

딥 러닝 기반 관상동맥 컴퓨터 단층 혈관조영술 영상에서의 움직임 보정: 모션 팬텀 실험

정성희* · 이수찬** · 장혁재†

Deep learning based motion correction in coronary computed tomography angiography: A motion phantom study

Sunghye Jung*, Soochahn Lee**, Hyuk-Jae Chang†

Abstract : The purpose of this study is to correct the motion in coronary computed tomography angiography. The proposed method is to apply a style representation algorithm, based on deep learning, to CT images so that motion artifacts can be reduced. The qualitative evaluation was performed using experimental phantom studies. As a result, motion artifacts was prominently reduced.

1. 서 론

관상동맥질환의 검사 방법 중 하나인 침습적 관상동맥조영술은 검사 도중 합병증이나 후유증을 가져올 확률이 상대적으로 높아, 최근 몇 년간 비침습적 검사방법인 관상동맥 컴퓨터 단층 혈관조영술 (Coronary Computed Tomography Angiography, 이하 CCTA)의 사용이 확대되고 있다. CCTA는 침습적 검사에 따른 합병증의 위험과 비용을 감소시켜줄 뿐만 아니라, 진단 정밀도가 침습적 검사에 필적할 정도라는 연구결과가 발표된 바 있다.⁽¹⁾ CCTA 영상에서 관상동맥 질환의 중증도를 평가할 때, 관상동맥의 협착 정도, 죽상경화반의 양(plaque burden) 등을 정량적으로 측정해야 할 필요성이 있으나, 그 값은 영상 화질에 따라 오차가 발생할 수 있다. 화질이 좋은 영상을 획득하기 위해 ECG 동조화를 통해 심장의 움직임이 가장 적은 시기에 획득하고 있으나, 심박수가 빠르거나 일정하지 않은 경우 불가피하게 움직임으로 인한 영상 왜곡(motion artifact)이 발생할 수 있다. 이러한 문제를 극복하기 위해서 움직임 왜곡을 보정해주는 다양한 기술이 개발되고 있으나 아직 완벽한 해결방안은 없는 실

정이다.

본 논문에서는 딥 러닝 (Deep Learning) 기술을 기반으로 입력영상의 특성(style)을 특정 타겟영상과 유사하도록 변형하는 기법⁽²⁾을 CCTA에 적용하여, 움직임 왜곡이 발생한 입력영상의 특성을 왜곡이 없는 타겟영상처럼 변형하여 움직임 왜곡을 제거하는 기법을 제안한다. 아울러 팬텀실험과 정성적 평가를 통해 제안하는 기술의 효용을 보인다.

2. 본 론

2.1. 딥 러닝 기반 스타일 재구성 알고리즘

최근 Gatys, L. A., et al. 은 딥 러닝 기술의 한 종류인 컨볼루션 신경망(convolutional neural network, 이하 CNN)을 이용하여 임의의 사진을 마치 명 화가의 그림처럼 바꿔주는 기법⁽²⁾을 제안하였다. 사전 학습된 CNN⁽³⁾을 기반으로 하여, 커널 별 컨볼루션 결과의 상관관계로 정량화한 영상의 질감(texture)적 특성을 스타일 표현이라 지칭한다. 이를 기반으로, 커널의 계수들이 입력변수가 되는 통상적 CNN 학습방식과 달리, 1) 입력영상과 타겟영상 각각의 스타일 표현의 차이를 목적함수로 하고, 2) 입력영상의 픽셀들을 입력변수로 하는 확률적 기울기 하강(stochastic gradient descent, SGD) 과정을 수행한다. 이 과정을 통해 입력영상의 내용(content)은

* 연세대학교 의과대학 의과학과

** 순천향대학교 공과대학 전자공학과

† 연세대학교 의과대학 내과학교실 심장내과

보존하면서도 세부적인 스타일은 타겟영상과 같아지게 된다. 본 논문에서는 움직임 왜곡이 있는 관상동맥을 입력영상, 왜곡이 없는 영상을 타겟영상으로 한다.



Fig. 26 Motion phantom experiment (left) and an axial slice (right)

2.2. 모션 팬텀실험 및 결과

심장박동과 유사한 환경을 구축하기 위해 심장의 움직임을 모사하는 팬텀을 사용하였다. (Fig. 1) 또한 혈관을 모사한 혈관모형을 거치한 후, 60, 70, 80bpm 3가지 심박수 환경에서 실험을 진행하였다. 후향적 동조화(retrospective gating)을 통해 100kVp, 400mA의 프로토콜로 영상을 획득하였으며, 0-90% 까지 10% 간격으로 재구성(reconstruction) 하였다.

움직임 왜곡 보정을 위한 입력영상은 10개의 phase 중 가장 motion이 심한 phase를 선택하였고, style에 해당하는 타겟영상은 motion이 가장 적은 phase를 선택하였다. 선택한 영상에 대해 200회 반복적으로 알고리즘을 수행한 결과, Fig. 2와 같이 횡수가 증가할수록 점차 motion artifact가 줄어들고, 경계가 뚜렷해짐을 확인할 수 있었다.

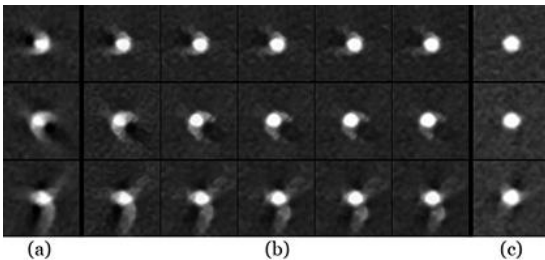


Fig. 2 The results of applying the proposed method: 60, 70, 80bpm (from top to bottom) (a) motion artifact (content) (b) results with iteration 10, 50, 100, 150, 200 (from left to right) (c) no motion (style)

2.3. 제안 기법의 성능 평가

제안 기법의 성능을 정성적으로 평가하기 위해 5-point Likert scale⁽⁴⁾을 사전에 정의하고, 영상분석 전

문가가 점수를 매겼다. 내림차순으로 갈수록 motion artifact의 정도가 심해지며, 정확한 진단이 어려워짐을 의미한다.

Table 1 Qualitative evaluation of the proposed method

Heart rate	Before	After
60bpm	2.5	5
70bpm	2	5
80bpm	2	4.5

3. 결론

본 연구는 딥 러닝기반의 스타일 재구성 알고리즘을 최초로 의료영상인 CT 영상에 적용하여, 전임상검증을 통해 motion artifact가 감소됨을 확인하였다. 향후 연구에서는 환자를 대상으로한 임상데이터에 대해서도 성능을 검증할 것이다. 본 연구에서 제안한 기법은 관상동맥 질환의 중증도 측정에 충분히 활용 가능할 것으로 예상된다.

후 기

이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.R0101-16-0171, 다중의료영상을 활용한 3차원 초정밀 시뮬레이션 기반 심·혈관 질환 진단-치료지원 통합소프트웨어 시스템 개발)

참고 문헌

- (1) Miller, Julie M., et al. "Diagnostic performance of coronary angiography by 64-row CT." *New England Journal of Medicine* 359.22 (2008): 2324-2336.
- (2) Gatys, Leon A., Alexander S. Ecker, and Matthias Bethge. "A neural algorithm of artistic style." *arXiv preprint arXiv:1508.06576* (2015).
- (3) Simonyan, Karen, and Andrew Zisserman. "Very deep convolutional networks for large-scale image recognition." *arXiv preprint arXiv:1409.1556* (2014).
- (4) Cho, Iksung, et al. "Heart-rate dependent improvement in image quality and diagnostic accuracy of coronary computed tomographic

angiography by novel intracycle motion
correction algorithm." Clinical imaging 39.3
(2015): 421-426.