

머신러닝 기술을 활용한 뇌졸중 분류방안연구

A Study on the Classification of Stroke Using Machine Learning Technology

채명건¹, Umirzakova Sabina², 황보택근^{3*}

Myeong-geon Chae¹, Umirzakova Sabina², Taeg-Keun Whangbo^{3*}

요약

뇌졸중은 가장 흔하고, 위험한 단일 기관 질환이며 고령화 사회에서 사회적 부담을 악화시킨다. 뇌졸중은 다양한 영상 검사법을 통해 검사할 수 있으며, CT 영상을 이용해 뇌졸중을 진단하면 공간 제약이 적고 촬영 시간이 빠르다는 장점이 있다. 그러나 영상을 통한 진단은 매우 어렵기 때문에 이 방법의 큰 단점이다. 본 논문에서는 뇌졸중 환자의 얼굴에서는 불균형이 나타난다는 특징을 통해 CT 이미지 기반이 아닌, 얼굴 이미지 데이터를 기반으로 학습을 진행했다. 이 개념을 바탕으로 환자의 얼굴 이미지 데이터를 이용해 뇌졸중에 최적화된 전처리 알고리즘을 제안했다. 얼굴 이미지에서 수치화 시킬 수 있는 요소를 찾아내어 머신러닝 기반 알고리즘을 개발하였고, 성능을 평가하기 위하여 실제 병원에서 뇌졸중 환자의 데이터를 활용하였다. 이번 연구는 제안된 알고리즘과 시스템의 성능을 평가하기 위해 병원 신경외과 전문의 2명이 뇌졸중 데이터마다 별도로 뇌졸중을 진단해 자신의 진단을 시스템 결과와 비교해 성과를 평가했다. 추가로 교차 검진과 피드백을 통해 뇌졸중의 근본적 문제를 확인할 수 있었다.

핵심어 : 뇌졸중 검출, 머신러닝, 얼굴 특징 검출, 앙상블

Abstract

Stroke is the most common, dangerous single institutional disease and exacerbates the social burden in an aging society. Stroke can be examined through various imaging methods, and diagnosing stroke using CT images has the advantage of fewer space constraints and faster shooting time. However, the diagnosis through images is very difficult, so it is a big disadvantage of this method. In this paper, the study was conducted based on facial image data, not based on CT images, through the characteristics of imbalance in the face of stroke patients. Based on this concept, we proposed a preprocessing algorithm optimized for

1 Department Artificial Intelligence, Gachon University, Seongnam, Korea [Graduate Student]
e-mail: mgchae0405@gmail.com,

2 Department Computer Science, Gachon University, Seoul, Seongnam [Graduate Student]
e-mail: sabina.umirzaqova@mail.ru

3 Department Computer Science, Gachon University, Seoul, Seongnam [Professor]
e-mail: tkwhangbo@gachon.ac.kr (Corresponding author)

* 본 연구는 경기도의 경기도 지역협력연구센터 사업의 일환으로 수행하였음. [GRRC-가천2020(B04), AI기반 헬스케어 기기 개발]

* 이 논문은 2019년도 가천대학교 교내연구비 지원에 의한 결과임. [GCU-2019-0721]

Received(January 13, 2021), Review Result(1st: February 2, 2021), Accepted(February 5, 2021), Published(February 28, 2021)



© 2021 The Authors. Published by NCISS.
This is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.
To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

stroke using facial image data of patients. We developed machine learning-based algorithms by finding elements that can be quantified from facial images, and used data from stroke patients in actual hospitals to evaluate their performance. In order to evaluate the performance of the proposed algorithm and system, two hospital neurosurgeons diagnosed stroke separately for each stroke data and evaluated their performance by comparing their diagnosis with system results. Additionally, cross-checking and feedback allowed us to identify the underlying problem of stroke.

Keyword : Stroke Detection, Machine Learning, Face Feature Detection, Ensemble

1. 서론

인공지능 분야는 소프트웨어 개발뿐만 아니라 빅데이터를 수용할 수 있는 하드웨어 개발을 기반으로 빠르게 변화하고 있으며, 특히 의료 분야의 발전이 매우 활발하게 이루어지고 있다. 의료영상의 분석과 진단에는 높은 집중력과 많은 시간이 필요하고, 고도로 훈련된 전문가가 필요하며 작업의 강도와 난이도가 매우 높다.

최근 인공지능 기술의 성능과 속도는 실제 의료에 활용될 정도로 강력하고 정확하다. 다만 뇌졸중의 경우 희귀질환이기 때문에 환자 데이터가 부족하고, 병원이 독립적으로 데이터를 관리하고 있어 대규모 데이터 세트 구축이 매우 어렵다.

따라서 본 논문에서는, 사람의 눈으로는 구분이 어려운 데이터와 소량의 의료 영상 데이터셋에서 신뢰할 수 있는 뇌졸중 질환을 분류할 수 있는 인공지능 기반 시스템을 제안한다. 또한 입 주변에서의 불균형이 크게 나타난다는 점을 고려하여 측정 알고리즘 개발 및 머신러닝 기술 접목을 통해 도출해낸 성능을 평가하고 분석모델을 제안한다.

2. 관련 연구

2.1 뇌졸중 질환

뇌졸중은 뇌에 혈액을 공급하는 혈관이 막히거나 터지면서 뇌 손상과 그로 인한 신체적 장애를 일으키는 질환이다. 세계보건기구(WHO)에 따르면 뇌졸중은 매년 약 620만명의 사망자가 발생하며 30~40대에서도 흔하게 발생해 매우 위험하고 광범위한 질병으로 인식되고 있다. 뇌졸중 발생 시 뇌에 산소와 영양소 공급이 부족하면 뇌조직의 기능장애로 이어질 수 있다.

출혈성 뇌졸중은 대체로 자발적이고, 외상인 뇌조직 내 혈관이 터지면서 뇌가 직접적으로 손상되는 경우로 분류되지만, 자발성 뇌출혈인 출혈성 뇌출혈을 보통 출혈성 뇌졸중이라고 한다. 두 종류의 뇌졸중 모두 응급처치가 필요한 상황이기 때문에 최대한 빠르게 조치를 취해야만 한다. 적절한 응급처치가 이루어지지 않으면 생명을 위협하거나 치명적인 후유증이 남을 수 있다 [1].

American Stroke Association(미국뇌졸중협회)에 따르면 한쪽 얼굴이 처지는 정도와 미소에서의 비

대칭 정도는 뇌졸중 초기 증상을 결정하는 중요한 요인 중 하나로, 뇌졸중으로 이어질 수 있는 요인을 분석한 결과 얼굴 비대칭이 뇌졸중 초기 증상을 판단하는 주요 요인이 되는 것으로 나타났다 [2]. 이 논문은 이러한 초기 뇌졸중의 증상을 효과적으로 판단하기 위해 기계학습 기술을 적용해 얼굴에 대한 비대칭 정보를 자동으로 분석하는 모델을 제안한다.

2.2 기계학습

본 연구에서는 인공지능 기술 중에서 많은 주목을 받고있는 머신러닝 기반의 모델을 활용하여 뇌졸중 판단 Classification을 수행한다. 머신러닝이란 데이터를 컴퓨터 자체에서 학습하여 결과를 예측하는 분야이다 [3]. 학습 데이터의 의존도에 따라 주로 Supervised learning(지도학습)과 Unsupervised learning(비지도학습)으로 나눈다 [4]. 머신러닝(Machine learning)으로 불리는 기계학습은 입력된 데이터를 기반으로 규칙이나 지식을 스스로 학습하기 위해 데이터를 추상화하고 특성화할 필요가 있다. 인간의 개입이 필요한 머신러닝과 달리 딥러닝은 데이터를 변형하고 추상적인 기능을 스스로 학습할 수 있다 [5].

3. 뇌졸중 분류를 위한 모델

본 논문에서 기존 연구의 문제점과 한계를 설명하고, 제시하는 문제들을 해결하고 뇌졸중 판별을 위한 알고리즘의 전체적인 구조와 데이터 활용을 위한 전처리 과정, 사용된 머신러닝 기반 모델에 대해서 설명한다.

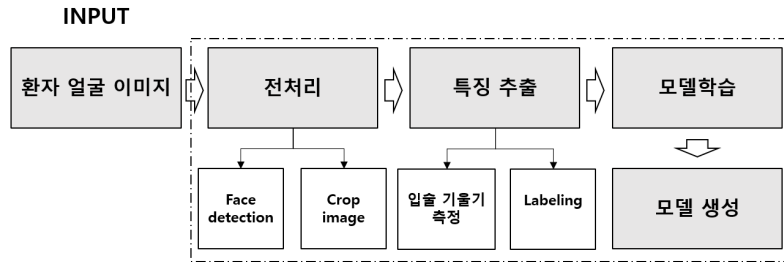
3.1 기존 연구의 문제점 및 한계

ImageNet, CIFAR-10 같은 대용량 공공데이터는 일반인이 확인해도 답을 알 수 있는 사물 등 일반 사물에 대한 정보를 담은 이미지로 구성되어 있다. 하지만 본 연구의 경우 의료영상 데이터 부족으로 대용량 데이터 세트 구성이 쉽지 않다. 많은 데이터를 요구하는 딥러닝 모델의 경우, 주어진 train data만으로 모델을 학습할 경우 학습 자체가 불가능해지며, 과적합 등 문제가 발생한다. 이러한 문제는 신경망의 성능을 향상시키기 위해 Data Augmentation과 같은 알고리즘이 적용된다. 하지만 이는 또 한번의 과적합 문제를 발생시킬 수 있다 [6].

3.2 시스템 구조

이 논문에서 제안하는 시스템은 뇌졸중 환자로부터 얻은 이미지를 활용하여 전처리 및 머신러닝 기술을 통해 뇌졸중 환자와 아닌 경우를 구분하는 것이다. 이 시스템은 환자의 한쪽 얼굴에서

미소를 띄었을 때 나타나는 비대칭이, 초기 뇌졸중을 결정하는 요인 중 하나라는 점을 이용해, 뇌졸중 초기 증상을 판단한다. 환자 얼굴의 비대칭 정도를 수치화 하고, 수치들을 종합 해 기계학습 알고리즘에 접목시켜 비대칭 정도를 자동으로 분석하는 시스템을 제안한다. 또한 기존의 뇌졸중 분류 방법을 위한 시스템의 문제점에서, 고성능의 장비가 필연적이라는 단점과 뇌졸중 특성상 급성 뇌졸중 발현 이후 빠른 조치가 필요하다는 한계점을 해결하기 위해서 다음과 같은 방법으로 시스템 개선을 목표로한다.



[그림 1] 시스템 구조
 [Fig. 1] System structure

제안하는 시스템의 전체적인 구조는 [그림 1]과 같다. 지금까지 기술한 문제점들과 연구의 한계들을 극복하기 위해 다음과 같은 방법들을 사용하여 환경을 개선했다.

본 연구에서는 제공받은 데이터의 적은 수가 큰 약점이라 할 수 있다. 그렇기 때문에 수치를 통해 classification을 수행하는 Machine learning 기반 알고리즘을 활용할 것이다. 또한 부족한 데이터를 보충하기 위해, 오픈 데이터셋인 FACES dataset [7]을 활용하여 데이터를 추가적으로 확보했다.

3.3 Dataset

병원으로부터 제공받은 Stroke(뇌졸중) 데이터와 Normal(일반) 데이터를 기반으로 데이터 셋을 구성했다. 데이터는 몇가지 표정으로 제공받았다. 그 중에서 뇌졸중 판별 여부 중 하나인 얼굴의 불균형이 잘 들어나는 경우를 채택하여 진행하였다. [그림 2]는 환자 이미지 데이터의 예시이다.

제공받은 이미지에서 Normal 데이터의 경우 현저히 적었기에 FACES Dataset을 활용하여 병원에서 제공받은 데이터와 비슷한 경우의 사진들만 데이터에 추가하도록 했다. Stroke의 경우에는 의사의 진단 이후 뇌졸중 판별이 확정된 환자들의 데이터만을 사용해야 했기에, FACES Dataset은 Normal의 경우에만 추가하였다. FACES Dataset은 [그림 3]과 같다.

3.4 Preprocessing

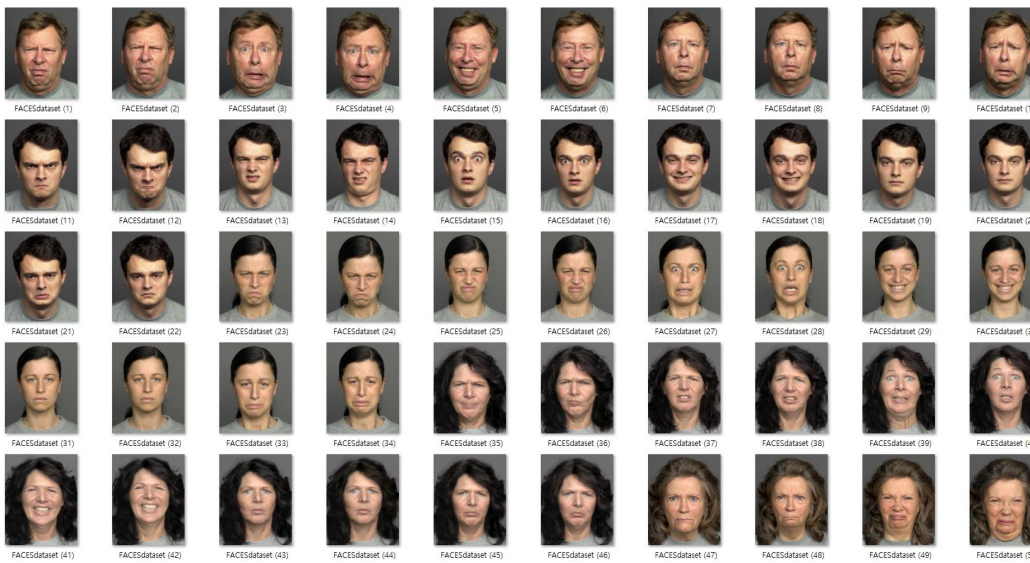
얼굴인식 모델을 적용하였을 때, 인식이 잘 되지 않는 등의 문제가 발생하였다. 또한 데이터를

통해서 얻고자 하는 특징이 각기 달라 통일된 구조의 데이터를 확보하고자 전처리를 진행하였다.

[그림 4]는 전처리 이후의 이미지 데이터를 보여준다. 환자의 이미지 자체가 얼굴이 정방향이 아니라 기울어진 경우가 있어 완벽한 통일성을 이루지 못하였다. 이를 해결하기 위해 얼굴 인식 라이브러리 OpenFace를 활용하였다. OpenFace는 Dlib 또는 OpenCV를 이용해서 훈련된 모델로 얼굴 영역을 감지한다. 감지된 얼굴영역을 OpenCV의 변환기능과 Dlib의 실시간 얼굴추론을 이용해서 모든 사진에서의 얼굴 정규화를 한다.



[그림 2] normal, stroke 환자이미지 데이터
[Fig. 2] normal, stroke Patient image data



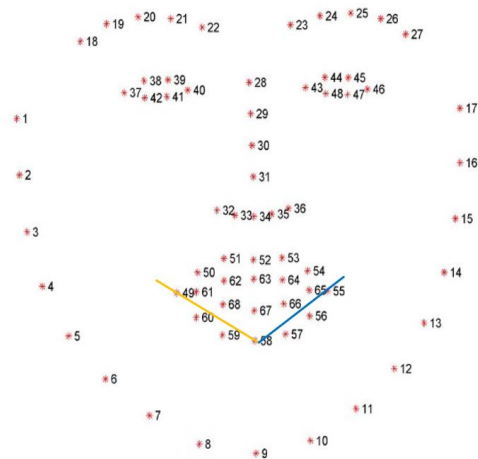
[그림 3] FACES 데이터 셋
[Fig. 3] FACES Dataset



[그림 4] 데이터 전처리 후 이미지
 [Fig. 4] Image after data preprocessing

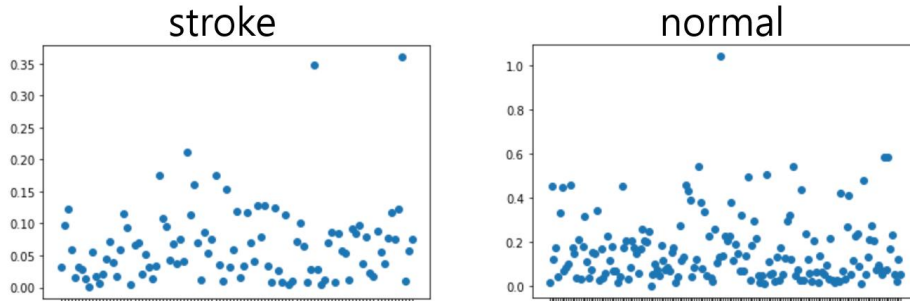
3.5 특징 추출

얼굴의 불균형을 수치화시키기 위해서 전처리된 데이터를 활용하여 몇 가지 테스트를 진행하였다. Face Detection을 통해 얼굴에서 각 영역에 맞는 68개의 point를 활용하고자 하였고, point 중 입 주변의 포인트에 해당하는 point 위치를 통해 몇 가지 기울기 측정과 거리측정을 진행하였다. 그중 한 예시를 [그림 5]로 표현하였다.



[그림 5] 기울기 측정 예시
 [Fig. 5] An example of tilt measurement

입술 아랫부분의 기울기를 측정하기 위해 위 그림과 같이 기울기를 측정하여 그 차이를 입력했다. 뿐만아니라 기울기의 차이를 계산하였을 때, 뇌졸중 환자의 경우와 일반인의 경우의 차이가 유의미한 요소를 더 찾아내어 Classification 하는데 사용할 수 있도록 채택했다.



[그림 6] Stroke data 기울기와 Normal data 기울기 분포

[Fig. 6] Stroke data slope and Normal data slope distribution

유의미한 정도를 측정하는 기준은 [그림 6]과 같이 뇌졸중 환자의 경우 수치 분포 정도와 일반인 경우 수치 분포 정도를 비교하여, 그 차이가 클수록 유의미하다고 판단하였다. 이와 같은 방식을 통해 유의미함을 도출하였고, 총 5가지의 방식을 채택하여 머신러닝 기반 Classification 알고리즘을 적용하였다.

3.6 실험 결과

모델 학습과 성능 평가를 진행하기 위해서 다섯 가지의 머신러닝 모델을 비교하였다. 머신러닝 모델로는 Classification 알고리즘 중 잘 알려진 Decision Tree, Random Forest, GBM, XGBoost, LightGBM 등의 알고리즘을 활용했고 그 결과를 [표 1]로 정리했다. GBM 알고리즘의 경우 다른 알고리즘의 정확도보다 높은 결과를 보여줬다.

[표 1] 모델별 성능 비교 실험 결과

[Table 1] Performance comparison experiment result by model

| 알고리즘 | 정확도 |
|---------------|-------|
| Decision Tree | 82.95 |
| Random Forest | 86.36 |
| XGBoost | 85.22 |
| LightGBM | 86.36 |
| GBM | 91.06 |

4. 결론

인구 고령화와 만성적인 의료인력 부족 등으로 인공지능 기반 의료영상인식 기술의 중요성이 높아지고 있다. 이와 함께 기계학습 기술의 발달로 다양한 질병에 대한 많은 연구가 이루어졌고, 정확도도 상당한 수준으로 높아졌다. 그러나 의료영상은 촬영기기에 따라 데이터 편차가 크고, 환자 의료정보의 보안, 의료서비스 제공자의 독립적인 데이터 관리 등의 문제로 신뢰할 수 있는 기계학습 시스템을 구축할 수 있는 데이터가 부족하다.

또한 데이터 신뢰도가 높고 다양한 정보를 제공하는 자기공명영상(MRI) 기반의 기계학습 시스템에 비해 CT와 X-ray 의료영상을 활용한 기계학습 시스템은 현재까지 연구가 적어 시장성을 위한 성능 확보가 어려운 실정이다. 뇌졸중 등 신속한 의료 조치가 필요한 질환의 경우 기계학습 시스템에 대한 수요가 매우 높다.

본 논문에서는 위에서 명시한 문제들을 해결하고자 환자의 얼굴 이미지 데이터로부터 뇌졸중 판별 분류 모델을 제안했다. 하지만 연구에서 사용되었던 데이터의 부족함과, 데이터 편차에 대한 미흡한 극복으로 인해 추후 더 많은 데이터와 새로운 환경에서의 데이터 수집, 새로운 머신러닝 알고리즘 및 최적화된 매개변수 설정 등 추가적인 연구가 필요하다.

또한 환자의 얼굴 이미지 혹은 의료영상 데이터로부터 뇌졸중 여부를 빠르게 판단하고 정확도를 높이기 위한 개선을 통해 부족한 점을 극복하고, 임상적 장점을 갖고 시장성을 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

References

- [1] J. H. Pexman, P. A. Barber, M. D. Hill, R. J. Sevick, A. M. Demchuk, M. E. Hudon, W. Y. Hu, A. M. Buchan, "Use of the Alberta Stroke Program Early CT Score (ASPECTS) for Assessing CT Scans in Patients with Acute Stroke", *American Journal of Neuroradiology*, vol. 22, no. 8, September 2001, pp. 1534-1542.
- [2] F. Gotoh, Y. Terayama, T. Amano, "Development of a Novel, Weighted, Quantifiable Stroke Scale: Japan Stroke Scale", *Stroke Scale Committee of the Japan Stroke Society*, vol. 32, issue. 8, August 2001, pp. 1800-1807, doi: 10.1161/01.str.32.8.1800.
- [3] N. Pillay, R. Qu, D. Srinivasan, B. Hammer, K. Sorensen, "Automated Design of Machine Learning and Search Algorithms", *IEEE Computational intelligence magazine*, vol. 13, issue. 2, May 2018, pp. 16-17, doi: 10.1109/MCI.2018.2806988.
- [4] J. B. Yu, M. S. Shin, T. K. Kwon, "Analysis of Research Trend on Machine Learning Based Malware Mutant Identification", *Journal of The Korea Institute of Information Security and Cryptology*, vol. 27, no. 3, June 2017, pp. 12-19.

- [5] J. Wang, R. Gao, Y. Huo, S. Bao, Y. Xiong, S. L. Antic, T. J. Osterman, P. P. Massion, B. A. Landman, "Lung cancer detection using co-learning from chest CT images and clinical demographics", *SPIE Medical Imaging*, 16-21 February, 2019, California, United States, pp. 10949, doi: 10.1117/12.2512965.
- [6] N. Guberina, U. Dietrich, A. Radbruch, J. Goebel, C. Deuschl, A. Ringelstein, M. Köhrmann, C. Kleinschnitz, M. Forsting, C. Mönninghoff, "Detection of early infarction signs with machine learning-based diagnosis by means of the Alberta Stroke Program Early CT score (ASPECTS) in the clinical routine", *Neuroradiology*, vol. 60, no. 9, July 2018, pp. 889-901, doi: 10.1007/s00234-018-2066-5.
- [7] A. C. Holland, N. C. Ebner, T. Lin, G. R. Samanez-Larkin, "Emotion identification across adulthood using the Dynamic FACES database of emotional expressions in younger, middle aged, and older adults", *Cognition and Emotion*, vol. 33, no. 2, March 2018, pp. 245-257, doi: 10.1080/02699931.2018.1445981.