



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

독감 키트 자동 판독을 위한
영상처리 알고리즘 개발

Development of Image Analysis Algorithm
for Automated Rapid Influenza Diagnostic Tests

2018년 7월

서울대학교 대학원

협동과정 바이오엔지니어링 전공

이 지 은

독감 키트 자동 판독을 위한 영상처리 알고리즘 개발

Development of Image Analysis Algorithm
for Automated Rapid Influenza Diagnostic Tests

지도교수 이 정 찬

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함
2018년 7월

서울대학교 대학원
협동과정 바이오엔지니어링 전공
이 지 은

이지은의 석사 학위논문을 인준함
2018년 7월

위 원 장 김 희 찬 (인)

부위원장 이 정 찬 (인)

위 원 최 진 욱 (인)

국문초록

독감은 인플루엔자 바이러스에 의한 급성 호흡기 질환으로, 코·목 등의 상부 호흡기나 폐 등의 하부 호흡기에 침범하여 고열·두통 등과 같은 증상을 유발한다. 독감을 유발하는 인플루엔자 바이러스는 A, B, C형이 존재하는데 이 중에서 A, B형 바이러스가 사람에게 주로 병을 일으키는 것으로 알려져 있으며, 고위험군(만성 질환자, 노약자, 임산부 등)의 입원율과 사망률을 증가시키고 있다. 전 세계적으로는 새(avian), 돼지(swine), 인간(human) 간의 인플루엔자 바이러스 유전자 재조합 및 변이에 의하여 다종의 아형이 생산되고 확산되어 수천만 명의 사망자를 초래하였으며, 이에 따라 각국의 질병통제센터에서는 독감에 대한 정부 차원의 신속한 대응 및 신속한 항바이러스제의 사용을 권고하고 있다.

이러한 독감의 신속한 원인 분석 및 항 바이러스제 투약을 위해서는 첫 번째로 여러 명의 대상자를 대상으로 하는 신속한 독감 진단 검사 수행이 필수적이며, 두 번째로는 검진 시설에 방문하기 전이라도 응급구조사 등과 같은 준의료인에 의한 신속한 간이 측정이 가능한 시스템이 필요하다. 세 번째로는 다수의 검진 키트 결과 정보를 데이터베이스화하여 주요 발병 지역, 발병 대상 등을 분석하여 대응할 수 있어야 한다. 이를 위하여 본 논문에서는 독감이 의심되는 환자를 대상으로 바이러스의 감염 여부를 신속하게 판독할 수 있는 독감 진단 키트 자동 판독을 위한 영상처리 알고리즘을 개발한다. 확산 속도가 빠른 인플루엔자 바이러스 특성 상 다수의 의심 환자를 대상으로 독감 감염 여부를 신속하게 판독하여 이를 데이터베이스화 하여 분석하고, 양성 반응자에 대한 신속한 정밀검진 및 항바이러스 투여가 필요한데, 본 연구에서 제안하는 알고리

즘을 활용한다면 자동 판독에 따른 인간의 오진을 최소화하고, 검진 시설에 내방하여 정밀진단을 받기 전까지 효과적으로 대응을 할 수 있다. 또한 다수의 역학적·생체학적 판독 정보를 데이터베이스화 시킨다면 이 정보를 이용하여 정부 차원의 조기 대응에 활용할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 다음과 같은 독감 자동 판독을 위한 영상처리 알고리즘을 개발한다. 우선 응급구조사 등과 같은 준의료인이 독감 의심환자에 대하여 신속 인플루엔자 검사 키트를 활용하여 검진을 하고, 이를 카메라가 내장된 휴대폰 등의 휴대 장치를 이용하여 키트 검진 결과를 촬영한다. 이를 독감 영상 판독 시스템에 업로드하면, 사용된 키트를 분류하고 독감 검진 결과를 분석하여 검진 결과 및 대처방법 및 해당 독감에 대한 정보를 사용자에게 안내하고, 검진 결과는 데이터베이스화 한다.

한 편, 이러한 독감 영상 판독 장치를 개발하기 위해서는 다음과 같은 문제 해결이 선행되어야 한다. 첫째, 정확한 독감 판독 기법의 적용을 위하여 신속 독감 진단 검사에 사용된 키트를 분류할 수 있는 분류 기법이 필수적이다. 둘째, 사용자가 검진 키트를 촬영하는 환경에 따라 이미지 센서·밝기·색온도 등의 여러 환경 요인에 따라 동일한 피사체라 하더라도 다른 피사체로 오인할 수 있는 정보를 획득하기 때문에, 이를 균일한 정보로 보정할 수 있는 영상 보정 기법이 필수적이다. 셋째, 촬영하는 휴대 장치의 특성 상 촬영된 영상이 다양한 촬영 구도를 가지므로 각각의 촬영 각도·화각 등이 상이하기 때문에 이를 유사한 구도로 변환할 수 있는 영상 변환 기법이 필수적이다. 마지막으로 검진된 키트를 분석하여 독감 진단 여부를 판단하고, 이를 활용하여 검진 결과 및 대응법을 데이터베이스화 할 수 있다면 보다 빠르고 정확한 대처가 가능할 것이다.

따라서 본 논문에서는 머신러닝 기반으로 사용한 검진 키트를 분류하는 키트 분류 기법, 결합 누적 분포 함수 기반으로 휴대 장치의 색 환경 요인에 의한 오작동을 사전에 최소화하는 영상 보정 기법, 그리고 휴대 장치의 촬영 구도에 따른 오작동을 최소화 하는 특징점 검출 기반의 영상 변환 기법을 개발한다. 또한 촬영된 독감 키트 영상을 기반으로 독감을 판독하고, 이에 따른 검진결과 및 대응법 제시, 데이터베이스화가 가능한 독감 판독 시스템을 개발을 통하여 독감에 대한 신속 대응이 가능한 시스템을 개발한다. 제안하는 기법은 다양한 키트·다양한 광원·다양한 색상을 가지는 조명 광원의 영향 및 다양한 촬영 각도·화각 등에 의한 촬영 구도의 영향을 최소화할 수 있어, 불특정 다수가 다양한 환경에서 자체적인 독감 영상 판독이 가능하다. 본 논문에서 제안하는 독감 자동 판독을 위한 영상처리 알고리즘의 성능을 확인하기 위하여, 4종의 휴대장치와 2종의 신속독감진단 키트로 구성된 31개의 독감 키트 샘플을 활용하여 다양한 환경 조건을 가지는 124개의 실험군을 제작하여 성능을 검증하고, 그 결과를 비교·평가하였다.

주요어 : 독감, 바이오센서, 독감 자동 판독, 영상 판독, 면역크로마토그래피 테스트, 면역 측정법, 휴대 장치

학 번 : 2016-28158

목 차

| | |
|-----------------------------------|----|
| 제 1 장 서 론 | 1 |
| 제 1 절 연구의 배경 | 1 |
| 제 2 절 연구의 목표 | 6 |
| 제 3 절 논문의 구성 | 6 |
| 제 2 장 방 법 | 7 |
| 제 1 절 독감 키트 자동 판독을 위한 영상처리 기법 ... | 7 |
| 1. 연구 이론 및 배경 | 7 |
| 2. 연구 방법 | 21 |
| 제 2 절 독감 자동 판독 프로그램 | 38 |
| 1. 프로그램 구성 | 38 |
| 2. 프로그램 방법 | 38 |
| 제 3 장 결 과 | 41 |
| 제 1 절 실험 환경 | 41 |
| 제 2 절 실험 결과 | 59 |
| 제 4 장 토 론 및 결 론 | 68 |
| 참고문헌 | 70 |
| Abstract | 72 |

표 목 차

| | |
|--|----|
| [표 3.1.1] 실험에 사용된 실험군 | 42 |
| [표 3.1.2] 실험에 사용된 휴대 장치 및 센서 사양 | 42 |
| [표 3.1.3] 독감 키트 자동 판독을 위한 영상 처리 기법 실험 결과 | 59 |
| [표 3.1.4] 독감 키트별 독감 키트 자동 판독을 위한 영상 처리 기법 실험 결과 | 60 |
| [표 3.1.5] 항원 강도별 독감 키트 자동 판독을 위한 영상 처리 기법 실험 결과 | 61 |
| [표 3.1.6] 휴대 장치별 독감 키트 자동 판독을 위한 영상 처리 기법 실험 결과 | 62 |
| [표 3.1.7] 독감 키트 자동 판독을 위한 영상 처리 기법 실험 결과(종합결과) | 64 |

그 립 목 차

| | |
|--|---|
| [그림 1.1] 신속 인플루엔자 검사 기법 (Rapid Influenza Diagnostic Test, RIDT) | 2 |
| [그림 1.2] 실시간 중합효소 연쇄반응 시스템이 내장된 thermal cycler | 2 |
| [그림 1.3] Rapid cell culture | 5 |
| [그림 2.1.1] 투과전자현미경(TEM)으로 촬영된 인플루엔자 바이러스의 형태 | 8 |

| | |
|---|----|
| [그림 2.1.2] 신속 인플루엔자 검사 키트 (RIDT) : | |
| A형 양성 반응 | 10 |
| [그림 2.1.3] 신속 독감 키트 종류 | 11 |
| [그림 2.1.4] 이미지 센서 기반의 독감 키트 자동 판독 | |
| 프로그램 | 11 |
| [그림 2.1.5] 광원 환경에 따른 독감 키트 자동 판독 | |
| 프로그램 | 14 |
| [그림 2.1.6] 광원 환경에 따른 신속인플루엔자 키트 영상 | 14 |
| [그림 2.1.7] 광원 환경에 따른 신속인플루엔자 키트 히스토 | |
| 그램:(a) 어두운 환경, (b) 일반 환경, (c) 밝은 환경 .. | 16 |
| [그림 2.1.8] 구도에 따른 신속 독감 키트 영상 | 19 |
| [그림 2.1.9] 제안하는 독감 키트 자동 판독을 위한 영상 | |
| 처리 기법 프로세스 | 23 |
| [그림 2.1.10] 독감 키트 분류 기법의 프로세스 | 25 |
| [그림 2.1.11] 색 항성성 기반 독감 영상 판독 기법 | |
| 프로세스 | 27 |
| [그림 2.1.12] 색 항상성을 위한 독감 영상 보정 기법 | 29 |
| [그림 2.1.13] 다양한 촬영 환경에 따른 독감 영상 차이 | 31 |
| [그림 2.1.14] 휴대 장치 및 촬영 구도에 따른 독감 판독 | |
| 영상 | 34 |
| [그림 2.1.15] 독감 영상 변환 기법 프로세스 | 34 |
| [그림 2.1.16] 특징점 기반의 영상 정합 | 35 |
| [그림 2.1.17] 특징점 기반의 영상 변환 | 35 |
| [그림 2.1.18] 독감 영상 판독을 위한 영역 분리 | 37 |
| [그림 2.1.19] 영상 변환 정보 기반의 독감 영상 판독 영역 | |
| 정합 결과 | 37 |
| [그림 2.2.1] 독감 자동 판독 프로그램 구성도 | 40 |

| | |
|---|----|
| [그림 2.2.2] 독감 자동 판독 프로그램 동작도 | 40 |
| [그림 3.1.1] Denka Seiken社 퀵나비 플루(QuickNavi-Flu) 검진 방법 및 판독의 예 | 43 |
| [그림 3.1.2] 레피젠社 퀵플루3 검진 방법 및 판독의 예 .. | 44 |
| [그림 3.1.3] 양성/음성 대조 스왑 항원을 통한 실험군 생성 ... | 45 |
| [그림 3.1.4] 독감 판별 키트 실험군(퀵나비플루, 아이폰5s) ... | 47 |
| [그림 3.1.5] 독감 판별 키트 실험군(퀵나비플루, 아이폰7 플러스) | 48 |
| [그림 3.1.6] 독감 판별 키트 실험군(퀵나비플루, 넥서스6) ... | 49 |
| [그림 3.1.7] 독감 판별 키트 실험군(퀵나비플루, 갤럭시 노트5) | 50 |
| [그림 3.1.8] 독감 판별 키트 실험군(퀵플루3, 아이폰5s) .. | 51 |
| [그림 3.1.9] 독감 판별 키트 실험군(퀵플루3, 아이폰7 플러스) .. | 52 |
| [그림 3.1.10] 독감 판별 키트 실험군(퀵플루3, 넥서스6) .. | 53 |
| [그림 3.1.11] 독감 판별 키트 실험군(퀵플루3, 갤럭시노트5) .. | 54 |
| [그림 3.1.12] 항원 강도별 실험군 (퀵나비플루, 아이폰5s) | 55 |
| [그림 3.1.13] 항원 강도별 실험군 (퀵나비플루, 아이폰7 플러스) · | 55 |
| [그림 3.1.14] 항원 강도별 실험군 (퀵나비플루, 넥서스6) | 56 |
| [그림 3.1.15] 항원 강도별 실험군 (퀵나비플루, 갤럭시노트 5) ... | 56 |
| [그림 3.1.16] 항원 강도별 실험군 (퀵플루3, 아이폰5s) | 57 |
| [그림 3.1.17] 항원 강도별 실험군 (퀵플루3, 아이폰7플러스) | 57 |
| [그림 3.1.18] 항원 강도별 실험군 (퀵플루3, 넥서스6) | 58 |
| [그림 3.1.19] 항원 강도별 실험군 (퀵플루3, 갤럭시노트5) | 58 |
| [그림 3.1.20] 퀵 나비 플루 주요 오진 사례(갤럭시 노트5) | 66 |
| [그림 3.1.21] 퀵플루3 주요 오진 사례 (A, B형) | 66 |
| [그림 3.1.22] 퀵플루3 주요 오진 사례 (A형) | 66 |

제 1 장 서 론

제 1 절 연구의 배경

재난은 일반적으로 자연, 혹은 인위적 요인으로 인하여 현 의료체계에 서 제공할 수 있는 구급자원을 넘어선 상황이라고 볼 수 있다. 과거 재난은 홍수, 지진과 같은 대규모의 자연재해를 지칭하였으나 최근 화생방 및 핵물질에 의해 야기되는 CBRN(CheMical, BioloGical, RadioloGical and Nuclear)으로 인해 야기되는 상황이 점차 증가되고 있다. 이 중 생물(BioloGical) 요인에 의한 특수 재난은 독성단백질, 탄저균뿐만 아니라 천연두, 출혈성 발열, 독감 등이 포함된다. 이처럼 독감 등 생물학적 특수 재난에 대한 간접적 비용은 전 세계적으로 GDP의 11% 추정되는 등 천문학적인 비용이 소모된다[1].

생물학적 특수 재난 중 독감은 인플루엔자 바이러스에 의한 급성 호흡기 질환으로, 코, 목과 같은 상부 호흡기나 폐와 같은 하부 호흡기에 침범하여 고열, 두통 등과 같은 증상을 유발한다. 독감을 유발하는 독감 바이러스 또는 인플루엔자 바이러스는 3가지의 A, B, C형이 존재하며, 이중 A, B형 바이러스가 주로 사람에게 병을 일으키는 것으로 알려져 있으며, 매년 인플루엔자 바이러스에 의한 독감으로 고위험군(만성질환자, 노약자, 임산부 등)의 입원율과 사망률을 증가시키고 있다. 전 세계적으로 인플루엔자 바이러스는 새(avian), 돼지(swine), 인간(human) 간 유전자 재조합 및 변이에 의한 다수 아형을 가지는 인플루엔자 바이러스가 확산되어 수천만 명에 의한 사망자를 초래하였으며, 이에 따라 각국의 질병통제센터에서는 신속한 항바이러스의 사용을 권고하였다.



그림 1.1. 신속 인플루엔자 검사 기법 (Rapid Influenza Diagnostic Test, RIDT)



그림 1.2. 실시간 중합효소 연쇄반응 시스템이 내장된 thermal cycler[2]

신속한 항바이러스의 사용을 위해서는 인플루엔자 진단이 필수적인데, 인플루엔자 진단을 위한 방법은 크게 바이러스의 세포 배양을 통하여 진단하는 방법, 인플루엔자 바이러스의 RNA를 검출하는 방법, 인플루엔자 항원 단백질을 검출하는 방법으로 나눌 수 있고, 표준시험법으로는 세포 배양을 통해 인플루엔자 바이러스를 분리 검출하는 방법이 사용되고 있다. 현장에서 직접 인플루엔자의 감염여부를 확인할 수 있는 검사 방법은 그림 1.1과 같이 인플루엔자의 항원 단백질을 검출하는 항체 기반의 면역 크로마토그래피인 신속인플루엔자검사(Rapid Influenza Diagnostic Test, RIDT)가 주로 사용되고 있다.

이 방식은 검사선 A, B 등 위에 단일클론 A항체, 단일클론 B 항체 등을 각각 흡착시킨 후 인플루엔자에 감염된 검체를 추출 용액으로 노출시킨 테스트 튜브에 검사용 스트립을 넣으면 A항체와 B항체 등이 양성일 경우 각각의 검사선 A, B 등 위치에서 침착으로 인해 보라색으로 발색하게 된다[3]. 이 키트를 활용하였을 경우, 검사 시간이 30분 이내로 현장 진단이 가능한 장점을 가지고 있다. 하지만 계절 인플루엔자에 대하여 Viral Culture 대비 50~70%의 민감도를 가지고 있어 상대적으로 민감도가 떨어지는 문제를 가지고 있다.

신속인플루엔자검사 기법 이외에 확진 검사를 위해서는 높은 민감도를 갖는 다른 검사를 통해 확진할 것이 권고되었다[4]. 따라서 신속인플루엔자검사를 활용한 인플루엔자 진단 키트는 신속한 결과를 얻는 장점이 있지만 민감도가 떨어지는 단점이 있어 신속한 1차 검진과 대응을 위한 수단으로 사용되고 있다.

그림 1.2와 같이 세포배양 및 인플루엔자의 핵산을 증폭하여 검출하는 방법인 실시간 중합효소 연쇄반응(Realtime RT-PCR)은 신속인플루엔자검사 대비 민감도 및 정확도에 있어 상당히 신뢰성이 있는 검사방법이다.

그러나 이 방법은 일반적으로 6시간에서 2~3일 정도 소요되기 때문에 급성질환인 인플루엔자 감염환자에게 신속한 항바이러스제 처방 및 투약을 함에 있어 단점으로 작용한다. 뿐만 아니라 별도의 실험시설이 필요하여 비용이 신속인플루엔자검사나 Rapid cell culture 비하여 비싼 단점

이 있다[5].

그림 1.3과 같이 Rapid cell culture (shell vials, cell mixtures)의 경우, 세포 배양을 통하여 인플루엔자를 검진하는 방법으로 1~3일 정도의 검진 시간이 소요된다. Realtime RT-PCR비하여 비용이 적게 들고, 신속 인플루엔자검사에 비하여 정확도와 검진도가 높은 장점이 있으나 신속인플루엔자검사나 Realtime RT-PCR에 비하여 장시간이 소요되기 때문에 급성 환자인 인플루엔자 감염환자에게 즉시 처방 및 투약이 제한된다.

따라서 증상 발현 이후 48시간 이내에 효과적인 신속한 항바이러스의 사용을 위해서는 48시간 이내에 신속한 독감진단 검사가 가능한 방법이 필수적이므로, 면역크로마토그래피인 신속인플루엔자검사 기반의 독감진단 방법이 현장에서 우선 사용된다. 본 논문에서는 48시간 이내에 신속한 독감진단이 가능한 면역크로마토그래피 기반의 신속인플루엔자 기법을 활용하여, 응급구조사 등과 같은 준의료인이 수행한 독감 진단 검사 키트의 신속한 자동 판독 방법을 찾고자 하였으며, 그 결과를 통하여 고위험군(만성질환자, 노약자, 임산부 등) 등의 환자에게 신속한 항바이러스 사용 등과 같이 대응을 가능하게 하여 독감 바이러스에 의한 피해를 최소화 하고자 그에 알맞은 기법을 개발하고자 하였다.

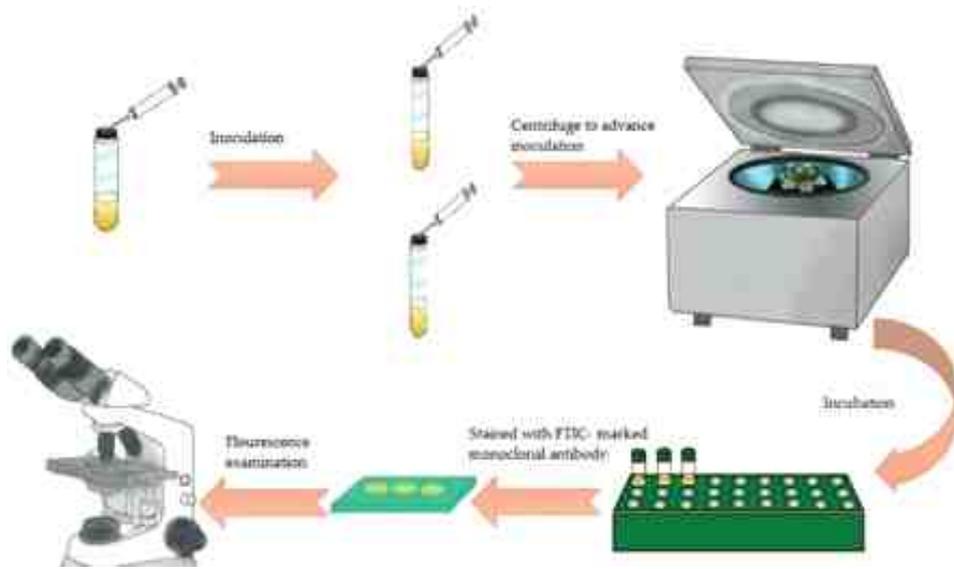


그림 1.3. Rapid cell culture[6]

제 2 절 연구의 목표

본 연구의 목표는 다음과 같다.

가. 독감 키트 자동 판독을 위한 영상 처리 기법

- 다수의 항원에 대한 신속하고 자동적인 독감 판독을 위하여, 휴대 장치와 독감 키트를 활용하여 다종의 키트, 다양한 색환경, 다양한 촬영 구도, 다양한 키트에 활용 가능한 영상 처리 기법을 개발하고 최적의 판독을 할 수 있는 프로세스를 도출한다.

나. 독감 자동 판독 프로그램

- 자동으로 독감 키트 판독이 가능한 영상처리 기법과 그 프로세스를 실제로 구현할 수 있도록 독감 자동 판독 프로그램을 개발하고 다수의 실험군을 활용하여 비교·평가한다.

제 3 절 논문의 구성

본 논문의 제 1장에서는 독감 키트 자동 판독을 위한 영상 처리 기법에 대한 연구 배경 및 목표를 제시하고, 제 2장에서는 본 논문에서 제안하는 독감 키트 자동 판독을 위한 영상 처리 기법에 대하여, 독감 검진 키트 분류 기법, 독감 영상 변환 기법, 독감 영상 판독 기법과 독감 영상 판독 시스템 개발에 대하여 각각 제안한다. 제 3장에서는 다수의 실험군을 활용하여 제안하는 방법의 효과에 대하여 비교·평가한다. 제 4장에서는 본 연구를 통하여 얻을 수 있는 효과 및 향후 활용방안에 대하여 확인한다.

제 2 장 방 법

제 1 절 독감 키트 자동 판독을 위한 영상 처리 기법

2.1.1. 이론 및 배경

인플루엔자 바이러스는 Orthomyxoviridae 바이러스 과에 속하는 단선 RNA로 이루어진 7~8개의 분절로 구성된 계놈을 가지고 있는 바이러스로, 표면 항원인 hemagglutinin(H)와 neuraminidase(N)으로 구성되어 있다.

인플루엔자 바이러스는 A, B, C 형 3가지 형태의 바이러스가 있으나, 이중 A, B 형이 사람의 주요 병원체가 되고, 변이를 통하여 매년 인구의 10%~20%가 유행적으로 발생한다. 이 중 인플루엔자 바이러스 A형은 유전자가 분절로 되어 있어, 중복 감염이 일어나면 사람, 조류, 포유류의 바이러스 간 유전자 재편성이 가능하여 여러 개의 아형을 가지고 있다. 1918년 스페인 독감을 일으킨 H1N1부터 H10N7까지 다 종의 아형을 가지고 있다. 인플루엔자 바이러스 A형은 인플루엔자 중 가장 독력이 강한 것으로 알려져 있으며, 스페인 독감의 경우 수천만 명의 사망자를 낸 것으로 알려져 있다. 인플루엔자 바이러스 B형은 한 가지 아형으로 알려져 있으며, 큰 변이가 일어날 확률이 A형보다 2~3배 낮고 거의 인간에게만 감수성이 있어서 유행이 잘 일어나지 않고 A형에 비하여 독력이 약한 것으로 알려져 있다. 인플루엔자 바이러스 C형은 하나의 아종을 가지고 있으며, 인간, 개, 돼지 등에 감수성이 있으나 B형 보다는 극히 빈도가 낮고 가벼운 증상만을 나타내는 것으로 알려져 있다.

그림 2.1.1은 투과전자현미경을 통하여 약 10만배 확대한 인플루엔자 바이러스의 모습으로 인플루엔자 A, B, C형은 이와 같이 전체적으로 구

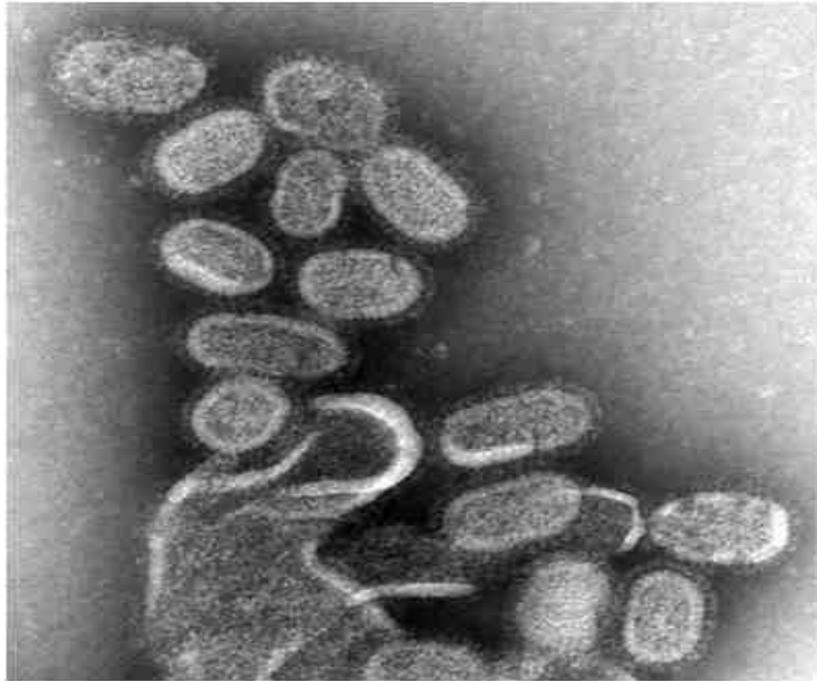


그림 2.1.1. 투과전자현미경(TEM)으로 촬영된 인플루엔자 바이러스의 형태[8]

조가 동일하며, 직경 80~120nm의 비리온(virion)을 가지며, 필라멘트나 원형의 형태를 띤다[7]. 인플루엔자는 먼저 바이러스가 세포에 결합하고 침입한 후, 바이러스가 새로운 복제본을 생산하도록 유도하기 때문에, 이를 통해 새로운 비리온이 생산되면 이를 감염된 세포에서 방출하여 전파된다. 이 때, 변이를 통하여 기존에 존재했던 바이러스에 대한 면역을 가지고 있던 사람들도 감염될 수 있도록 다양한 아형을 가지는 바이러스를 생성하기 때문에, 인플루엔자 바이러스에 의한 독감 유행이 심각하게 발생하는 경우가 많다.

인플루엔자는 감기와 달리 갑작스러운 고열과 함께 두통, 피로감, 근육통, 관절통 등 전신 증상이 뚜렷하여 2~3주 동안 지속되며, 일상생활이 어려울 불가능할 정도의 증상이 나타난다. 이러한 인플루엔자 감염 시 항바이러스제인 자나미비어나 오셀타미비어 등을 증상이 시작된 48시간 이내에 조기 투약하여야 하는데, 이를 위해서는 인플루엔자의 조기 진단이 필수적이다.

인플루엔자의 조기 진단을 위해서는 그림 2.1.2와 같이 면역 크로마토 그래피인 신속인플루엔자검사(Rapid Influenza Diagnostic Test, RIDT)가 실시간 중합효소 연쇄반응(Realtime RT-PCR)나 Rapid cell culture에 비하여 진단 시간이 30분 이내로 가능하며, 신속 진단이 가능하다. 또한 신속인플루엔자 키트의 가격도 저렴하여 전염성이 강한 인플루엔자의 진단에 신속하고 빠르게 대응가능하다. 이 방식은 검사선 A, B 등 위에 단일클론 A항체, 단일클론 B 항체 등을 각각 흡착시킨 후 인플루엔자에 감염된 검체를 추출용액으로 노출시킨 테스트 튜브에 검사용 스트립을 넣으면 A항체와 B항체 등이 양성일 경우 각각의 검사선 A, B 등 위치에서 침착으로 인해 발색하게 된다[3].

인플루엔자 바이러스 특성 상 확산 속도가 빨라 다수의 검사 키트를 신속하게 자동 판독하거나, 또는 응급구조사 등과 같은 준 의료인 등이 응급 상황에서 자동판독하거나, 이를 데이터베이스화하고 이를 기반으로 신속한 항바이러스 투여가 필요한데, 이를 위해서는 본 논문에서 제안하는 독감 키트 자동 판독을 위한 영상처리 기법의 사용이 필수적이다.



그림 2.1.2. 신속 인플루엔자 검사 키트 (RIDT) : A형 양성 반응



(a)



(b)

그림 2.1.3. 신속 독감 키트 종류 :

- (a) 퀵 플루3 독감 진단 키트,
- (b) 퀵 나비플루 독감 진단 키트

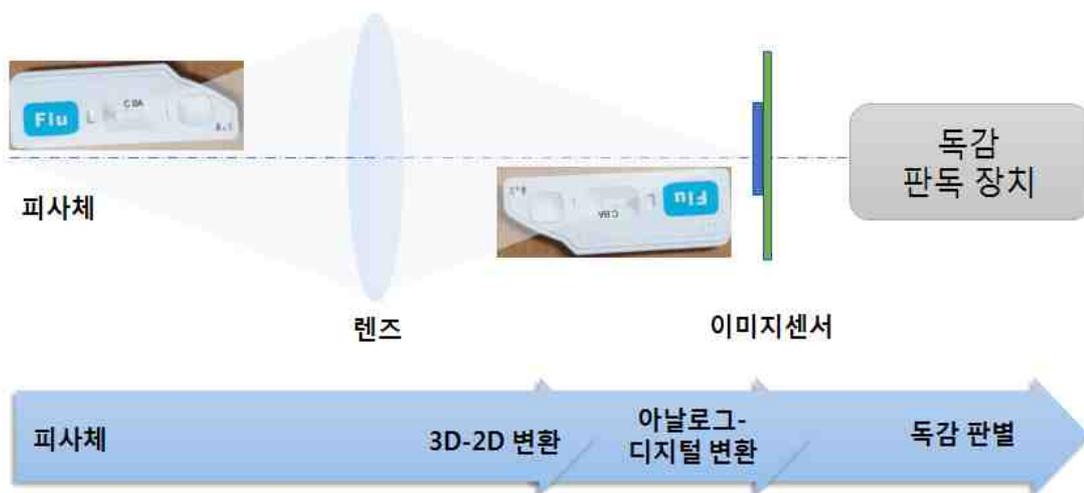


그림 2.1.4. 이미지 센서 기반의 독감 키트 자동 판독 프로그램

그러나 한정된 규격의 검진 장비에서 측정하는 기법과는 달리 본 논문에서는 휴대폰 등과 같은 휴대 장치에서 가볍게 촬영한 영상 등 다양한 환경, 키트 등을 사용하였을 때 활용 가능한 영상처리 기법을 개발하기 때문에 다음과 같은 기법의 개발이 필수적이다. 첫 번째, 다양한 키트를 사용하였을 때 각 키트에 적합하도록 독감 자동 판독 기법을 구성할 필요성이 있다. 왜냐하면 그림 2.1.3과 같이 각 키트는 상이한 검출 띠와 구성을 가지고 있으므로 타 검출 키트를 위한 진단 기법을 적용할 경우 오류를 발생하게 된다. 이러한 키트 분류를 위해서는 화소 기반의 정합(Pixel-based Matching)과 특징점 기반의 정합(Feature-based Matching) 기반으로 키트 종류를 구별할 수도 있으나, 이 방식들은 다양한 형태, 구도, 색상을 가질 경우 사전에 학습 정보가 없으므로 낮은 정확도를 나타내게 된다. 따라서 본 논문에서는 다수의 키트 샘플을 SURF(Speeded Up Robust Features)[9] 기반으로 특징점 정보를 추출하고, 기계 학습(Machine Learning) 기반으로 학습시켜 이를 통하여 키트를 구별하는 방법을 제안한다. 이 때, 특징점(Feature Point)이란 물체의 형태나 크기, 위치가 변해도 식별이 가능하거나, 카메라의 구도, 시점 등이 변해도 쉽게 찾을 수 있는 물체의 경계, 모서리 등에 위치한 점을 의미한다. 이러한 특징점은 영상의 주요 특징을 나타내며 식별의 용이성을 가지고 있어, 해당 특징점은 일반적으로 주요한 객체의 경계에 분포하게 된다. 따라서 본 논문에서 진단하고자 하는 키트의 주요 진단부는 위와 같은 특징점이 분포하는 곳이라고 볼 수 있고, 이에 대한 다양한 키트 모양을 가지는 영상들을 사전에 학습시켜, 특징점을 기반으로 분류시킬 수 있다.

두 번째, 독감 자동 판독을 위한 영상처리 기법은 기본적으로 그림 2.1.4.과 같이 장치에 달린 이미지 센서를 활용을 하여 영상을 측정한다. 이미지 센서는 일종의 광전효과를 기반으로 영상을 획득하는데, 신속인 플루엔자검사 키트와 같은 특정 피사체가 가지는 고유의 파장보다 짧은 파장을 가진 전자기파를 흡수하였을 때, 이 전자를 내보내는 광전 효과를 통하여 얻어진 전자기파를 집적회로화된 광전변환소자를 가지는 반도체

체 소자인 이미지 센서가 측정하여 영상화 한다. 따라서 본 영상처리 기법은 이렇게 획득된 영상신호에 대하여 인플루엔자 바이러스 A, B형 등의 스트립 발현 여부를 인식하여 판단을 내리는 구조를 가지고 있다.

따라서 피사체인 신속인플루엔자검사 키트와 침착되어 나타나는 스트립은 고유의 광장을 가지고 있고, 광전효과에 따라 그림 2.1.4.과 같이 자연광 또는 인공 광원에서 발생하는 전자기파가 피사체인 신속인플루엔자 검사 키트와 스트립 결과물에 반응하여 내보내는 신호를 렌즈를 거쳐 3차원 피사체가 2차원으로 변환된다. 이 때 이 렌즈에 투과되는 신호를 이미지 센서가 측정하여 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하여 영상 정보로 저장한다.

이 때, 그림 2.1.5와 같이 광원의 위치, 광원의 색상, 광원의 방향에 따라서 피사체인 신속인플루엔자검사 키트와 침착되어 나타나는 독감 키트의 스트립 반응 결과물은 각각 다른 광전 효과를 발생하여 동일한 3차원 피사체가 렌즈를 거쳐 이미지 센서에 다른 값을 가지는 2차원 피사체로 저장된다. 그림 2.1.6.는 이러한 영향 중 광원의 위치에 따른 조도의 차이가 신속인플루엔자 키트에 주는 영향을 나타내고 있다. 이러한 영향으로 고유의 색을 가지는 피사체가 다른 색상을 가지도록 인지하게 되어, 디지털로 변환된 값을 이용하여 독감을 자동 판독하는 영상처리 알고리즘에 오류를 발생시키게 된다. 이러한 광원 효과를 최소화하여 유지시키는 것을 색 항상성(color constancy)라고 한다. 색 항상성은 주변 환경(광원)의 변화로 인하여 물체의 색이 변하더라도 이러한 변화를 무시하고 물체의 원래 색으로 인지하는 방법이다.

따라서 다양한 판독 환경에서 정확한 독감 판독을 수행하기 위해서는 색 항상성을 유지할 수 있는 독감 자동 판독 기법의 개발이 필수적이다. 왜냐하면 인식 기법은 참조가 되는 샘플과 입력 판별 샘플에서 발현되는 스트립 반응 결과물을 제외하고는 모두 동일한 광원환경에서 촬영된 키트라는 가정에서 시작하기 때문이다. 따라서 이 가정과 같이 참조 샘플

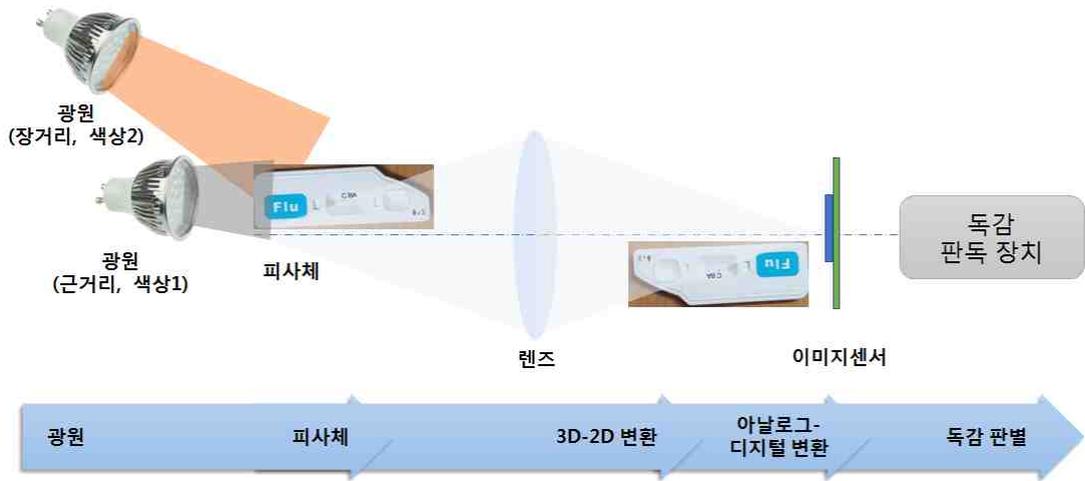


그림 2.1.5 광원 환경에 따른 독감 키트 자동 판독 프로그램



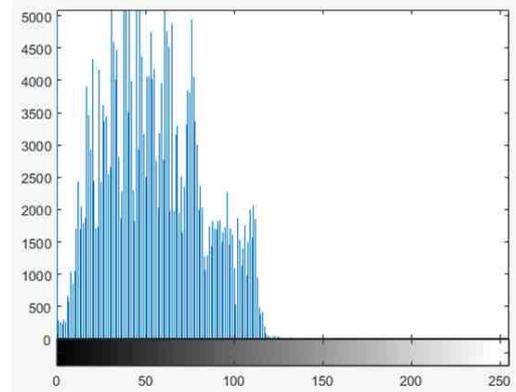
그림 2.1.6. 광원 환경에 따른 신속인플루엔자 키트 영상

과 입력 판별 샘플 간의 상이한 광원효과를 동일하게 맞춰주는 것이 독감 자동 판독 기법의 정확도를 결정한다고 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서는 우선적으로 독감 자동 판독 기법의 정확도에 큰 영향을 미치는 광원 효과를 동일하게 맞춰주는 알고리즘 개발을 수행한다.

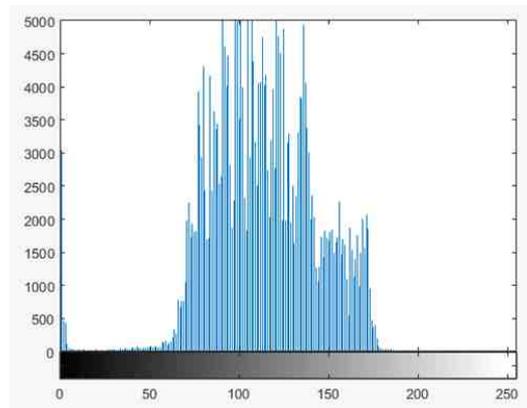
그림 2.1.7. 은 다양한 광원 환경에 따른 신속인플루엔자 키트를 촬영한 영상의 히스토그램을 나타낸다. 히스토그램은 0~255까지의 값을 가지는 영상에서 각각의 값을 가지는 영상 화소 수를 표현한 그래프다. 그림 2.1.7.의 (a)와 (b)와 같이 각 영상마다 가지는 히스토그램 특성(형태)은 일반적으로 유지되고, 어두운 환경일 경우 낮은 화소값에 해당하도록 히스토그램이 분포되고, 밝은 환경일수록 높은 화소 값을 가지도록 히스토그램이 분포되는 것을 볼 수 있다. 따라서 인식을 위하여 다양한 광원 환경에서 촬영된 독감 키트 영상을 동일한 환경으로 보정해준다면 이러한 오류를 최소화할 수 있다.

광원의 밝기를 보정해주는 방법으로는 대표적으로 히스토그램 등화(histogram equalization)가 있으며, 이 기법은 주어진 영상의 히스토그램을 확장시켜 영상의 명암 대비를 향상시키는 방법이다[10]. 이 방법은 확률적으로 히스토그램을 평탄하게 만들기 위하여 명암 대비를 확장시키는 방식으로 육안 상으로 식별이 어려운 영상을 보정하는데 효과적이다. 그러나 이 방식으로는 참조 샘플과 판별 샘플 간의 상이한 광원 차이를 일정 부분 줄일 수 있지만, 최소화하지 못하기 때문에 오류를 발생시킨다.

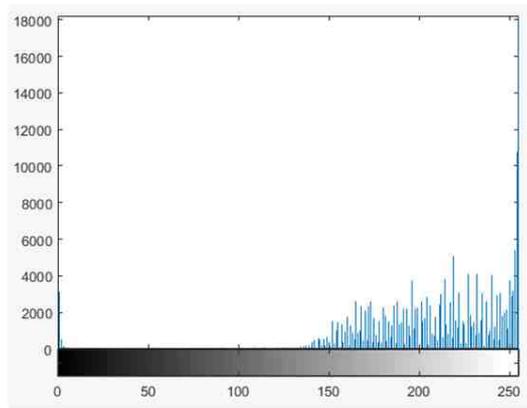
회색계 가정(grey-world assumption)은 참조 샘플과 판별 샘플 각각의 영상이 가지는 평균값이 광원의 색상과 유사하다는 가정을 바탕으로, 광원의 영향을 최소화하여 참조 샘플과 판별 샘플 간의 상이한 광원 차이를 보정해주는 기법이다[11]. 촬영된 피사체가 가지고 있는 색상이 전체 화소값에 균일하게 분포하고 있다고 가정한다면 해당 피사체가 촬영될 당시에 사용했던 광원은 영상의 전체 픽셀의 평균에 수렴한다. 따라서 회색계 가정에 의한 평균값 A 은 다음과 같이 정의할 수 있다.



(a)



(b)



(c)

그림 2.1.7. 광원 환경에 따른 신속인플루엔자 키트 히스토그램:(a) 어두운 환경, (b) 일반 환경, (c) 밝은 환경

$$A = \frac{1}{n} \sum_{x,y} S(x,y) \quad (1)$$

이 때, $S(x,y)$ 는 (x,y) 위치에 있는 화소값을 의미하며, n 은 영상의 전체 화소 수로 정의한다. 평균값 A 를 기반으로 회색계 알고리즘에 의하여 보정된 영상 G 는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$G(x,y) = \frac{S(x,y)}{\gamma A} \quad (2)$$

이 때, γ 은 환산 계수이다. 회색계 가정에 의해 보정된 영상 G 는 전역적인 광원의 효과를 최소화할 수 있으나, 광원의 차이 등 다양한 영향을 보조해주기에는 그 한계가 있다. 이는 영상 간의 상관관계를 고려하지 않기 때문이다.

광원 등의 효과를 제거하기 위하여, 인식 단계에서 광원의 차이에 강한 정규화된 상호 상관법(normalized cross correlation) 기반의 유사도 함수(similarity measure)를 사용한 방법이 활용되었다[12,13]. 정규 상관 계수를 n 을 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$n(x,y) = \frac{\sum_{x',y'} \tilde{S}(x',y') \tilde{T}(x+x',y+y')}{\sqrt{\sum_{x',y'} \{\tilde{S}(x',y') \tilde{S}(x',y')\} \sum_{x',y'} \{\tilde{T}(x+x',y+y') \tilde{T}(x+x',y+y')\}}} \quad (3)$$

이 때,

$$\tilde{S}(x',y') = S(x',y') - \frac{\sum_{x',y'} S(x+x',y+y')}{n},$$

$$\tilde{T}(x',y') = T(x',y') - \frac{\sum_{x',y'} T(x+x',y+y')}{n} \quad (4)$$

로 정의되며, 이 때 S와 T는 각각 입력 판별 샘플과 참조 샘플로 정의하며, (x,y) 위치에 있는 화소값을 의미하며, (x',y')는 인식 시, 비교하는 (x,y)인근 화소의 위치에 있는 화소값을 의미한다. 또한 n은 인식 시 비교하는 블록의 전체 화소 수로 정의한다. n(x,y)은 -1부터 1까지의 값을 가지며 정규 상관 계수 n이 클수록 유사도가 높은 블록이다. 이 기법은 블록 기반의 지역적인 비교를 할 때 유용하나, 입력 참조 샘플과 판별 샘플 간의 전역적 유사도는 상대적으로 떨어진다.

따라서 본 논문에서는 다양한 관독 환경에서도 정밀한 독감 키트 자동 관독 기법을 개발하기 위하여, 참조 샘플과 입력 판별 샘플 간의 색 환경 차이에 강인한 결합누적분포함수 기반의 독감 영상 관독 기법을 제안한다.

세 번째, 휴대 장치에 내장된 카메라를 통하여 독감 영상을 획득할 경우, 사람의 손떨림, 촬영 구도 등의 차이로 그림 2.1.8.가 같이 동일한 키트를 촬영하였다더라도 촬영된 신속 독감 키트의 영상이 상이한 문제가 발생한다. 이는 휴대 장치의 내장된 센서의 종류나 이를 촬영하는 사용자의 위치, 구도, 각도 등에 따라 발생하는 문제로 독감 진단하기 위해서는 상이한 독감 키트의 영상이 동일하도록 정합 정보를 부여해야한다.

이와 같이 상이한 두 영상에서 동일한 지점을 찾는 기법을 정합(Matching)이라고 하고, 이러한 정합 기법에는 화소 기반의 정합(Pixel-based Matching)과 특징점 기반의 정합(Feature-based Matching)으로 나눌 수 있다. 화소 기반의 정합(Pixel-based Matching)은 찾고자하는 화소 p 주변에 N×N의 윈도우를 설정하고, 해당 윈도우 내에 있는 화소값과 가장 유사한 값을 가지는 화소 q를 찾는 방법이다. 이때 유사도는 SAD(Sum of Absolute Differences), SSD(Sum of Squared Differences) 등의 척도를 활용한다. 하지만 이런 방식은 본 논문에서 판



(a)



(b)

그림 2.1.8. 구도에 따른 신속 독감 키트 영상 :
(a) 휴대장치 A, (b) 휴대장치 B

독하는 독감 키트 영상의 많은 화소들이 동일한 흰색 배경을 가지고 있어 단순 화소값의 비교로는 높은 오류를 발생할 뿐만 아니라 영상 내의 모든 화소를 비교해야하므로 높은 연산량이 요구 된다. 따라서 본 논문에서는 화소 기반의 정합보다는 특징점 기반의 정합을 활용하여 상이한 두 영상 사이에서 동일한 지점을 찾아 영상을 변환한다.

특징점(Feature Point)이란 앞서 언급한 바와 같이 물체의 형태나 크기, 위치가 변해도 식별이 가능하거나, 카메라의 구도, 시점 등이 변해도 쉽게 찾을 수 있는 물체의 경계, 모서리 등에 위치한 점을 의미한다. 이러한 특징점은 영상의 주요 특징을 나타내며 식별의 용이성을 가지고 있어, 해당 특징점은 일반적으로 주요한 객체의 경계에 분포하게 된다. 따라서 본 논문에서 진단하고자 하는 키트의 주요 진단부는 위와 같은 특징점이 분포하는 곳이라고 볼 수 있다. 이러한 특징점을 찾기 위해서 Harris corner detector[14], SIFT(Scale Invariant Feature Transform)[15], SURF(Speeded up robust features)[9] 등이 방법이 제안되었다. Harris corner detector의 경우, 영상의 이동, 회전변화에는 강인하나 구도에 따른 크기 변환에는 취약한 문제점을 가지고 있다. 이를 보완하기 위해서 제안된 SIFT나 SURF에서는 크기를 단계적으로 축소시킨 이미지 피라미드를 구성하고 이를 기반으로 특징점을 찾아서 이미지 피라미드 내에서 불변하는 특징점을 찾음으로써 크기(Scale) 변화에도 강인하도록 특징점을 찾아낼 수 있는 장점이 있다. 따라서 본 논문에서는 구도에 따른 크기 변환에도 강인하면서 속도가 빠른 SURF 기반의 특징점 추출 정보를 활용한 상이한 구도 기반의 영상을 정합하여, 이를 변환 정보로 활용하여 다양한 구도의 독감 판독 영상에서도 강인한 성능을 보이도록 제안한다.

2.1.2. 방법

본 연구에서는 다수의 독감 의심환자에게 신속한 독감 자동 판독을 가능하게 하고, 응급구조사 등과 같은 준 의료인이 검진 시설에 내방하기 전에 신속하게 독감 의심 환자에게 독감 판독을 할 수 있는 독감 키트 자동 판독을 위한 영상처리 기법을 개발한다. 시설이 갖춰진 검진 시설이 아닌 일상 환경에서 신속 인플루엔자 키트와 휴대폰 등과 같이 카메라가 내장된 휴대장치를 보유하고 있으면, 검진 시설에 내방하기 전에 간이 진단 및 대응이 가능하다. 이를 위해서는 다음과 같이 네 가지 주요 문제 해결이 선행되어야 한다.

첫째, 다양한 종류의 키트를 사용할 경우, 독감 자동 판독을 위해서는 각 키트를 분류하고 각 키트에 맞는 독감 판독 기법을 적용하여야 한다. 이는 각 키트마다 상이한 스트립과 키트 구성을 가지고 있기 때문에, 동일한 방식으로 영상을 독감 판독을 한다면, 키트에 적합한 판독을 하지 못하기 때문에 빈번한 오류를 발생하게 된다. 따라서 본 연구에서는 최우선적으로 다양한 키트의 사진을 SURF(Speeded Up Robust Features)[9]를 기반으로 특징점 정보를 추출하고, 이를 기계 학습 기반의 분류 기법을 기반으로 다수의 사진을 학습시켜, 자동 판독하고자 하는 독감 판독 키트를 구별하는 독감 키트 분류 기법을 제안한다.

둘째, 다양한 휴대장치를 사용함에 따라서 각각 다른 사양을 가지는 카메라 센서를 보유하고 있고, 그 휴대 장치에 부착된 카메라를 통하여 독감 판독 키트를 사용하는 환경이 다르기 때문에 색 항상성(Color Constancy)을 유지하기가 힘들다. 색 항상성이란 광원의 위치, 색상, 센서 등에 영향을 최소화 하여 물체의 색이 변하더라도 이러한 변화를 최소화하고 물체 본연의 색으로 인지하는 방법이다. 따라서 본 연구에서는 최우선적으로 물체의 색 항상성을 유지하기 위하여 결합 누적 분포 함수 기반의 독감 키트 영상 보정 기법을 수행한다.

셋째, 독감 키트의 자동 판독을 위하여 휴대폰 등과 같은 휴대 장치를 사용할 경우, 카메라 센서와 사용자의 촬영 구도 등에 따라 화각, 촬영

각도 등이 상이한 문제가 발생한다. 이럴 경우 직사각형의 독감 판독 키트가 다양한 형태의 독감 검진 키트로 인식되는 등 상이한 객체로 오인할 수 있는 문제가 발생할 수 있고, 촬영된 화각에 따라서 키트의 일부만 촬영되거나 독감 판독 키트가 다른 객체와 같이 촬영될 수 있으므로, 임의의 촬영 구도를 동일한 화각과 각도로 변환하는 변환 기법이 필수적이다. 이를 위하여 본 연구에서는 특징점 기반의 SURF(Speeded Up Robust Features)를 기반으로 독감 키트를 정합하여 자동 판독을 가능하게 하는 영상 변환 기법을 수행한다.

마지막으로 색 항상성이 유지되고, 변환기법을 통하여 동일한 화각과 각도로 변환된 독감 판독 영상을 기반으로 검진 키트에 발현 색상을 비교하여 최종적으로 독감을 판독하는 독감 영상 판독 기법을 수행한다.

따라서 본 연구에서는 앞서 언급한 세 가지 주요 문제를 해결하기 위하여, 그림 2.1.9의 프로세스를 통하여 독감 키트 자동판독을 위한 영상 처리 기법을 제안한다. 우선 사용자가 어떤 독감 판독 키트를 사용하는지를 분류하기 위하여 다종의 독감 판독 키트 사진을 학습시켜 독감 키트를 분류하는 독감 키트 분류 기법을 수행한다. 독감 키트를 분류하기 위하여 다수의 영상을 학습시켜 특징이 될 수 있는 정보를 학습시키고 이를 기반으로 객체를 분류하는 기법이 제안되었다[16, 17]. 키트를 분류하기 위하여 분류 기준을 설정하여야 하는데, 본 연구에서는 SURF(Speeded Up Robust Features)를 기반으로 학습 데이터의 특징점을 추출하여, 이를 분류의 기준으로 설정하고 독감 판독 키트를 분류하였다. 그림 2.1.10은 다양한 독감 키트를 분류하기 위한 독감 키트 분류 기법의 프로세스를 나타낸다. 우선 독감 키트 분류기를 생성하기 위하여 기계 학습 기반으로 다종의 샘플을 학습 시킨다. 본 기법에서는 다종의 샘플을 학습시키기 위하여 우선 ‘특징점’을 분류의 기준으로 설정하고, 각 샘플마다 SURF(Speeded Up Robust Features)을 기반으로 특징점을 추출한다. 이 특징점이 분류 인자가 되고, ‘독감 판독 키트’가 분류의 대상이 된다. 우선 입력 판별 키트의 영상으로 독감 키트를 분류하기 위해서는 그림 2.1.10과 같이 사전 학습이 필수적이다.

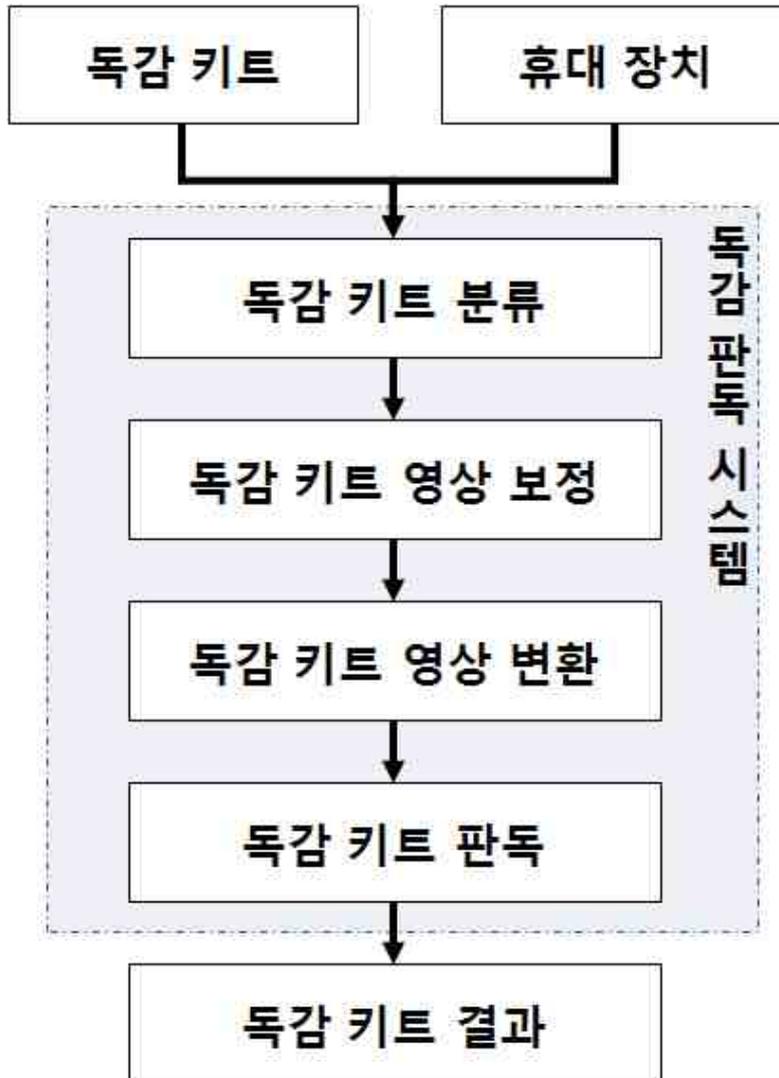


그림 2.1.9. 제안하는 독감 키트 자동 판독을 위한 영상 처리 기법 프로세스

따라서 키트가 다양한 형태로 촬영된 영상의 집합을 학습 샘플이라고 가정하면, 우선적으로 이 학습 샘플들의 학습이 필수적이다. 본 논문에서는 ‘특징점’을 분류의 기준으로 설정하였기 때문에, 다종의 학습 샘플들에 대하여 SURF를 기반으로 특징점을 추출한다. 이 때, 특징점의 수가 많기 때문에 이를 최적화 하여 판별을 위한 주요 특징점으로 선별하기 위하여, 강도가 강한 특징점을 선별하여 해당 특징점들 사이에 K-Means 알고리즘을 통하여 군집화를 수행한다. K-Means 클러스터링은 K개의 집단이 있다고 가정하고, K개의 군집의 중심을 각각 파악하여 분류하는 것이다. 이 때, K개의 중심은 가장 강도가 강한 특징점을 선별하여 초기 값으로 부여하고 이를 반복적으로 수행하여 다수의 특징점을 최적화 하여 K개로 군집화 하게 된다. 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 K-Means 클러스터링으로 군집화 하여 생성된 히스토그램을 기반으로 다종의 학습 샘플을 SVM(Support Vector Machine)[18]으로 학습시키고 키트를 분류할 수 있는 독감 판독 키트 분류기를 생성한다. SVM은 n차원 공간에 있는 각종 데이터들을 가장 잘 구분하는 경계를 찾는 알고리즘으로, SVM을 수행하기 위해서는 두 집단의 중심을 찾은 후, 그 중심을 분류할 수 있는 경계를 찾아 집단을 분류하게 된다. 본 연구에서는 키트별로 반복되서 나오는 특징점의 빈도수 유형의 값을 제공하는 히스토그램을 기반으로 SVM 기반의 분류기를 정의하였다. 이렇게 다종의 학습 샘플을 통해서 학습된 독감 키트 분류기를 생성하고, 판독하고자 하는 입력 판독 키트 영상을 분류기에 입력한다. 이 때, 입력된 판독 키트 영상의 ‘특징점’을 추출하여 이를 기반으로 포함되는 군집을 계산하면 해당 판독 키트가 생성하는 특징점의 히스토그램이 포함되는 분류를 확인할 수 있다. 이를 통하여, 어떤 키트에 속하는지 분류할 수 있고, 해당 키트에서 추출된 특징점 값을 활용하여 새로운 학습 샘플로 분류기에 학습시켜 SVM기반으로 독감 판독키트 분류기를 갱신한다. 이를 통하여 본 논문에서 제안하는 독감 키트 자동 판독을

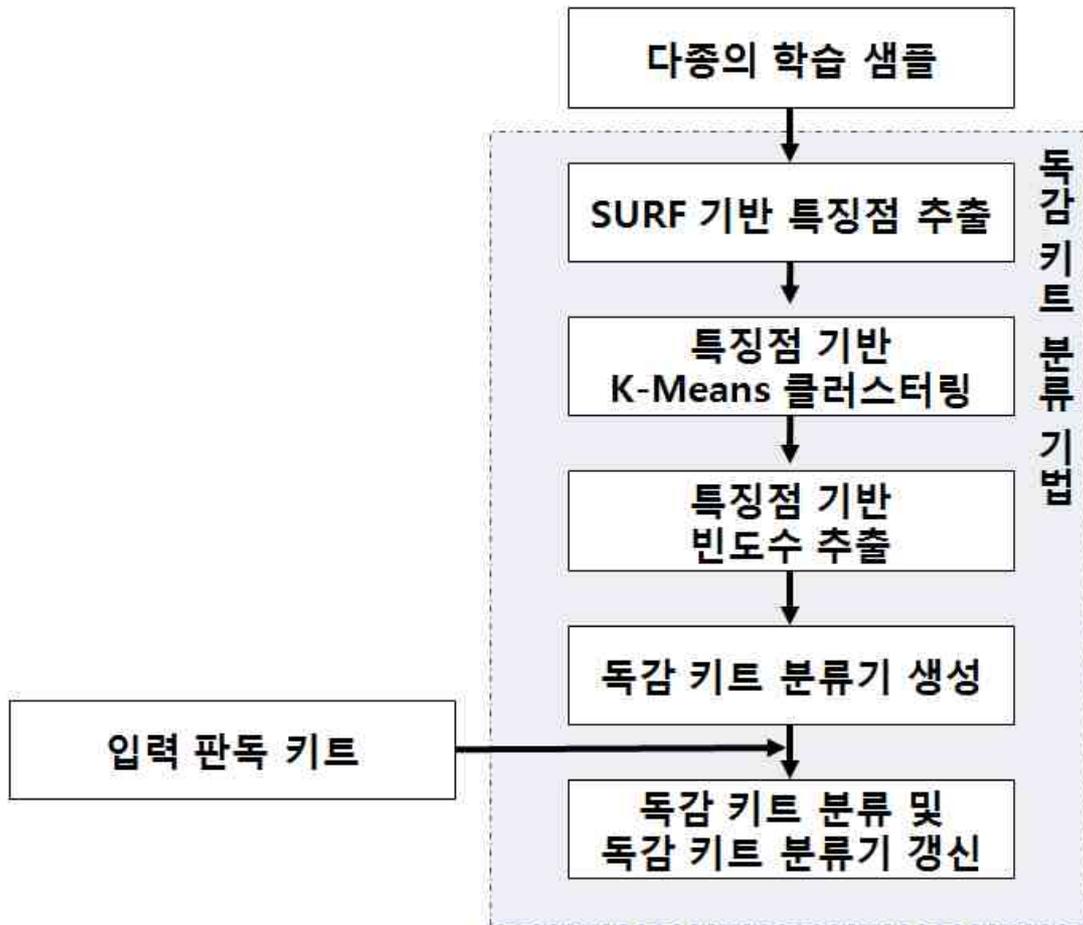


그림 2.1.10. 독감 키트 분류 기법의 프로세스

위한 영상 처리 기법은 상이한 키트를 사용할 경우에도 판독을 할 수 있도록 구성되었다.

앞서 독감 키트 분류 기법을 통하여, 키트가 분리되게 되면 다음으로 본 연구에서는 색 항상성(Color Constancy)을 가지도록 독감 영상 보정 기법을 수행한다. 독감 영상 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 독감 영상 판독은 오류가 발생하게 된다. 따라서 본 논문에서는 그림 2.1.11.과 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 최소화 한 개선된 판별 샘플 영상을 획득한다. 그림 2.1.11.은 동일한 독감 판독 키트를 사용하여 상이한 세 가지 환경에서 획득된 입력 판별 샘플 영상이 참조 샘플 영상과 유사하도록 보정된 사례를 나타낸다.

본 연구에서 수행하는 순위 함수 기반 영상 보정 기법은 그림 2.1.12.과 같이 영상의 히스토그램을 기반으로 수행한다. 히스토그램은 신속인 플루엔자검사 키트와 침착되어 나타나는 독감 판별 반응 결과물이 촬영된 영상 안에 분포되어 있는 화소값의 확률적인 분포를 나타낸다. 그림 2.1.13.과 같이 균일한 밝기에서 미 사용된 키트를 촬영된 영상을 참조 샘플 영상 T라고 가정하고, 다양한 광원 환경에서 판별 샘플을 촬영한 영상을 S라고 가정하였다. 또한 참조 샘플 영상 T 안의 한 화소를 p , 판별 샘플 영상 S에서 영상 T의 p 와 동일한 위치에 존재하는 화소를 q 라고 가정하였다. 독감 키트의 스트립 발현 결과를 제외하고, 다른 환경적인

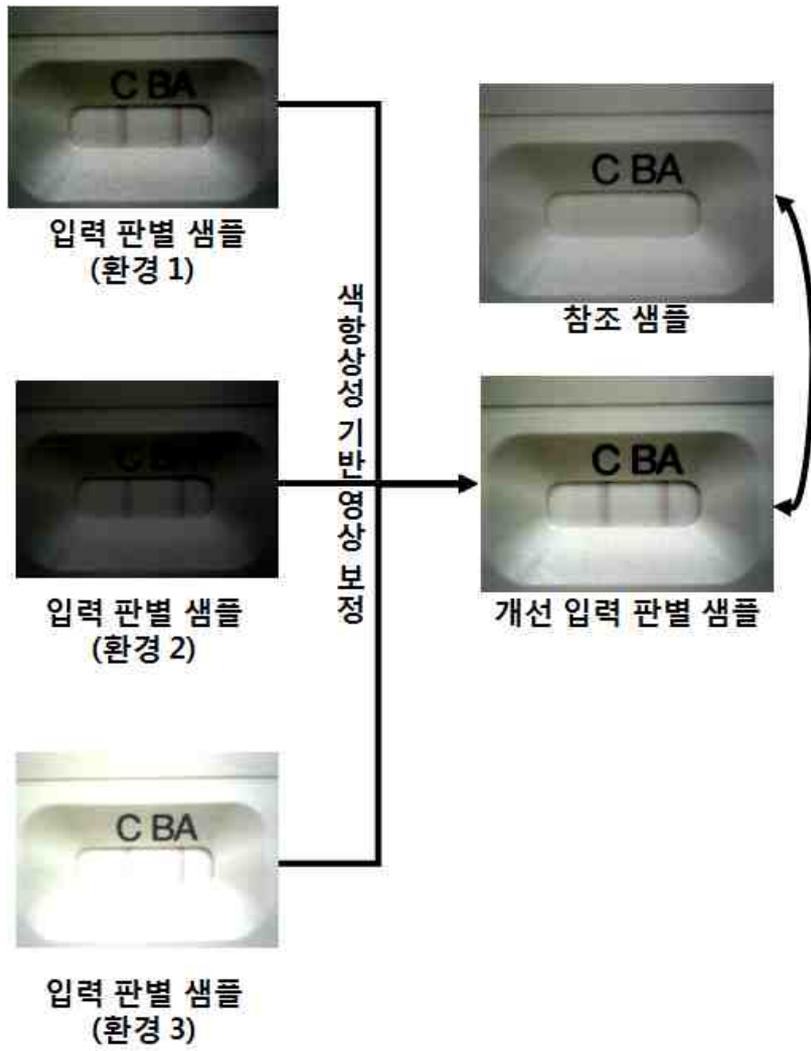


그림 2.1.11. 색 항상성 기반 독감 영상 판독 기법 프로세스

요인이 없다면, 화소값 $T(p)$ 와 $S(q)$ 는 동일한 키트를 사용하였으므로 동일한 화소값을 가져야 한다. 그러나 그림 2.1.13. 과 같이 실제로는 다양한 광원 효과에 의하여 화소값 $T(p)$ 와 $S(q)$ 다른 값을 가지게 되고, 참조 샘플 영상 T 와 판별 샘플 영상 S 는 다른 히스토그램을 가지게 된다. 하지만 같은 객체를 촬영한 영상이기 때문에, 스트립 발현 결과물을 제외한 참조 샘플 영상 T 와 판별 샘플 영상 S 의 누적 히스토그램은 화소 내의 우선순위를 나타내기 때문에 거의 동일하게 나타나야한다. 이 때, 누적 히스토그램이란 히스토그램을 순서대로 누적해서 표현하는 방식으로 히스토그램이 정규분포함수라면, 누적히스토그램은 이와 같은 정규분포함수를 이용하여 만든 누적분포함수라고 볼 수 있다. 특히 독감 판독을 위한 키트의 스트립 결과물은 전체 판별 영상에서 분포하는 비율이 매우 낮기 때문에, 색항상성 측면에서 참조 샘플 영상 T 와 판별 샘플 영상 S 의 누적 히스토그램은 거의 동일하여야 한다. 이는 누적 히스토그램은 각 샘플 영상 안에 있는 화소의 우선순위를 나타내기 때문에 광원의 거리, 광원의 색상에 덜 민감하기 때문이다. 따라서 같은 종류의 키트를 활용하여 독감 판별을 진행한다고 가정한다면, 참조 샘플 영상 T 에서 화소 p 의 순위는 판별 샘플 영상 S 의 화소 q 의 순위와 유사하여야 한다. 그러므로 본 연구에서는 순위 함수 기반의 누적 히스토그램인 결합누적분포함수를 활용하여 영상간의 광원의 차이를 최소화하는 영상 보정 기법을 수행한다.

본 결합누적분포함수 기반 영상 보정 기법은 색을 구성하는 3요소인 빨강(Red), 녹색(Green), 파랑(Blue)를 기반으로 결합된 히스토그램을 사용한다. 우선 칼라 영상을 구성 하는 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[19].

$$h_{RGB}(r, g, b) = h_R(r)h_G(g)h_B(b) \quad (5)$$

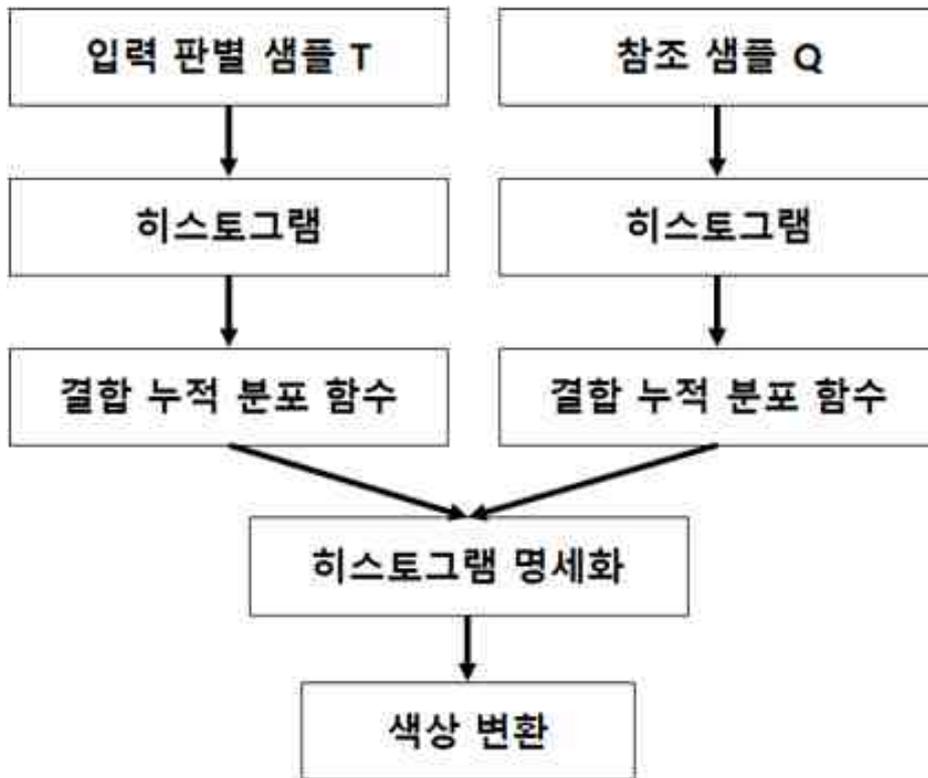


그림 2.1.12. 색 항상성을 위한 독감 영상 보정 기법

이를 기반으로 결합 누적 분포 함수(Joint cumulative distribution function, JCDF) $H_{RGBY}(r, g, b)$ 는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\begin{aligned} H_{RGBY}(r, g, b) &= \Pr\{R \leq r, G \leq g, B \leq b\} \quad (6) \\ &= \sum_{r'=0}^r \sum_{g'=0}^g \sum_{b'=0}^b h_{RGBY}(r', g', b') \end{aligned}$$

결합 누적 분포 함수 $H_{RGB}(r, g, b)$ 의 값은 영상내의 화소의 우선순위를 나타낸다. 앞서 기술한 바와 같이, 독감 판별 반응 결과물은 전체 판별 영상에서 분포하는 비율이 매우 낮기 때문에, 참조 샘플 영상 T와 판별 샘플 영상 S의 누적 히스토그램은 거의 유사하여야 한다. 그러므로 참조 샘플 영상 T와 판별 샘플 영상 S의 화소값을 기준으로 정렬하였을 경우, 같은 피사체의 한 지점을 가리키는 화소의 순위는 동일해야 한다.

이를 기반으로 참조 샘플 영상 T와 판별 샘플 영상 S에 대하여 각각 결합 누적 분포 함수 $H_{RGB}(r, g, b)$ 를 계산하여, $H_{RGB}(r, g, b)$ 값을 기반으로 참조 샘플 영상 T의 화소와 판별 샘플 영상 S의 화소의 순위를 산정하였다. 결합 누적 분포 함수 기반으로 순위를 산정한 이후, 동일한 순위를 가지는 화소는 참조 샘플 영상 T의 화소 p와 판별 샘플 영상 S의 q는 피사체 위의 같은 위치 또는 유사 위치에 정합되어야 한다. 그러나 일부 화소는 이에 정합되지 않는 경우가 발생할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 사전에 정의된 비교 범위를 넘어가는 경우는 범위 내에서 가장 유사한 $H_{RGB}(r, g, b)$ 값을 가지는 화소로 설정하였다. 이 때, 동일 우선 순위를 가지는 두 화소를 정합하는 벡터 \tilde{r} 은 다음과 같이 정의한다.

$$\tilde{r} = q - p \quad (7)$$



참조 샘플 영상 T



판별 샘플 영상 S

그림 2.1.13. 다양한 촬영 환경에 따른 독감 영상 차이

이 때, p 는 참조 샘플 영상 T 안의 한 화소이고, q 는 p 가 판별 샘플 영상을 S 에서 위치한 화소이다. 이를 활용하여, 참조 샘플 영상 T 에 광원에 맞게 판별 샘플 영상 S 를 변환하는, 아핀 사상(affine mapping) 기반의 색상 변환은 다음과 같이 정의 된다.

$$\begin{bmatrix} T_r(q - \tilde{r}) \\ T_g(q - \tilde{r}) \\ T_b(q - \tilde{r}) \end{bmatrix} = \chi \begin{bmatrix} S_r(q) \\ S_g(q) \\ S_b(q) \end{bmatrix} + \zeta \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

이 때, 참조 샘플 영상 T 의 각각의 빨강, 녹색, 파랑을 구성하는 T_r , T_g , T_b 판별 샘플 영상을 S 의 각각의 빨강, 녹색, 파랑을 구성하는 S_r , S_g , S_b 로 정의한다. 이 때, 색상 변환 변수 χ , ζ 를 계산하기 위하여, 5×5 블록 기반 계산하고, 색상 변환 변수 χ , ζ 를 활용하여 최종적으로 광원에 강인한 개선 판별 샘플 영상 \tilde{S} 를 다음과 같이 정의한다.

$$\begin{bmatrix} \tilde{S}_r(q) \\ \tilde{S}_g(q) \\ \tilde{S}_b(q) \end{bmatrix} = \chi \begin{bmatrix} S_r(q) \\ S_g(q) \\ S_b(q) \end{bmatrix} + \zeta \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

본 기법을 통하여 참조 샘플 영상과 판별 샘플 영상의 센서 차이나 광원 차이를 보정함으로써, 다양한 판별 상황에서도 강인한 결과를 추출할 수 있다.

셋째, 독감 키트 분류 및 독감 키트 영상을 보정하더라도 그림 2.1.14와 같이 상이한 구도를 가질 경우, 동일한 키트라고 하더라도 독감 자동 판독 기법은 서로 상이한 피사체로 인지하게 된다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서는 상이한 독감 판독 키트 영상의 연관성을 찾아 서로 정합(Mapping)해주는 영상 변환 기법이 필수적이다. 이를 위하여 본 논문에서 제안하는 독감 키트 자동 판독을 위한 영상 처리 기법은 그림

2.1.15과 같이 독감 키트 영상 변환 기법의 프로세스로 상이한 구도를 가지는 독감 키트를 정합한다. 이는 검진 시설이 아닌 일상생활의 응급 환경 등에서 휴대폰 등과 같은 휴대 장치를 이용하여 판독하고자 하는 키트를 촬영하기 때문에 사람의 손 떨림, 휴대 장치의 방향 등 다양한 차이로 동일한 키트를 촬영하였더라도 촬영된 신속 독감 키트의 영상이 상이한 문제가 발생하기 때문이다. 심지어 앞서 언급한 모든 조건을 동일하게 맞춘다고 하더라도 휴대 장치에 내장된 센서의 종류에 따라서도 화각 등의 차이로 상이하게 촬영이 되게 된다. 따라서 본 연구에서는 이러한 환경적인 영향을 최소화하기 위하여 독감 키트 영상 변환 기법을 수행한다. 이를 위하여 그림 2.1.15과 같이 우선 변환하고자하는 영상인 입력 판별 독감 키트 영상과 변환의 대상이 되는 참조 독감 키트 영상의 특징점을 SURF를 통하여 추출한다. 각각 SURF를 통해서 추출된 특징점 중 특징점의 강도가 강한 특징점 만을 따로 추출해서 그 점간에 유사도를 측정하여 서로 정합(Point-by-Point Matching)을 시켜준다. 이때 공통적으로 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 2.1.16과 같이 참조 독감 키트 영상과 입력 판별 독감 키트 영상간의 연결 정보를 얻을 수 있다. 이 정보를 기반으로 영상 변환을 수행하게 되면 그림 2.1.17과 같이 두 영상이 정합되어 비교가 가능하도록 변환이 됨을 확인할 수 있다. 본 연구에서 제안하는 영상 변환 기법을 통하여 사용자의 손 떨림, 센서의 화각 등의 영향을 최소화할 수 있어 독감 키트의 자동 판독 오류를 최소화할 수 있다. 추출된 영상 변환 정보를 통하여 본 연구에서는 최종적으로 독감 판독 키트에서 검출되는 영역의 정보를 알 수가 있고, 이를 기반으로 최종적으로 영상 판독을 수행한다. 우선 그림 2.1.18과 같이 각 검출 키트가 발견되는 A, B, C 영역에 대하여 관심영역(ROI, Region of Interest)로 설정한다. 이때 설정된 A, B, C 영역에 대하여 분할을 수행하고, 앞서 수행한 영상 보정 기법, 영상 변환 정보를 통하여 다양한 구도에서도 정합정보를 획득할 수 있다.



(a) (b) (c)

그림 2.1.14. 휴대 장치 및 촬영 구도에 따른 독감 판독 영상 : (a) 휴대 장치 A, (b) 휴대 장치 B, (c) 휴대장치 C

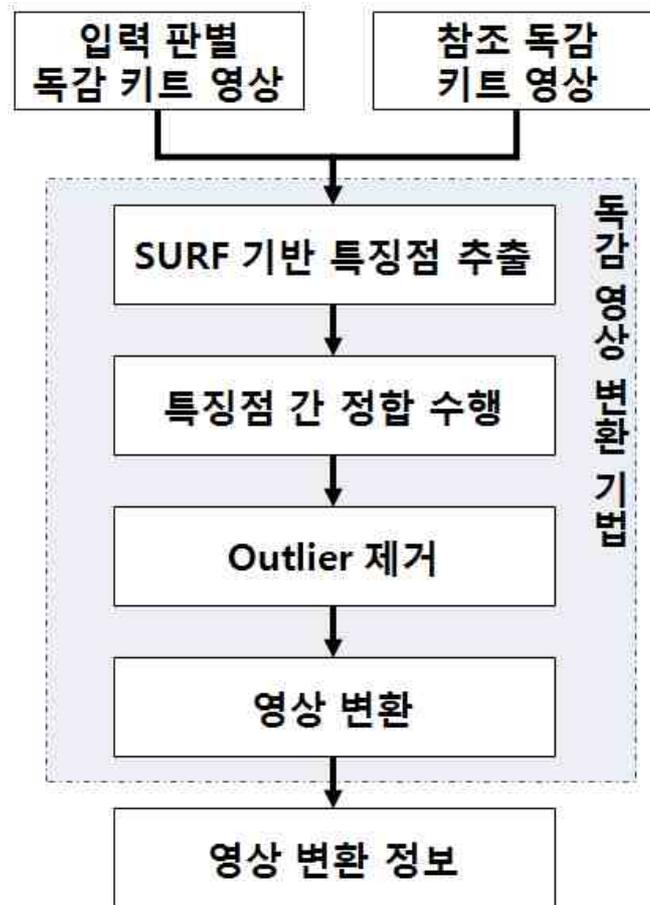


그림 2.1.15. 독감 영상 변환 기법 프로세스

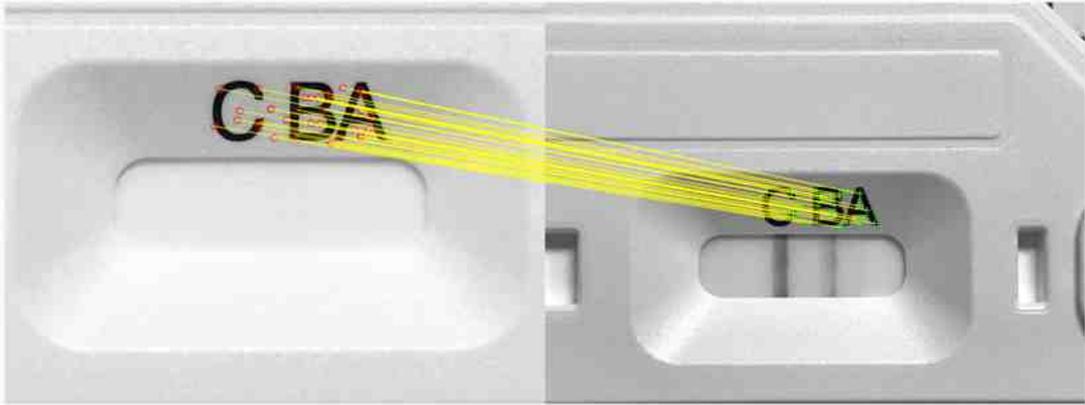


그림 2.1.16. 특징점 기반의 영상 정합

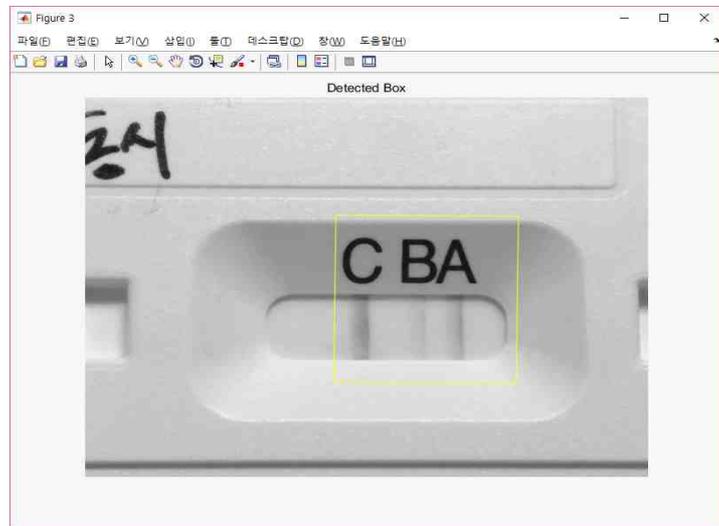


그림 2.1.17. 특징점 기반의 영상 변환

단, 각 키트별로 스트립의 발현 색상이나 구성이 다르기 때문에 가장먼저 독감 키트 분류 기법을 수행하여야 한다. 그림 2.1.19는 영상 변환 정보를 통해서 입력 독감 판독 키트 영상(위)와 참조 독감 판독 키트 영상(아래)가 정확히 검출됨을 확인할 수 있다. 이렇게 검출된 영상에 대해서 CIE LAB 색공간 기반의 색상 유사도를 비교하여, 다음과 같이 독감 키트의 발현 여부를 최종적으로 검출한다.

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (10)$$

CIE LAB 색공간은 노랑-파랑, 초록-빨강의 반대색설에 기초하여 국제조명협회(CIE)에서 정의한 색 공간으로 L은 명도를 나타내며, a는 값이 높을수록 빨강에 가깝고, 값이 낮을수록 초록에 가까우며, b는 값이 높을수록 노랑에 가까우며 낮을수록 파랑에 가깝다 이를 기반으로 해서 각 키트에서 발현 되는 색 유사도를 판정하여 독감 키트의 발현 여부를 최종적으로 검출한다.

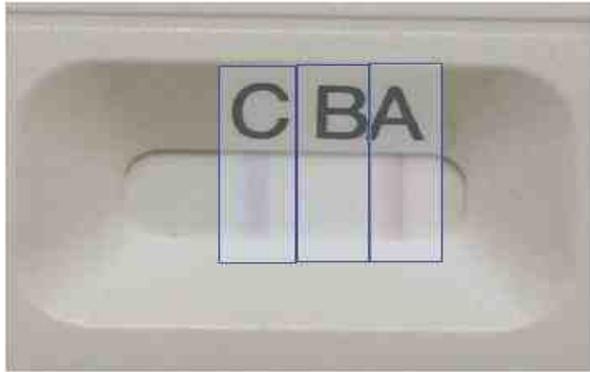


그림 2.1.18. 독감 영상 관독을 위한 영역 분리

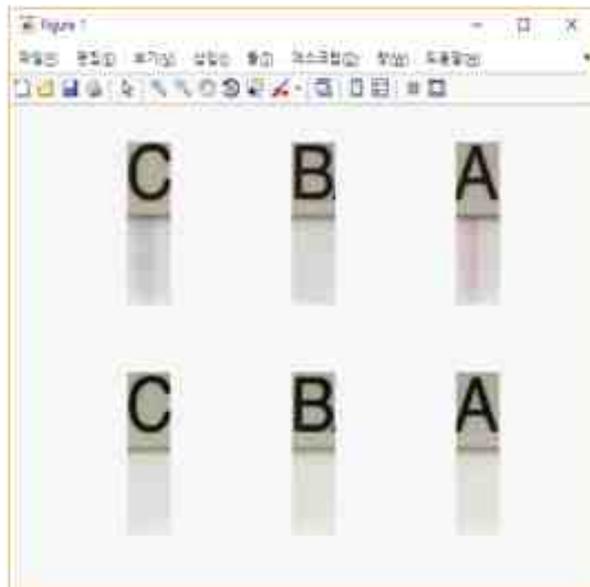


그림 2.1.19. 영상 변환 정보 기반의 독감 영상 관독 영역 정합 결과

제 2 절 독감 자동 판독 프로그램

2.2.1. 프로그램 구성

본 논문에서 제안하는 기법의 성능을 확인하기 위하여, 그림 2.2.1과 그림 2.2.2와 같이 독감 자동 판독 프로그램을 구성하였다. 독감 키트 자동 판독을 위한 프로그램의 구성은 독감 판별 키트, 휴대 장치, 독감 판별 시스템으로 구성된다. 휴대 장치는 일상생활에 활용되는 휴대폰을 사용하였으며, 독감 판별 시스템은 MATLAB GUI기반의 구현되어, PC 등 다양한 시스템에 탑재되어 구동할 수 있다.

2.2.2. 프로그램 방법

자동 판독하고자 하는 판별 샘플을 사용자가 휴대폰 등과 같은 휴대 장치를 이용하여, 추가적인 보조 장비나 조건 없이 독감 판독 키트를 촬영한다. 이 때, 독감 판독 키트는 그림 2.2.1과 같이 다양한 판독 키트가 활용가능하며, 또한 다양한 종류의 휴대장치를 이용하여 촬영이 가능하다. 이렇게 촬영된 영상을 무선망을 통하여 독감 판독 시스템에 업로드를 하고, 그림 2.2.1의 ①, ②과 같이 시스템에 입력을 해준다. 그리고 그림 2.2.1의 ③과 같이 결과 판정을 선택하게 되면 독감 자동 판독 프로그램에서는 앞서 2.1절에서 설명한 독감 키트 자동 판독을 위한 영상 처리 기법을 활용하여, 최종적으로 그림 2.2.1의 ④와 같이 독감 판독 결과를 도출한다. 이 때, 본 연구에서 제안한 휴대장치를 위한 독감 영상 판독 시스템은 다양한 키트, 다양한 촬영 환경, 다양한 촬영 구도에 강인하도록 독감 키트 분류기법, 독감 키트 영상 보정 기법, 영상 변환 기법 등을 수행하기 때문에, 다양한 환경 영향을 최소화하고 독감 키트의 스트립을 인식하여 판단을 내리는 구조를 가지고 있다. 스트립은 문자 A, 문자 B,

문자 C을 기반으로, A, C에 동시에 스트립이 생겼을 경우, A형으로 판단하고, B, C에 동시에 스트립이 생겼을 경우 B형으로 판단, A, B, C가 동시에 스트립이 생겼을 경우 A, B형으로 판단하도록 설정되었다.

그림 2.2.2는 독감이 진단되었을 경우, 인터넷 망과 연동하여 A형, B형 독감에 대한 안내와 대응법을 안내해주고, 해당 정보는 데이터베이스화를 위하여 기록하도록 설정하였다. 또한 잘못된 독감 키트나 진단 오류가 발생하였을 경우, 독감 키트 사용법과 독감 자동 판독 프로그램의 사용법을 안내하도록 구성하였다.

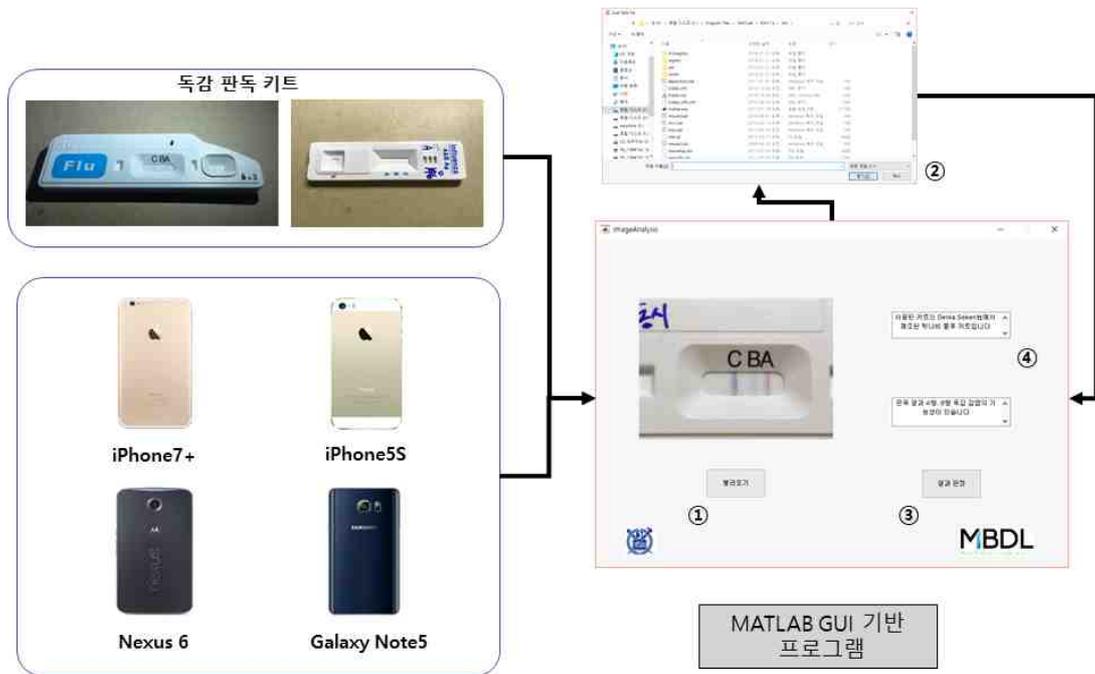


그림 2.2.1. 독감 자동 판독 프로그램 구성도

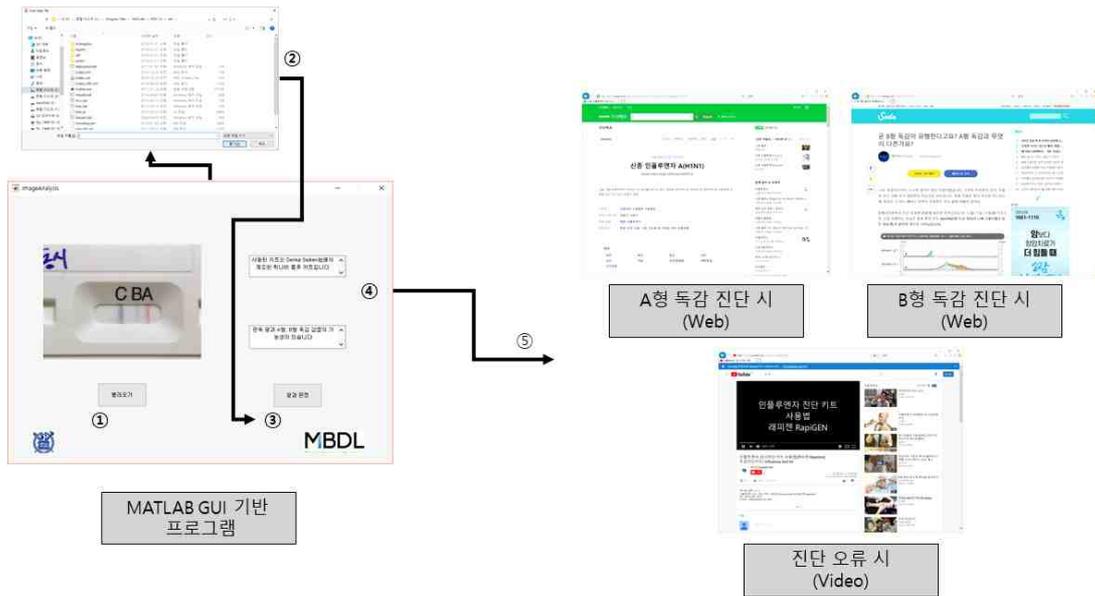


그림 2.2.2. 독감 자동 판독 프로그램 동작도

제 3 장 결 과

제 1 절 실험 환경

본 연구에서는 독감 키트 자동 판독을 위한 영상 처리 기법의 성능을 확인하기 위하여 표 3.1.1과 같이 124개의 실험군을 대상으로 실험을 진행하였다. 휴대장치는 표 3.1.2.의 사양을 가지는 4종의 휴대장치(애플 아이폰 5s, 아이폰 7 플러스, 모토로라 넥서스6, 삼성 갤럭시 노트5)를 활용하여 검증하였다. 독감 판독 키트는 면역크로마토그래피 방식의 신속인플루엔자키트 2종(Denka Seiken社 퀵나비 플루, 레피젠社 퀵플루3)를 활용하여 검증하였으며, 실제 31개의 판독 키트를 4종의 휴대 장치를 통하여 검증하여 총 124개의 실험군을 대상으로 제안하는 독감 영상 판독 시스템의 성능을 확인하였다. 그림 3.1.1, 그림 3.1.2 은 본 연구에서 활용한 신속인플루엔자키트 2종(Denka Seiken社 퀵나비 플루, 레피젠社 퀵플루3)에 대한 검진 방법 및 스트립 발현에 따른 독감 판독 방법을 나타낸다. 본 연구에서는 다양한 종류의 독감 키트 양성/음성 반응과 다양한 독감 키트 스트립 발현 강도의 차이가 독감 키트 자동 판독 프로그램 성능에 미치는 영향을 확인하기 위하여 그림 3.1.3과 같이 양성/음성 대조 스왑 항원을 활용하여 실험군을 생성하였다. 본 연구에서는 항원의 강도에 따라 독감 판별 키트에서 발현되는 스트립의 발현 강도 차이가 발생함에 따라 이러한 영향에 따른 영향을 확인하기 위하여 항원의 강도를 다음과 같은 방법으로 차이를 두었다. 항원을 희석하는 검체 희석액의 양에 따라 정량인 20ml를 사용하였을 경우(1.0), 정량의 두배인 40ml를 사용하였을 경우(0.5), 정량의 4배인 80ml를 사용하였을 경우(0.25)에 따라 실험 환경을 바꿔 측정하였다. 희석액의 양이 많아질수록 독감 항원

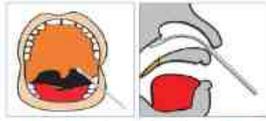
| | A형 | B형 | A, B형 | 기타 | 실험군 |
|-------|----|----|-------|----|-----|
| 퀵나비플루 | 24 | 12 | 12 | 8 | 56 |
| 퀵플루3 | 20 | 16 | 12 | 20 | 68 |
| 총계 | 44 | 28 | 24 | 28 | 124 |

표 3.1.1. 실험에 사용된 실험군(개)

| 휴대장치 | Apple iPhone 5s | Apple iPhone 7+ | Motorola Nexus 6 | Samsung Galaxy Note5 |
|---------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---|
| 카메라 센서 | Sony Exmor RS Sensor ISX014 | Sony Exmor RS Sensor Custom | Sony Exmor RS Sensor IMX214 | Sony Exmor RS Sensor IMX240 or Samsung ISOCELL S5K2P2 |
| 유효 화소수 | 3280×2464 (8.08 메가픽셀) | 4032×3024 (12.0 메가픽셀) | 4208×3120 (13.13 메가픽셀) | 5312×2988 (16.0 메가픽셀) |
| 조리개 | f/2.2 | f/1.8, f/2.8 | f/1.9 | f/1.9 |
| 초점거리 | 30mm | 28mm/56mm | 28mm | 28mm |
| 센서크기 | 1/3" | 1/3" | 1/3.06" | 1/2.6" |
| 단위격자 크기 | 1.12 μ m(H)×1.12 μ m(V) | 1.22 μ m(H)×1.22 μ m(V) | 1.12 μ m(H)×1.12 μ m(V) | 1.12 μ m(H)×1.12 μ m(V) |
| 출시일 | 2012.10 | 2016.09 | 2014.04 | 2015.03 |

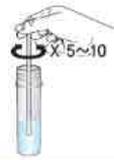
표 3.1.2. 실험에 사용된 휴대 장치 및 센서 사양

검사방법

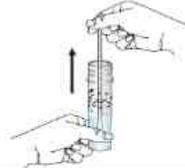


Throat Swab Nasopharyngeal Swab

1 원봉으로 비강 또는 인후를 에서 검체를 채취합니다.



2 면봉을 검체회색액에 넣고 5~10회 이상 돌려줍니다.



3 면봉을 버립니다.

Strip



20분 이내 결과 판독

4 Strip을 검체회색액에 넣습니다.

5 20분 이내 결과를 판독합니다.

Device

5~10 방울

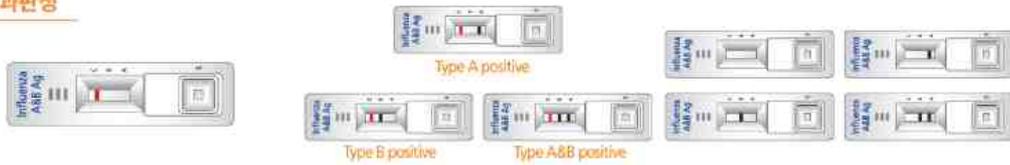


3~8분 이내 결과 판독

4 드롭피플 이용하여 3~4방울(약 90~120μl)을 검체회색액(5)에 떨어뜨립니다.

5 3~8분 이내 결과를 판독합니다.

결과판정



| 음성 | 양성 | 재시험 |
|----|----|-----|
|----|----|-----|

그림 3.1.2. 레피젠社 퀵플루3 검진 방법 및 판독의 예 [21]



그림 3.1.3. 양성/음성 대조 스왑 항원을 통한 실험군 생성

이 희석되기 때문에 스트립의 발현 강도가 낮아진다. 그림 3.1.4., 그림 3.1.5., 그림 3.1.6., 그림 3.1.7., 그림 3.1.8., 그림 3.1.9., 그림 3.1.10., 그림 3.1.11.은 휴대장치별, 독감 판독 키트 종류별, 검진에 사용된 독감 판독 키트별로 총 124개의 실험군의 독감 키트 영상을 나타낸다. 그림 3.1.12., 그림 3.1.13., 그림 3.1.14., 그림 3.1.15., 그림 3.1.16., 그림 3.1.17., 그림 3.1.18., 그림 3.1.19.은 항원 강도별로 실험한 실험군의 독감 키트 영상을 나타낸다. 위의 독감 키트 영상에서 확인할 수 있듯이, C 스트립의 경우는 항원 강도와 상관없이 스트립이 발현되고 있고, A, B의 경우는 일반적으로 항원 강도에 따라서 스트립의 진하기의 차이가 나타나고 있다. 휴대장치를 위한 독감 영상 판독 시스템 개발 기법은 The Mathworks 사의 MATLAB R2017a에서 구현되었으며, 독감 영상 판독 시스템은 The Mathworks 사의 MATLAB R2017a에서 지원하는 GUI(Graphical User Interface) 기반의 Framework인 MATLAB GUI를 기반으로 제작되었다. 또한 본 실험은 4종의 휴대장치와 Intel(R) Core(TM) i5-4670 3.4GHz, 16GB RAM 기반의 워크스테이션을 기반으로 실험이 진행되었다.



그림 3.1.4. 독감 판별 키트 실험군(퀵나비플루, 아이폰5s)



그림 3.1.5. 독감 판별 키트 실험군(퀵나비플루, 아이폰7 플러스)



그림 3.1.6. 독감 판별 키트 실험군(퀵나비플루, 넥서스6)



그림 3.1.7. 독감 판별 키트 실험군(퀵나비플루, 갤럭시 노트5)

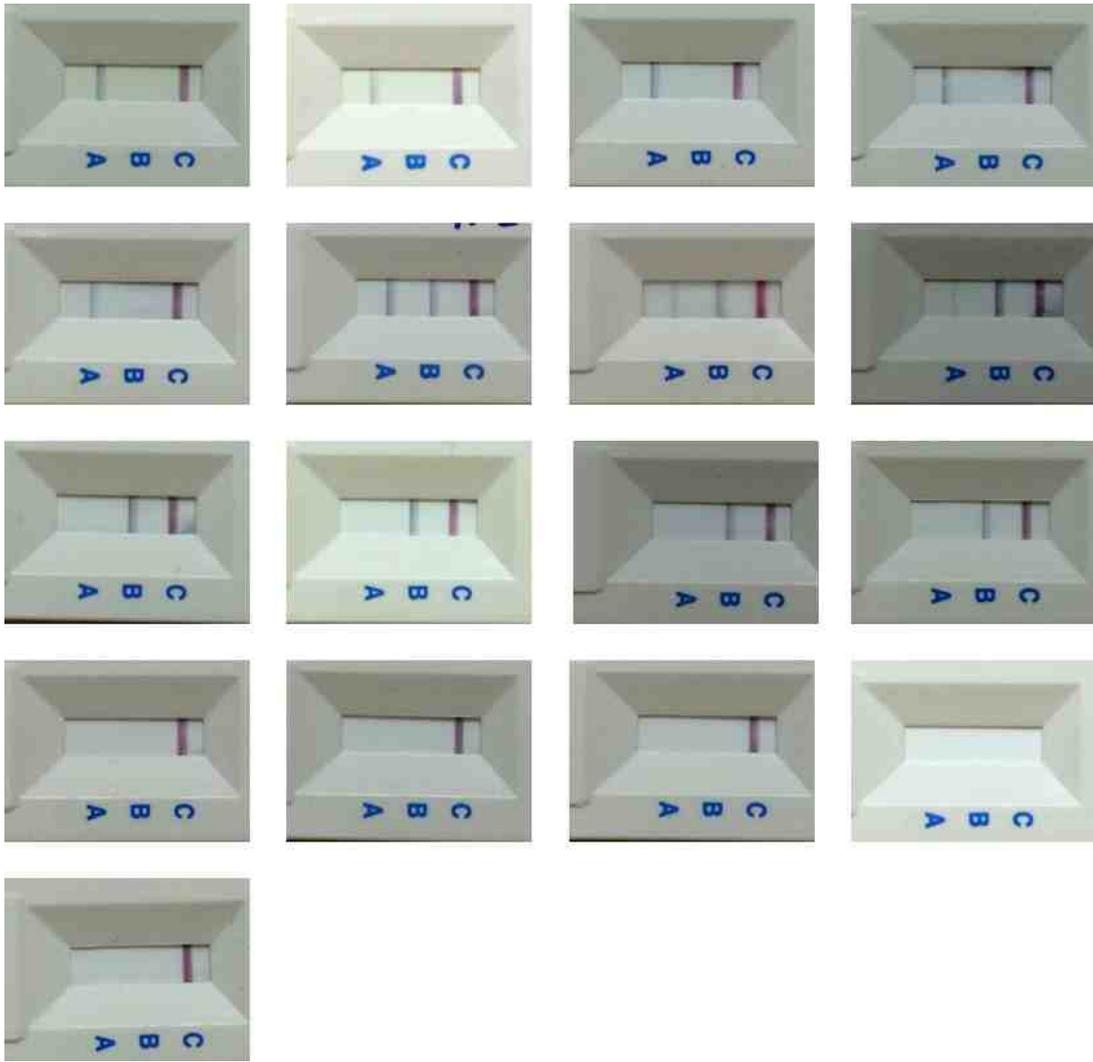


그림 3.1.8. 독감 판별 키트 실험군(쿼플루3, 아이폰5s)

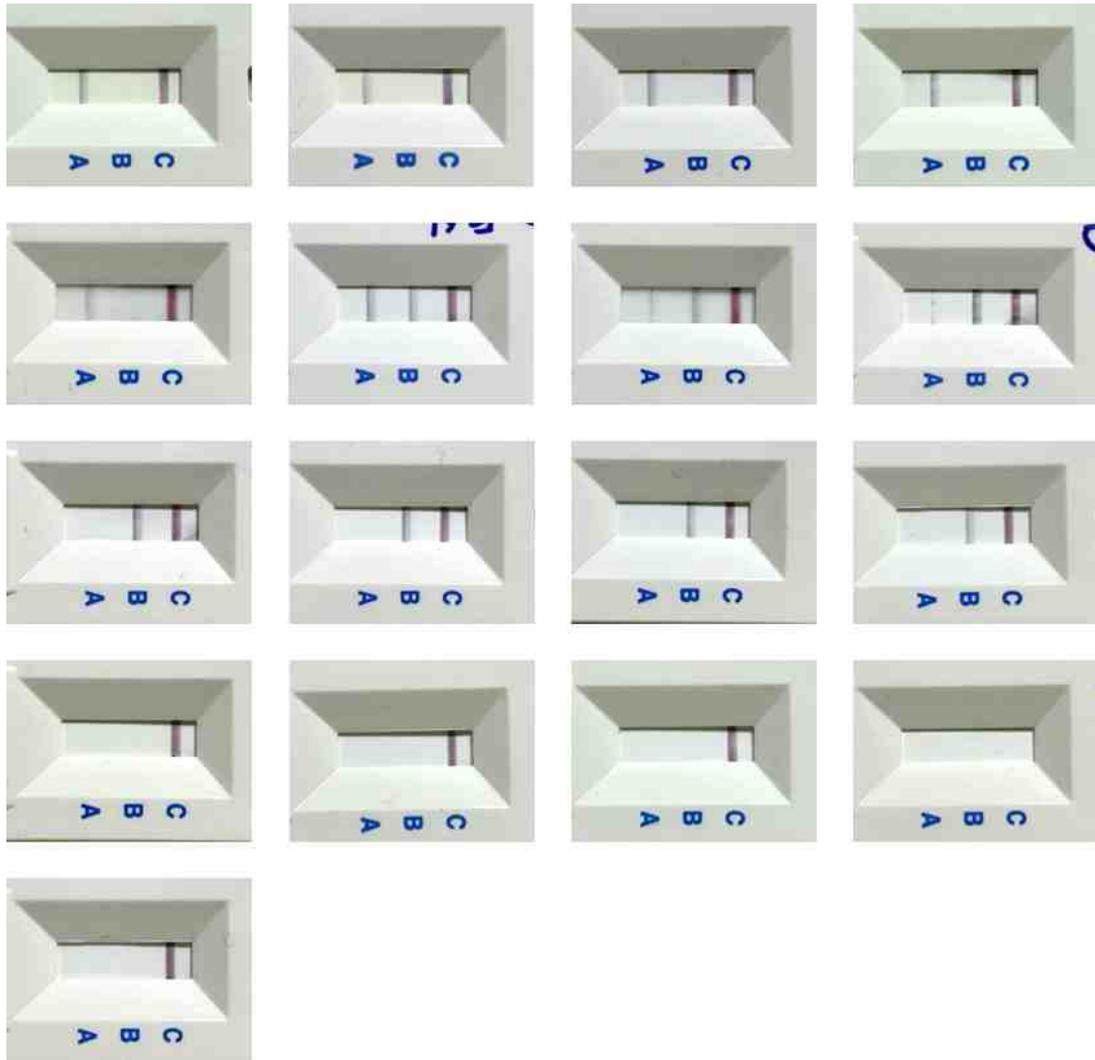


그림 3.1.9. 독감 판별 키트 실험군(퀵플루3, 아이폰7 플러스)



그림 3.1.10. 독감 판별 키트 실험군(쿼플루3, 넥서스6)

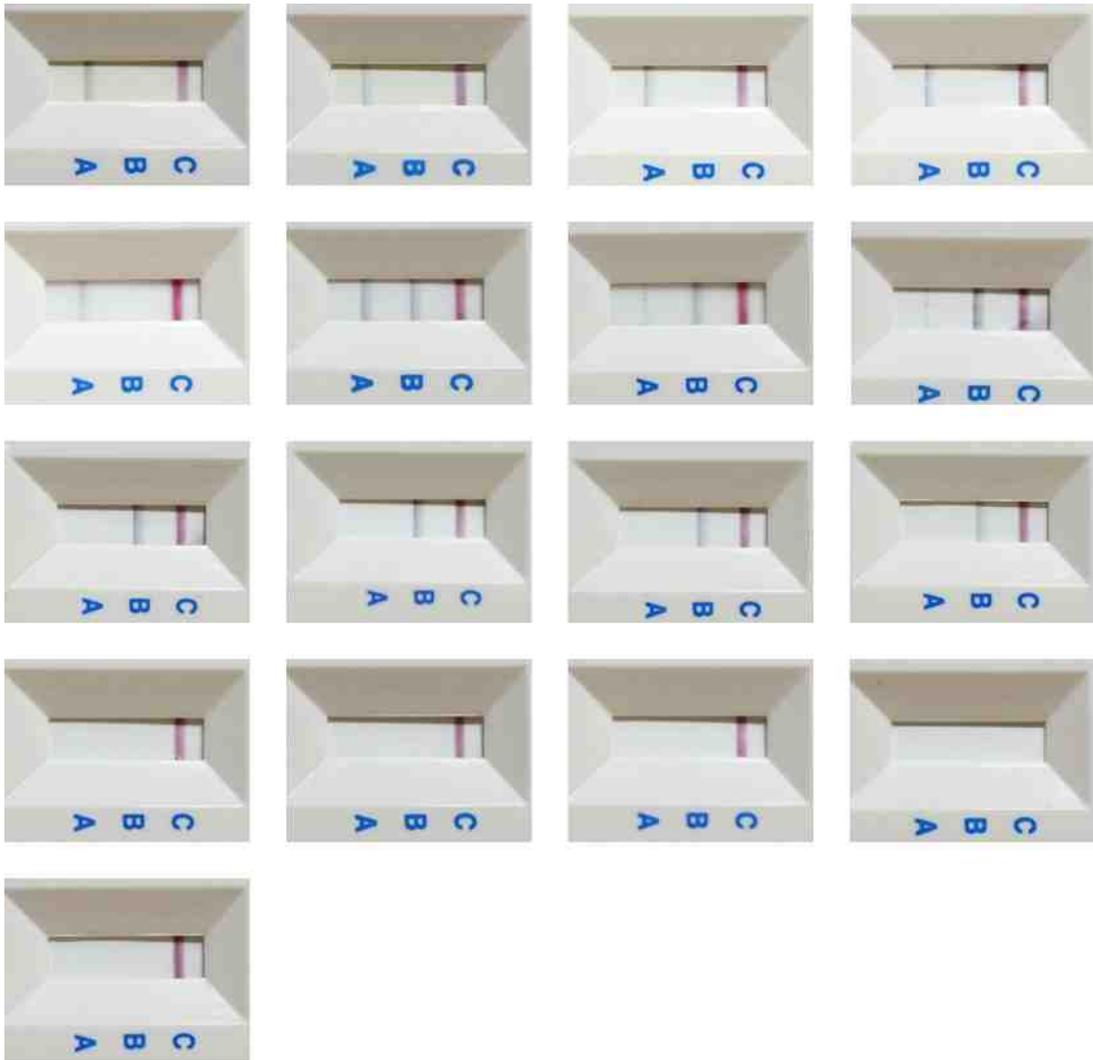


그림 3.1.11. 독감 판별 키트 실험군(퀵플루3, 갤럭시노트5)

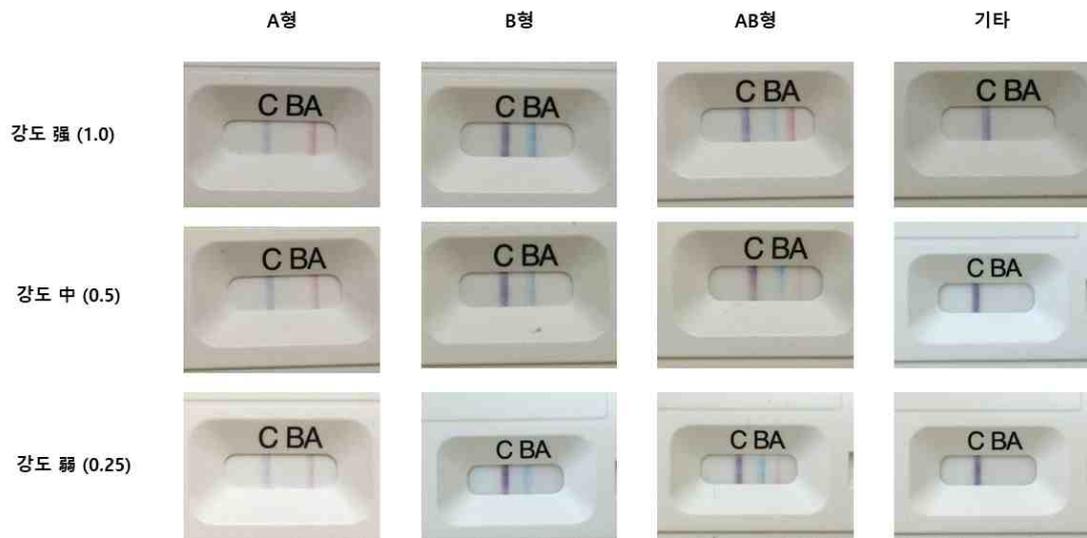


그림 3.1.12. 항원 강도별 실험군 (퀵나비플루, 아이폰5s)

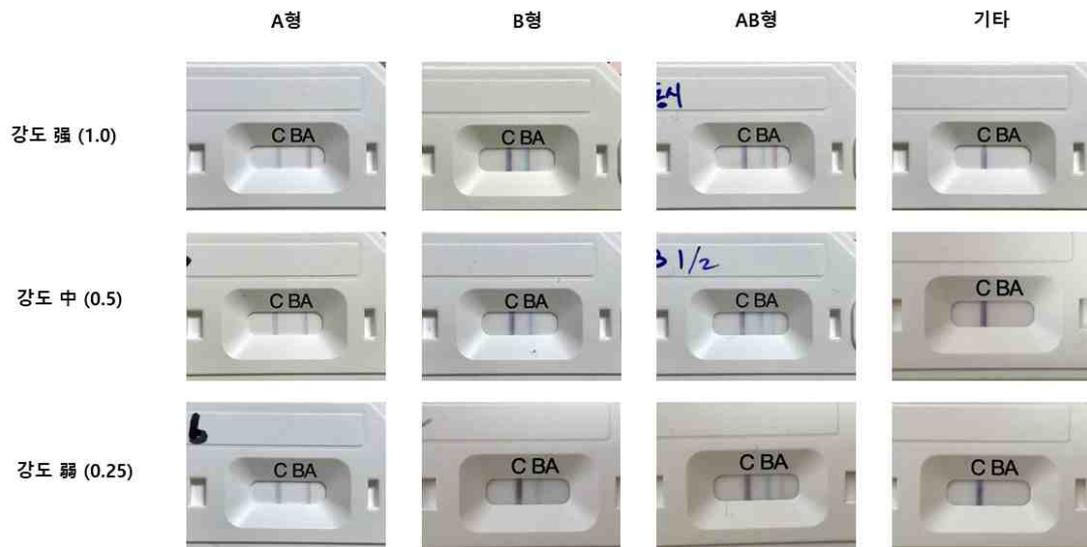


그림 3.1.13. 항원 강도별 실험군 (퀵나비플루, 아이폰7 플러스)



그림 3.1.14. 항원 강도별 실험군 (퀵나비플루, 넥서스6)

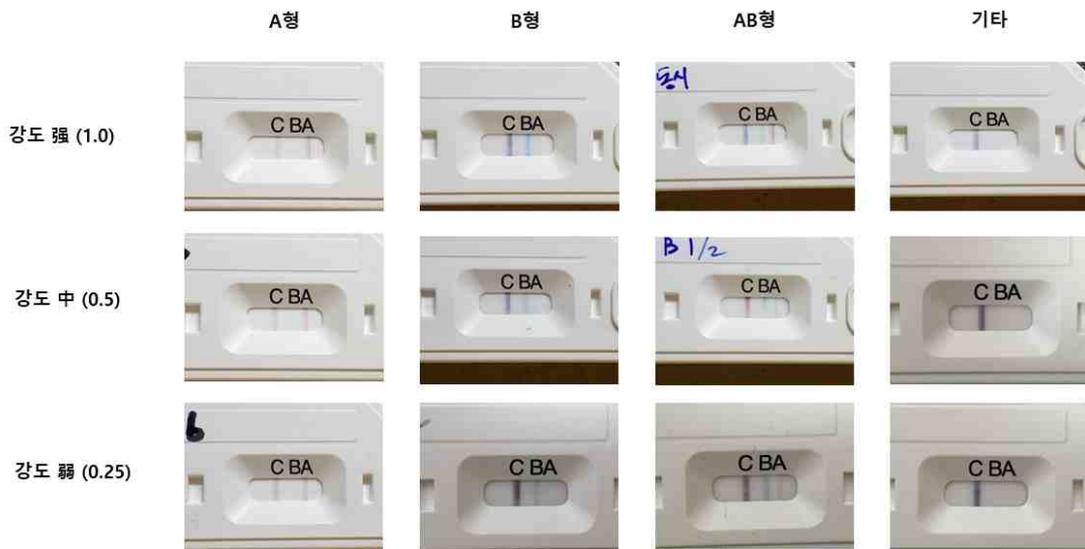


그림 3.1.15. 항원 강도별 실험군 (퀵나비플루, 갤럭시노트 5)

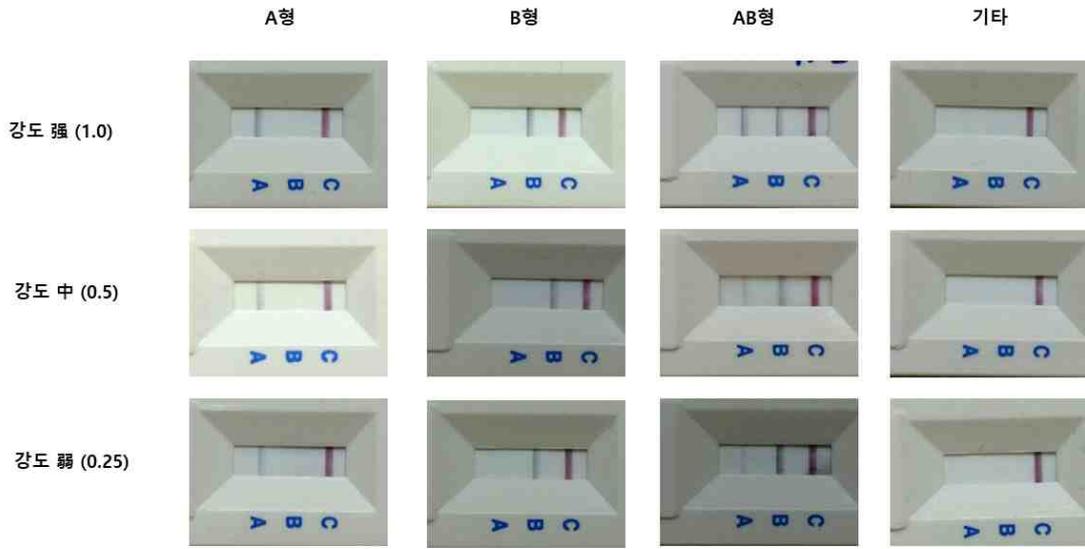


그림 3.1.16. 항원 강도별 실험군 (퀵플루3, 아이폰5s)

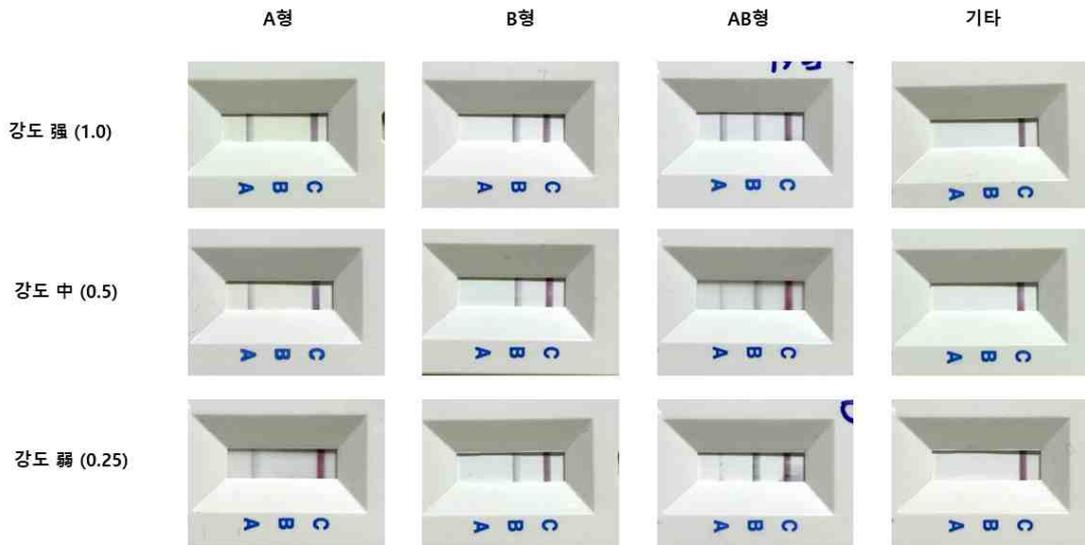


그림 3.1.17. 항원 강도별 실험군 (퀵플루3, 아이폰7플러스)

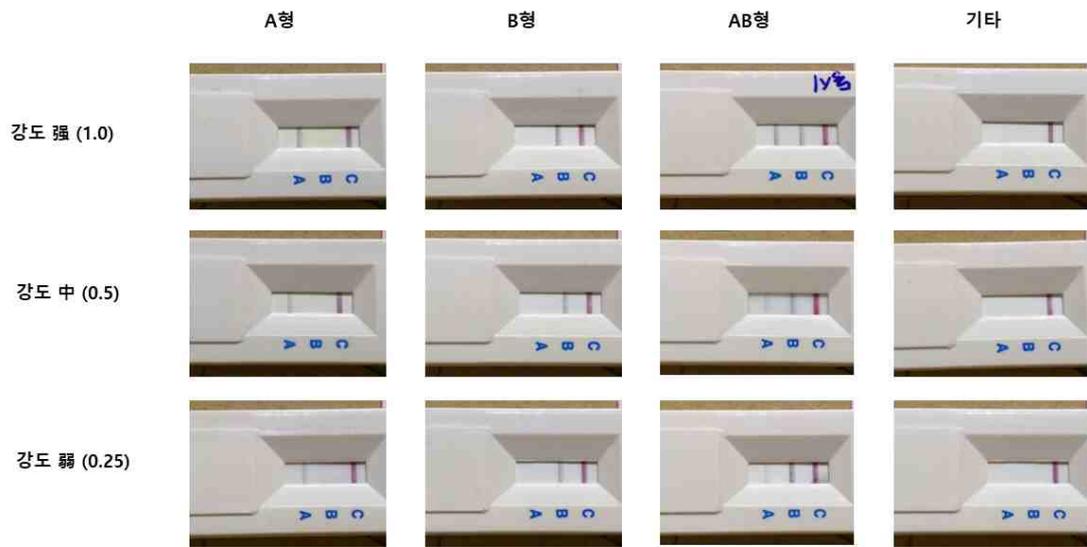


그림 3.1.18. 항원 강도별 실험군 (퀵플루3, 넥서스6)

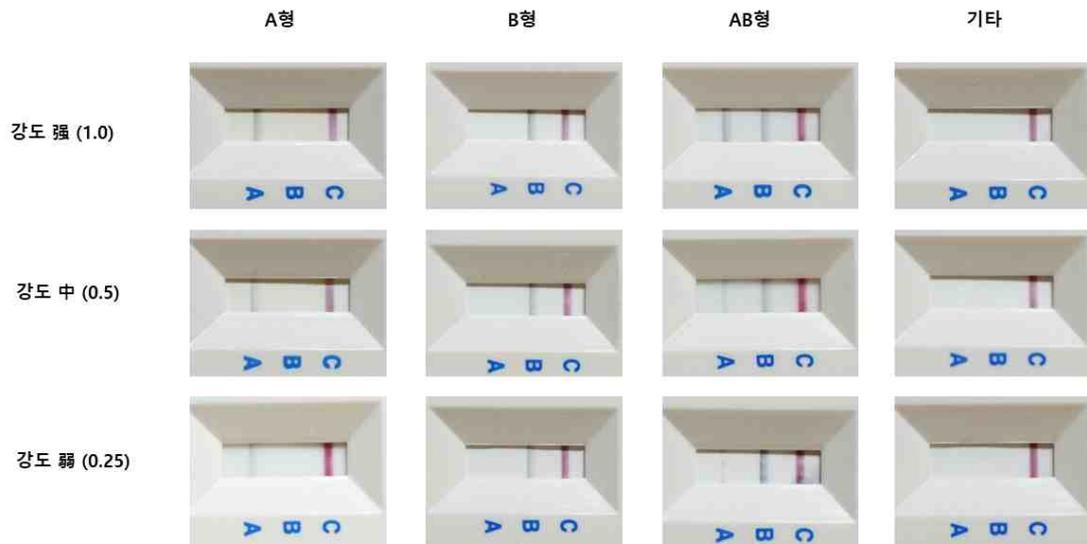


그림 3.1.19. 항원 강도별 실험군 (퀵플루3, 갤럭시노트5)

제 2 절 실험 결과

본 연구에서 제안하는 알고리즘의 성능을 확인하기 위하여, 124개 실험군을 대상으로 진행한 실험의 결과를 표 3.1.3.과 같이 정리하였다. 또한 독감 키트별(Denka Seiken社 퀵나비 플루, 레피젠社 퀵플루3), 항원 농도별(强(1.0), 中(0.5), 弱(0.25)), 휴대 장치별(애플 아이폰 5s, 아이폰 7 플러스, 모토로라 넥서스6, 삼성 갤럭시 노트5)로 각각 나누어 결과를 분석하고, 각 조건별로 판독정확률 및 판독오류율을 나타내었다.

표 3.1.3.와 같이 본 연구에서 제안하는 독감 키트 자동 판독 알고리즘을 통하여 실제 A형 독감이 발현된 키트의 판독정확률은 84.1%, 실제 B형 독감이 발현된 키트의 판독정확률은 82.1%, 실제 A, B형이 동시에 독감이 발현된 키트의 판독정확률은 54.2%, 기타의 경우 96.4%의 정확도를 나타내었다. 또한 전체 124개 독감 키트 실험군에 대해서 80.6%의 정확도를 나타내었으며 실험 결과를 통하여 A, B 스트립이 동시에 발현되는 경우가 각각 발현되는 경우에 비하여 오류율이 높은 것을 확인할 수 있다. 이는 A, B형이 동시에 스트립이 발현되는 경우 판독 알고리즘이 두 스트립을 모두 인지해야할 뿐만 아니라 두 스트립 중 한 스트립의 발현 강도가 약할 경우 오류가 발생하기 때문이다.

| actual test | A | B | A, B | N/A | 판독정확률/ 판독오류율 |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|-----------------|
| A | 37 | 0 | 1 | 0 | 97.4% 2.6% |
| B | 0 | 23 | 8 | 1 | 71.9% 28.1% |
| A, B | 1 | 0 | 13 | 0 | 92.9% 7.1% |
| N/A | 6 | 5 | 2 | 27 | 67.5% 32.5% |
| 판독정확률/ 판독오류율 | 84.1% 15.9% | 82.1% 17.9% | 54.2% 45.8% | 96.4% 3.6% | 80.6% 19.4% |

표 3.1.3. 독감 키트 자동 판독을 위한 영상 처리 기법 실험 결과

| actual \ test | A | B | A, B | N/A | 관독정확률/ 관독오류율 |
|-----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| A | 22 | 0 | 1 | 0 | 95.7% 4.3% |
| B | 0 | 9 | 2 | 0 | 81.8% 18.2% |
| A, B | 1 | 0 | 8 | 0 | 88.9% 11.1% |
| N/A | 1 | 3 | 1 | 8 | 61.5% 38.5% |
| 관독정확률/ 관독오류율 | 91.7% 8.3% | 75.0% 25.0% | 66.7% 33.3% | 100.0% 0.0% | 83.9% 16.1% |

(a) Denka Seiken社 퀵나비 플루

| actual \ test | A | B | A, B | N/A | 관독정확률/ 관독오류율 |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|-----------------|
| A | 15 | 0 | 0 | 0 | 100.0% 0.0% |
| B | 0 | 14 | 6 | 1 | 66.7% 33.3% |
| A, B | 0 | 0 | 5 | 0 | 100.0% 0.0% |
| N/A | 5 | 2 | 1 | 19 | 70.4% 29.6% |
| 관독정확률/ 관독오류율 | 75.0% 25.0% | 87.5% 12.5% | 41.7% 58.3% | 95.0% 5.0% | 77.9% 22.1% |

(b) 레피젠社 퀵플루3

표 3.1.4. 독감 키트별 독감 키트 자동 판독을 위한 영상 처리 기법 실험 결과

| actual \ test | A | B | A, B | N/A | 관독정확률/ 관독오류율 |
|-----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| A | 21 | 0 | 1 | 0 | 95.5% 4.5% |
| B | 0 | 10 | 0 | 0 | 100.0% 0.0% |
| A, B | 1 | 0 | 7 | 0 | 87.5% 12.5% |
| N/A | 2 | 2 | 0 | 16 | 80.0% 20.0% |
| 관독정확률/ 관독오류율 | 91.3% 8.7% | 83.3% 16.7% | 87.5% 12.5% | 100.0% 0.0% | 90.0% 10.0% |

(a) 항원 강도 强(1.0)

| actual \ test | A | B | A, B | N/A | 관독정확률/ 관독오류율 |
|-----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|------------------|
| A | 11 | 0 | 0 | 0 | 100.0% 0.0% |
| B | 0 | 7 | 2 | 0 | 77.8% 22.2% |
| A, B | 0 | 0 | 4 | 0 | 100.0% 0.0% |
| N/A | 1 | 1 | 2 | 4 | 50.0% 50.0% |
| 관독정확률/ 관독오류율 | 91.7% 8.3% | 87.5% 12.5% | 50.0% 50.0% | 100.0% 0.0% | 81.25% 18.75% |

(b) 항원 강도 中(0.5)

| actual \ test | A | B | A, B | N/A | 관독정확률/ 관독오류율 |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| A | 5 | 0 | 0 | 0 | 100.0% 0.0% |
| B | 0 | 6 | 6 | 1 | 46.2% 53.8% |
| A, B | 0 | 0 | 2 | 0 | 100.0% 0.0% |
| N/A | 3 | 2 | 0 | 7 | 58.3% 41.7% |
| 관독정확률/ 관독오류율 | 62.5% 37.5% | 75.0% 25.0% | 25.0% 75.0% | 87.5% 12.5% | 62.5% 37.5% |

(c) 항원 강도 弱(0.25)

표 3.1.5. 항원 강도별 독감 키트 자동 관독을 위한
영상 처리 기법 실험 결과

| actual \ test | A | B | A, B | N/A | 관독정확률/ 관독오류율 |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| A | 11 | 0 | 0 | 0 | 100.0% 0.0% |
| B | 0 | 7 | 2 | 0 | 77.8% 22.2% |
| A, B | 0 | 0 | 4 | 0 | 100.0% 0.0% |
| N/A | 0 | 0 | 0 | 7 | 100.0% 0.0% |
| 관독정확률/ 관독오류율 | 100.0% 0.0% | 100.0% 0.0% | 66.7% 33.3% | 100.0% 0.0% | 93.5% 6.5% |

(a) 아이폰 5s

| actual \ test | A | B | A, B | N/A | 관독정확률/ 관독오류율 |
|-----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| A | 10 | 0 | 0 | 0 | 100.0% 0.0% |
| B | 0 | 5 | 1 | 0 | 83.3% 16.7% |
| A, B | 0 | 0 | 4 | 0 | 100.0% 0.0% |
| N/A | 1 | 2 | 1 | 7 | 63.6% 36.4% |
| 관독정확률/ 관독오류율 | 90.9% 9.1% | 71.4% 28.6% | 66.7% 33.3% | 100.0% 0.0% | 83.9% 16.1% |

(b) 아이폰7+

표 3.1.6. 휴대 장치별 독감 키트 자동 판독을 위한 영상 처리 기법 실험 결과

| actual \ test | A | B | A, B | N/A | 관독정확률/ 관독오류율 |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| A | 8 | 0 | 0 | 0 | 100.0% 0.0% |
| B | 0 | 6 | 3 | 1 | 60.0% 40.0% |
| A, B | 1 | 0 | 3 | 0 | 75.0% 25.0% |
| N/A | 2 | 1 | 0 | 6 | 66.7% 33.3% |
| 관독정확률/ 관독오류율 | 72.7% 27.3% | 85.7% 14.3% | 50.0% 50.0% | 85.7% 14.3% | 74.2% 25.8% |

(c) 넥서스6

| actual \ test | A | B | A, B | N/A | 관독정확률/ 관독오류율 |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| A | 8 | 0 | 1 | 0 | 88.9% 11.1% |
| B | 0 | 5 | 2 | 0 | 71.4% 28.6% |
| A, B | 0 | 0 | 2 | 0 | 100.0% 0.0% |
| N/A | 3 | 2 | 1 | 7 | 53.8% 46.2% |
| 관독정확률/ 관독오류율 | 72.7% 27.3% | 71.4% 28.6% | 33.3% 66.7% | 100.0% 0.0% | 71.0% 29.0% |

(d) 갤럭시 노트5

표 3.1.6. 휴대 장치별 독감 키트 자동 판독을 위한 영상 처리 기법 실험 결과

| test \ actual | | A | | | B | | | A, B | | | 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 |
| A, B | 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 |

(a) Denka Seiken社 퀵나비 플루

| test \ actual | | A | | | B | | | A, B | | | 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 |
| A, B | 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 |

(b) 레피젠社 퀵플루3

표 3.1.7. 독감 키트 자동 판독을 위한 영상 처리 기법 실험 결과(종합결과)

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

독감 키트별 실험결과는 표 3.1.4.과 같이 정리되었다. 퀵나비 플루의 경우 전체 83.9%의 정확도를 나타내었으며, 퀵플루 3의 경우는 77.9%의 정확도를 나타내었다. 퀵나비 플루 키트 및 퀵플루3 키트 모두 타 경우에 비하여 A, B 스트립이 동시에 발현되는 조건에서 상대적으로 높은 오류율을 기록하였다.

항원 강도가 독감 키트 자동판독의 정확도에 미치는 영향은 표 3.1.5.에서 확인할 수 있다. 항원 강도가 강한 조건(1.0)에서는 90.0%의 독감 키트 자동 판독정확률을 나타냈었으나, 항원 강도 중간(0.5)일 경우와 약한(0.25) 조건에서의 실험결과는 81.25%, 62.5%로 판독정확률이 급격하게 떨어지는 것을 확인할 수 있다. 특히 그중에서도 A, B 스트립이 동시에 발현된 독감 키트의 경우 항원 강도가 1.0에서 0.25로 약해짐에 따라 판독 오류율이 87.5%에서 25.0%까지 급격하게 낮아진다. 이 실험결과를 통해서 독감 키트 자동 판독의 정확도를 높이기 위해서는 항원 강도가 적정 수준 이상이 되어야 함을 확인할 수 있다.

사용된 휴대 장치별 실험 결과는 표 3.1.6.에서 확인할 수 있다. 아이폰 5s 휴대장치의 경우 93.5%의 정확도를 나타내어 휴대 장치 중에서 가장 높은 정확도를 보였으며, 아이폰 7 플러스는 83.9%, 넥서스6는 74.2%, 갤럭시 노트5는 71.0%의 정확도를 나타내었다. 표 3.1.7.에서 주요 오류를 확인해보면 퀵나비 플루의 경우 갤럭시 노트5에서, 퀵플루3의 경우 넥서스6 휴대장치에서 상대적으로 많은 오류가 발생하고 있는 것을 확인할 수 있다. 이는 표 3.1.7.과 그림 3.1.20.에서 확인할 수 있듯이, 검출 스트립의 발색 정도가 약하고 갤럭시 노트5의 촬영 구도가 타 장치에 비하여 원거리에서 촬영되어 해당 진단에 오류가 발생하였음을 확인할 수 있다. 또한 표 3.1.7.과 그림 3.1.21.와 그림 3.1.22.에서 확인할 수 있듯이, 독감 판독 키트의 A 스트립의 발색 정도가 약하고 넥서스6가 타 장치에 비하여 원거리에서 촬영되어 스트립 발현 정보를 가지는 화소수가 적어 오류를 발생했음을 확인할 수 있다.



그림 3.1.20. 퀵 나비 플루 주요 오진 사례(갤럭시 노트5)



그림 3.1.21. 퀵플루3 주요 오진 사례 (A, B형)
(단일 검진키트, 아이폰5s, 아이폰7+, 넥서스6)



그림 3.1.22. 퀵플루3 주요 오진 사례 (A형)
(단일 검진키트 아이폰7+, 넥서스6, 노트5)

제안하는 알고리즘이 영상 변환 기법을 포함하고 있어, 다양한 구도에 강인하지만, 스트립이 약하게 발색되어 미약한 정보만을 획득하였을 때, 원거리에서 촬영하게 되면 더욱 판별이 어려워지기 때문에 오류가 발생했음을 확인할 수 있다. 이를 통하여 본 시스템을 활용 시 스트립 발현 정도가 약하고 원거리에서 촬영할 경우 정확한 판독에 제한이 있으므로, 이를 보완하는 추가 연구를 진행하거나 독감 키트 촬영 단계에서 적정 거리를 유지하여 정보의 손실을 최소화할 필요가 있다.

결론적으로 124개의 실험군에 대하여 본 연구에서 제안하는 독감 키트 자동 판독을 위한 영상처리 알고리즘의 성능을 확인하였을 경우 효과적인 자동 독감 진단이 가능함을 확인할 수 있었다. 단, 앞서 판독 오류가 발생한 사례에서 확인할 수 있듯이 독감 키트의 스트립 발색정도가 약하고, 원거리에서 키트 영상을 촬영할 경우 판독 정보의 부족으로 오류가 발생함을 알 수 있다. 따라서 본 시스템에서는 이러한 판독의 정확도를 높이기 위하여 MATLAB GUI 시스템에서 독감 키트 검진법 등의 안내를 제공하여 판독 오류를 최소화하는 데 도움이 될 수 있도록 프로그램을 구성하였다.

제 4 장 토론 및 결론

본 연구에서는 응급구조사와 같은 준 의료인 등이 응급상황에서 신속 인플루엔자 검사키트와 카메라가 내장된 휴대폰 등과 같은 휴대 장치를 이용하여 독감 키트를 자동으로 판독하는 것이 가능한 독감 키트 자동 판독을 위한 영상 처리 기법을 제안하였다. 제안하는 알고리즘은 독감 키트 분류 기법, 독감 영상 보정 기법, 독감 영상 변환 기법, 독감 영상 판독 기법이 포함되어 다양한 환경에서도 효과적으로 독감 키트를 자동 판독할 수 있도록 구성되었다. 또한 4종의 휴대장치, 2종의 독감 판독 키트, 31개의 독감 판독 키트를 통해 총 124개의 실험군을 제작하여 이에 대한 실험을 통해 제안하는 알고리즘의 성능을 검증하였다.

본 연구 결과를 통하여 단일 키트가 아닌 다종의 키트의 적용 가능성을 확인할 수 있었고, 제한된 광원 환경이 아닌 다양한 광원 환경에서 독감 키트 판독이 가능함을 확인할 수 있었으며, 한정된 장치/구도가 아닌 다양한 장치 환경에서 독감 키트 자동 판독이 가능함을 확인하였다. 이를 통하여 고정된 장치에서 독감 키트를 판독하는 시스템이 아닌 가변 환경에 놓인 휴대장치를 활용한 독감 키트 자동 판독의 가능성을 확인하였으며, 이는 의료시설 등과 같은 검진 시설뿐만 아니라 이동식 응급의료체계, 개인 의료 시스템 등으로 활용범위를 확장할 수 있다는 가능성을 제시한다고 할 수 있다. 뿐만 아니라 다수의 판독 정보를 데이터베이스화하여 활용한다면 통계학적·지정학적 분석이 가능해지므로, 신속한 대응 및 고위험군의 입원율과 사망률 감소에 기여할 수 있으며, 더불어 독감 이외의 타 질병을 대상으로 하는 자가 검진 시스템에도 활용 또한 기대할 수 있다.

위와 같은 연구 의의에도 불구하고, 항원의 강도가 약하거나 휴대장치와 독감 키트 사이의 거리가 먼 조건에서 촬영되었을 경우에 제안하는 알고리즘의 정확도가 낮아짐을 확인할 수 있었다. 이는 항원 강도가 약할 경우 스트립 발색 정도가 연하고, 원거리에서 촬영할 경우 스트립 발현 정보를

포함하는 화소수의 감소에 따라 독감 키트 판독을 위한 영상의 정보가 제한적이기 때문이라고 분석할 수 있다. 이를 해결하기 위해서는 독감 키트 판독 시 사전에 오류 발생 원인을 인지하여 사용자에게 효과적인 판독을 위한 적절한 사용법에 대한 안내를 제공해야 하며, 판별 정보가 적을 경우 이를 기반으로 독감 키트를 판독하여 오류율을 최소화할 수 있는 판독 알고리즘 추가 개발 역시 필요하다. 따라서 이러한 한계점을 극복하기 위하여 향후 연구로 독감 키트 영상 판독을 위한 오류 인자 획득과 미소 독감 스트립 정보를 활용한 독감 키트 자동 판독 기법에 대하여 진행할 예정이며, 추가적으로 보다 다양한 독감 키트에 적용을 위한 학습 기반의 판독 기법에 대해서도 연구할 계획이다.

결론적으로 본 연구에서는 매년 전 세계적으로 유행하고 있는 독감에 대하여, 검진시설이나 의료기관에 방문 전에 응급구조사 등의 준 의료인에 의해 신속한 독감 판독이 가능한 독감 키트 자동 판독을 위한 영상 처리 기법을 제안하였다. 제안하는 알고리즘은 다양한 실험을 통하여 상이한 독감 판독 키트, 다양한 광원환경 및 촬영환경 조건에서 높은 정확도를 보이고 있음을 확인하였으며, 이로부터 향후 활용성 및 추가 검증 연구에 대한 필요성을 논의하였다.

참 고 문 헌

- [1] A. Ramseger, M. B. Kalinowsk, and L. Weib, "CBRN threats and the economic analysis of terrorism," *Economics of Security Working Paper 9*, pp. 1-65, Feb. 2009.
- [2] Wikipedia, "G-Storm thermal cyler," Web. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:G-Storm_thermal_cycler.jpg>.
- [3] H. J. Lee, "Rapid diagnostic tests for influenza," *Public Health Weekly Report*, vol. 5, no. 8, pp. 138-152, Feb. 2012.
- [4] "Interim guidance for the detection of novel influenza A virus using rapid influenza diagnostic tests," *Centers for Disease Control and Prevetion*, Web. 10 Aug. 2009.
- [5] J. Logan, K. Edwards, and N. Saunders, "Real-Time PCR: current technology and application," *Caister Academic Press*, Jan. 2009.
- [6] M. M. Baddour, "Steps forwards in diagnosing and controlling influenza," *Intech*, Oct. 2016.
- [7] T. Noda, "Native morphology of influenza virions," *Front Microbiology*, vol. 2, pp. 269-273, Jan. 2012.
- [8] T. Tumpey, "Influenza virus," *Centers for Disease Control and Prevention's Public Health Image Library*, 2005.
- [9] H. Bay, T. Tuytelaars, and L. Van Gool, "Surf: speeded up robust features," *European Conference on Computer Vision*, pp. 404-417, May 2006.
- [10] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, "Digital image processing," *Prentice Hall*, 2nd. 2002.
- [11] G. Buchsbaum, "A spatial processor model for object colour perception," *Journal of the Franklin Institute*, vol. 310, pp. 1-26, July 1980.
- [12] F. Viola and W. F. Walker, "A comparison of the performance of time-delay estimators in medical ultrasound," *IEEE Trans. Ultrason Ferroelectr. Freq. Control*, vol. 50, no. 4, pp. 392-401, Apr. 2003.
- [13] J. Luo and E. E. Konofagou, "A fast normalized cross-correlation calculation method

- for motion estimation," *IEEE Trans. Ultrason Ferroelectr. Freq. Control*, vol. 57, No. 6, pp. 1347-1357, Jun. 2010.
- [14] C. Harris and M. Stepes, "A combined corner and edge detector," *Alvey Vision Conference*, pp. 147-152, Aug. 1988.
- [15] D. G. Loew, "Distinctive image features from scale-invariant keypoints," *International Journal of Computer Vision*, vol. 60, pp. 91-110, Nov. 2004.
- [16] M. McTear, Z. Callejas, and D. Griol, "The conversational interface: talking to smart devices," *Springer International Publishing*, 2016.
- [17] L. Fei-Fei and P. Perona, "A bayesian heirarchical model for learning natural scene catogories," *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, June 2005.
- [18] C. Cortes and V. Vapnik, "Support-vector networks," *Machine Learning*, vol. 20, no. 3, pp. 273-297, Sep. 1995.
- [19] P. E. Trahanias and A. N. Venetsanopoulos, "Color image enhancement through 3-D histogram equalization," *International Conference on Pattern Recognition*, pp. 545 - 548, Aug. 1992.
- [20] Polymedi, "Instruction of Quick Navi-Flu," Web <<http://www.polymedi.co.kr>>.
- [21] Rapigen, "Instruction of QuickFlu3," Web <<http://www.rapigen-inc.com>>.

Abstract

Development of Image Analysis Algorithm for Automated Rapid Influenza Diagnostic Tests

Ji-Eun Lee

Interdisciplinary Program in Bioengineering

The Graduate School

Seoul National University

Image analysis algorithm for automated rapid influenza diagnostic test is proposed in this thesis. First, the proposed methods classify a variety of the rapid influenza diagnostic test kit for providing generality of kits. To classify a variety of kits, the proposed methods analyze the kits' feature point based on the support vector machine. Then, to improve the accuracy of influenza diagnostic image analysis

system, the proposed methods match the histogram of both target image of influenza kit and input image of influenza kit for minimizing the effect of environment, such as lighting and exposure variations. Then, the proposed methods transform composition of input image to composition of target image for minimizing effect from composition of the hand-helds devices. Specifically, the proposed methods extract the feature point and match point-by-point between target image of influenza kit and input image of influenza kit. Based on information of matched point, the proposed methods perform the affine transform for eliminating outliers. Experimental results show that the proposed methods significantly have effectiveness for the preliminary examination for influenza, and provide the opportunity for taking action against influenza.

keywords : Influenza, Biosensor, Influenza Diagnostic Test, Image Analysis System, Immunochromatography, Immunoassay, Hand-held Devices

Student Number : 2016-28158