

Brain MRI Template-Driven Medical Images Mapping Method Based on Semantic Features for Ischemic Stroke

Ye-Seul Park[†] · Meeyeon Lee^{‡‡} · Jung-Won Lee^{†††}

ABSTRACT

Ischemic stroke is a disease that the brain tissues cannot function by reducing blood flow due to thrombosis or embolisms. Due to the nature of the disease, it is most important to identify the status of cerebral vessel and the medical images are necessarily used for its diagnosis. Among many indicators, brain MRI is most widely utilized because experts can effectively obtain the semantic information such as cerebral anatomy aiding the diagnosis with it. However, in case of emergency diseases like ischemic stroke, even though a intelligent system is required for supporting the prompt diagnosis and treatment, the current systems have some difficulties to provide the information of medical images intuitively. In other words, as the current systems have managed the medical images based on the basic meta-data such as image name, ID and so on, they cannot consider semantic information inherent in medical images. Therefore, in this paper, to provide core information like cerebral anatomy contained in brain MRI, we suggest a template-driven medical images mapping method. The key idea of the method is defining the mapping characteristics between anatomic feature and representative images by using template images that can be representative of the whole brain MRI image set and revealing the semantic relations that only medical experts can check between images. With our method, it will be possible to manage the medical images based on semantic.

Keywords : Medical Images, Semantic Data, Brain MRI, Ischemic Stroke, Brain Anatomy, Data Modeling, PACS

허혈성 뇌졸중을 위한 뇌 자기공명영상의 의미적 특징 기반 템플릿 중심 의료 영상 매핑 기법

박 예슬[†] · 이 미연^{‡‡} · 이정원^{†††}

요약

허혈성 뇌졸중은 뇌혈관의 혈전이나 색전에 의해 뇌 혈류가 감소하게 되어 뇌 조직이 기능을 못하는 질환으로, 질환의 특성상 뇌혈관의 폐색 여부를 확인하는 것이 중요하기 때문에 질환의 진단에 있어서 의료 영상이 필수적으로 활용된다. 그 중에서도 뇌 자기공명영상은 뇌의 구조적인 정보들을 얻을 수 있어 질환을 진단하는데 그 지표로 널리 활용되고 있다. 하지만 허혈성 뇌졸중과 같은 응급 질환의 경우 빠른 진단과 치치에 도움이 될 수 있는 지능적인 시스템이 요구됨에 비해, 기존의 의료 영상 저장 시스템으로는 신속하고 직관적인 영상 정보 제공이 어렵다. 즉, 기존의 시스템은 괴상적인 메타 데이터를 이용하여 의료 영상을 관리하고 있어 의료 영상에 내재된 주요 의미적 정보를 고려하지 못하고 있다. 따라서 본 논문에서는 뇌 자기공명영상이 내포하고 있는 주요 의미적인 정보인 뇌의 해부학적 구조와 같은 영상 정보를 제공할 수 있도록 하는 템플릿 중심의 영상 매핑 기법을 제안하고자 한다. 제안하는 기법은 방대한 양의 영상을 대표할 수 있는 대표 영상(템플릿)을 선정하여 의미적 특징과 대표 영상(템플릿) 사이의 대응성을 정립하고, 전문가(의사)에 의해서만 분석될 수 있는 영상 사이의 의미적 연관성을 표면화 시켜 의미 기반의 영상 관리를 가능케 한다.

키워드 : 의료 영상, 의미 데이터, 뇌 자기공명영상, 허혈성 뇌졸중, 뇌 구조, 데이터 모델링, 의료영상저장시스템

1. 서 론

허혈성 뇌졸중(ischemic stroke)이란 뇌혈관에 혈전이나 색

전이 발생하여 뇌 혈류가 감소하게 되어 뇌 조직이 기능을 못하는 상태를 말하는 것으로, 보통 혈관의 폐색에 의한 중심부위와 반음영 조직이 존재한다[1]. 허혈성 뇌졸중의 치료 목표는 막힌 혈관을 개통함으로써 허혈성 반음영 조직을 되살리는 것으로, 골든타임 내의 빠른 진단과 신속한 치치가 요구되는 국내 3대 중증 응급 질환으로 꼽힌다. 그러나 급성기 응급 질환의 경우, 응급실에서의 초기 대응이 생명과 직결되어 의료 분쟁화가 되고 있는 것과 같이, 현재의 응급 의료 시스템에서는 신속한 진단과 치치를 실현하기 어려운 문제점들이 존재하여 응급 의료의 선진화가 더욱이 요구되는 상황이다.

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

† 준회원: 아주대학교 전자공학과 석사과정

‡‡ 준회원: 아주대학교 전자공학과 강의교수

††† 종신회원: 아주대학교 전자공학과 교수

Manuscript Received: January 18, 2016

First Revision: January 27, 2016

Accepted: February 1, 2016

* Corresponding Author: Jung-Won Lee(jungwony@ajou.ac.kr)

[2]. 따라서 본 논문에서는 응급 의료 선진화를 위한 하나의 영상 관리 기법으로써, 허혈성 뇌졸중을 위한 효과적인 영상 정보 제공 기법을 제안하고자 한다.

보통 허혈성 뇌졸중은 병변에 대한 파악이 매우 중요한 질환이기 때문에, 뇌의 구조적인 정보를 파악하기 용이한 의료 영상이 진단의 주요 지표로 활용된다. 그 중에서도 뇌 조직의 관찰이 용이한 뇌 자기공명영상이 허혈성 뇌졸중 진단을 위한 지표로 널리 활용되고 있다. 뇌 자기공명영상을 획득하고 전송하기 위해서 현재 사용되고 있는 시스템은 다이콤(DICOM) 표준의 의료 영상 저장 시스템(PACS)이다. PACS는 의료 영상을 디지털 데이터로 저장하고, 저장된 영상과 기타 검사 정보를 워크스테이션에서 조회하여 진료할 수 있도록 하는 기반 시스템으로[3], 다른 의료 시스템(OCS, HIS 등)들과 연동하여 보다 효과적인 서비스를 구축하기 위해 지속적으로 발전하고 있다. 특히 질환의 특성상, 진단에 있어 의료 영상의 중요도가 높은 심·뇌혈관 질환과 같은 경우에는 질병에 특수화된 시스템의 도입이 시도되고 있는 상황이다[4]. 이 밖에도 많은 양의 의료 영상 데이터를 빠르게 교환할 수 있는 기술에 대한 연구[5-6]와 의료 영상을 처리하기 위한 기법에 대한 연구[7-8]도 수행되고 있다. 그러나 대부분의 연구들은 PACS 내에서 영상을 빠르게 전송하거나 영상을 처리하여 얻는 결과에 초점을 맞추고 있어 영상에 내재된 다양한 의미 정보를 제공하기 위한 연구는 미비한 실정이다.

일반적으로 영상 관련 시스템에서 영상 정보를 나타낼 때 메타 데이터를 활용한다. 메타 데이터란 데이터의 속성 정보를 나타내는 정형화된 데이터로, PACS에서는 [9]에서와 같이 국제 표준인 DICOM 표준안에서 영상 정보를 표현할 수 있는 최소한의 항목들을 제안함으로써, 각 병원 간 의료 영상 정보의 호환성을 향상시키기 위한 노력이 계속되고 있다. 그러나 이는 모든 종류의 의료 영상에 적용할 수 있는 광범위한 메타 데이터만으로 구성되어 있어, 특정 모달리티의 영상이 고유하게 가지고 있는 의미적인 정보들이 결여되어 있다. 의미적 정보란 영상을 해석하여 얻을 수 있는 영상에 내재된 정보로써, 의료 영상의 경우는 전문가의 해석에 의해서 얻을 수 있다. 이와 같은 의미적 정보는 의료 영상을 분석한 레포트지나 영상에 태깅될 수 있는 주석 형태로 존재하며, 의학적 문제가 될 수 있는 해부학적인 위치 정보를 시작으로 해당 부분이 문제가 되는 이유와 그로 인한 최종 진단까지 수기 또는 디지털 텍스트로 작성되고 있다. 그러나 기존의 PACS는 내부적으로 영상을 관리함에 있어 이와 같은 의미적 정보가 배제되어 있기 때문에, 사용자가 해당 영상이 가지고 있는 의미적인 정보를 단시간에 용이하게 파악하기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 이와 같은 의미적 정보를 표면화 시킬 수 있는 템플릿 중심의 영상 매핑 기법을 제안하고자 한다.

제안하는 영상 매핑 기법은 특정 질환의 특수성을 반영한 영상의 의미적 정보를 추출하여 기반 지식으로 모델링하고, 구축된 지식 모델을 기반으로 영상에 내재된 의미적 특성 간의 연관성을 영상 사이의 연관성으로 매핑시켜 표면화하

는 방식으로 구성되어 있다. 이를 위해 본 논문에서 선정한 적용 사례는 허혈성 뇌졸중과 뇌 자기공명영상으로 해당 영상을 한번 촬영하게 되면 보통 200~300개의 많은 양의 프레임이 얻어진다. 그러나 방대한 프레임에 내재된 영상 정보를 모두 표면화하는 것과 더불어 응급 상황 시에 모든 프레임을 단시간에 확인하는 것은 매우 어려운 문제이다. 따라서 본 논문에서는 전문가의 검증을 통해 수백 장의 프레임 중에서 질환의 진단에 있어 우선적으로 고려해야 하는 정보가 내포된 프레임을 대표 영상(템플릿)으로 선별하고, 이를 기반으로 해부학적 구조에 대응되는 영상을 매핑시킬 수 있는 템플릿 중심의 영상 매핑 기법을 제안한다.

1장의 서론에 이어 2장에서는 의료 영상과 관련된 기존 연구를 소개하며, 3장에서는 허혈성 뇌졸중과 뇌 자기공명 영상을 대상으로 템플릿 중심의 영상 정보 제공 프로세스를 정의한다. 4장에서는 3장에서 정의한 프로세스에 따른 템플릿 기반의 영상 매핑 기법을 소개하며, 5장에서 결론으로 마무리한다.

2. 관련 연구

2장에서는 현재 의료 영상을 관리하는 의료 영상 저장 시스템(PACS)의 문제점을 제시하며, 의료 영상 정보 제공을 주제로 수행되고 있는 관련 연구에 대해 알아본다.

2.1 의료 영상 저장 시스템(PACS)

PACS란 병원에서 사용되는 의료 영상을 디지털로 저장하여 진료실, 병동 등의 곳으로 전송함으로써 실시간으로 조회 및 진단할 수 있도록 하는 최첨단 디지털 의료 시스템이다. 최근에는 병원의 처방 전달시스템(OCS) 및 전자의무기록(EMR) 시스템과의 연동 기술로 인해 진료 시에도 환자의 영상을 조회 가능하도록 개발되어 많은 병원으로 보급되고 있다[3]. 특히 질환의 특성상, 의료 영상의 중요도가 높은 심·뇌혈관 질환과 같은 경우 많은 양의 의료 영상을 전송해야 하므로, 심·뇌혈관 센터에 특화된 영상 저장 시스템을 적용하는 시도 역시 확산되고 있는 추세이다[4]. 이와 같은 추세를 반영하여 현재의 많은 연구 기관에서는 기존의 PACS 가 지니는 몇 가지 특성들에 주목한 연구들이 Table 1과 같이 시도되고 있다.

본 논문에서는 PACS가 지니는 이와 같은 특성 중, ③ 특성(시스템 내부적으로 영상의 표준 규격 보유)에 대한 한계에 주목하여, 영상에 내재된 의미적 특징을 드러낼 수 있는 영상 정보 제공 기법을 제시한다. 보통 영상의 정보를 표현함에 있어 가장 널리 활용되는 것은 메타 데이터이다. 메타 데이터란 데이터를 표현할 수 있는 정형화된 데이터로, [9]와 같이 의료 영상 정보를 표현할 수 있는 메타 데이터를 PACS의 영상 표준 규격으로 지정함에 따라, PACS 내의 의료 영상의 호환성을 향상시키기 위한 연구가 진행되고 있다. [9] 표준은 DICOM 표준으로부터 의료 영상을 기술(description)할 수 있는 최소한의 메타 데이터를 추출하여

Table 1. Comparison of studies reflecting characteristics of PACS

PACS의 특성		연구 주제		한계점
①	방대한 의료 영상의 빠른 전송과 획득을 목적으로 함	[5]	여러 개의 영상 저장소로부터 영상들을 전송하기 위한 기술	현재 시스템은 방대한 의료 영상을 전송 및 획득하기에 여전히 전송 속도가 느리다는 한계가 존재
		[6]	PACS/RIS를 위한 DICOM 기반의 네트워크 구현 기술	
②	의료 영상을 사용자에게 효과적으로 나타내주어야 함	[7]	GML-KL 프레임워크를 이용한 PACS 내의 영상 검색 기술	영상 처리 기법들이 실제 의료 영상 소프트웨어에 적용되기까지는 많은 시간이 소요되며, 많은 양의 의료 영상을 다루기 때문에 영상 처리에 있어 메모리 효율이나 영상 처리 시간 등의 자원의 한계가 존재
		[8]	의료 영상의 주석 파싱 기술	
③	내부적으로 시스템을 동작시키기 위한 영상의 표준 규격을 보유하고 있음	[9]	DICOM 표준 규격	현재 DICOM 표준 규격은 기본적인 메타데이터만으로 구성되어 있어, 해당 영상에 내재된 의미 정보에 대한 파악이 어려움

제정한 것으로, 크게 환자, 검사, 장비, 영상, 시리즈 5개의 범주로 구성된다.

그러나 이와 같은 기본적인 메타 데이터만으로는 해당 영상이 내재하고 있는 의미적 정보에 대한 파악이 어렵다. 여기서 말하는 의미적 정보란 의료 영상이 포함하고 있는 피상적인 정보가 아니라, 전문가(의사)가 실제 의료 영상을 보고 분석과 사고 과정을 거쳐 알아낼 수 있는 정보를 말한다. 허혈성 뇌졸중에 관련된 의료 영상 중 하나인 뇌 자기공명 영상을 예로 들면, 뇌 구조 정보가 해당된다. 많은 의료 전문가들은 의료 시스템의 선진화를 위해서는 의료 영상의 효과적인 정보 제공이 필연적으로 요구되며, 이를 위해서는 앞서 언급한 뇌 구조 정보와 같은 영상의 의미적 정보를 바탕으로 한 영상 정보 제공이 수행되어야 한다고 말한다. 따라서 본 논문에서는 위와 같은 문제점을 개선하기 위해 신속한 진단이 요구되는 응급 질환인 허혈성 뇌졸중과 해당 질환의 진단의 지표로 활용되는 자기공명영상을 적용 사례로 선정하여, 영상에 내재된 필수적인 의미적 정보를 표면화 시킬 수 있는 템플릿 중심의 영상 매핑 기법을 제안한다.

2.2 의료 영상의 효과적인 정보 제공

허혈성 뇌졸중의 진단에 있어 가장 널리 활용되는 지표는 뇌 자기공명영상으로 많은 분야에서 뇌 자기공명영상을 통해 진단의 효과를 높이기 위한 연구들이 수행되고 있다. 기존에 수행된 대부분의 연구들은 크게 허혈성 뇌졸중 혹은 다른 뇌 질환을 추론하는 연구[10-11], 영상 정보를 효과적으로 가시화하기 위한 연구[12-13], PACS 내에서 효율적으로 영상에 대한 분석 내용을 공유하기 위한 의료 정보 공유 시스템에 대한 연구[14] 등으로 다양한 목적을 가지고 수행되고 있다. 그러나 뇌 질환을 추론하는 연구의 경우, 연구의 결과를 실제 사람에게 적용하기에는 위험성이 크며, 뇌 자기공명영상에 내재된 영상 정보를 가시화하기 위한 연구의 대부분은 영상 처리 기법에 치중하다 보니, 영상에 내재되어 있는 의미적인 정보들을 고려하지 못하고 있다. 또한 영상 정보 공유를 위한 시스템 개발의 경우 영상의 판독 결과를 간단한 텍스트로만 작성할 수 있고, 개별의 영상마다

태깅되어 있는 판독 내용을 웹으로 연결하여 확인해야 하는 부수적인 작업이 따른다.

따라서 본 논문에서는 뇌 자기공명영상 자체에 내재된 의미적인 정보(질병에 있어서 필수적으로 파악해야 하는 정보)를 기반 지식으로서 모델링하고, 영상이 갖고 있는 의미적 정보를 효과적으로 드러낼 수 있는 템플릿 중심의 영상 매핑 기법을 제안한다. 즉, 영상에 내재되어 있는 의미적인 정보를 드러내어, 전문가의 사고 과정을 통해 확인될 수 있던 의미적인 연관성을 지능적으로 제공할 수 있도록 하여, 보다 직관적인 이해를 도울 수 있는 의미 기반의 영상 관리 기법을 제안하는 바이다.

3. 템플릿 중심 의료 영상 정보 제공 프로세스 정의

3장에서는 의료 영상에 내재된 의미적 정보를 템플릿을 중심으로 제공할 수 있는 의미 기반의 의료 영상 정보 제공 프로세스를 제안하고, 이를 적용하고자 한다. 제안하는 프로세스는 Fig. 1과 같이 크게 4단계로 나뉜다. 질환의 종류에 따라 필수적인 정보가 다르고 영상의 종류에 따라 내재된 정보가 다르기 때문에, 먼저 타겟 질환과 타겟 영상 모달리티를 선정하여야 한다. 다음으로 영상이 담고 있는 정보를 나타낼 때 기반이 될 수 있는 지식 베이스(영상에 내재된 해부학적 정보, 질환에 연관된 정보)를 모델링한다. 마지막으로 질환과 관련되어 필수적인 특징들을 보유하고 있는 대표 영상(템플릿)을 선별하여 의미 기반의 효과적인 의료 영상 정보 제공을 위한 기반을 구축한다.

이와 같은 템플릿 중심의 의료 영상 정보 제공 프로세스는 다양한 사례에 적용할 수 있다. Fig. 1에 제시된 사례 1(case 1)에서와 같이 타겟 질환을 허혈성 뇌졸중으로 선별한다면, 질환의 진단을 위해 필요한 뇌 자기공명영상이 타겟 영상 모달리티로 선별될 수 있고, 이에 맞는 지식 베이스로서 뇌 구조 정보와 허혈성 뇌졸중 질병에 연관된 특징이 지식베이스로 구축될 수 있다. 그리고 뇌 자기공명영상의 영상 정보를 효과적으로 제공하기 위한 대표 이미지로써 13개의

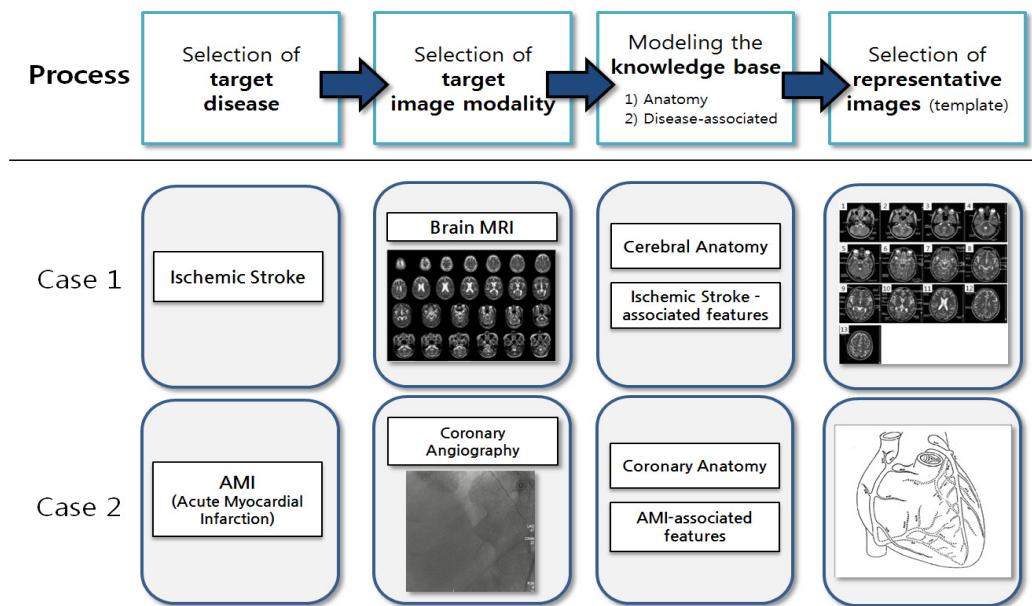


Fig. 1. Template-driven information providing method for medical images

영상 프레임이 선별될 수 있다. 또는 사례 2(case 2)에서와 같이 타겟 질환을 급성심근경색(AMI)로 선별한다면 이에 맞는 타겟 영상 모달리티로 혈관조영영상(CAG)이 선별될 수 있으며, 관상동맥 구조 정보나 급성심근경색 질병 연관 특징이 기반지식으로 모델링될 수 있다. 그리고 혈관조영영상의 영상 정보를 집약적으로 표현할 수 있는 대표 템플릿 이미지로 관상동맥 조영도를 선별하여 의미 기반 영상 정보 제공 프로세스에 적용할 수 있다. 본 논문에서는 적용할 수 있는 다양한 사례 중, 허혈성 뇌졸중과 뇌 자기공명영상에 초점을 맞추어 제안한 프로세스를 적용하고자 한다.

3.1 타겟 질환 선정 – 허혈성 뇌졸중(Ischemic Stroke)

먼저, 의미 기반의 의료 영상 정보 제공을 위한 타겟 질환을 선정한다. 본 논문에서 선정한 질환은 허혈성 뇌졸중으로, 의료 전문가들은 뇌 조직의 괴사가 발생하지 않도록 환자를 살릴 수 있는 골든타임 내의 빠른 진단과 신속한 치치의 중요성을 강조한다[3]. 따라서 허혈성 뇌졸중을 진단하기 위해서는 혈관 정보와 뇌조직의 상태 정보를 모두 관찰할 수 있는 의료 영상을 필수적으로 살펴보아야 한다. 그러나 2.1절에서 언급한 바와 같이 기존의 PACS는 영상 정보를 제공할 때, 영상에 내재된 의미적인 정보는 고려하지 않는 한계가 존재한다.

3.2 영상 모달리티 선정 – 뇌 자기공명영상(Brain MRI)

다음 단계에서는 타겟 질환에 필수적으로 활용되는 영상 모달리티를 선정한다. 허혈성 뇌졸중의 진단에 있어 가장 대표적으로 활용되는 의료 영상으로는 컴퓨터 단층촬영영상(CT)과 뇌 자기공명영상이 있다. 컴퓨터 단층촬영영상은 뇌 출혈의 파악이 용이하며 뇌 자기공명영상은 뇌경색이 발생

한 부위 구분이 수월하다는 장점이 있다. 그러나 허혈성 뇌졸중은 뇌혈관의 폐색으로 인한 경색을 필수적으로 확인해야 하는 질환이므로, 본 논문에서는 뇌 자기공명영상을 타겟 영상으로 선정하였다.

뇌 자기공명영상은 자기장과 고주파 및 컴퓨터를 이용하여 뇌조직과 혈관의 이상을 2차원 또는 3차원 영상으로 검사하는 진단 지표이다. 영상의 측정 원리는 신체 부위에 있는 수소 원자핵을 공명시켜 조직에서 나오는 신호의 차이를 측정하여 컴퓨터를 통해 재구성한 뒤 영상화하는 것인데, 다양한 조건에 따라 영상 시퀀스가 달라진다. 예를 들면 Fig. 2(a)의 T1 강조 영상과 Fig. 2(b)의 T2 강조 영상은 물질의 농도와 완화 시간에 따라 측정 방법을 달리하여 촬영하는 자기공명영상의 기본 프로토콜이다. 두 가지 프로토콜 모두 뇌의 해부학적인 정보를 얻는데 활용되지만, 보통 T2 강조 영상은 병변을 발견하는데 있어 효과적이어서 보다 널리 활용되는 프로토콜이다. 일반적으로 허혈성 뇌졸중을 위해 필수적으로 파악해야 하는 영상 프로토콜은 크게 6가지 종류로 나뉘며, 각각의 영상 프로토콜마다 확인할 수 있는 정보가 세부적으로 다르기 때문에, 질환의 진단을 위해서는 복합적인 판독이 요구된다[15].

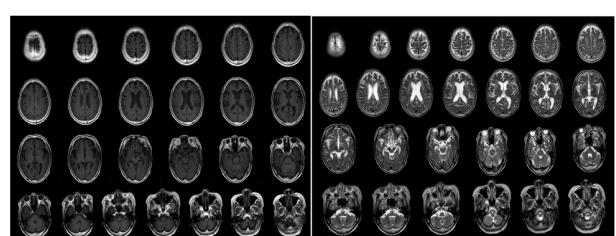


Fig. 2. Brain MRI protocol sample data

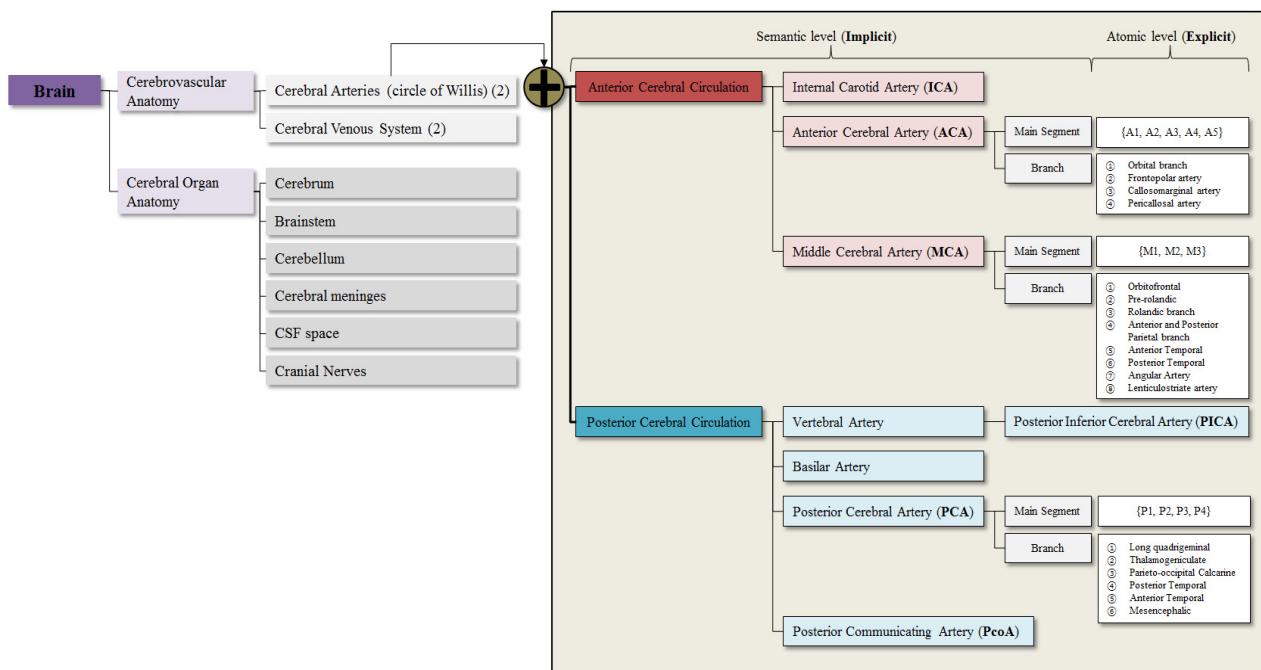


Fig. 3. Cerebral Anatomy Model

3.3 기반 지식 모델링

다음 단계에서는 의미 기반의 영상 정보 제공을 위한 지식 베이스를 구축한다. 3.2절에서 분석한 바와 같이 뇌 자기 공명영상은 뇌의 해부학적인 구조를 기반으로 병변의 위치와 정도를 나타내기 때문에, 이에 대한 정보를 제공하기 위해서는 뇌 구조 모델이 지식 베이스에 포함되어야 한다. 또한 영상 자체가 질환과 관련되어 내포하고 있는 질병 연관 특징 역시 의미 기반의 영상 정보 제공을 위한 기반 지식이 된다. 따라서 본 논문에서 구축한 기반 지식은 크게 해부학적 구조(뇌 구조) 특징과 질병 연관 특징으로 나뉜다.

1) 해부학적 구조 특징(Anatomy Features) - 뇌 구조

먼저, 뇌 구조(cerebral anatomy)에 대한 분류는 Fig. 3과 같이 구성되며, 세부 항목은 다음과 같다[16].

- a) **뇌혈관 분류(Cerebrovascular Anatomy):** 뇌혈관은 크게 뇌 혈액을 심장으로 배류시키는 뇌 정맥(cerebral vein)과 이와 반대로 심장으로부터의 혈액을 뇌로 공급해주는 뇌동맥(cerebral arteries)으로 나뉘어, 각각 구조적 분류에 따라서 계층적으로 모델링할 수 있다. 구조적 분류란 혈관의 첫 시작 부위부터 세부적으로 갈라져 나온 분지들에 따라 명명된 혈관들을 구조적으로 나누는 것을 말하며, 가장 상위의 혈관으로부터 하위의 소 혈관까지 포함된다. 그러나 뇌동맥의 경우는 뇌 어느 부위에 혈류를 공급하느냐에 따라 전뇌순환과 후뇌순환으로 나뉠 수 있기 때문에, 구조뿐만 아니라 기능적 기준(뇌순환)에 따라 분류할 수 있다. 기능적 분류에 따른 혈관 분류는 Fig. 3의 세부항목들과 같이 도식화하여 나타낼 수 있으며, 이는 뇌 혈류 공급을 위해 필

요한 중추적인 혈관들을 포함하고 있다. 이러한 뇌혈관의 구조를 모델링함으로써 허혈성 뇌졸중 관련 병변의 위치와 영상 간의 연관성을 매핑하기 위한 지식 베이스를 정의하였다.

- b) **뇌 기관 분류(Cerebral Organs Anatomy):** 뇌는 형태와 기능에 따라 크게 6가지 기관(대뇌, 소뇌, 뇌줄기, 뇌막, 뇌척수액, 뇌신경)으로 나눌 수 있다. 이와 같은 뇌 기관 정보는 뇌혈관 정보와 병합되어 뇌의 전체적인 구조를 이루게 된다. 허혈성 뇌졸중의 경우는 허혈이 발생한 병변 정보로 뇌혈관 정보가 중요하지만, 허혈이 발생한 위치에 따라 혈액이 공급되지 않게 되어 문제 가 발생한 기관 정보 역시 필수적인 정보가 된다. 따라서 뇌혈관과 뇌 기관 정보를 모두 지식 베이스에 포함함으로써 의미 기반의 영상 정보 제공을 위한 지식을 구축하였다. 이와 같은 해부학적 모델은 기존에 의료 전문가들 사이에 알고 있는 지식을 계층적으로 구조화 함에 따라, 다음으로 추출하게 될 질병 연관 특징과 대응될 수 있는 도메인 데이터 모델의 역할을 한다.

2) 질병 연관 특징(Disease-Associated Features)

질병 연관 특징이란 영상으로부터 진단을 내리기 위해 필수적으로 분석되어야 하는 특징을 의미한다. 보통 허혈성 뇌졸중의 진단을 위해서는 6가지 프로토콜을 상황에 맞게 복합적으로 판독하여 결론을 내린다. 따라서 전문가가 영상을 판독한 후 작성한 6가지 프로토콜 영상의 레포트지에 대한 분석을 통해 얻을 수 있으며, 크게 메타 데이터와 의미 데이터로 분류할 수 있다. 첫 번째로, 메타 데이터는 데이터를 기술할 수 있는 정형화된 데이터를 말하는 것으로, 의료

영상의 경우 2.1절에서 설명한 DICOM 표준의 PACS 메타데이터가 포함될 수 있다. 이는 PACS 내부에서 영상을 구별하기 위한 인덱스(index)의 역할을 하게 되어 이를 기반으로 영상을 찾거나 분류할 수 있게 되지만, 기존의 메타데이터는 영상의 의미가 내재된 항목은 정의하고 있지 않다. 두 번째로, 의미 데이터란 영상에 내재되어 전문가의 해석을 통해서만 얻을 수 있는 정보로 질환에 있어 핵심적인 정보를 말한다. 따라서 본 논문에서는 영상에 내재된 의미 정보가 들어가 있는 메타 데이터와 의미 데이터를 영상 레포트지를 통하여 추출하고자 한다. 보통 영상 레포트지는 표준으로 규정된 것은 없으나, 사례 데이터를 분석하여 공통적으로 추출될 수 있는 다음과 같은 항목을 뇌 자기공명영상의 질병 연관 특징(의미적 정보)으로 정의하였다.

- a) 영상 프로토콜(기법) 정보(MR protocol/technique): 뇌 자기공명영상은 영상 프로토콜(기법)에 따라 확인할 수 있는 뇌 구조 정보가 달라진다. 따라서 영상의 프로토콜 정보는 질병 연관 특징을 분석하기 위한 의미 기반의 메타 데이터로서 역할을 하게 된다.
- b) 뇌 구조 정보(Cerebral Anatomy): 허혈성 뇌졸중 진단에 있어 뇌 자기공명영상의 궁극적인 역할은 뇌 구조 정보를 파악하는 것으로, 각 프레임마다 Fig. 3의 뇌 구조 중에 보여 줄 수 있는 정보가 다르기 때문에, 진단을 위한 필수 정보로 활용되어 질병 연관 특징의 역할을 하게 된다.
- c) 뇌 이상 정보(Brain Abnormality): 전문가의 판독과 해석을 통하여 얻게 되는 최종적인 정보는 뇌 구조 정보에 기반한 뇌 이상 정보이다. 뇌 이상 정보란 영상에서 측정되는 특징(혈관 두께, 기관 크기, 부피 등)을 정상인의 기준 수치와 비교하여 얻게 되는 환자의 이상 정보를 말하는 것으로, Table 2의 항목과 같이 나뉜다.

Table 2. Types of brain abnormality

종류		설명
병변 (Lesion)	기관 (Organ)	영상으로부터 알 수 있는 기관 구조의 이상 여부를 말하는 것으로, 기관들의 부피, 두께 등의 병변 정보가 해당된다.
	혈관 (Vessel)	영상으로부터 알 수 있는 혈관 구조의 기형(이상) 여부를 말하는 것으로, 혈류병변에 대한 정보가 해당된다.
영향 (Influence)	영향이란 병변에 의해 영향을 받아 이상이 발생한 부분에 대해 말하는 것으로, 예를 들면 경색에 의해 혈류가 공급되지 못하여 괴사가 발생한 조직 등이 해당될 수 있다.	

추출된 질병 연관 특징은 영상 프로토콜(기법) 정보, 뇌 구조 정보, 뇌 이상성 정보의 3가지 타입으로 분류된다. 이는 실제 영상을 해석하여 얻을 수 있는 영상에 내재된 의미적인 정보로 질환의 진단을 내리기 위해 필수적인 요소가 되므로, 효과적인 영상 정보 제공을 위한 의미적 특징 요소로 추출하여 기반 지식을 구축하였다.

3.4 대표 영상(템플릿) 선별

마지막 단계로, 허혈성 뇌졸중 질환의 진단에 필수적인 정보를 보유한 뇌 자기공명영상을 대표 영상(템플릿)으로 선별한다. 일반적으로 뇌 자기공명영상을 촬영하면 200~300 프레임의 영상이 획득된다. 획득된 영상은 보통 영상의 학과 전문의들에 의해서 판독되며, 정밀한 판독을 위해서 획득된 200~300프레임의 영상이 모두 필요하다. 그러나 현재의 PACS는 방대한 영상 데이터를 획득, 전송, 저장하기 어려운 기술적인 한계를 가지고 있다. 또한 본 논문에서 타겟 질환으로 선정한 허혈성 뇌졸중의 경우 골든타임 내의 빠른 응급처치가 필요한 질환이므로 신속한 영상 정보 제공이 요구된다. 따라서 본 논문에서는 방대한 양의 영상 프레임 중에서 허혈성 뇌졸중 진단에 있어 필수적인 정보를 보유한 프레임을 선별하여 대표 영상(템플릿)으로 선정하고, 우선적으로 확인해야 하는 영상 정보를 제시하고자 한다.

보통 뇌 자기공명영상을 촬영하여 얻는 많은 프레임 중에서 진단을 내리기 위해 근거가 되는 프레임들이 존재한다. 예를 들면, 허혈성 뇌졸중에 있어서는 뇌혈관의 협착이나 폐색이 발발한 병변의 위치, 또는 협착에 의해 영향을 받은 기관들이 촬영된 프레임은 다른 프레임들에 비해 주목하여 판독해야 하는 중요한 프레임들이다. 즉, 허혈성 뇌졸중에 있어 우선적으로 파악해야 하는 뇌의 구조적 정보를 담고 있어 대표성을 갖는 프레임들이 존재한다고 볼 수 있다. 또한 대부분의 프레임들은 주로 연속하는 프레임이기 때문에 중복되는 경우가 많아 이를 삭제해서 대표하는 프레임만 보여준다면 훨씬 효과적일 수 있다. 따라서 본 논문에서는 이와 같은 프레임의 중복성과 영상의 대표성을 고려하여, 대표 영상을 기반으로 영상 정보를 함축적으로 표현함으로써 신속한 진단을 가능케 하고자 한다. 이를 위해, 영상의 학과 전문의의 검증을 통하여 허혈성 뇌졸중 질환에 있어서 우선적으로 파악해야 하는 뇌 기관 정보를 추출하였으며, Fig. 4에서 볼 수 있듯이 하나의 영상 전체 프레임으로부터 필수 정보를 보유한 영상을 선별하였다. 이를 기반으로 4장에서는 대표 영상에 내재된 의미적 정보를 표면화 시킬 수 있는 의료 영상 매핑 기법에 대해 소개하고자 한다.

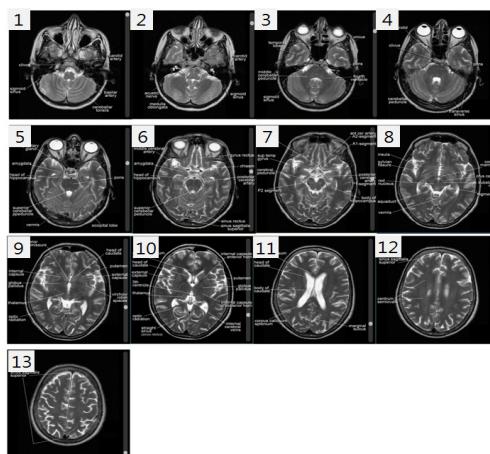


Fig. 4. Representative template of brain MRI

4. 템플릿 중심 의료 영상 매핑 기법

3장에서 정의한 프로세스에 따라 구축된 의미적 특징을 기반으로, 4장에서는 효과적인 의료 영상 정보 제공을 위한 템플릿 기반의 영상 매핑 기법을 소개한다. 이 기법은 허혈성 뇌졸중에 있어서 필수적으로 포함되어야 하는 특징들을 보유한 대표 영상(템플릿)을 의미 기반으로 분석하여 해부학적 특징과 영상 간의 매핑을 가능케 하며, 더불어 전문가(의사)의 사고 과정을 통해 알 수 있던 영상 간의 의미적인 연관성을 표면화 시킨다.

4.1 템플릿 매핑 테이블 구축

3장에서 선정한 대표 영상(템플릿)은 허혈성 뇌졸중 질환의 진단에 있어 필수적으로 분석되어야 하는 정보를 포함하고 있는 13개의 영상 프레임이다. 이 템플릿에 내재된 의미적 정보는 뇌의 해부학적인 구조 정보로 크게 혈관, 기관, 뇌의 영역 정보 등이 있으며 총 49가지의 영상 특징 정보로 요약된다. 이는 영상에 내재되어 전문가의 해석에 의해서만 파악될 수 있는 의미적인 대응 정보로, 영상과 뇌의 해부학

적 구조 정보 간에 형성된다. 이러한 특성을 반영하여 49가지의 해부학적 특징에 따라 매핑될 수 있는 대표 영상 대응 번호를 Table 3과 같이 정리할 수 있다. 이는 특정 영상 프레임의 정보를 표현할 때, 해당 프레임에 내재된 해부학적 특징에 따라 대표 영상으로 매핑하여 보여줄 수 있는 기반이 된다. 예를 들어, 뇌 자기공명영상의 프레임 A001~A007이 S상정맥동(Table 3의 4번 특징인 Sigmoid Sinus)을 보여주는 프레임이라면, 13개의 대표 영상 프레임 중에서 1, 2, 3번 대표 영상이 이 7개의 프레임을 대표할 수 있다. 따라서 기본적인 메타 데이터에 의한 분류가 아닌 의미 기반의 영상 분류 및 영상의 내재된 의미적 정보를 표면상으로 드러낼 수 있어, 사용자로 하여금 어떤 영상이 대응될 수 있는지 파악할 수 있는 솔루션이 된다. 4.2절에서는 이와 같은 대응성을 기반으로 의미적 정보가 표면화 되어 얻을 수 있는 의미적 연관성에 대해 분석한다.

4.2 지식 기반 템플릿 매핑 연관성

3장에서 구축된 지식 베이스를 기반으로 4.1절에서는 선별된 영상 프레임에 내재된 의미적 특징들을 추출하였고,

Table 3. Mapping table for template matching based on cerebral anatomy

구조적 특징 정보		대응영상번호	구조적 특징 정보		대응영상번호
1	Carotid Artery	1, 2, 4	26	Sub temp gyrus	7
2	Basilar Artery	1	27	Insula	8
3	Cerebella Tonsil	1	28	Sylvian fissure	8
4	Sigmoid Sinus	1, 2, 3	29	Red Nucleus	8
5	Clivus	1, 4	30	Aqueduct	8
6	Medulla Oblongata	2	31	Tegmentum	8
7	Acoustic Nerve	2	32	Substantia nigra	8
8	Uncus	3	33	Cerebral crus	8
9	Pons	3, 4, 5	34	Mammillary body	8
10	Ventricle	3th	10	Caudate	9, 10, 11
		4th	3		Body 11
11	Cerebella Peduncle	.	3	Anterior Cerebral Artery	.
		Middle	4, 7		A1 7
		Superior	5, 6		A2 7, 9
12	Temporal Lobe	3	37	Putamen	9, 10
13	Transverse Sinus	4	38	Virchow robin spaces	9
14	Occipital Lobe	5	39	Optic Radiation	9, 10
15	Vermis	5, 8	40	Thalamus	9, 10
16	Hippocampus	Head	5, 6	Capsule	External 9, 10
		Body	7		Internal 9
17	Amygdala	5, 6	42	Globus pallidus	9
18	Pituitary Gland	5	43	Anterior Commissure	9
19	Middle Cerebral Artery (MCA)	6	44	Internal Cerebral Veins	10
20	Sinus Sagittalis Superior	6, 12, 13	45	Global pallidus	10
21	Sinus Rectus	6, 10	46	Marginal sulcus	11
22	Posterior Cerebral Artery	.	6, 7	Corpus callosum	.
		P1	7		Genu 11
		P2	7		Splenium 11
23	Optic Chiasm	6	48	Centrum semiovale	12
24	Gyrus rectus	6	49	Internal Posterior Capsule Horn	10
25	Anterior Communication Artery	7		Anterior	10

추출된 특징(해부학적 구조)과 영상 사이의 대응성에 대해 Table 3과 같이 정의하였다. 4.2절에서는 이와 같은 대응성에 의하여 표면화된 영상 사이의 연관성을 대해 분석하고자 한다. Fig. 5는 본 논문에서 제안하는 영상 프레임 사이의 의미적인 연관성이 표면화 되는 프로세스를 도식화 해놓은 것이다. 이는 크게 3단계로 나뉘며 세부적인 내용은 다음과 같이 정리된다.

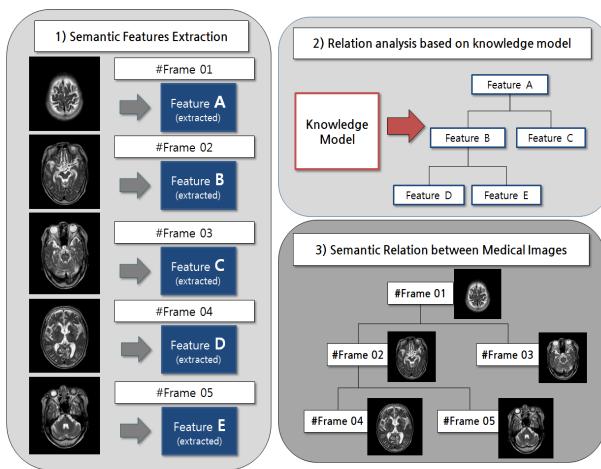


Fig. 5. Semantic relations between brain MRI frames

1) 의미적 특징 추출

첫 번째는 각 프레임(#Frame 01 ~ #Frame 05)으로부터 영상에 내재된 의미적 특징(A~E)을 추출하는 과정이다. 3장에서 분석한 바와 같이 각 영상에 내재된 특징들은 질환의 진단에 필수적으로 분석되어야 하는 정보(병변의 위치)로 각각의 영상 프레임으로부터 추출된다.

2) 지식 모델 기반 연관성 분석

두 번째는 추출된 특징(A~E)들을 3장에서 구축한 지식 모델(뇌 구조 모델, 질병 연관 특징)을 분석하여 연관성을 얻어내는 과정이다. 이 과정을 통해 추출된 특징 사이에 구축될 수 있는 의미적 연관성("B는 A로부터 갈라져 나온 혈관이다" 등)이 생성될 수 있다.

3) 템플릿 매핑 연관성 구축

마지막으로 추출된 특징(A~E) 사이에 구축된 의미적 연관성을 영상과 매핑시켜 준다. Fig. 5와 같이 특징 A, B, D, E가 계층적으로 "A-B-D-E"의 연관성을 갖는다면 대응되는 영상 프레임 1, 2, 3, 5 역시 "1-2-3,5"의 연관성을 갖게 된다.

이와 같은 연관성은 영상에 내재된 의미적인 특징들을 표면화함에 따라, 전문가(의사)의 사고 과정을 통해 얻을 수 있는 의미적인 연관성을 영상 사이에 부여하여 사용자로 하여금 어떤 영상이 어떤 구조적 특징과 연관되었는지 빠르고 직관적으로 파악할 수 있도록 도울 수 있는 의미 기반 영상 관리 기법의 솔루션이 된다.

4.3 템플릿 중심 의료 영상 매핑 기법의 적용 모델

4.3절에서는 본 논문에서 제안하는 템플릿 중심의 의료 영상 매핑 기법이 실제 시스템에 적용하기 위한 매핑 정보 규격을 제시하고자 한다. Fig. 6과 같이 현재의 의료 영상 관리 시스템은 영상을 촬영하는 장비로부터 영상들을 획득하여 PACS 저장소에 보관하고, 이를 병원 내에 존재하는 각각의 워크스테이션으로 전송하여 영상을 화면에 보여주는 방식으로 이루어진다. 이 때, 영상을 검색하고 전송하기 위해 사용되는 영상 정보 표준 규격은 PACS 기반의 메타데이터로 2.1절에서 알아본 바와 같이 피상적인 메타데이터(영상 식별번호, 이름, 생성 날짜 등)로 구성되어 있어 영상에 내재된 의미적인 정보가 결여되어 있다는 한계가 존재한다. 따라서 본 논문에서는 기존의 PACS 메타데이터의 기본 정보와 더불어 활용될 수 있는 템플릿 매핑 정보를 영상의 데이터 모델 규격으로 정의하고자 한다. 제안하는 모델은 기존 데이터 규격에 덧붙여 영상의 의미적 정보를 표면화시키고, 이를 기반으로 영상을 검색하고 관리할 수 있는 기반을 구축한다. 본 논문에서 제안하는 매핑 정보 모델 규격은 Table 4와 같이 정의할 수 있다.

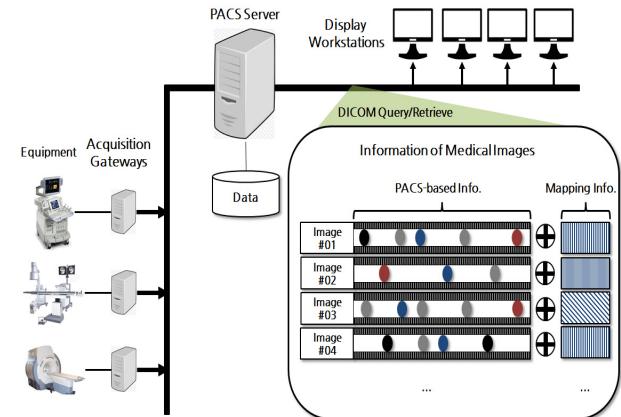


Fig. 6. Common workflow for applying template-driven medical images mapping method

Table 4. Data model for mapping semantic information

Element		Description
Image ID		영상 식별번호
Extracted Features	Priority Order	추출된 특징 정보의 중요도에 따른 우선 순위 순서
	Name	추출된 특징 정보 이름
Mapping Template		대응 영상 번호
Related Images	Order	추출된 특징을 기반으로 한 연관 영상 링크 정보
	Image ID	

Table 4에서 제안하는 모델은 하나의 영상 프레임으로부터 얻을 수 있는 의미 기반의 정보로써, 본 논문에서 제시한 템플릿 중심의 영상 매핑 기법을 적용할 수 있는 기반 모델이 된다.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 의미 기반 의료 영상 정보 제공을 위한 프로세스를 정의하여 이를 기반으로 한 템플릿 중심의 의료 영상 매핑 기법을 제안하였다. 먼저 질환과 영상의 종류에 따른 특수성을 고려하여 허혈성 뇌졸중과 뇌 자기공명영상 을 적용 사례로 선정하였고, 영상에 내재된 주요 의미 정보인 뇌의 해부학적 구조와 질병 연관 특징을 추출하여 지식 모델로 구축하여 의미적 특징을 추출하였다. 마지막으로 이를 효과적으로 보여 줄 수 있는 대표 영상을 선별하여 각 프로세스 단계에 맞게 적용하였다. 이는 기존에 전문가에 의해서 파악할 수 있던 의미적인 의학 정보를 구조화한 것으로, 의미 기반의 영상 정보 제공의 기반이 된다. 또한 템플릿을 중심으로 의미적인 특징 정보가 표면화 될 수 있는 하나의 분석 기법으로서 의료 영상 매핑 기법을 소개하였다. 제안한 기법은 영상에 내재된 해부학적 특징(의미적 특징) 정보와 영상 간의 대응성과 표면화 될 수 있는 의미적인 연관성을 보여주어 의미 기반의 영상 관리 서비스의 베이스 모델이 될 수 있다. 향후에는 제안한 기법을 실제 임상 자료에 적용하여 기존 시스템과의 비교 및 효용성 검증을 수행하고, 이를 적용할 수 있는 서비스를 설계하여 실제 인터페이스 개발을 통한 서비스 실현 및 다른 모달리티의 영상을 분석하여 다중 영상의 융합 데이터 모델을 제시할 계획이다.

References

- [1] S. U. Kwon, "Treatment of acute ischemic stroke: Thrombolysis," *Korean Journal of Cerebrovascular Disease*, Vol.3, No.2, pp.113-118, 2001.
- [2] K. H. Baek, "Analysis and consideration of the cases related to emergency medical care - Focusing on the three major emergent diseases severe acute," *Korean Journal of Medicine and Law*, Vol.22, No.2, pp.57-86, 2013.
- [3] H. J. Kim and C. L. Lee, "PACS and medical imaging display systems," *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, Vol.25, No.1, pp.22-34, 2008.
- [4] J. S. Kim and M. S. Cho, "Introduction and application for cardiocerebralvascular center," *Korean Journal of Digital Imaging Medical*, Vol.12, No.1, pp.9-14, 2010.
- [5] F. Valente, C. Viana-Ferreira, C. Coasta, and J. L. Oliveira, "A RESTful image gateway for multiple medical image repositories," *IEEE Transaction: Information Technology in Biomedicine*, Vol.16, No.3, pp.356-364, 2012.
- [6] "DICOM RIS/PACS telemedicine network implementation using free open source software," *Latin America Transaction, IEEE*, Vol.11, No.1, pp.168-171, 2013.
- [7] H. Greenspan and A. T. Pinhas, "Medical image categorization and retrieval for PACS using the GMM-KL framework," *IEEE Transactions: Information Technology in Biomedicine*, Vol.11, No.2, pp.190-202, 2007.
- [8] Y. Tao, Z. Peng, A. Krishman, and X. S. Zhou, "Robust learning-based parsing and annotation of medical radiographs," *IEEE Transactions: Medical Imaging*, Vol.30, No.2, pp.338-350, 2011.
- [9] The Log Metadata Element of PACS standard (TTA standard). TTAK.OT-10.0245.
- [10] S. Gupta, A. Mishara, and R. Menaka, "Ischemic stroke detection using image processing and ANN," in *Proceeding of the International Conference on Advanced in Computing, Communications and Information, Ramanathapuram*, pp.1416-1420, 2015.
- [11] P. R. Mirajkar, A. Singh, K. A. Bhagwat, and M. E. Ashalatha, "Acute ischemic stroke detection using wavelet based fusion of CT and MRI image," in *Proceeding of the International Conference on Advanced in Computing, Communications and Information, Kochi*, pp.1123-1130, 2015.
- [12] G. T. Oh, H. B. Jang, U. J. Do, and H. Y. Lee, "Multimedia processing: Reversible watermarking based on predicted error histogram for medical imagery," *KIPS Transaction on Software and Data Engineering*, Vol.4, No.5, pp.231-240, 2015.
- [13] H. J. Kim and S. H. Gwak, "A parametric image enhancement technique for contrast-enhanced ultrasonography," *KIPS Transaction on Software and Data Engineering*, Vol.3, No.6, pp.231-236, 2014.
- [14] I. S. Cho and H. S. Kwon, "Efficient sharing system of medical information for interoperability between PACS system," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol.13, No.3, pp.498-504, 2009.
- [15] Peter D. Schellinger, et al, "A standardized MRI stroke protocol comparison with CT in hyperacute intracerebral hemorrhage," *American Heart & Stroke Association: Stroke*, Vol.30, No.4, pp.765-768, 1999.
- [16] Radiopaedia (Wiki-based page) [Internet], [Http://radiopaedia.org](http://radiopaedia.org).



박 예 승

e-mail : yeseuly777@gmail.com
2015년 아주대학교 전자공학과(학사)
2015년~현재 아주대학교 전자공학과
석사과정
관심분야 : Bio-medical Data Modeling,
Ontology, Embedded Software



이 미 연

e-mail : mylee@ajou.ac.kr

2012년 이화여자대학교 컴퓨터정보통신공학과
(박사)

2012년 ~ 2014년 유비쿼터스 컨버전스 연구소
(박사후연구원)

2014년 ~ 2015년 아주대학교 전자공학과
연구조교수

2015년 ~ 현 재 아주대학교 전자공학과 강의교수

관심분야 : Ubiquitous Computing, Mobile Computing,

Context-awareness, Data Modeling,
Bio-medical Data Modeling, Ontology



이 정 원

e-mail : jungwony@ajou.ac.kr

2003년 이화여자대학교 컴퓨터공학부(박사)

2003년 ~ 2006년 이화여자대학교 BK교수

2006년 ~ 현 재 아주대학교 전자공학과
교수

관심분야 : Mobile Context-awareness,
Ontology, Bio-medical Data Modeling, Embedded Software