력 할 3차원정보처리에 대한 연구도 필요하다. 본 연구에서는 스테레오 비전의 깊이지도(depth map)의 생성 기술을 이용하여 환자 맞춤형 안구 차폐체 제작의 전단계인 인체 표면 3차원 정보를 구현하고 향후 진행될 프린트 출력의 가능성을 높이고자 하였다. 또한 맞춤형 3D 차폐체 제작의 전단계로서 3차원정보처리 프로세스의 장단점을 알아보고 향후 공간상의 좌표를 컴퓨터에 자동 입력하는 시뮬레이션의 기초자료를 제공한다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. Anthropomorphic phantom and image acquisitions

두부 팬텀 (Southern Scientific Ltd, West Sussex, United Kingdom)의 경우 실험과 트레이닝에 적합하며, 여러 분야에서 사용이 가능하다. 평균 175cm (5ft.9in.), 74kg (162lbs) 남성을 표본으로 제작되었다. 실제 환자로는 연습이 불가능한 제한 없이 다

각도 촬영이 가능하고, 반복 연습을 가능하게 하는 모형으로 실험에 매우 적합한 모델이다. 인체의 골격과 조직에 대해서 매우 유사하게 제작되어 인체 실험 대신에 매우 활용도가 높다. 정확한 스테레오 영상을 획득하기 위해서 디지털카메라 DIGIMAX (Samsung, changyung, Korea)를 x선 장치에 부착하여 실험하였다. Fig. 1에서 카메라로부터 팬텀의 영상을 촬영하는 개념도를 보이고 있다. 팬텀의 좌측 방향 100 mm를 이용하여 1회 촬영하고 센터에서 우측으로 100 mm를 이동하여 1회 촬영을 하였다. 인체에 대한 X선 촬영 시 테이블 위에서 환자의 이동 없이 동일한 자세로 차폐체 제작과 촬영도 가능하도록 할 수 있도록 모의 시뮬레이션을 하였다. X선 장치는 PROGEN-R(LISTEM Ltd, wonju, korea)를 이용하였다.



Fig. 1. PSNR of denoising methods with threshold changes.

2. Calculation of depth using stereo image

Fig. 2는 스테레오 비전에 대한 카메라 설정을 보여주는 그림이다. 두 장의 스테레오 입력 영상에 대해서 왼쪽의 영상을 I_l 이라 하고, 오른쪽의 영상을 I_r 이라 하고, 두 입력 영상에 대한 카메라의 광학의 중심은 각각 O_l 과 O_r 이라고 한다. O 는 카테시안(Cartesian) 좌표계로서 3차원 정보의 기준이 되는 좌표계를 의미한다. P 는 공간상의 3D점을 의미하며, 해당 좌표가 두 개의 스테레오 영상에 각각 p_l 과 p_r 로 투영된다. f 는 초점거리, B 는 두 개의 카메라 중심 사이 거리를 나타내고 베이스 길이를 의미한다.^[10] 정합 비용 계산단계에서는 좌, 우의 영상사이의 화소간의 유사도를 계산해서 계산을 끝낸다. 화소 기반의 정합 비용을 계산하는

가장 대표적인 방법으로는 명암 차의 제곱(SD: Squared Intensity Differences)과 절대값강도차(AD: Absolute Intensity Differences) 방법이 있다 Eq. (1)의 좌, 우 영상의 명암 값 차이의 제곱으로 비용을 계산하는 방법과, Eq. 2의 좌, 우 영상의 명암 값의 차이의 절대값 계산으로 문제를 해결한다.^[10,11]

$$(I^l(x,y) - I^r(x + d_x, y + d_y))^2 \quad (1)$$

$$\left| (I^l(x,y) - I^r(x + d_x, y + d_y)) \right| \quad (2)$$

$$\frac{\sum_{x,y} (I^l(x,y) - \bar{I}^l) \cdot I^l((x+d_x, y+d_y) - \bar{I}^l)}{\sqrt{\sum_{x,y} I^l((x,y) - \bar{I}^l)^2 \cdot \sum_{x,y} I^l((x+d_x, y+d_y) - \bar{I}^l)^2}} \quad (3)$$

$$\sum_{x,y} (I^l(x,y) - I^r(x + d_x, y + d_y))^2 \quad (4)$$

$$\sum_{x,y} \left| (I^l(x,y) - I^r(x + d_x, y + d_y)) \right| \quad (5)$$

본 연구에서는 블록 기반의 정합 비용을 계산한다. Eq. (3)과 같이 계산되는 정규화 교차 상관(NCC: Normalized Cross Correlation), Eq. (4)의 차의 제곱 합(SSD: Sum of Squared Differences) 그리고 Eq. (5)에 의해 계산되는 차의 절대값 합(SAD: Sum of Absolute Differences)에 의해서 정합비용을 계산한다.^[10,11] 정합 비용 단계 다음은 모든 화소에 대해서 일정 범위의 시차에 대한 깊이지도(depth map)를 만들게 된다.^[10,11]

III. RESULT AND DISCUSSION

Fig. 3 과 Fig. 4에서 머리 팬텀의 depth map을 계산하여 보여준다. 어두운 부분이 카메라에서 멀리 떨어져 있는 부분이 계산되고 밝기 값이 높은 부분이 전방에 위치한 영역으로 계산된다. Fig. 5에서는 깊이지도로부터 3차원정보가 계산되고 텍스처를 포함하여 맵핑시킴으로써 입체적 정보를 잘 알 수 있다. 코끝의 좌표와 코 밑 부분까지의 거리가 계산되어 3차원 정보추출에 도움을 주고 있다. Fig. 6.에서는 배경과 사람과의 거리정보를 추출하였다. 얼굴 부분의 특징점이 부족하여 구체적인 윤곽을 모두 획득하는 데는 어려움이 따르지만 입체 차폐체 제작을 위한 기초 연구로는 활용될 수 있다. 향후 더욱 정교한 카리브레이션, 패색(occlusion) 제

거, 패턴을 이용한 얼굴영상 획득 등의 과정이 필요하다.

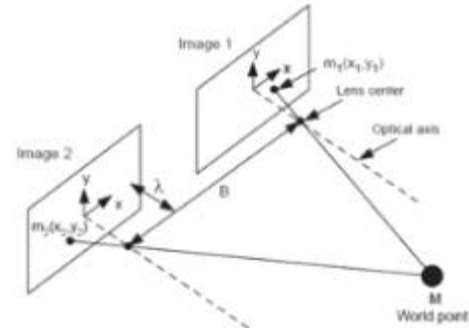


Fig. 2. parallel stereo camera geometry (courtesy of Lee^[10]).



Fig. 3. Figure shows head phantom used for stereo Matching.

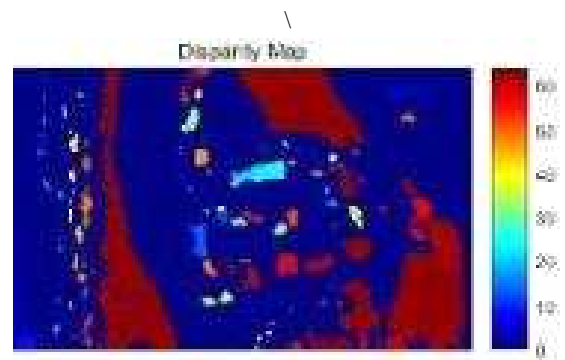
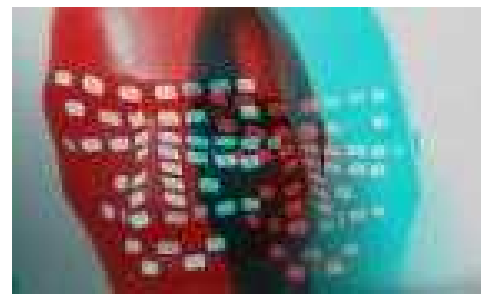


Fig. 4. Figure shows rectification and dense map.

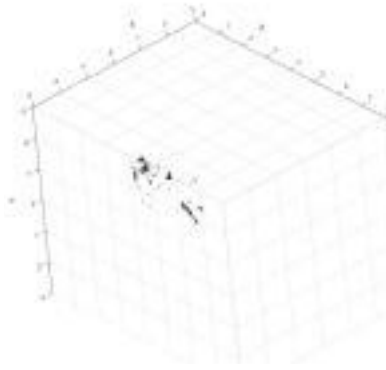


Fig. 5. Figure shows 3d information of head. The distance coordinates between the camera and the tip of the nose and the bottom of the nose were calculated.

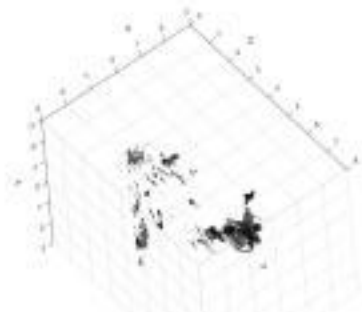
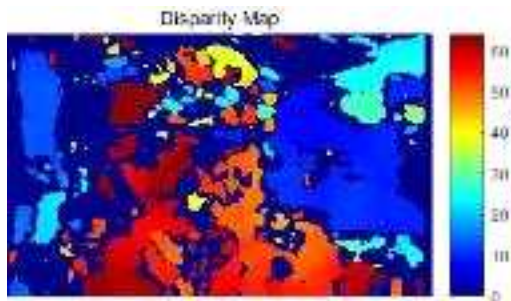


Fig. 6. The distance coordinates between the person and the background were calculated from disparity map.

3차원정보처리 기술(영역 기반의 스테레오 기법)은 다양한 분야에서 응용되어왔다. 한 영상에서 픽셀과 이웃하는 픽셀들의 밝기 정보에 대해서 다른 영상에서 대응되는 이웃 픽셀의 밝기 값 사이의 연관성을 사용한다. 한 영상에서 한 개의 포인트를 선택한 후 다른 영상에서 정합되는 이웃 픽셀들을 이용하여 동일한 포인트를 찾아내는 것이다. 두 장의 스테레오 영상을 입력하여 시차맵을 생성하는

과정을 거친다. 논문에서 제안한 방법은 두 장의 스테레오 영상에 대해서 SSD 방법을 적용해서 정합 비용을 계산해서 시차맵을 완성하게 된다.^[10,11] 본 연구에서처럼 피폭 저감을 위한 노력은 다음과 같다. 비스무스(bismuth) 차폐체를 사용하여 수정체의 선량을 감소시키고자하는 연구가 있고 CARE kV(Automated Dose-Optimized Selection of X-ray Tube Voltage)을 적용하여 피폭선량을 비교하였다^[1,4]. CARE kV을 단독으로 적용 했을때 선량이 가장 좋았으며, 63%의 선량 감소 효과가 있었다고 밝히고 있다. Lee^[13] 연구에서는 바륨과 텅스텐 시트를 사용하여 흉부 CT 검사 시 안구와 갑상선의 10% 이상의 차폐 감소가 있었고 복부 CT 에서도 40% 이상의 선량 감소가 있었다. Goo^[12]의 연구에서 갠트리 경사를 이용하는 방법과 고해상도 재구성방법을 피할 것을 이야기 하고 있다. 영상의 노이즈 발생에 대한 보상으로 방사선량을 증가시켜서 화질을 유지하기 때문이다.

향후 연구에서는 Stereo vision USB 3.0 camera 를 이용하여 2장의 영상을 동시에 획득할 계획이다. 기존의 카메라에서 발생하는 왜곡 정보의 확률을 낮추고 정확한 stereo 정보 추출 할 수 있다. 인체 표면과 가장 유사한 차폐체 정보를 계산 할 예정이다. 본 실험의 제약점은 실험에서도 얼굴 부분의 특징점이 부족하여 구체적인 윤곽을 모두 획득 하는데 어려움이 따르지만 배경과 얼굴의 위치, 카메라와 얼굴의 특정위치, 얼굴에서의 높은 점의 위치 등은 계산이 가능해서 입체 차폐체 제작을 위한 기초 연구로는 활용될 수 있다. 자연광에 의존해서만 영상을 획득하여 얼굴의 3차원 정보를 모두 얻는데는 부족함이 있다. 다음의 연구에서는 패턴을 얼굴에 출력하여 생성된 팬텀영상을 촬영하여 얼굴의 3차원을 시도하고자 한다.

IV. CONCLUSION

CT 검사는 가장 피폭이 큰 검사이다. 반복 검사 및 어린이 검사에 대해서 위험도가 크고 특히 감수성이 높은 장기들에 불리하다. 실험을 통해서 인체 표면의 3차원 데이터를 구현에 대한 기초실험을 완성하였다. 본 연구에서 제안하는 아이디어는 안

구 차폐체 제작에 필요한 3차원 정보 출력의 가능성을 높일 수 있다.

Acknowledgement

이 성과는 부산경제진흥원의 지원을 받아 디지털헬스케어기술개발 사업으로 수행된 연구임.

Reference

- [1] Y. G. Kwak, C. Y. Kim, S. P. Jeong, "Research on Dose Reduction During Computed Tomography Scanning by CARE kV System and Bismuth," The Journal of the Korea Contents Association, Vol. 14, No. 8, pp. 233-242, 2014.
- [2] M. Y. Park, S. E. Jung, "CT radiation dose and radiation reduction strategies," J. Korean Med. Assoc., Vol. 54 No. 12, pp. 1262-1268, 2011.
- [3] H. J. Kim, "A study of beam hardening effect reduction occur in brain CT," Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 16 No. 2, pp. 8479-8486, 2015.
- [4] C. H. Lee, and C. S. Lim, "A study on Added Filters for Reduction of Radiation Exposure Dose in Skull A-P Projection," Journal of Korean Academia-Industrial cooperation Society Vol. 12, No. 7, pp. 3117-3122, 2011.
- [5] H. S. Kim et al, "An Assessment of the Usefulness of Aluminum Foil Shield to Reduce Eye Lens Radiation Dose in Computed Tomography," Journal of Advanced Engineering and Technology, Vol. 6, No. 1, pp. 25-28, 2013.
- [6] S. M. Kwon, J. S. Kim, "The Evaluation of Eye Dose and Image Quality According to The New Tube Current Modulation and Shielding Techniques in Brain CT," The Korean Society of Radiology, Vol. 9, No. 5, pp. 279-285, 2015.
- [7] I. G. Mun, S. H. Shin, "Study on the Development of an Outdoor Radiographic Test Shield Using 3D Printer Filament Materials," The Korean Society of Radiology, Vol. 13, No. 4, pp. 565-572, 2019.
- [8] <http://kportal.kipris.or.kr/>
- [9] Y. I. Cho, "A Study on the Design Method of Radiation Shielding Devices Using 3D Printing Material," The Graduate School of Catholic University of Pusan, Ph.D. thesis pp.180-182, 2019.
- [10] E. J. Lee, J. H. Yoon, J. S. Park, "Computation of Dense Disparity Map and Hole Filling," Conference of Korean Information Science Society, Vol. 34, No. 2, pp. 424-427, 2007.
- [11] H. S. Son, S. Y. Lee, K. W. Min, "Hand Region Detection based on Stereo Vision Disparity Map," Korean Institute of Electronics Engineers Conference, 515-517, 2007.
- [12] H. W. Goo, "Pediatric CT: Understanding of Radiation Dose and Optimization of Imaging Techniques," J Korean Radiol Soc, Vol. 52, No. 1, pp. 1-5, 2005.
- [13] S. Lee, K. S. Chon, "Reduction of Radiation Exposure Dose of Eyeball and Thyroid for Chest and Abdomen CT Scan" ,The Korean Society of Radiology, Vol. 13, No. 2, pp 147-151, 2019

안구차폐체 제작에 필요한 안면부 3차원 정보 구현의 기초연구

최석윤

부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과

요 약

전산화단층검사는 많은 방사선을 받을 수 있으며, 한 명의 환자에서 반복적으로 시행되는 경우가 위험도는 매우 높다. 어린이의 경우에 방사선에 의한 암 발생률이 더 높다고 보고하고 있다. 3D 프린트는 여러 분야에 적용하기 위해서 연구되고 있으며, 여러 응용 분야중 방사선 차폐체 제작 및 재료에 대한 연구가 최근 진행되고 있다. 3D 프린터의 목적은 기존의 판넬 형태의 차폐체를 대체하고 인체의 형태를 따라 맞춤형 제작을 하는 것이 최종 목적이기 때문에 3D 프린터에 입력할 3차원정보처리에 대한 연구도 매우 중요하다. 본 연구에서는 스테레오 비전의 깊이지도(depth map) 생성 기술을 이용하여 환자 맞춤형 안구차폐체 제작의 전단계인 인체표면의 3차원 데이터를 계산하고 활용 가능성을 연구하고자 하였다. 알려진 3차원 정보처리의 방법들에 비해서 비교적 간단한 방법으로 제안된 결과 안면부 3차원 정보추출을 위한 최소한의 정보가 추출되었다. 본 연구의 결과는 자연광을 적용한 스테레오영상의 장점과 한계점을 제공하였고 향후 안구 차폐체 제작을 위한 기초자료가 될 것으로 판단한다.

중심단어: 선량, 안구차폐, 3차원정보, 두부CT

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(단독저자)	최석윤	부산가톨릭대학교 방사선학과	교수