

인쇄된 컬러 QR코드의 합성곱 신경망 알고리즘에 의한 진위 판정 시스템⁺

(An Authentic Certification System of a Printed Color QR Code based on Convolutional Neural Network)

최도영¹⁾, 김진수^{2)*}

(Do-young Choi and Jin-soo Kim)

요약 스마트폰의 대중적인 보급으로 인해 QR 코드는 세상에서 가장 보편적인 코드들 중의 하나가 되었다. 본 논문에서는 새로운 형태의 QR 코드를 제안하여 저장 용량을 증가시키고, 또한, 컬러 정보와 패턴 형태를 가변시켜서 개인 정보를 포함할 수 있게 한다. 이와 더불어, 제안된 QR 코드가 인쇄된 형태의 다양한 응용환경에 작용될 수 있도록 본 논문은 효과적인 진위 판정 시스템을 제안한다. 제안한 시스템은 기존의 합성곱 신경망 구조 즉 VGGNet으로 구현되며, 스마트폰을 통해 손쉽게 진품 또는 가품을 판정하고, 진품으로 판정된 코드에 대해서는 삽입된 개인 정보를 추출하도록 설계된다. 인쇄된 QR 코드에 대한 실제의 다양한 실험을 통해 제안된 시스템은 진품 또는 가품을 거의 완벽하게 분류할 수 있음을 보이고 개인 정보를 효과적으로 추출할 수 있음을 확인한다.

핵심주제어: 정품 인증, 컬러 QR코드, 스캔 복제

Abstract With the widespread of smartphones, the Quick response (QR) code became one of the most popular codes. In this paper, a new type of QR code is proposed to increase the storage capacities and also to contain private information by changing the colors and the shape of patterns in the codes. Then, for a variety of applications of the printed QR codes, this paper proposes an efficient authentic certification system, which is built on an conventional CNN (Convolutional neural network) architecture - VGGNet and classifies authentic or counterfeit with smartphones, easily. For authentic codes, the proposed system extracts the embedded private information. Through practical experiments with a printed QR code, it is shown that the proposed system can classify authentic or counterfeit code, perfectly, and also, are useful for extracting private information.

Keywords: Authentic certification, Color QR code, Scan&printing

* Corresponding Author: jskim67@hanbat.ac.kr

+ 이 논문은 2019학년도 한밭대학교 교내학술연구비의 지원을 받았음.

Manuscript received March 10, 2020 / revised March 31, 2020 / accepted April 01, 2020

1) 한밭대학교 멀티미디어공학과, 제1저자

2) 한밭대학교 정보통신공학과, 교신저자

1. 서론

스마트 폰의 대중적인 보급은 QR (Quick response) 코드를 통하여 다양한 정보에 간편하고 손쉽게 접근 가능하게 하고 있다. 그러나 QR

코드는 저장되는 정보량이 유한하고, 또한, 보안이 요구되는 응용분야에는 매우 제한적으로 사용되고 있다. 이러한 제한적인 특성을 극복하기 위해 다양한 방안이 제시되고 연구되고 있다 (Thompson and Lee, 2013).

Tkachenko et al. (2015)은 제한된 정보 저장 능력을 개선하고, 특정 사용자를 위한 정보 은닉 방법을 제시하였다. 이를 위해 보편적인 QR 리더기에 의해 해독되는 코드와 특정 사용자를 위한 텍스트 정보가 삽입하는 방법으로 보안성을 보장하는 방법을 제시하였다. Andre and Ferreria (2014)은 기존의 QR 코드에서 컬러 정보를 다중화하여 정보 저장 능력의 향상을 꾀하였는데, 다중화 밀도와 잡음의 함수로 분석을 수행하였다. Galiyawala and Pandya (2014)은 몇 개의 QR 코드를 다중화하여 데이터 용량을 증가시키고, 컬러 QR 코드를 생성하는 방법에 대해 제시하고, 기존의 것에 비해 데이터 용량에서 약 24배 정도 증가시킬 수 있음을 실험적으로 보였다. Nandhini (2017)은 로고속에 컬러 QR코드를 워터마크 형태로 삽입하는 방법을 제시하고, 성공적인 복원에 초점을 맞추었다. Song and Lee (2016)은 주차장 시설 내의 기둥에 QR 코드를 배치하여 자동차의 블랙박스 카메라를 이용하여 정확한 주차 위치정보를 추출하는데 활용하였다.

그런데 기존에 연구되어온 QR 코드의 많은 응용 분야는 주로 전자파일 또는 전자이미지 형태의 응용에 제한적으로 고려되었다. 양주와 같은 고가의 물품 등에 인쇄된 라벨로 부착되는 QR 코드는 워터마크에 매우 취약하며, 이러한 응용분야에 적용 가능한 방안에 대해 일부의 연구가 최근 진행되었다. Jung et al. (2011)은 영상간의 유사도를 측정하여 와인병에 부착된 이미지가 정품인지를 판별하는 방법을 제시하였다. 이 방법은 텍스트 컬러차와 배경 컬러차에 가중치를 두어 컬러차 유사도를 측정하여 이미지 유사도를 구하였는데 조명이나 환경 변화에 큰 영향을 받게 된다. Choi and Kim (2018a)은 다수개의 비교 척도를 특징 파라미터로 도입하여 정품이 갖는 시공간 특성을 추출하여 DB에 등록하고 이 파라미터와 일치 정도를 비교하여 정품을 찾는 방법을 고안하였고, Choi and Kim (2018b)은 컬러 매트릭스

에 기반하여 많은 파라미터를 줄이려는 노력을 수행하였다. Kim (2019)은 곡면 형태의 부착된 QR 코드에 대해 인식률을 개선하기 위한 영상처리 알고리즘을 제시하였다. 이상의 이러한 연구 결과들은 삽입정보의 양과 조명의 변화에 대해 인식 성능이 가변적이며 또한 삽입 정보의 양에 따른 분석이 제대로 이루어지지 않았다. 이와 관련한 다수의 영상처리 기법이 제안되었다 (Ryu and Kim, 2016; Ryu and Kim, 2017).

본 논문에서는 안정적인 인식 성능을 얻기 위해 CMYK 컬러 모델에 기초한 컬러 정보와 패턴 정보를 바탕으로 컬러 QR 코드를 설계하는 방법을 제시한다. 또한, 인쇄 매체로 제공되는 경우에 이에 대한 워터마크에 강인하게 복원하여 인식할 수 있도록 합성곱 신경망 (Convolutional neural network: CNN)에 기초한 진위 판정시스템을 제안한다. 진위로 판정된 코드에 대해서는 삽입된 정보의 비트 인식률에 대해서도 안정적으로 복원하는 방법을 분석한다.

이를 위한 본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2절에서는 본 논문에서 제시한 컬러 QR 코드 인증 시스템의 구조와 동작원리에 대해 설명하며, 제 3절에서는 제안된 컬러 QR 코드 설계 방법과 컬러 정보 추출 알고리즘에 대해 설명한다. 제 4절에서 다양한 실험 결과를 바탕으로 얻어진 실험 결과를 통해 실용화와 상용화의 가능성을 검토한다. 마지막 제 5절에서는 결론을 제시한다.

2. 제안된 컬러 QR코드의 설계 및 특성

Fig. 1은 인쇄된 컬러 QR 코드에 대한 인증시스템을 위한 제안 구조도를 나타내고 있다. 스마트 폰이나 테이블릿 PC에 해당되는 디바이스는 인쇄된 컬러 QR 코드를 촬영하여 네트워크를 통해 서버에 전송하는 역할을 한다. 서버는 촬영된 컬러 QR 코드를 전처리를 통해 정규화한 뒤 감식부를 통해 정품과 가품을 판별한다. 정품으로 판별된 컬러 QR 코드는 정보 복호화부를 통해 삽입된 정보를 추출하고, 사용자에게 전달한다. 이때 사용되는 컬러 QR 코드는 기존의 흑백 QR 코드 특성과 더불어 내부에 컬러성분과 패턴 정

보를 통해 일련의 정보를 포함하도록 설계된다. 설계된 컬러 QR 코드는 컬러 인쇄기에 의해 출력된 라벨형태로 제품에 부착하여 제공되는 응용 분야를 고려한다. 부착된 정품 QR 코드를 다양한 방법으로 위변조된 가품 QR 코드는 합성곱 신경망을 통해 진위를 판정되고, 정품 코드에 대해서는 삽입된 정보를 추출하여 사용자 단말기에 통보하는 형태로 서비스가 구성된다.

2.1 컬러 QR코드 설계

제품의 라벨형태로 제공되는 정품 QR 코드는 컬러 인쇄로 만들어지며, 또한 위변조 코드는 정품코드를 고품질 스캐너를 통해 복제된다고 가정한다. 따라서 컬러 인쇄에 의해 만들어지는 코드는 설계 원본을 최대한 반영하도록 제작될 필요가 있다. 기존의 연구 즉, Tkachenko et al. (2016)와 Choi and Kim (2018b)에서는 RGB 컬러 모델로 설계된 컬러 정보는 PC상에서 RGB 모델에 기초해서 설계되며, 실제 인쇄되는 과정에서는 CMYK 모델로 출력되기 때문에, 인쇄과정에서 왜곡이 발생하는 문제점을 갖게 된다. Fig. 2는 CMYK 모델에 의한 4가지 컬러와 두 가지 패턴을 혼합하여 4비트 정보를 표현하는 예를 나타내고 있다. 이 예에서는 2가지 패턴정보에 4가지 컬러를 더하여 총 16가지의 경우에 대해 4비트 정보를 생성하게 된다.

Fig. 3은 Fig. 2의 컬러 및 패턴 정보를 이용하여 실제 컬러 QR 코드를 생성하는 과정에 대한 개념도를 나타내고 있다. 삽입하고자 하는 정보는 제품 제조사, 년, 월 등의 정보를 비트 정보로 변환한다. 더불어, 삽입 정보의 오류에 탄력적으로 대응하기 위한 오류 정정을 위한 부호로서 RS (Reed-solomon) 코드를 결합한다. 결합된 일련의 정보열에 대해 CMYK 컬러 및 패턴 정보를 이용하여 컬러 QR 코드를 생성하게 된다. 이때 컬러 및 패턴 정보를 표현하는 기본 블록은 $N \times N$ 크기의 화소 블록 형태를 가지는데, 이 블록의 크기가 클수록 안정적인 복호화가 예측되지만, 삽입되는 정보의 양은 감소하게 된다.

2.2 컬러 QR코드의 정품 및 가품 특성 비교

Fig. 4는 앞서 2.1절에서 설명한 방법으로 설계 코드, 고해상도 컬러 프린터로 출력한 정품 코드, 9,600dpi 급의 고해상도 스캐너와 프린터로 복제한 코드를 각각 나타내고 있다. 설계 코드는 PC상에

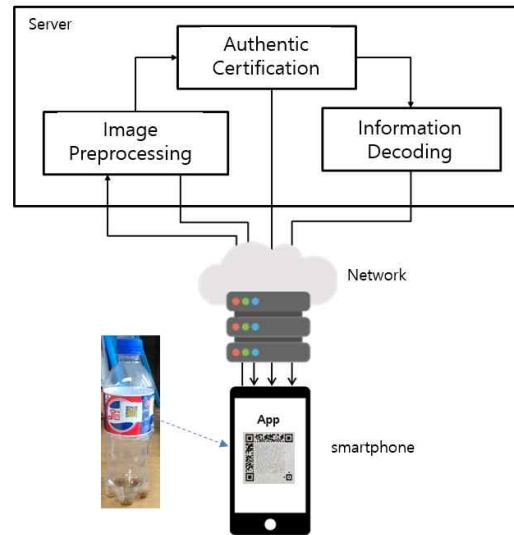


Fig. 1 Proposed Certification System for a Printed Color QR Code

Number	Color&Pttm	Bits	Number	Color&Pttm	Bits
1		0000	5		0100
2		0001	6		0101
3		0010	7		0110
4		0011	8		0111
9		1000	13		1100
10		1001	14		1101
11		1010	15		1110
12		1011	16		1111

Fig. 2 Bits Representation by Color and Pattern for CMYK

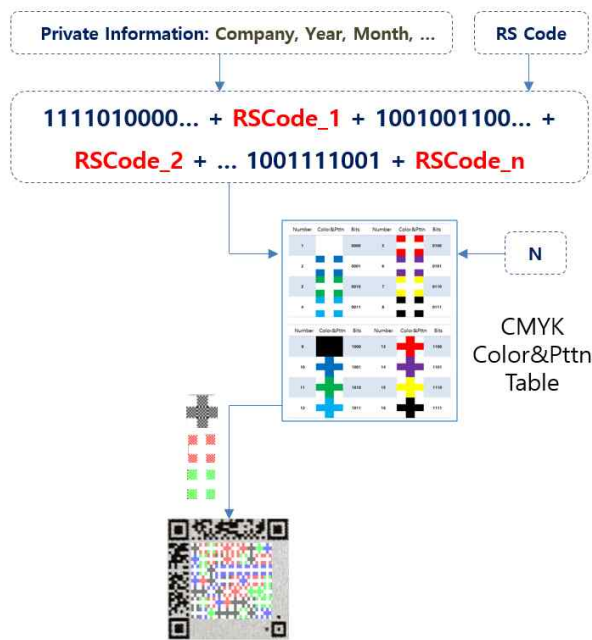
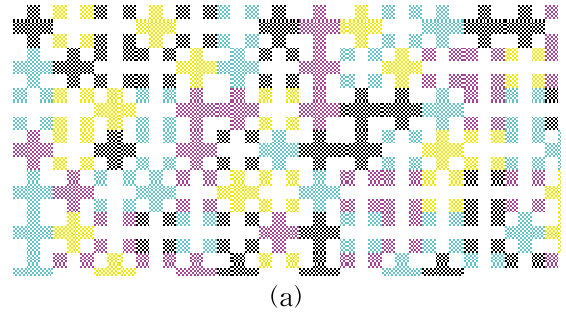


Fig. 3 Overview of Color QR Code Generation

서 일정한 정보열을 이용하여 발생시킨 컬러 및 패턴 정보가 평면에 배치되어 있어 시각적으로 명확하게 표시된다. 반면에 컬러 프린터로 출력한 정품 코드는 비슷한 형태의 컬러와 패턴이 비슷한 공간 위치에 배치되어 있지만, 스캐너와 프린터를 이용하여 복제된 코드는 공간 블러링 현상이 일어나고 더불어 공간상에 위치가 많이 흐트러져 있음을 확인할 수 있다. 또한 복제된 코드에서는 일부 컬러 정보가 유실되어 있음을 확인하게 된다.

Fig. 5는 Fig. 4의 예로 CMYK 컬러 모델에서 노랑색 (Yellow) 성분에 대한 비트 플레인을 추출하여 설계 코드, 정품 코드, 그리고 복제 코드를 각각 휘도 신호형태로 해서 확대 표현한 것을 나타낸다. 설계 코드에 대해 정품 코드의 패턴을 살펴보면 설계된 노랑색의 패턴 형태가 남아 있음을 확인할 수 있다. 그러나 고해상도 스캐너와 프린터를 통해 복제된 코드는 패턴 형태가 유실되거나 전혀 다른 패턴으로 변형되어 있음을 관찰할 수 있다.

3. 제안된 컬러 QR코드 인증 시스템



(a)



(b)



(c)

Fig. 4 An Example of Color QR Code

(a) Design (b) Original (c) Scan&Printing

Fig. 1에서 간단히 나타낸 정품 코드 인증시스템에 대한 서버의 기능 블록 구성은 크게 세 가지 기능 블록 즉, 서버에 수신한 영상에서 QR 코드로 인식하기 위한 정규화 작업을 수행하는 영상 전처리 블록, 합성곱 신경망 알고리즘에 의한 컬러코드에 대한 인증 블록, 그리고 삽입된 개인 정보를 추출하는 정보 추출 블록으로 이루어진다.

3.1 컬러 QR코드 영상 전처리부

Fig. 6은 서버에 수신된 이미지 전처리 순서를 보여준다. 이미지 전처리부는 사용자가 어플을 이용해 촬영한 컬러 QR 코드를 포함한 이미지를 수신한 뒤, 먼저, 휘도 신호 (Grayscale)로

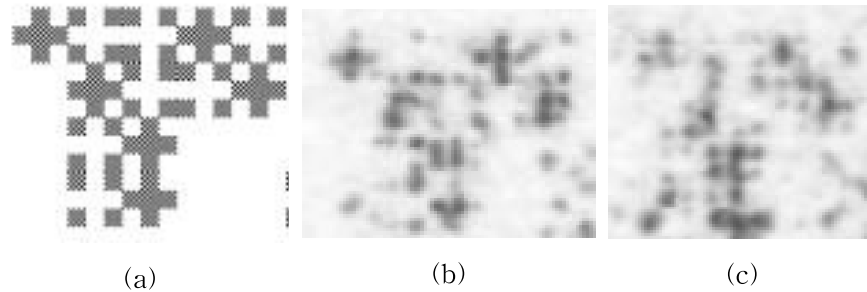


Fig. 5 Enlarged Yellow Component (a) Design (b) Original (c) Scan&Printing

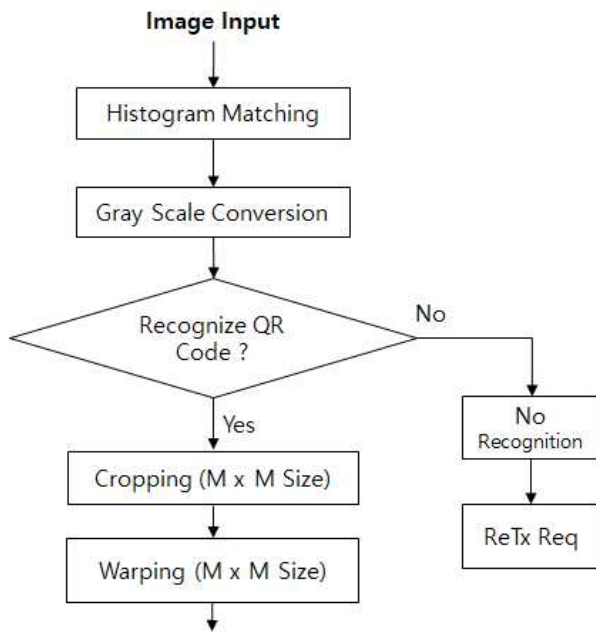


Fig. 6 Image Preprocessing of Color QR Code

변환한 후, 흑백 정보를 추출하여 기존의 QR코드를 인식하도록 한다. 이때, QR코드를 인식하지 못하거나 정확한 촬영이 이루어지지 않을 경우 서버는 사용자에게 재촬영을 요구한다. QR 코드를 인식하면 Fig. 3에 나타난 바와 같이, QR 코드에 존재하는 파인더 패턴 (Finder pattern)의 중심점을 기준으로 컬러 부분에 대해 이미지 자르기 (Cropping)를 수행한다. 자르기가 수행된 컬러 부분의 이미지를 M x M 크기의 이미지로 워핑 (Warping)을 수행한다.

3.2 합성곱 신경망 알고리즘에 의한 인증부

전처리 블록에서 처리된 컬러 이미지를 이용하여 인증 블록은 합성곱 신경망 알고리즘에 기초해서 정품인지 또는 가품(위조품) 인지를 판정하며, 그 과정은 Fig. 7과 같이 요약된다. 먼저, 사용자의 장소, 시간, 스마트폰 성능에 따라 이미지의 조도 값이 모두 다르기 때문에 서버에 저장되어있는 정품 컬러 QR 코드와 히스토그램 매칭, 공간 정합을 수행한다. 학습된 VGGNet 서버는 다양한 형태의 정품 컬러 QR 코드와 가품 컬러 QR코드를 학습하고 있다. 그런 후에, Fig. 8에 나타난 합성곱 신경망 중에 대표적인 VGGNet 구조를 사용한 학습된 신경망을 활용하여 정품 코드 또는 가품 코드를 판정한다. Simonyan and Zissemann (2015)이 제안한 VGGNet은 입력 이미지의 크기를 224 x 224로 맞춘 후, 컨볼루션 13층과 완전연결 3층으로 해서 전체 16층으로 구성되어 있다. 본 논문에서는 VGGNet 구조의 신경망을 Fig. 7의 과정에 도입하여 정품과 가품을 판단한다. VGGNet에 기초해서 가품으로 판정될 경우 사용자에게 가품결과를 전송한다. 반면에 정품으로 판정될 경우 삽입된 정보를 추출하기 위해 정보 추출부로 넘긴다.

3.3 삽입 정보 추출부

Fig. 9는 컬러 QR코드에 삽입된 정보를 추출하여 사용자에게 제공해준다. Fig. 7에서 정품으로 판정된 컬러 QR코드에 대해서 C, M, Y, K 비트 플레인으로 분리한다. 각 비트 플레인에 대해 독립적으로 Otsu 알고리즘을 통한 적응적 이진화를 수행하고, 더불어 모폴로지 기법을 적용

하여 공간영역 잡음을 제거한다. $M \times M$ 크기의 이진화 영상에 대해 서버에 저장된 각 비트 플레인 정보와의 전역탐색을 수행하여 최적의 공간 정합 위치를 찾는다. 이를 위치 (i, j) 에서의 측정값을 수식으로 표현하면 (1), (2)과 같다.

$$SAD(i, j) = \sum_{k=1}^M \sum_{l=1}^M |C(k, l) - R(i+k, j+l)| \quad (1)$$

$$BestSpatialMatch = \min(SAD(i, j)) \quad (2)$$

여기서 $C(k, l)$ 은 서버에 저장된 설계 비트 플레인이고, $R(k, l)$ 은 서버에 수신된 해당 비트 플레인을 나타낸다. 이 과정에서 전역 공간 정합은 최적의 공간 좌표 즉, BestSpatialMatch이 절대값 차이의 합이 최소가 되는 좌표이다. 이 좌표

에서 서버에 저장되어 있는 설계 QR 코드 이미지의 각 패턴 정보와 현 입력 코드 이미지 사이의 블록 단위 비교를 통해 상관관계가 최대가 되는 각 패턴 정보를 추출한다. Tkachenko et al. (2015)에 의해 사용된 수식은 (3), (4)와 같다.

$$\begin{aligned} cor(P^i, R_m) &= \frac{\sum_{k=1}^b \sum_{l=1}^b (P^i(k, l) - \overline{P^i})(R_m(k, l) - \overline{R_m})}{\sqrt{\sum_{k=1}^b \sum_{l=1}^b (P^i(k, l) - \overline{P^i})^2} \sqrt{\sum_{k=1}^b \sum_{l=1}^b (R_m(k, l) - \overline{R_m})^2}} \end{aligned} \quad (3)$$

$$code_m = \underset{i}{\operatorname{argmax}} cor(P^i, R_m) \quad (4)$$

여기서 $P^i(k, l)$ 은 $b \times b$ 블록 내 (k, l) 위치에서 i 번째 패턴의 화소값을 나타내고, $\overline{P^i}$ 은 해당 패턴의 평균 화소값을 나타낸다. m 번째 블록 $R_m(k, l)$ 은 현재 입력된 해당 비트 플레인의 m 번째 블록에 대한 (k, l) 위치에서 화소값을 나타내고, $\overline{R_m}$ 은 블록 $R_m(k, l)$ 의 평균 화소값을 나타낸다

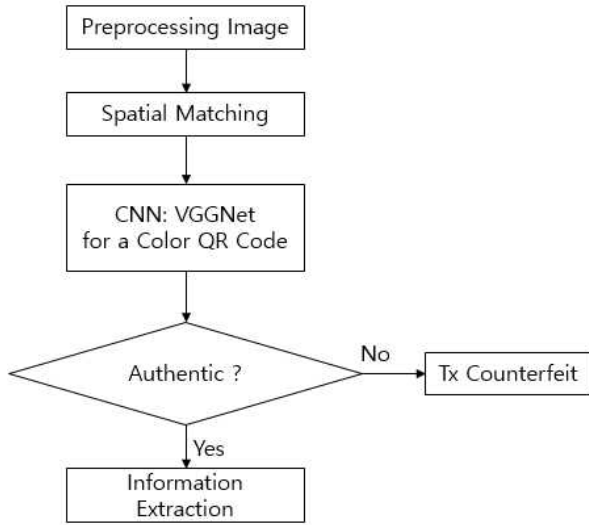


Fig. 7 Authentic Certification Process

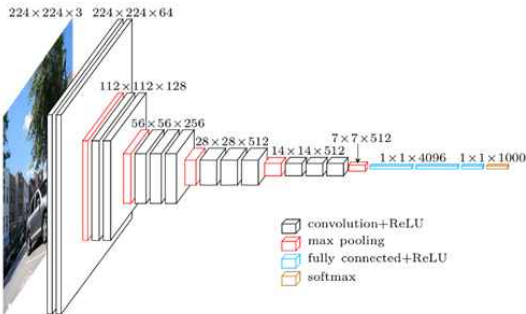


Fig. 8 VGGNet (Simonyan and Zisseman, 2015)

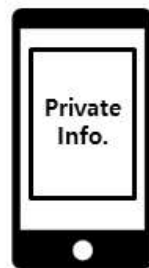
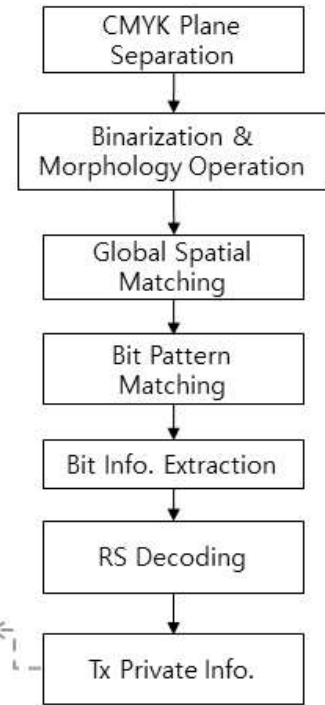


Fig. 9 Information Extraction Process

다. Fig. 2의 예제 코드인 경우에 수식 (3)으로 측정되는 상관관계가 최대가 되는 패턴을 찾음으로써 m 번째 블록에 대한 패턴이 구해진다. 이렇게 CMYK 각 비트 플레인에 대해 각 패턴 중에 가장 상관성이 높은 코드가 선택된다. 이렇게 해독된 코드 정보를 이용하여 컬러 QR 코드에 삽입된 정보가 추출된다.

4. 구현 결과 및 검토

Fig. 1에 나타난 제안한 컬러 QR코드 진위 판정시스템은 직접 구현하여 실험을 통하여 성능을 측정하였다. 클라이언트는 안드로이드 OS를 사용하는 태블릿 PC와 3종류의 스마트 폰을 사용하였고, 서버는 Windows 10 운영체제에서 Intel i5-6500 3.2GHz CPU와 16GB RAM 그리고 GT1060 GPU를 가진 환경에서 진행하였다. VGGNet 구현은 Python 3.5.5 버전에서 Pytorch-gpu 1.10.0 버전으로 구현하였고, 다양한 영상전처리 기술은 OpenCV 3.4.0 버전 라이브러리를 바탕으로 구현하여 검증하였다.

4.1 실험을 위한 컬러 QR코드의 제작

제안된 시스템의 검증을 위해 삽입 정보의 내용에 따라 3종류의 컬러 QR 코드를 제작하였다. Fig. 10에서 (a)는 숫자와 문자 중심의 Google 관련 기사 정보로 이루어진 Type 1이고, (b)는 문자 중심의 소설 ‘노인과 바다’로 Type 2이며, (c)는

팝송 ‘Yesterday’ 가사로 Type 3로 명명하여 설계되었다. 기본 패턴 블록크기는 15x15, 18x18, 21x21 화소 블록을 사용하여 제작되었으며, 필요에 따라 RS 코드도 달리하면서 실험하였다.

4.2 정품 및 가품 인식 성능 결과

본 논문에서는 컬러 QR 코드에 대한 가품은 9600 dpi급의 고품질 스캐너와 고품질 컬러 프린터를 활용하여 복제하였는데, Fig. 4는 그 일례를 나타내고 있다. 태블릿 PC는 국내 S사 및 L사 제품을 사용하였고, 스마트 폰은 국내 S사, L사, 중국 X사 제품을 사용하여 다양한 카메라 성능에 따라 인식 성능을 확인 검증하였다. 또한, 조도가 다른 다양한 장소에서 정품 200회 및 가품 200회 촬영하여 실험을 진행하였다. 이 촬영 데이터에 대해 80%는 훈련 (Training) 데이터로 활용하였고, 20%는 테스트 (Test) 데이터로 사용하였다.

Fig. 10에 나타난 3종류의 컬러 QR 코드에 대한 정품과 가품에 대한 인식률 (Recognition rate)과 오인식률 (Mis-recognition rate)은 각각 100%와 0%를 달성하였다. 인식률은 정품을 정품으로, 가품을 가품으로 각각 분리해내는 비율을 평균한 것이며, 오인식률은 정품을 가품으로, 가품을 정품으로 서로 잘못 인식하는 비율을 의미한다. 실험에서 사용된 패턴 블록의 크기 (b x b)는 15 x 15, 18 x 18 두 가지를 사용하였고, RS 코드는 사용하지 않은 것 (Non)과 (66, 46), (76, 46), (86, 46) 등 전체적으로 4종류를 사용하여 비트오류 발생에 대비하였다. 모든 실험 조건

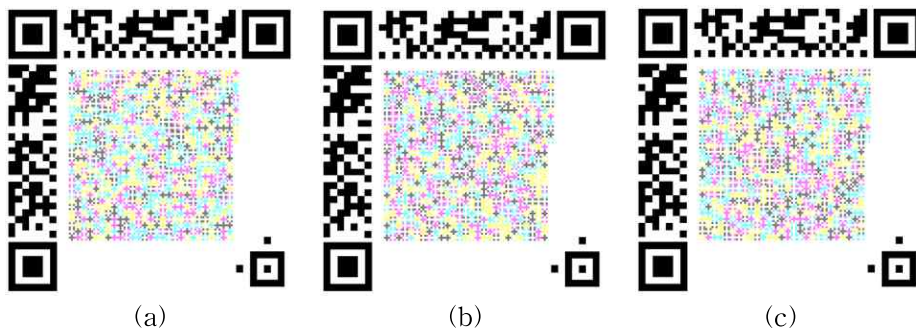


Fig. 10 Design Samples of Color QR Codes (a) Type 1 (b) Type 2 (c) Type 3

에서 VGGNet 구조에 구현된 시스템은 정품과 가품을 완전히 구분해내는 결과를 얻었다. 더불어 정품과 가품을 잘못 구분하는 경우는 한 차례도 없이 완벽하게 동작함을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 컬러 QR코드의 설계 패턴의 크기, RS코드의 유무, 또한, 설계된 데이터의 내용 등에 무관하게 완전하게 정품과 가품을 구분해낼 수 있는 구조를 갖게 됨을 확인하였다.

4.3 삽입 정보 복원 성능 결과

Table 1, 2, 3은 Fig. 10에 나타낸 3 종류의 컬러 QR 코드에 대한 다양한 비트 인식률을 조사하여 그 결과를 나타내고 있다. 이 결과에서 알 수 있듯이, 패턴의 기본 블록의 크기가 증가할수록 비트 인식률은 증가하고, RS 코드의 오류정정 능력이 증가할수록 성능이 향상됨을 확인할 수 있다. 특히, 주목되는 점은 가품에서도 일정 정도의 삽입 정보가 가능하다는 것과 블록 크기가 커지더라도 비트 오류가 완전히 해결되지 않는다는 점이다. 그렇지만, 블록의 크기를 크게 하고, 비트 오류 보정 능력을 향상시키면, 삽입정보

Table 1 Bit Recognition Rate for Type 1

Pattern Size (b)	RS Code	Bit Recognition Rate for Authentic Codes	Bit Recognition Rate for Fake Codes
15	Non	87.15%	81.05%
	(66,46)	90.03%	86.85%
	(76,46)	90.47%	87.74%
	(86,46)	92.11%	90.10%
18	Non	90.08%	84.61%
	(66,46)	93.05%	90.44%
	(76,46)	93.95%	91.20%
	(86,46)	94.01%	93.54%
21	Non	91.02%	83.75%
	(66,46)	93.08%	92.01%
	(76,46)	93.60%	92.54%
	(86,46)	95.48%	93.47%

Table 2 Bit Recognition Rate for Type 2

Pattern Size (b)	RS Code	Bit Recognition Rate for Authentic Codes	Bit Recognition Rate for Fake Codes
15	Non	83.93%	78.11%
	(66,46)	88.01%	85.86%
	(76,46)	90.95%	88.71%
	(86,46)	92.96%	90.41%
18	Non	86.96%	83.92%
	(66,46)	90.03%	88.68%
	(76,46)	91.57%	90.01%
	(86,46)	92.98%	91.54%
21	Non	87.94%	80.87%
	(66,46)	92.60%	89.53%
	(76,46)	94.01%	92.17%
	(86,46)	95.89%	94.86%

Table 3 Bit Recognition Rate for Type 3

Pattern Size (b)	RS Code	Bit Recognition Rate for Authentic Codes	Bit Recognition Rate for Fake Codes
15	Non	87.15%	81.05%
	(66,46)	90.03%	86.85%
	(76,46)	90.47%	87.74%
	(86,46)	92.11%	90.10%
18	Non	90.08%	84.61%
	(66,46)	93.05%	90.44%
	(76,46)	93.95%	91.20%
	(86,46)	94.01%	93.54%
21	Non	91.02%	83.75%
	(66,46)	93.08%	92.01%
	(76,46)	93.60%	92.54%
	(86,46)	95.48%	93.47%

를 대부분 추출 가능함을 확인할 수 있다.

5. 결 론

본 논문은 특정 제품에 컬러 QR 코드를 부착하여 제공하는 환경을 고려하여, 인쇄된 컬러 QR 코드의 진위 판정시스템을 제안하였다. 이를 위해 CMYK 컬러 모델에 기초하여 컬러 및 컬러 정보를 이용하여 새로운 컬러 QR 코드를 설계하는 방법을 제시하고, 기존의 합성곱 신경망 알고리즘인 VGGNet에 기초하여 진위 구분 방법을 구현하여 정품을 완벽히 구분함을 확인하였다. 또한, 컬러 QR 코드 내에 삽입된 특정 정보를 추출하기 위한 다양한 실험을 통해 블록 크기와 오류 보정 능력을 향상시킴으로써 실용화 가능함을 확인할 수 있었다.

앞으로 비트 오류를 완전히 제거하고, 단말기 특성에 강인한 전처리 알고리즘을 개발하고, 이를 바탕으로 상용화를 위한 연구가 수행될 필요가 있다.

References

- Andre, P., and Ferreria, R. (2014). Colour Multiplexing of Quick-Response (QR) Codes, *Electronics Letters (IET)*, 50(24), 1828-1830.
- Choi, D., and Kim, J. (2018a). A Code Authentication System of Counterfeit Printed Image Using Multiple Comparison Measures, *Journal of the Korea Industrial Information Systems Research*, 23(4), 1- 12.
- Choi, D., and Kim, J. (2018b). An Effective Detection of Print Image Forgeries based on Modeling of Color Matrix: An Application to QR Code, *The Journal of the Korea Contents Association*, 18(10), 431-442.
- Galiyawala, H., and Pandya, K. (2014). To Increase Data Capacity of QR Code using Multiplexing with Color Coding, *2014 Annual IEEE India Conference (INDICON)*, 1-6.
- Jung, J., Yang, H., Kim, S., Lee, G., and Kim, S. (2011). Wine Label Recognition System using Image Similarity, *The Journal of the Korea Contents Association*, 11(5), 125-137.
- Kim, J. (2019). Recognition Performance Improvement of QR and Color Codes Posted on Curved Surfaces, *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering (JKIICE)*, 267-275.
- Nandhini, S. (2017). Performance Evaluation of Embedded Color or Codes on Logos, *Third International Conference On Science Technology Engineering and Management (ICONSTEM)*, 1009-1014.
- Ryu, J., and Kim, J. (2016). Performance Comparison of BCS-SPL Techniques against a Variety of Restoring Block Sizes, *Journal of the Korea Industrial Information Systems Research*, 21(2), 21- 28.
- Ryu, J., and Kim, J. (2017). Reconstructed Image Quality Improvement of Distributed Compressive Video Sensing using Temporal Correlation, *Journal of the Korea Industrial Information Systems Research*, 22(2), 27- 34.
- Simonyan, K., and Zisserman, A. (2015). Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition, *ICLR 2015*, 1-14.
- Song, J., and Lee, J. (2016). Positioning Method using a Vehicular Black-Box Camera and a 2D Barcode in an Indoor Parking Lot, *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, 20(1), 142-152.
- Thompson, N., and Lee, K. (2013). Information Security Challenge of QR Codes, *Journal of Digital Forensics Security and Law*, 8(2), 43-72.
- Tkachenko, I., Puech, W., Strauss, O., Gaudin, J., Destruel, C., and Guichard, C. (2015). Rich QR Code for Multimedia Management Applications, *Image Analysis and Processing (ICIAP)*, 383-393.
- Tkachenko, I., Puech, W., Strauss, O., Destruel,

C., and Gaudin, J. (2016). Printed Document Authentication using Two Level QR Code, 2016 *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, 2149-2153.



최 도 영 (Do-young Choi)

- 준회원
- 한밭대학교 정보통신전문대학원 멀티미디어공학과 석사과정
- 관심분야 : 영상처리, 영상해석, 알고리즘, 기계학습



김 진 수 (Jin-soo Kim)

- 정회원
- 한국과학기술원(KAIST) 전기및전자공학과 공학박사
- 한밭대학교 정보통신공학과 교수
- 관심분야 : 영상신호처리, 컴퓨터비전, 기계학습