

영상 인식 기반 신속 인플루엔자 자동 판독 기법 개발

이지은^{1,2} · 주윤하² · 이정찬³

¹국방기술품질원, ²서울대학교 대학원 협동과정 바이오엔지니어링 전공, ³서울대학교 의과대학 의공학교실

Development of Automated Rapid Influenza Diagnostic Test Method Based on Image Recognition

Ji Eun Lee^{1,2}, Yoon Ha Joo² and Jung Chan Lee³

¹Defense Agency for Technology and Quality,

²Interdisciplinary Program in Bioengineering, Graduate School, Seoul National University,

³Department of Biomedical Engineering, Seoul National University College of Medicine

(Manuscript received 29 March 2019 ; revised 24 May 2019 ; accepted 4 June 2019)

Abstract: To examine different types of influenza diagnostic test kits automatically, automated rapid influenza diagnostic test method based on image recognition is proposed in this paper. First, the proposed methods classify a variety of the rapid influenza diagnostic test kit based on support vector machine that analyzes the kits' feature point. Then, to improve the accuracy of test, the proposed methods match the histogram of both the target image of influenza kit and the input image of influenza kit for minimizing the effect of environment factors, such as lighting and exposure variations. And, to minimize the effect from composition of the hand-helds devices, the proposed methods extract the feature point and match point-by-point between target image of influenza kit and input image of influenza kit. Experimental results of 124 experimental group show that the proposed methods significantly have effectiveness, which shows 90% accuracy in moderate antigen, for the preliminary examination of influenza, and provides the opportunity for taking action against influenza.

Key words: Influenza, Biosensor, Influenza diagnostic test, Image analysis system, Immunochromatography, Immunoassay, Hand-held devices

1. 서 론

독감은 인플루엔자 바이러스에 의한 급성 호흡기 질환으로, 코, 목 등의 상부 호흡기나 폐 등의 하부 호흡기에 침범하여 고열, 두통 등과 같은 증상을 유발한다. 인플루엔자 바이러스는

A, B, C 형 3가지 형태의 바이러스가 있으나 이 중 A, B 형이 사람의 주요 병원체가 되고, 변이를 통하여 인구의 10%~20%에 매년 발병한다. 이 중 인플루엔자 바이러스 A형은 유전자가 분절로 되어 있어 사람, 조류, 포유류의 바이러스 간 유전자 재편성이 가능하여, 변이를 통하여 기존에 존재했던 바이러스에 대한 면역을 가지고 있던 사람에게도 감염이 가능하여 인플루엔자 바이러스에 의한 유행성 독감이 심각하게 발생하는 경우가 많다. 이러한 인플루엔자 바이러스에 의한 독감으로 인해 고위험군인 만성질환자, 노약자, 임산부 등의 입원율과 사망률이 매년 증가하고 있으며, 각국의 질병통제센터에서는 독감의 유행을 최소화하기 위하여 신속한 항바이러스제의 사용을 권고하였다.

신속한 항바이러스제의 사용을 위해서는 독감을 유발시키는 인플루엔자 바이러스에 대한 진단이 필수적인데, 인플루엔

Corresponding Author : Jung Chan Lee
Department of Biomedical Engineering, Seoul National University College of Medicine, 103 Daehak-ro, Jongno-gu, Seoul 03080, Korea
Tel: +82-2-740-8573
E-mail: ljch@snu.ac.kr

This work was supported by The Korean Health Technology R&D Project of the Ministry of Health & Welfare, Republic of Korea (HI13C1468, HI14C0559) and by the Fire Fighting Safety and 119 Rescue Technology Research and Development Program funded by the Ministry of Public Safety and Security (NEMA-Next Generation-2014-54).

자 진단 방법은 크게 바이러스의 세포 배양을 통하여 진단하는 방법, 인플루엔자 바이러스의 RNA를 검출하는 방법, 인플루엔자 항원 단백질을 검출하는 방법 등이 있고, 표준 시험법으로는 세포배양을 통해 인플루엔자 바이러스를 분리 검출하는 방법이 사용되고 있다.

신속하게 인플루엔자의 감염여부를 확인할 수 있는 검사 방법은 인플루엔자의 항원 단백질을 검출하는 면역 크로마토그래피인 신속인플루엔자검사(rapid influenza diagnostic test, RIDT)[1]가 주로 사용되고 있다. 이 방식은 검사선 A, B 등 위에 단일클론 A항체, 단일클론 B항체 등을 각각 흡착시킨 후 인플루엔자에 감염된 검체를 추출 용액으로 노출시킨 테스트 튜브에 검사용 스트립을 넣으면 A항체와 B항체 등에 대해 양성일 경우 각각의 검사선 A, B 등 위치에서 침착으로 인한 발색반응이 일어나게 된다[1]. 이 검진 방식은 30분 이내로 현장 진단이 가능한 장점을 가지고 있으나 타 검진 기법에 비하여 50~70%의 민감도를 가지고 있어, 높은 민감도를 갖는 다른 검사를 통해 확진할 것이 권고되었다[2]. 세포배양 및 인플루엔자의 핵산을 증폭하여 검출하는 방법인 실시간 중합효소 연쇄반응(realtime polymerase chain reaction, RT-PCR)[3]은 민감도 및 정확도에 있어 상당히 신뢰성이 있는 검사방법이나 긴 검진 시간이 소요되기 때문에 급성질환인 인플루엔자 감염환자에게 신속한 항바이러스제 처방 및 투약을 함에 있어 단점으로 작용한다. 뿐만 아니라 별도의 실험시설이 필요하여 응급 상황에서의 독감 검진의 비용이성 및 높은 검진 비용 등의 단점이 있다[3]. Rapid cell culture [4]의 경우, 세포 배양을 통하여 인플루엔자를 검진하는 방법으로 실시간 중합 효소 연쇄반응에 비하여 비용이 적게 들고 신속인플루엔자검사에 비하여 정확도와 검진도가 높은 장점이 있으나, 1~3일 정도의 검진 시간이 소요되기 때문에 급성 환자인 인플루엔자 감염환자에게 즉시 처방 및 투약이 제한된다.

따라서 다수의 인플루엔자 감염환자에게 신속한 항바이러스제의 사용을 위해서는 다종의 키트에 대한 인플루엔자 자동 판독이 필수적이다. 본 연구에서는 영상 인식 기반 신속 인플루엔자 기법을 활용하여 응급상황에서 다수의 인플루엔자 의심 환자 검체를 다중 독감 진단 검사 키트를 활용하여 신속하고 자동적으로 판독 방법을 찾고자 하였으며, 그 결과를 통하여 환자에게 신속한 항바이러스제 사용 등 응급상황에서 광역적 대응을 가능하게 하여 독감 바이러스에 의한 피해를 최소화하기 위한 연구를 진행하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 설계

본 연구에서는 응급구조사 등과 같은 응급의료종사자가

검진 시설에 내방하기 전 다수의 인플루엔자 감염 의심 환자의 검진을 위하여, 다수 및 다종의 독감 키트를 활용한 신속한 독감 자동 판독을 가능케 하는 영상 인식 기반 신속 인플루엔자 자동 판독 기법을 개발한다. 이 방법을 활용하면 일상 환경에서 신속 인플루엔자 키트와 휴대폰 등과 같이 카메라가 내장된 휴대장치를 보유하고 있으면 검진 시설에 내방하기 전에 간이 진단 및 대응이 가능하다.

일상 환경에서 영상 기반으로 독감을 자동 판독하기 위해서는 다음과 같은 주요 환경 요인을 최소화한 검진이 필수적이다. 첫째, 다양한 종류의 독감 키트에 대한 자동 판독을 위해서는 각 키트를 분류하고 각 키트에 맞는 독감 판독 기법을 적용하여야 한다. 이는 각 키트 제조사마다 상이한 스트립과 키트 구성을 가지고 있기 때문에, 동일한 방식으로 다종의 독감 판독을 한다면 자동 판독의 오류율을 높게 된다. 둘째, 다양한 휴대장치를 사용함에 따라서 휴대장치마다 상이한 카메라 센서를 보유하고 있을 뿐만 아니라 사용하는 환경이 다르기 때문에 색 항상성(color constancy)을 유지하기가 어렵다. 색 항상성이란 광원의 위치, 색상, 센서 등의 영향을 최소화하여 물체의 색이 변하더라도 물체 본연의 색으로 인지하는 것으로, 색 항상성이 유지되지 않으면 독감 판독의 오류율이 증가한다. 셋째, 휴대장치를 활용하여 검진 키트를 촬영하는 구도 등에 따라 화각, 촬영 각도 등이 상이한 문제가 발생한다. 이로 인해 직사각형의 독감 판독 키트가 다양한 형태의 독감 검진 키트로 인식되는 등 판독 오류를 증가시키게 된다.

따라서 본 연구에서는 다종의 인플루엔자 키트, 다양한 광원 환경, 다양한 촬영 구도 등에 강인하도록 기계학습 기반의 키트 분류 기법, 결합 누적 분포 함수 기반의 영상 보정 기법, 특징점 검출 기반의 영상 변환 기법을 통하여 영상 인식 기반의 신속 인플루엔자 자동 판독 기법을 개발한다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 앞서 언급한 주요 환경적 요인으로 인한 인식률 하락 문제를 해결하기 위하여, 그림 1의 프로세스를 통하여 독감 키트 자동 판독을 위한 영상 처리 기법을 제안한다. 우선 다종의 독감 키트에 강인한 자동 독감 판독을 위하여 독감 키트 분류 기법을 수행한다. 영상의 특징을 기반으로 객체를 분류하는 기법이 널리 사용되고 있는데[5,6], 본 연구에서는 SURF(speeded up robust features)[7]를 기반으로 다종의 키트 데이터의 특징점을 추출하여, 이를 분류의 기준으로 설정하고 독감 판독 키트를 분류하였다. 그림 1과 같이 다종의 독감 키트를 분류하기 위한 독감 키트 분류 기법은 우선 독감 키트 분류기를 생성하기 위하여 독감 키트의 ‘특징점’을 분류의 기준으로 설정하고, 각 샘플마다 SURF[7]을 기반으로 특징점을 추출한다. 이 ‘특징점’이

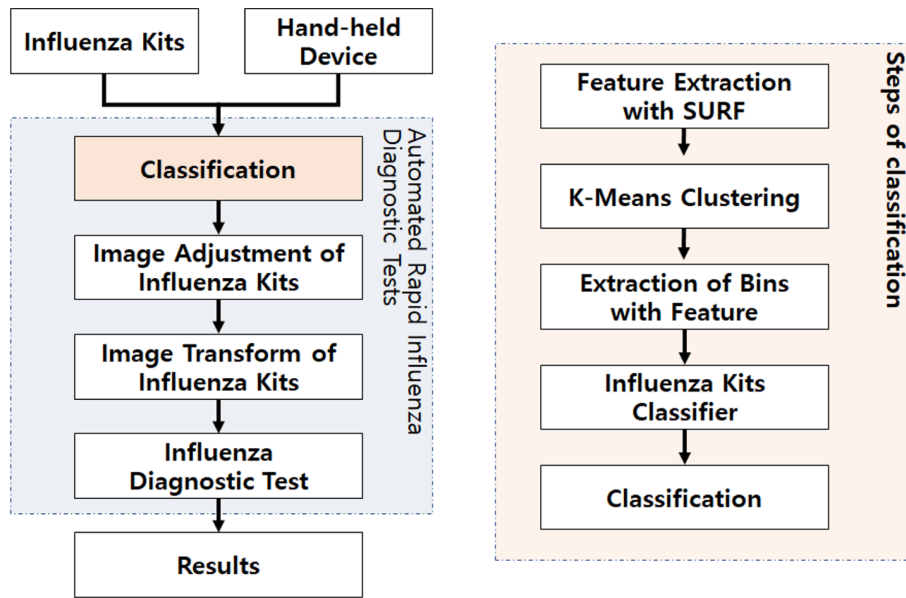
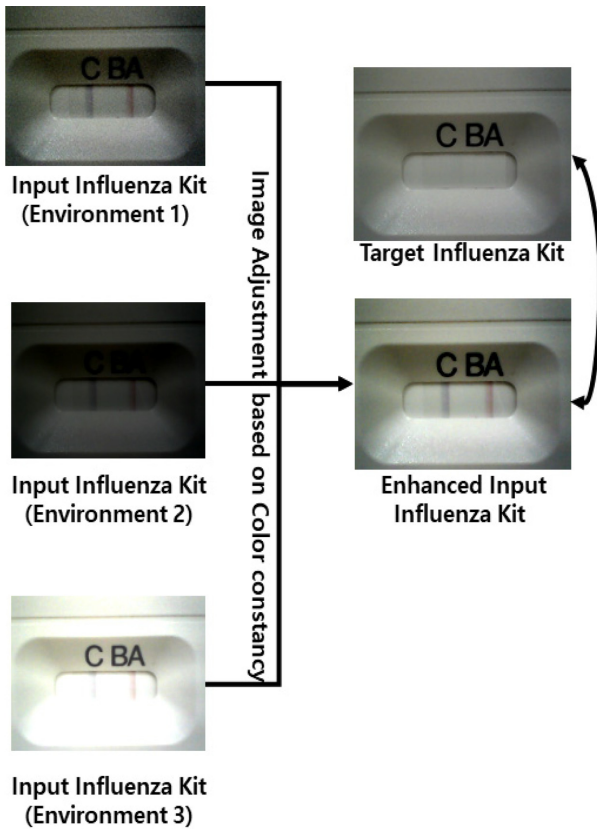


그림 1. 제안하는 독감 키트 자동 판독을 위한 영상 처리 기법 프로세스.
 Fig. 1. Process of the proposed automated rapid influenza diagnostic tests.

분류 인자가 되고 ‘독감 판독 키트’가 분류의 대상이 된다. 다종의 독감 키트 영상들에 대하여 SURF를 기반으로 특징점을 추출할 때, 특징점의 수가 많기 때문에 이에 대한 최적화가 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 특징점의 강도를 기반으로 주요 특징점을 선별하고, K-Means 클러스터링을 통하여 군집화를 수행한다. 앞서 추출된 주요 특징점을 K개의 초기값으로 부여하고, 클러스터링을 반복적으로 수행 및 최적화하여 K개의 집단으로 군집화 한다. 각각의 학습 샘플들은 이렇게 군집화된 K개의 특징점들이 각 학습 샘플에서 나오게 되는 특징점들의 빈도수로 각각의 특성을 학습하게 되고, 이는 일종의 특징점 기반의 히스토그램이라고 볼 수 있다. 이 군집화된 히스토그램 정보를 기반으로 다종의 샘플을 SVM(support vector machine)[8]으로 학습시키고 키트를 분류할 수 있는 독감 판독 키트 분류기를 생성한다. 이렇게 학습된 독감 키트 분류기를 기반으로 판독하고자 하는 입력 판독 키트 영상을 분류기에 입력한다. 이 때, 입력된 판독 키트 영상에서 추출된 특징점 값을 활용하여 독감 키트 분류기를 통하여 키트를 분류하게 됨에 따라, 다종의 독감 키트에도 강인한 독감 자동 판독기를 생성하였다. 그러나 영상 기반의 독감 자동 판독은 일반적으로 비교하는 두 영상의 광원 환경이 유사하여 색 항상성을 가진다는 가정 하에 인식 프로세스를 거치는데, 휴대장치에 포함된 이미지 센서의 차이나 독감 판독 키트를 촬영하는 광원 환경이 상이하다면 다른 독감 판독 키트로 인식하게 되어 판독 오류가 발생하게 된다. 따라서 본 연구에서는 판독 키트 영상 간의 색 항상성을 유지하기 위하여 그림 2와 같이 입력된 판별

샘플 영상에서 광원 환경의 영향을 최소화하기 위한 순위 함수 기반의 영상 보정 기법을 수행한다. 이를 통하여 광원의 색상, 밝기 등의 의한 차이를 최소화한 개선된 판별 샘플 영상을 획득한다. 그림 2는 동일한 독감 판독 키트를 사용하여 상이한 세 가지 환경에서 획득된 입력 판별 샘플 영상이 참조 샘플 영상과 유사하도록 보정된 사례를 나타내었다. 본 연구의 순위 함수 기반 영상 보정 기법은 독감 키트 영상의 히스토그램을 기반으로 수행되었다. 히스토그램은 인플루엔자 판별 반응 결과물이 촬영된 영상 안에 분포되어 있는 화소값의 확률적인 분포를 나타내는 것으로, 독감 키트의 스트립 발현 결과를 제외하고 다른 환경적인 요인이 없다면 두 독감 판독 영상은 동일한 히스토그램을 나타내야 한다. 즉, 참조샘플 영상을 T로, 판독 영상을 S로 가정하고 참조샘플 영상 T 안의 한 화소를 p, 판별샘플 영상 S에서 영상 T의 p와 동일한 위치에 존재하는 화소를 q라고 가정한다면, 화소값 T(p)와 S(q)는 동일한 키트를 사용하였으므로 동일한 화소값을 가져야 한다. 그러나 그림 2와 같이 실제로는 다양한 광원 효과에 의하여 다른 히스토그램을 가지게 되고 이는 독감 자동 판독의 오류를 발생시키는 주요 원인이 된다. 색 항상성이 유지된다고 가정한다면 스트립 발현을 제외하고 같은 객체를 촬영한 참조 영상과 판독 영상의 확률적 분포를 나타내는 누적 히스토그램은 동일하게 나타나야 하므로, 이를 활용하여 두 영상 간의 광원의 차이를 최소화하는 영상 보정 기법을 수행한다. 본 연구에서는 결합누적분포함수 기반 영상 보정 기법은 색을 구성하는 3요소인 빨강(Red), 녹색(Green), 파랑(Blue)를



100 그림 2. 제안하는 독감 자동 판독 기법의 독감 키트 영상 보정 프로세스.
 Fig. 2. The image adjustment process of the proposed automated rapid influenza diagnostic tests.

기반으로 결합된 히스토그램을 사용한다. 우선 칼라 영상을 구성하는 R, G, B를 각각 빨강, 녹색, 파랑을 나타내는 랜덤 변수라고 정의할 때, $h_R(r)$, $h_G(g)$, $h_B(b)$ 는 히스토그램을 나타낸다. 빨강, 녹색, 파랑의 색상 센서가 각각 다른 센서에 독립적으로 반응한다고 가정한다면 3차원 히스토그램의 결합확률질량함수(joint probability mass function) $h_{RGB}(r, g, b)$ 는 다음과 같이 정의된다[9].

$$h_{RGB}(r, g, b) = h_R(r)h_G(g)h_B(b) \tag{1}$$

이를 기반으로 결합 누적 분포 함수(joint cumulative distribution function, JCDF) $H_{RGB}(r, g, b)$ 는 다음과 같이 정의할 수 있다[9].

$$H_{RGB}(r, g, b) = Pr\{R \leq r, G \leq g, B \leq b\} = \sum_{r'=0}^r \sum_{g'=0}^g \sum_{b'=0}^b h_{RGB}(r', g', b') \tag{2}$$

결합 누적 분포 함수 $H_{RGB}(r, g, b)$ 의 값은 영상 내의 화소의 우선순위를 나타낸다. 독감 판별 반응 결과물은 전체 판별 영상에서 분포하는 비율이 매우 낮기 때문에, 참조 샘플 영상 T와 판별 샘플 영상 S의 화소값을 기준으로 정렬하였을 경우 같은 피사체의 한 지점을 가리키는 화소의 순위는 동일해야 한다. 따라서 이를 기반으로 참조 샘플 영상 T와 판별 샘플 영상 S의 화소들을 정렬하고, 각 화소의 정렬 순위에 따라서 각각 정합한다. 이때의 정합된 화소 정보를 기반으로 벡터를 추출하고, 이를 기반으로 참조 영상의 광원에 맞도록 판별 샘플 영상 S의 화소값을 변환하는 아핀 사상(affine mapping) 기반의 영상 보정을 수행한다. 이를 통하여 참조 샘플 영상과 판별 샘플 영상의 센서 차이나 광원 차이를 보정함으로써 다양한 판별 상황에서도 강인한 독감 판독 결과를 획득할 수 있다.

또한 독감 키트 분류 및 독감 키트 영상을 보정하더라도 그림 3와 같이 휴대장치 카메라 센서 및 촬영 구도에 따라 상이한 독감 판독 영상이 촬영될 수 있으며 이는 자동 판독의 오류를 유발한다. 따라서 본 연구에서는 일상생활의 응급 환경 등에서 손 떨림, 촬영 구도, 내장 카메라 센서의 종류에 따라 발생하는 문제를 최소화하기 위하여 동일한 구도로 변환하는 독감 키트 영상 변환 기법을 수행한다. 우선 판독하고자 하는 입력 영상과 변환의 대상이 되는 참조 영상의 특징점을 SURF[7]를 통하여 추출하여 서로 정합(point-by-point matching)을 시켜준다. 이때 정합된 특징점들이 하나의 아핀 변환(affine transform)을 기반으로 기하학적 변환이 되는 특징점은 정상점(inlier)으로 포함시키고, 기하학 변환 분포에 포함되지 못하는 이상점(outlier)은 분포에서 벗어났기 때문에 제외한다. 이렇게 정상점에 해당되는 선을 정합하게 되면 그림 4(a)와 같이 참조 인플루엔자 키트 영

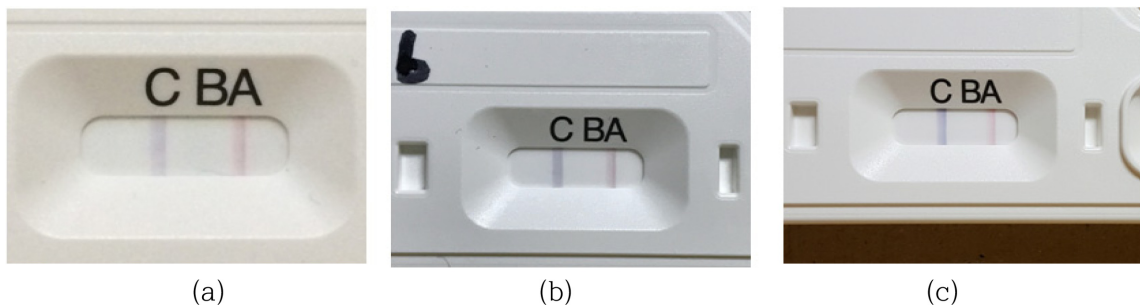


그림 3. 촬영구도에 따른 독감 키트 영상: (a) 휴대장치 A, (b) 휴대장치 B, (c) 휴대 장치 C.
 Fig. 3. Influenza kits with various compositions: (a) Hand-held device A, (b) Hand-held device B, (c) Hand-held device C.



그림 4. 특징점 기반의 영상 변환 기법 : (a) 영상 정합, (b) 영상 정합을 이용한 키트 정합결과.
 Fig. 4. Image transform with feature point : (a) Image matching, (b) Image transform.

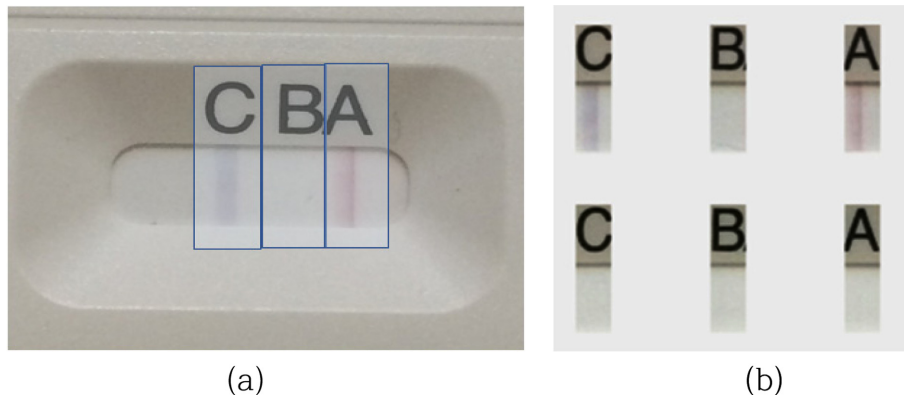


그림 5. ROI 기반의 독감 키트 판독 : (a) 독감 키트 관심 영역, (b) 스트립별 결과.
 Fig. 5. Influenza diagnostic tests based on ROI : (a) ROIs of Kit, (b) Results of strips.

상과 입력 판별 인플루엔자 키트 영상 간의 연결 정보를 얻을 수 있다. 이 정보를 기반으로 영상 변환을 수행하게 되면 인플루엔자 판독 정보가 포함되어 있는 관심영역(ROI, region of interest)이 정합되어 그림 4(b)와 같이 노란 박스로 정합 되게 되고, 이를 활용하여 판독을 수행한다면 촬영 구도, 내장 센서의 영향을 최소화할 수 있어 독감 키트의 자동 판독 오류를 최소화할 수 있다. 앞서 자동 인플루엔자 키트 판독은 그림 5와 같이 발현되지 않은 참조 인플루엔자 키트와 각 입력 검출 키트가 발현되는 관심영역 내의 A, B, C 영역에 대하여 CIE LAB 색공간 기반의 색상 유사도를 비교하여, 다음과 같이 독감 키트의 발현 여부를 최종적으로 검출한다.

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad \text{식 (3)}$$

이 때, 발현되지 않은 참조 인플루엔자 키트와의 색상차이가 발생하는 스트립을 발현 스트립으로 결과를 얻을 수

있고, 이를 기반으로 최종적으로 인플루엔자 발현 여부를 검진한다.

3. 실험 구성

본 연구에서는 독감 키트 자동 판독을 위한 영상 처리 기법의 성능을 확인하기 위하여 표 1과 같이 신속인플루엔자 키트 2종(Denka Seiken社 퀵나비 플루, 레피젠社 퀵플루 3)와 4종의 휴대장치(애플 아이폰 5s, 아이폰 7 플러스, 모토로라 넥서스6, 삼성 갤럭시 노트5)를 활용하여 124개의 실험군을 대상으로 실험을 진행하였다. 이 때, 다종의 양성/음성 발현 키트와 독감 키트 스트립 발현 강도의 차이가 독감 키트 자동 판독에 미치는 영향을 확인하기 위하여 키트 제조사에서 제공하는 양성/음성 대조 스왑 항원을 활용하여 실험군을 생성하였다. 본 연구에서는 항원의 강도에 따라 독감 판별 키트에서 발현되는 스트립의 발현 강도 차이가 발

표 1. 독감 키트 자동 판독 실험군(개)

Table 1. Experimental group of influenza diagnostic tests (unit)

	Influenza A	Influenza B	Influenza A, B	etc.	Total
QuickNavi-Flu Kit	24	12	12	8	56
QuickFlu3 Kit	20	16	12	20	68
Total	44	28	24	28	124

생함에 따라, 항원 강도에 따른 독감 자동 판독의 영향을 분석하기 위하여 다음과 같이 실험군을 생성하였다. 항원을 희석하는 검체 희석액의 양에 따라 정량인 20 ml를 사용하였을 경우(1.0), 정량의 두 배인 40 ml를 사용하였을 경우(0.5), 정량의 4배인 80 ml를 사용하였을 경우(0.25)에 따라 실험 환경을 바꿔 측정하였다. 본 제안 기법은 The Mathworks 사의 MATLAB R2017a에서 지원하는 MATLAB GUI(Graphical User Interface) 기반의 프레임워크인 MATPIGUI를 기반

으로 제작되었다. 또한 본 실험은 4종의 휴대장치와 Intel(R) Core(TM) i5-4670 3.4GHz, 16GB RAM 기반의 워크스테이션을 기반으로 실험환경을 구성하였다.

III. 실험 결과 및 고찰

본 연구에서 제안하는 기법의 성능을 확인하기 위해서 다음과 같이 제안하는 알고리즘의 성능을 확인하였다. 표 2과

표 2. 제안하는 인플루엔자 키트 자동 판독을 위한 영상 처리 기법 실험 결과

Table 2. Experimental results of the proposed method

(a) QuickNavi-Flu Influenza Kit

test \ actual		A			B			AB			N/A		
		1.0	0.5	0.25	1.0	0.5	0.25	1.0	0.5	0.25	1.0	0.5	0.25
A	i5	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	i7+	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N6	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Note5	3	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
B	i5	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	i7+	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	N6	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0
	Note5	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
AB	i5	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
	i7+	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
	N6	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	Note5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N/A	i5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
	i7+	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0
	N6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
	Note5	0	1	0	0	1	1	0	1	0	2	0	0

(b) QuickFlu3 Influenza Kit

test \ actual		A			B			AB			N/A		
		1.0	0.5	0.25	1.0	0.5	0.25	1.0	0.5	0.25	1.0	0.5	0.25
A	i5	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	i7+	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N6	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Note5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	i5	0	0	0	2	1	1	0	1	1	0	0	0
	i7+	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0
	N6	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1
	Note5	0	0	0	2	1	1	0	0	1	0	0	0
AB	i5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	i7+	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	N6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	Note5	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
N/A	i5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2
	i7+	0	0	1	1	0	0	0	1	0	2	1	2
	N6	1	0	1	1	0	0	0	0	0	2	1	1
	Note5	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	1	2

*표 안의 숫자는 키트의 개수이며, 1.0, 0.5, 0.25는 항원의 강도임

같이 본 연구에서 제안하는 독감 키트 자동 판독 알고리즘을 통하여 실제 A형 독감이 발현된 키트의 판독 정확률은 84.1%, 실제 B형 독감이 발현된 키트의 판독 정확률은 82.1%, 실제 A, B형이 동시에 독감이 발현된 키트의 판독 정확률은 54.2%, 기타의 경우 96.4%의 정확도를 나타냈었다. 또한 전체 124개 독감 키트 실험군에 대해서는 80.6% 정확도를 나타냈었다. 사용된 독감 키트별 실험결과를 살펴보면 표 3과 같이 퀵나비 플루의 경우 전체 83.9%의 정확도를 나타내었으며, 킥플루 3의 경우는 77.9%의 정확도를 나타내었다.

항원 강도가 독감 키트 자동 판독의 정확도에 미치는 영향을 기반으로 상세히 분석한다면, 우선 항원 강도가 강할 경우 90.0%의 독감 키트 자동 판독 정확률을 나타내었으나, 항원 강도 중간일 경우와 약할 경우의 실험결과는 81.25%, 62.5%로 판독 정확률이 급격하게 떨어지는 것을 확인할 수 있다. 특히 그 중에서도 A, B 스트립이 동시에 발현된 독감 키트의 경우 항원 강도가 약하면 판독 오류가 87.5%에서 25.0%까지 급격하게 낮아진다. 이 실험결과를 통해서 독감 키트 자동 판독의 정확도를 높이기 위해서는 항원 강도가 적정 용량 이상이 포함되어야 함을 알 수 있다.

제안하는 인플루엔자 자동 판독 기법의 주요 구성별 영향을 살펴보기 위하여, 표 3과 같이 키트 분류, 광원 환경을 최소화 하기 위한 영상 보정, 촬영 환경의 영향을 최소화 하기 위한 영상 변환이 판독 결과에 미치는 영향을 살펴보았다. 우선 3가지 주요 구성을 모두 사용하지 않았을 경우 6.5%의 판독률로 매우 낮은 결과를 보이고 있었으며, 키트를 분류하지 않은 경우는 23.4%, 영상 변환을 수행하지 않은 경우에는 29.8%, 영상 보정을 하지 않은 경우 44.4%의 정확도를 보였다. 위의 실험 결과를 통하여 다른 분류 키트를 사용하거나 구도 변환을 하지 않은 경우 심각한 판독 오류가 발생할 수 있다는 점과, 광원 효과를 보정하지 않는 경우에도 오류가 발생함을 확인할 수 있다. 이를 통하여 본 연구에서 제안하는 기법의 주요 구성 요소가 인플루엔자 자동 판독의 정확도를 높이는 주요 요소임을 확인할 수 있다.

또한 사용된 휴대 장치별 실험 결과를 살펴보면 아이폰 5s의 경우 93.5%의 정확도를 나타내어 휴대 장치 중 가장

높은 정확도를 보였으며, 아이폰 7 플러스는 83.9%, 넥서스6는 74.2%, 갤럭시 노트5는 71.0%의 정확도를 나타내었다. 주요 오류를 확인해보면 퀵나비 플루의 경우 갤럭시 노트5에서, 킥플루3의 경우 넥서스6 휴대장치에서 높은 오류가 발생하고 있는 것을 확인할 수 있는데, 그림 6에서 확인할 수 있듯이 주요 오류가 발생하는 갤럭시 노트5와 넥서스6는 검출 스트립의 강도가 약하고 원거리에서 촬영되어 스트립 정보의 양이 낮았기 때문임을 확인할 수 있다. 따라서 비록 제안하는 기법이 영상 변환 기법을 포함하고 있어 다양한 환경적 요인을 제거하지만 스트립 발현 정도가 약하고 원거리에서 촬영할 경우에는 한계가 있으므로, 독감 키트 촬영 단계에서 오류가 최소화 되도록 촬영하거나 이를 보완하는 추가 연구가 필요하다.

IV. 결 론

본 연구에서는 응급구조사와 같은 응급의료종사자 등이 응급상황에서 다종의 인플루엔자 검사 키트를 간단한 휴대 장치를 이용하여 자동 판독할 수 있는 영상 인식 기반 신속 인플루엔자 자동 판독 기법을 제안하였다. 제안하는 기법은 다종의 키트, 광원 영향, 촬영 구도, 내장 센서 등의 다양한 환경적 변화 속에서도 독감 키트를 자동 판독할 수 있도록 구성되었다. 제안하는 기법은 총 124개의 실험군에 대한 실험을 통하여 적정 항원 강도에서 사용하였을 경우 90% 이상의 판독 정확률을 나타내고 있으며, 이를 통하여 다종의 독감 키트에 활용 가능하고, 실내/외, 날씨 변환에 따른 광원 차이에 따른 오류를 보정하며, 촬영 구도, 화각 등에 따른 촬영 환경에 영향을 최소화하여 높은 독감 키트 자동 판독 결과를 나타냄을 확인하였다. 추가적으로 제시된 독감 판독 오류 사례나 항원 강도에 따른 판독 정확률의 결과를 통하여 영상 기반의 자동 판독 시스템의 방향성을 제시하였다. 본 연구에서 제안한 기법을 활용한다면 검진 시설뿐만 아니라 이동형 응급체계, 개인 의료 시스템의 활용성을 넓힐 수 있고, 실시간으로 의료 서비스를 제공해줄 수 있을 뿐만 아니라[10], 자동 판독 정보를 데이터베이스화하여 활용한다면 통계학적

표 3. 단계별 인플루엔자 자동 판독을 위한 영상 처리 기법 실험 결과
Table 3. Experimental results of each steps for the proposed method

Method	# of True	Influenza A	Influenza B	Influenza A, B	etc.	Total/Accuracy
none		2	3	1	2	8/6.5%
illuminant+composition		11	7	4	7	29/23.4%
classification+illuminant		16	9	5	7	37/29.8%
classification+composition		21	13	7	14	55/44.4%
All		37	23	13	27	100/80.6%

/지정학적 분석이 가능해지므로 신속한 대응 뿐만 아니라 고 위험군의 입원율과 사망률을 낮출 수 있을 것이라고 기대할 수 있다.

참고문헌

- [1] H. J. Lee, "Rapid diagnostic tests for influenza," *Public Health Weekly Report*, vol. 5, no. 8, pp. 138-152, 2012.
- [2] https://www.cdc.gov/h1n1flu/guidance/rapid_testing.htm, accessed on Aug. 10, 2009.
- [3] J. Logan, K. Edwards, and N. Saunders, *Real-Time PCR: current technology and application*, Caister Academic Press, 2009.
- [4] M. M. Baddour, "Steps forwards in diagnosing and controlling influenza," *Intech*, 2016.
- [5] M. McTear, Z. Callejas, and D. Griol, *The conversational interface: talking to smart devices*, Springer International Publishing, 2016.
- [6] L. Fei-Fei and P. Perona, "A bayesian hierarchical model for learning natural scene categories," in *Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2005.
- [7] H. Bay, T. Tuytelaars, and L. Van Gool, "Surf: speeded up robust features," in *Proc. European Conference on Computer Vision*, May 2006, pp. 404-417.
- [8] C. Cortes and V. Vapnik, "Support-vector networks," *Machine Learning*, vol. 20, no. 3, pp. 273-297, 1995.
- [9] P. E. Trahanias and A. N. Venetsanopoulos, "Color image enhancement through 3-D histogram equalization," in *Proc. International Conference on Pattern Recognition*, Aug. 1992, pp. 545-548.
- [10] S.-K. Yoo, G.-K. Lee, N.-C. Paik, and W.-K. Kim, "Study on the real time medical image processing," *J. Biomed. Eng. Res.*, vol. 8, no. 2, pp.118-122, 1987.