

급성심근경색증 관련 의료 영상의 관상동맥 구조 기반 질병 연관 특징 추출¹

박예슬*, 이미연*, 김명희**, 이정원*

*아주대학교 전자공학과

**이화여자대학교 컴퓨터공학과

e-mail : yeseuly777@gmail.com, mylee@ajou.ac.kr, mhkim@ewha.ac.kr, jungwony@ajou.ac.kr

Disease-associated Feature Extraction based on Coronary Anatomy of Medical Image related to Acute Myocardial Infarction

Ye-Seul Park*, Meeyeon Lee*, Myung-Hee Kim**, Jung-Won Lee*

*Dept. of Electrical and Computer Engineering, Ajou University

**Dept. of Computer Science and Engineering, Ewha Womans University

요 약

급성심근경색증은 우리나라의 3 대 응급질환으로 골든타임 내의 빠른 진단과 처치가 필요하다. 보통 급성심근경색은 질환의 특성상 관상동맥의 상태를 파악하는 것이 중요하기 때문에, 진단을 위한 지표로서 의료 영상이 활용되고 있으며 빠른 진단을 위해서는 효과적인 영상 정보 제공이 요구되는 상황이다. 하지만 기존 시스템은 영상의 형식적인 메타데이터에 의해 식별되어 중요 의료정보를 결여된 평면적인 정보 제공이 이루어지고 있다. 그러나 영상에 내재된 의미적 특징을 기반으로 한 정보 제공이 가능해진다면, 효과적인 영상 정보의 확인이 가능해진다. 따라서 본 논문에서는 급성심근경색의 신속하고 효과적인 진단을 위해, 관련 영상으로부터 의학적으로 가치 있는 의료정보들의 의미적 정보를 추출함으로써 개별적인 영상에 분산되어 있던 의료 정보들을 통합하며, 직관적이고 효과적으로 의료 영상정보에 대한 파악을 가능케 한다.

1. 서론

급성심근경색이란 우리나라의 3 대 중증 응급 질환 중 하나로, 관상동맥 내의 갑작스럽게 혈전이 형성되면서 협착 또는 폐색이 발생하는 질환이다. 이를 해결하기 위해 많은 분야에서 연구가 되고 있지만 여전히 환자의 수는 늘어나고 있어, 효과적인 응급의료 시스템 구축이 요구되고 있는 실정이다. 특히 급성심근경색은 질환의 특성상 병변의 위치와 상태를 파악하는 것이 진단과 처치에 있어 매우 중요한 역할을 하기 때문에 관상동맥을 촬영한 의료 영상 데이터의 효과적인 정보 제공이 필요하다.

의료 영상 데이터는 데이터의 특성상 다른 종류의 의료 데이터에 비해 크기와 양이 방대하여 일반적인 의료 데이터를 보관하는 전자의무기록(EMR) 시스템이나 의료 데이터를 전송하기 위한 처방전달시스템(OCS)과 분리 되어 있다. 의료 영상 데이터만을 처리/관리하기 위한 시스템으로써 DICOM 표준을 기반으로 제정된 영상저장시스템(PACS)이 존재한다. 영상저장시스템은 의료 영상을 디지털로 저장하여 네트워크를 통해 진료실, 병동 등의 단말기로 전달하는 의료

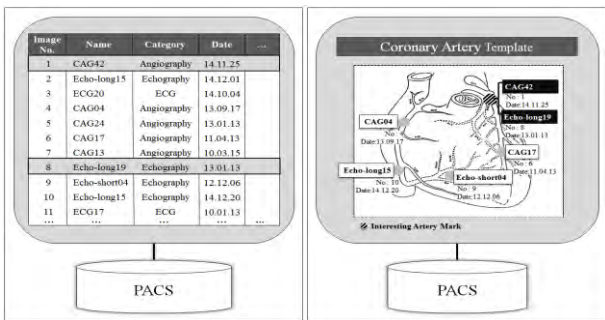
시스템이다. 이를 기반으로 많은 소프트웨어가 개발되고 있고 더불어 영상 자체에 대한 분석 및 처리 기법[1]이나 영상저장시스템에 저장되어 있는 파일의 효율적인 전송과 교환을 위한 처리 기법[2]과 같은 연구도 진행되고 있다. 또한 최근에는 심장 관련 질환에 특화되어 심장질환의 특수성을 반영한 심장과-영상저장시스템에 대한 연구와 적용 역시 확산되고 있는 추세이다[3]. 그러나 수행한 많은 연구에 비해, 효과적인 의료 영상 정보 제공에 대한 노력은 미비한 상황이다.

이를 위해, 본 연구에서는 관상동맥 구조를 기반으로 한 의료 영상의 의미적 특징을 추출하고자 한다. 의미적 특징이란 크게 의미적 정보와 의미적 연관성으로 나뉘며, 의미적 정보란 진단에 직접적인 영향을 미칠 수 있는 가치를 지닌 정보를 말한다. 따라서 급성심근경색증의 경우는 협착/폐색이 발생한 병변의 위치가 의미적 정보로 될 수 있다. 또한 이러한 의미적 정보를 기반으로 개별 영상에 분산되어 있던 의미 데이터 간의 연관성이 구축될 수 있으며, 이를 통칭하여 의미적 특징이라 한다. 그림 1 은 본 연구에서 제안하는 의미적 특징 추출을 통한 시스템 변화를 나

¹ * 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발 사업의 일환으로 수행하였음. [14-824-10-023, 개인 건강 정보 기반 개방형 ICT 힐링 플랫폼 개발]

타내는 그림으로, 기존 시스템의 문제점을 제기한다. 그림 1(a)는 기존에 사용되고 있는 영상파일-뷰어 화면을 도식화한 것으로, 파일명과 같은 기본적인 메타데이터에 의해서만 분류되어 의미적 특징이 결여되어 있기 때문에, 해당 의료 영상을 직접 열어서 의미적 정보(병변의 위치)를 확인해야 하는 부수적인 작업이 따른다. 그러나 그림 1(b)와 같이 의료 영상이 어느 관상동맥 분절과 연관되었는지에 대한 의미적 연관성에 의해 매핑(Mapping)되어 영상을 분류한다면, 그림 1(a)와 같은 평면적인 기존 시스템에 비해 훨씬 직관적이고 신속하게 영상에 대한 정보를 확인할 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 의료 영상으로부터 의미 기반의 특징들을 추출하고자 한다.

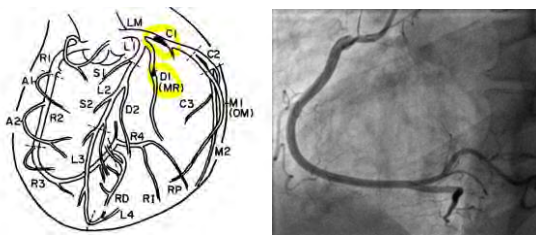
의료 영상의 의미 기반의 특징 추출에 관련된 연구로서, 최근에는 의료 영상 자체에 대한 분석 및 처리 [2]뿐만 아니라 의미 기반의 영상 인덱싱을 위한 온톨로지 설계 [4], 의료 영상 마이닝을 통한 영상정보의 표현 온톨로지 설계 [5]와 같이 의료 영상으로부터 의미 있는 정보를 추출해 내는 연구들이 진행되고 있다. 그러나 대부분의 연구는 질병에 대한 세부적인 의료 정보가 결여되어 있다. [6]에서는 심혈관 질환에 대한 온톨로지를 구축하였으나 이조차도 다중 언어로 설계된 온톨로지를 합병하는 것에 초점을 맞춰, 질병에 대해 전문성이 떨어진다. 따라서 본 논문에서는 급성심근경색을 위한 기반 지식 베이스로서 의료 영상의 의미적 특징들을 제시한다.



(a) 기존 시스템 (b) 연관성 기반 시스템
(그림 1) 영상의 의미적 융합을 통한 시스템 변화

2. 단일 의료 영상의 의미적 특징 추출

급성심근경색의 진단과 치료에 있어, 다양한 영상(심초음파, EKG, 혈관조영영상 등)들이 활용될 수 있다. 본 논문에서는 활용 빈도가 높은 의료 영상 데이터로 그림 2에서 볼 수 있는 관상동맥 조영도와 혈관조영영상을 선별하였으며, 2 장에서는 영상에 대해 개별적으로 분석하여 의미적 특징을 추출한다.

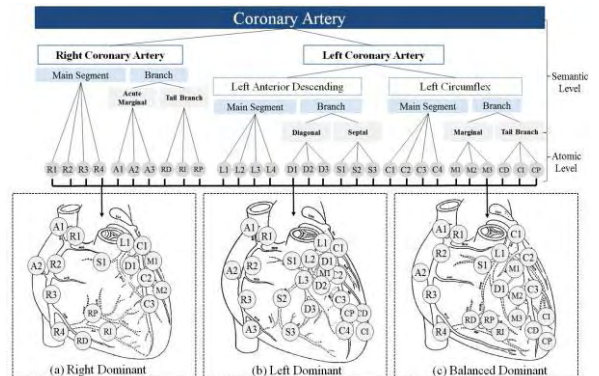


(a) 관상동맥 조영도 [7] (b) 혈관조영영상 [8]
(그림 2) 급성심근경색 관련 사례 데이터

2.1 관상동맥 조영도(Coronary Arteriogram)

[9]와 같이, 최근에는 급성심근경색증에 대한 시술 정보(심도자술 처치)의 기록에 있어서 직관적으로 파악할 수 있는 그래픽 레포트를 도입하고 있다. 특히 급성심근경색 질환에 있어서는 그림 2(a)와 같이 배경 그림으로서 관상동맥 조영도를 활용한다. 관상동맥 조영도는 대동맥 밑뿌리로부터 빠져 나와 심근에 산소와 영양을 공급하는 관상동맥 혈관을 묘사한 이미지로, 병원마다 아날로그 또는 디지털 방식으로 관상동맥의 상태(협착 또는 폐색)를 표기하도록 되어 있다. 배경이 되는 혈관 이미지는 병원마다 조금씩 다르나, 주요 혈관의 정보를 나타낼 수 있고, 관상동맥의 상태 정보를 축약하여 표현할 수 있어 널리 활용되고 있는 추세이다. 또한 관상동맥 조영도는 해당 혈관 분절에 연관된 영상을 표현할 수 있는 견본(Template) 이미지로도 활용될 수 있으며, 추출된 의미적 특징은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- ① 관상동맥 우세방향(Coronary Artery Dominance) : 조영도에서 볼 수 있는 관상동맥을 해부학적으로 살펴보면 크게 좌관상동맥과 우관상동맥으로 나뉘는데, 이 두가지의 관상동맥 중 환자마다 우세하는 혈관이 조금씩 다르다[7]. 그러나 통계적으로 대부분의 환자는 우세하는 혈관에 따라 그림 3 과 같은 3 가지 경우로 표현될 수 있으며, 이와 같은 관상동맥의 우세방향은 조영도의 메타데이터로서 활용될 수 있다.
- ② 관상동맥 위치정보(Coronary Artery Location) : 관상동맥 혈관은 위치에 따라 세그먼트 단위로 나눌 수 있으며[7], 그림 3 과 같이 관상동맥의 우세방향에 따라 포함되는 혈관 세그먼트의 종류가 달라진다. 이와 같은 혈관 분절은 급성심근경색에 관련된 대부분의 의료 영상과 의미적 연결(Semantic Connection)을 할 수 있는 최소 단위(Atomic)의 의미를 나타낸다. 예를 들면, 혈관조영영상의 병변의 위치를 혈관 세그먼트와 의미적으로 매핑(Semantic Mapping) 할 수 있다.
- ③ 관상동맥 병변정보(Coronary Artery Lesion) : 관상동맥 조영도는 심장 이미지(비정형데이터)뿐만 아니라 의사에 의해 아날로그 또는 디지털로 표기된 그래픽 정보가 있다. 따라서 심



(그림 3) 관상동맥 우세방향에 따른 혈관 분절 추출

장 이미지로부터 알 수 있는 정보와 더불어 환자의 병변 정보 역시 관상동맥 조영도의 의미적 정보가 된다.

- **병변의 위치(Lesion)** : 환자의 병변의 위치가 어느 부분인지에 대한 정보를 말한다.
- **병변의 증상(Symptom)** : 환자의 병변에 대한 증상 정보로서, 관상동맥에 혈전이 생겨 막힌 양상(협착/폐색)을 말한다.
- **병변의 정도(Degree)** : 환자의 병변에 어느 정도의 혈전이 생겨 막혔는지를 의미한다.

2.2 혈관조영영상(Coronary Angiography)

혈관조영영상이란 혈관에 가느다란 카테터(도관)를 통해 조영제(약제)를 투여한 뒤, 방사선(X-선)을 통과시켜 볼 수 있는 혈관 영상을 말한다. 이와 같은 혈관조영영상은 다양한 혈관 질환의 진단에 활용되며, 관상동맥이 막혀 산소 및 영양의 공급이 차단되는 급성심근경색 질환의 경우 더욱이 중요한 의료 데이터로 꼽힌다. 혈관조영영상은 그림 2(b)와 같이 흑백 동영상으로, 조영제가 투여된 혈관이 조금 더 진한 색으로 나타나 해당 혈관의 상태를 주목하여 파악할 수 있기 때문에, 급성심근경색의 진단에 있어 많이 사용되고 있다. 따라서 의료 영상의 효과적인 정보 제공을 위해서는 해당 의료 영상의 의미적 정보 파악이 요구된다. 관상동맥 혈관조영영상으로 얻을 수 있는 의미적 특징은 그림 4 와 같으며, 크게 심장 정보, 병변 정보, 영상 정보로 나뉜다.

① 관상동맥 정보(Coronary Profile)

: 관상동맥 혈관조영영상을 촬영하면서 환자의 심장정보로 관상동맥의 두께(Thickness) 및 구부러진 정도(Tortuosity), 우세방향(Dominance)을 확인할 수 있다.

② 병변 정보(Disease Profile)

: 관상동맥 조영영상은 조영제가 투입된 부위의 혈관 상태를 보여준다. 따라서 혈관조영영상으로부터 해당 병변의 상태(증세, 정도), 위치를 파악할 수 있으며, 병변의 위치는 관상동맥 조영도의 혈관 세그먼트와 연관성을 지닌다.

③ 영상 정보(Image Information)

: 혈관조영영상의 기존 메타데이터는 [13]과 같이 영상저장시스템(PACS)에서 의료 영상 정보를 표현할 수 있는 최소한의 메타데이터가 표준으로 지정되어 있어 의료 영상정보의 상호호환성을 향상시킨다. [10]의 표준은 DICOM 표준을 준수하며, 기본적인 의료 영상을 기술(Description)할 수 있는 메타데이터를 DICOM 표준에서 최소 추출하여 제정한 것으로, 다음과 같이 나뉜다.

- **환자(Patient)정보** : 해당 영상에 관한 환자의 일반적인 정보를 나타낸다.
- **검사(Study)정보** : 환자에게 실시되는 검사에 관련된 정보로서, 검사 시점에서 환자에게 내려진 진단과 같은 정보가 속한다.
- **장비(Equipment)정보** : 영상을 촬영한 장비의 일반적인 정보 명세이다.
- **영상(Image)정보** : 영상이미지의 일반적 속성

을 명세한 것으로, 이미지를 식별하는 숫자나 특징적인 타입 등이 속한다.

- **시리즈(Series)정보** : 영상처리과정을 위한 정보로서, 영상정보의 최초 획득 장비 타입이나 영상처리를 담당하는 의사 등이 속한다.

그러나 혈관조영영상의 메타데이터는 기존 PACS 표준의 기본적인 정보(환자, 장비정보 등)에 추가적으로 관상동맥 조영영상을 촬영하기 위한 촬영 축(Axis)에 대한 정보를 추가적으로 갖는다. 보통 영상을 촬영할 때 활용되는 최적화된 조영각도(Optimal Angiographic Angle)가 존재 하며, 해당 각도에 따라 볼 수 있는 혈관 분절이 달라진다

- **중단방향 축(Rotation)정보** : 혈관조영영상을 촬영하기 위한 축으로 심장을 기준으로 중단방향의 평면을 의미하며, 양/음의 각도에 따라 LAO(Left Anterior Oblique-좌전사각), RAO(Right Anterior Oblique-우전사각)으로 나뉜다.
- **횡단방향 축(Angulation)정보** : 혈관조영영상을 촬영하기 위한 횡단방향의 평면 축을 의미하며, Cranial(두측 경사각), Caudal(미측 경사각)으로 나뉜다.

3. 의료 영상 간의 의미적 연관성 분석

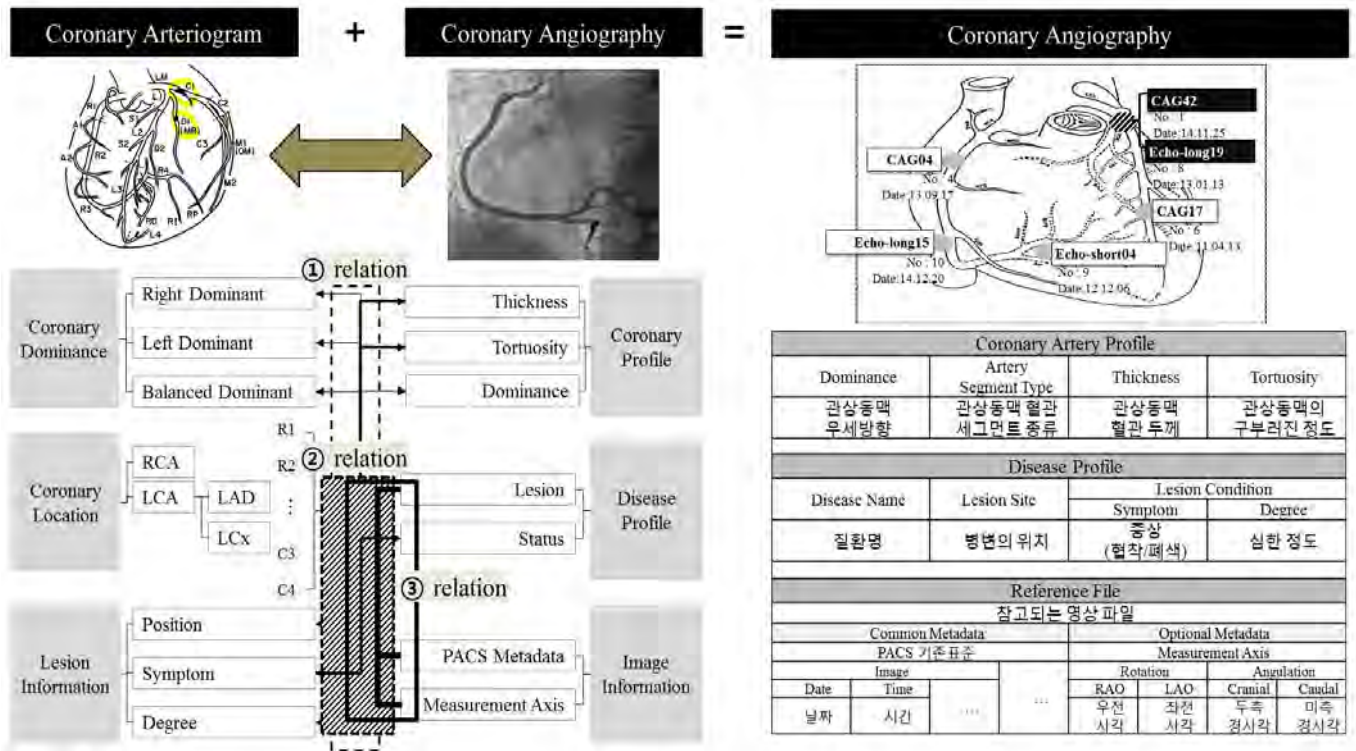
2 장에서 추출된 특징을 중심으로 3 장에서는 급성심근경색증을 위한 의료 영상 간의 연관성을 분석하고자 한다. 의료 영상의 의미적 연관성이란 개별 영상 안에 분산되어 내포된 의미적인 의료 정보 사이의 연관성을 말한다. 본 논문에서는 2 장에서 주목한 두 가지 이종 영상(관상동맥 조영도, 혈관조영영상) 간의 연관성을 획득하기 위해, 공통으로 속한 정보나 종속적인 관계를 갖는 정보에 대해 분석하고자 한다. 2 장에서 추출된 의미적 의료 정보를 기반으로 확인할 수 있는 연관성은 그림 4 와 같이 정리할 수 있다. 그림 4(a)에서 볼 수 있듯이, 관상동맥 조영도로부터 알 수 있는 의미 데이터는 크게 관상동맥 우세방향, 관상동맥의 분포, 병변의 위치가 있으며, 그림 4(b)와 같이 혈관조영영상으로부터 알 수 있는 의미 데이터는 관상동맥 정보, 질병정보, 영상정보로 나뉜다. 이를 기반으로 아래와 같은 연관성을 구축할 수 있다.

① 관상동맥(Coronary Artery)정보 연관성

: 혈관조영영상으로부터 확인되는 관상동맥에 대한 정보는 크게 세 가지로 나뉘며 그 중 관상동맥의 우세방향(Dominance)은 관상동맥 조영도 3 가지 타입의 메타데이터 정보로 활용 될 수 있다. 관상동맥 두께(Thickness)와 관상동맥의 구부러진 정도(Tortuosity)는 관상동맥 조영도의 병변 정보로서 표기될 수 있다.

② 질병(Disease)정보 연관성

: 혈관조영영상으로부터 확인되는 관상동맥 질환에 대한 정보로서 크게 병변의 위치와 상태로 나뉜다. 먼저 병변의 위치 정보는 관상동맥 조영도의 혈관 분절 정보로 기술될 수 있으며, 병변의



(a) 관상동맥조영도 구성요소 (b) 혈관조영영상 구성요소 (c) 관상동맥 혈관 분할을 통한 연관성 분석 (그림 4) 의료 영상 간의 의미적 특징 추출을 통한 연관성 분석

상태 정보는 관상동맥 조영도에 표기되는 그래픽 정보와의 연관성을 갖는다.

③ **영상의 내부적 연관성**
: 영상의 의미 데이터 중에서 개별 영상 내부적으로 갖는 연관성을 말하는 것으로, 혈관조영영상의 경우 관상동맥 조영영상을 촬영하기 위한 촬영 축(Axis)에 대한 정보에 의해 확인 될 수 있는 혈관의 위치가 달라지게 되므로, 내부적인 연관성을 갖게 된다.

제안된 연관성은 개별 영상에 분산되어 있던 의미적 정보들을 융합한 것으로, 전문가에 의해서만 확인 될 수 있던 내재된 의료정보들 사이의 연관성을 파악 할 수 있다. 또한 그림 4(c)와 같이 제시된 연관성을 1 장에서 언급된 그림 1(b)와 같은 서비스 구축에 있어 기반 지식 베이스로 활용함으로써 효과적인 의료 영상 정보 제공을 가능케 한다.

4. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 의료 정보의 효과적인 정보제공을 위한 연구로서 급성심근경색증에 대한 질병 중심의 세부적인 의료정보를 추출하였다. 추출된 의미적 특징은 의료 영상에 담긴 의료 정보를 자세히 분석하여 연관성을 구축한 것으로, 급성심근경색 질환에 있어 보다 직관적이고 신속한 정보 제공을 위한 전문적인 기반 지식 베이스로서 활용 될 수 있다. 이를 기반으로 향후에는 본 논문에서 담은 이중의 영상 외의 다른 모달리티의 영상을 분석하여, 영상 간의 의미적 특징 기반의 융합 모델을 구축할 계획이다.

참고문헌

- [1] Y.Tao, Z. Peng, A.Krishman, X.S. Zhou, "Robust learning-based Parsing and Annotation of Medical Radiographs", IEEE Transactions on Medical Imaging, 30(2), pp.338-350, 2011
- [2] F.Valente, C.Viana-Ferreira, C. Coasta, J.L Oliveira, "A RESTful Image Gateway for Multiple Medical Image Repositories", IEEE Transaction on Information Technology in Biomedicine, 2012
- [3] 심뇌혈관 센터를 위한 CardiacPACS 의 도입과 적용사례, 김정수, 조무성, Korean Journal of Digital Imaging in Medicine, 9-14, 2009
- [4] Ontologies for the Semantic-based Medical Image Indexing an Overview, S.Mhiri, S.Desores, E.Zagrouba, IKE 2008, researchgate.net
- [5] An Ontology of Image Representations for Medical Image Mining, Dimitris K, Iakovidis, Daniel Schober, Martin Boeker, Stefen Schulz, Information Technology in Biomedicine, July 10, 2009, ITAB 2009, 1-4
- [6] Building an Ontology of Cardiac-Vascular Disease for Concept-Based Information Retrieval, Gedzelman, Simonet M, Bernhard D, Diallo, Palmer P, Computers in Cardiology, 2005, 255-258
- [7] Lumen diameter of normal human coronary arteries. Influence of age, sex, anatomic variation and left ventricular hypertrophy of dilation, J.T Dodge, Jr, B.G Brown, E.L Bolson, H.T. DodgeCirculation 1992;85:223-246
- [8] PCIpedia, http://www.cardionetwork.org/
- [9] Generating Graphical Report on Cardiac Catheterization, Yuki Igarashi, Takeo Igarashi, Ryo Haraguchi, and Kauo Nakazawa, 2013,
- [10] PACS 표준 Log 메타데이터 구성요소. TTA 표준 TTA.OT-10.0245