

# 대화형 인쇄물 구현을 위한 기하변형과 잡음에 강인한 원형 점 패턴코드의 설계와 인식 알고리즘 구현

심재연, 김성환  
서울시립대학교 컴퓨터과학부  
e-mail : simpo@uos.ac.kr, swkim7@uos.ac.kr

## Design and Implementation of Circular Dot Pattern Code (CDPC) and Its Recognition Algorithm which is robust to Geometric Distortion and Noise

Jae-Youn Shim and Seong-Whan Kim  
School of Computer Science, University of Seoul

### Abstract

In this paper, we design a Circle dot Code, In our scheme, we design a dot patterns for increasing maximum capacity and also for increasing robustness to Affine Transformation. Our code Can be extended according number of data circle. We use three data circle vision code. In this type code, after acquiring camera images for the Circle dot Codes, and perform error correction decoding using four position symbols and six CRC symbols. We perform graph based dot code analysis which determines the topological distance between dot pixels. Our code can be bridged the real world and ubiquitous computing environment.

### 1. 서론

유비쿼터스(Ubiquitous)는 라틴어'Ubique'를 어원으로 하는 영어의 형용사로 '동시에 어디에나 존재하는, 편재하는'이라는 사전적 의미를 가지고 있다. 유비쿼터스 컴퓨팅은 여러 기기나 사물에 컴퓨터와 정보통신기술을 통합하여 언제, 어디서나 사용자와 커뮤니케이션 할 수 있도록 해주는 환경으로 정의한다. 따라서, 컴퓨터와 같은 전자 기기뿐만 아니라 전기 전자적인 요소가 들어 가지 않는 책이나 옷 등에 특수 한 코드나 센서를 삽입하여 서로 간의 통신이 가능 한 환경을 만들어 줄 수 있으며, 전기 서비스와 같이 사용자에게 일반 서비스로 제공될 수 있도록 구현하게 된다 [1]. 본 논문에서는 책을 포함한 인쇄물에 대화형 기능을 제공하기 위해, 저가의 카메라를 장착하여 미세패턴을 인식할 수 있고, 인식된 패턴과 해당 미디어를 연결할 수 있는 스마트 펜 기술의 핵심기술인 패턴설계 및 인식기술을 설계하고 구현한다. 이를 위해, 기하변형 및 노이즈에 강인한 원형 점 패턴 기반의 코드를 제안하였으며, 인식율을 테스트하기 위해, Stirmark 에서 제공하고 있는 Affine transform 과 실제 카메라 촬영영상에 대해 실험결과를 분석하였다.

본 논문의 2 장에서는 기존의 패턴 코드들을 소개하고, 3 장에서는 본 논문에서 제안하는 Circular Dot Pattern Code (CDPC) 코드를 설명하며, 제안된 기법을 적용한 시스템에서의 패턴 인식률에 대한 실험 결과를 제시하고 마지막으로 제안된 기법의

개선 사항 및 발전 방안에 대한 토의로 결론을 맺는다.

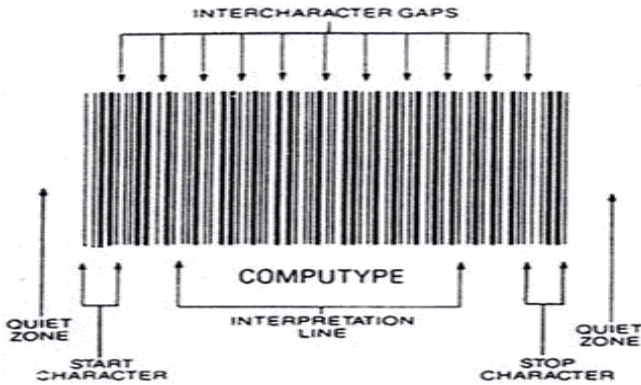
### 2. 관련연구

본 논문에서는 대표적인 선형패턴인 1 차원 Bar code 와, 2 차원 바코드인 QR code, 원형 코드기반인 TRIP code 에 대해서 알아보고, 장단점을 분석한다.

#### 2.1. Bar code

1 차원 선형 바코드는 컴퓨터가 판독할 수 있도록 고 안된 굵기가 다른 흑백 막대의 조합으로, 굵거나 가 는 검은 막대와 흰 막대의 조합에 의해 영문, 숫자, 특수 기호 등이 광학적으로 판독하기 쉽게 부호화 함 으로 정보에 대한 처리를 가능하게 한다. <그림 1>과 같이, 선형 바코드 심벌로지는 횡축으로 설계된 단순 한 형태의 모습을 가지며, 표현용량의 부족으로, 제품 이나 물류 정보 자체를 담고 있기 보다는 이들에 대 한 데이터 베이스 접근 키를 표현 하는 방식으로 이 용되고 있다. 선형바코드의 구조는 바코드의 시작과 끝의 여백부분인 QUIET ZONE 이 있으며 이는 가장 좁은 요소의 10 배 이상의 크기로 지정되어 바코드의 시작과 끝을 명확하게 구현하기 위한 필수 요소이다. START CHARACTER 는 심벌의 맨 앞부분의 문자로 데이터의 입력 방향과 종류를 알려주는 역할을 하며 STOP CHATACTER 는 바코드 심벌이 끝남을 알려준 다. 또한 바코드의 위 혹은 아래 부분에는 사람의 눈 으로 인식 가능한 숫자 혹은 문자의 정보를 표현 한 다. 검은 막대와 흰 막대는 그 폭에 따라 2 진 비트

로 구성되며 이를 사용하여 숫자 데이터로 표현되는 ASCII 코드 값을 통해 데이터를 저장한다.



(그림 1) 선형바코드의 심벌구조

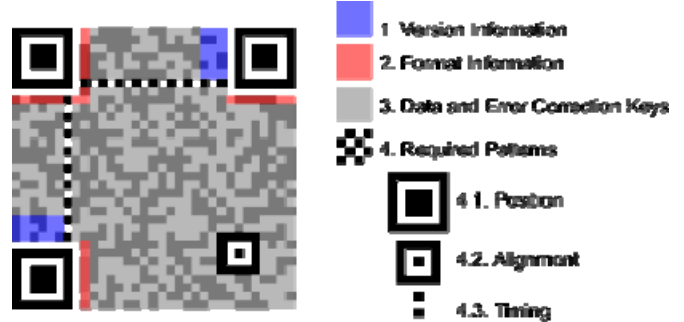
선형바코드는 길이와 종류에 따라 저장할 수 있는 데이터의 크기가 달라진다. 또한, 선형으로 만들어져 있기 때문에 바코드 스캐너를 인용하여 인식 할 때 검은 막대에 대해 직각으로 스캔 하지 않으면 인식이 떨어지거나 인식 되지 않는 경우가 발생 한다. 또한 바코드 스캐너에 따라 일정 길이 이상의 막대길이를 유지 해야 하며 입력 정보량이 늘어 날수록 바코드의 크기가 커진다는 단점을 가지고 있다.

## 2.2. QR (quick response) code

2 차원 바코드란 정보를 X, Y 양방향으로 배열시켜 평면화 시킨 점자 혹은 모자이크식 코드를 말하며, 1 차원 바코드의 정보 표현의 한계성을 보완하기 위하여 고밀도 대량의 정보를 저장하며 코드의 훼손이나 손실에 강인하며 높은 판독률과 신뢰성을 보증한다. QR 코드는 표준 2 차원 바코드 중 하나로 일본 Denso Wave 에 의해 개발된 2 차원 구조의 기호이며 기존에 쓰이던 바코드의 용량제한을 극복하고 형식과 내용을 확장한 2 차원 바코드로 가로와 세로의 정보 패턴을 통해 데이터를 저장할 수 있다[3]. QR 코드는 개발사에서 대중적인 사용을 위해 특허권 행사를 포기하여 1994 년에 배포 되었으며 생활 전반에 다양하게 활용 되고 있다. 기존의 1 차원 바코드는 20 자리 정도의 데이터를 포함 하지만, QR 코드는 1 차원 바코드에 비해 수십, 수백 배의 정보를 포함 할 수 있다. 데이터 타입 또한 숫자, 영어, 한글, 기호 등 모든 형태를 표현 할 수 있으며 최대 7,089 자의 숫자데이터를 1 개의 코드로 표현 할 수 있다.

<그림 2>은 QR 코드의 기본구조를 보이고 있다. 3 개의 네모 기호인 Position 심볼을 이용하여 360 도 어느 방향에서도 고속 인식이 가능하며 Data 영역 상의 모자이크 형태로 정보를 표현한다. QR 코드는 기존의 1 차원 바코드에 비해 코드의 외관적 크기가 작으며 같은 량의 정보량을 표현 한다면 10 분의 1 이하의 크기로 표시 할 수 있다. 또한, Reed-

Solomon ECC (error correction code) 알고리즘을 사용하여, 총 4 단계의 오류복원레벨을 지원하고 있으며, 사용자가 선택할 수 있다. 단계 4 를 선택하는 경우, 최대 30% 정도의 오염 혹은 파손에도 복원이 가능하다는 장점이 있다.

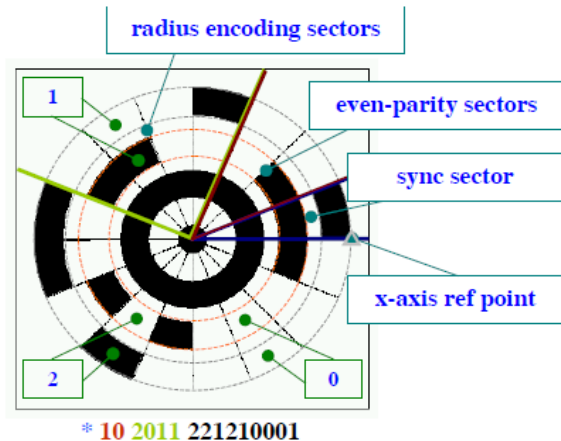


(그림 2) QR code 의 구조

QR 코드는 일반 프린터를 통하여 종이와 같은 곳에 인쇄가 가능하며 다양한 종류의 스캐너를 사용하여 정보를 해독할 수 있다. 인쇄 품질에 따라 셀의 크기도 변화 되는데 프린터 해상도에 따른 하나의 셀의 크기에 대해 스캐너의 해상도는 이보다 더 높은 것으로 사용되어야 한다. 만약 헤드 밀도가 높은 프린터를 이용하여 작게 인쇄하면, 스캐너의 인식 한계를 넘어 인식이 불가능 할 수 있다는 단점이 있다.

## 2.3. TRIP code

Trip(Target Recognition using Image Processing) code 는 Cambridge University 의 High Energy Magic 에서 개발된 코드로 다른 코드와는 달리, <그림 3>에서 보는 바와 같이, 2 개의 동심원 패턴으로 설계되었다[4]. 360 도 원을 16 개의 sector 로 나누고, sync sector 는 코드가 시작되는 곳을 지정하고, 2 개의 Even-parity sectors 는 짝수 패리티를 체크하고, 4 개의 Radius encoding sectors 는 반지름을 밀리미터로 Encoding 하고 나머지 9 개 영역은 3 진수로 모델링하여, 표현범위는 1 부터 19683 이다.

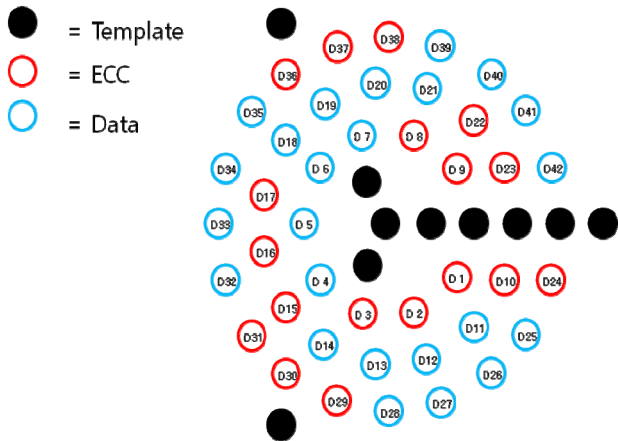


(그림 3) TRIP code 의 구조

TRIP code 를 기반으로 Spot code 와 Shot code 와 같은 원형 코드가 개발되었으며, 숫자로 조합된 인덱스 정보를 데이터 서버와의 통신을 통해 해당 미디어와 연결하는 방식으로 동작한다. 저화질의 카메라로도 인식이 가능하도록 정확하고 신뢰성 높은 코드의 판독기능을 제공하는 장점이 있다.

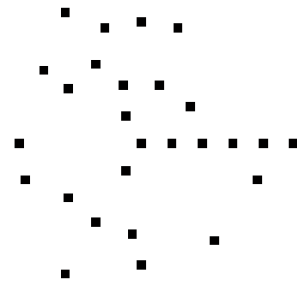
### 3. CDPC 의 설계

본 논문에서 제안 하는 CDPC 코드는 동심원 (orbit) 형태의 점 패턴으로 데이터를 표현하는 코드체계이다. <그림 4>는 데이터 동심원을 3 개 가지는 CDPC 의 구성도이다. 먼저 중심점을 기준으로 하여 각 원의 sin 값과 cos 값이 0 이 되는 부분을 템플릿으로 구성한다. 또한 데이터 동심원 안쪽과 바깥 쪽에 인덱스를 위한 원을 생성 하고 각 원의 템플릿 점을 기준으로 하여 원이 3 등분 되는 지점에 인덱스 점을 생성 한다. 구성 된 템플릿에 속하는 점들을 이용하여 CDPC 코드의 위상 변화 발생시 이를 보정하여 데이터를 안전하게 얻을 수 있다. 동심원이 3 개인 CDPC 코드로 42 bit 의 이진 비트를 삽입할 수 있으며 동심원 개수를 n 이라 할 때의 표현 데이터비트는  $(\text{sum}(2:n+1) * 5) - n$  로 표현 된다. 동심원의 개수가 커지면 커질수록 data 의 크기는  $5 \times (n+1) - 1$  의 크기 만큼 커지게 된다.



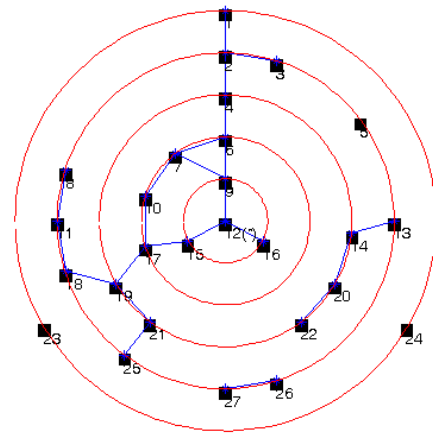
(그림 4) CDPC 코드 구성: Template+ECC+Data

본 논문 에서 사용된 3 개의 동심원을 가지는 코드는 42bit 의 데이터 중 24bit 를 정보비트로 할당하고, 나머지 18bit 데이터는 ECC(Error Correction Code)로 사용한다. 이는 잡음을 포함한 다양한 환경의 변화에 강인한 특성을 가질 수 있도록 구성하였으며, 적용환경에 따라 42bit 모두를 정보 데이터로 활용할 수 있다. ECC 로는 Codeword length 가 7 이고 Message length 가 4 인 Reed-Solomon ECC 를 사용하였다. <그림 5>는 ECC 비트를 제외하고 정보 비트만을 도시한 경우이다.



(그림 5) CDPC 의 데이터 부분 프린트 예

코드의 스캔 위치에 따라 영상이 기하학적으로 뒤 틀렸을 때 정확한 코드정보 획득을 위하여 위치 정보에 대한 보정이 필요하다. 본 논문에서 제안하는 기법은, 코드의 위치정보를 보정 하기 위하여 먼저 데이터를 포함하고 있는 각 점을 검출하고 그 위치 정보를 이용하여 Graph 를 생성하고 위치 정보를 보정 할 수 있는 템플릿을 찾아 이를 이용하여 Projective Transformation 을 통해 정보 데이터를 얻는다. 예를 들어, <그림 6>은 <그림 5>를 90 도 회전한 모습을 보정하는 경우이며, 탐색된 점의 위치 정보를 토대로 Graph 를 구성하고 중심점을 포함한 6 개의 점으로 구성된 템플릿을 검색한 결과이다.



(그림 6) 90 도 회전된 CDPC 코드 보정 예

Graph 의 생성 방법은 임의의 한 점과 가장 가까운 점과, 최소 거리의 1.2 배 이하인 점을 인접행렬 형태로 구성하였다. 이유는 위와 같은 정보가 없는 경우, 임의의 한 점이 템플릿인지 아닌지 판단하기 위해서는 다른 모든 점들간의 관계를 확인해야 하지만, 위 정보를 토대로 검색 영역을 줄일 수 있기 때문이다. 전 단계에서 구성한 Graph 에 깊이 우선탐색 (DFS: Depth First Search)을 적용하며, 하위 Node 가 여러 개 존재하는 경우, 원점과 현재 Node 의 기울기와 원점과 하위 Node 의 기울기 차가 가장 적은 Node 를 추가하고 검색한다. 중심점으로 추측되는 점과 연결 된 점들의 angle 값을 분석하여 템플릿을 예

측하고 템플릿과 함께 원을 3 등분 하는 지점의 두 점을 통하여 정확한 템플릿을 검색 하였는지 확인한다. 임의의 점이 템플릿의 기준점으로 판단하면, 템플릿의 현재 모양을 기준으로, 원점에서 각 템플릿의 반지름을 이용한 거리와 코드에서 데이터의 분포를 정하는 원에 대한 분할된 호의 길이를 기반으로 하여 수직으로 얼마, 수평으로 얼마씩 떨어져서 점들이 분포하고 있는지 확인할 수 있다. 본 논문에서 제안한 CDPC 패턴코드는 데이터의 요구 사항에 따라 동심원의 개수를 조정할 수 있으며, 이에 따라 패턴의 저장용량을 확장가능하다는 장점이 있으며, 카메라 위치에 따른 위상변화에도 좋은 인식율을 보일 수 있다.

4. 성능 실험

제안된 코드의 성능 검사를 위해 다양한 기하학적 공격 및 잡음 공격에 대한 인식율을 측정하였다. StirMarkBenchmark 의 SMBGT\_Affine.h V1.11 을 사용하였고 실험에 사용된 장비는 Intel Xeon CPU E5506, 8GB RAM, Window7 64bit 의 사양에 MATLAB R2009 을 사용하였다. StirMarkBenchmark 의 Affine Transform 은 아래의 식 (1)을 기반으로 한다. 행렬의 변화에 따라 이미지의 변형은 발생되며 이는 현실 세계에도 적용 가능 할 만한 범위의 변환을 이루고 있다.

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e \\ f \end{pmatrix} \quad (1)$$

<표 1>은 StirMarkBenchmark 에서 정의된 8 개의 Affine Transform 에 대한 사양과 코드이미지에 적용 했을 때의 영상과 인식 상태를 평가한 것이다. Affine Transform 에 의해 영상 Type 1 과 2 은 Y-shearing 된 영상이고 Type 3 과 4 는 X-shearing 된 영상이다. Type 5,6,7,8 은 XY-shearing 된 영상으로 카메라 촬영을 통해 일상적으로 일어날 수 있는 상황에 대한 일반적인 실험환경을 조성 하였다. 실험을 통하여, StirMarkBenchmark 에서 기본 적으로 제공 되는 Affine Transform 을 적용 하였을 때에도 100%의 인식률을 유지 한다는 것을 보여주고 있다. 이는 본 패턴 인식 알고리즘이 토폴로지 기반의 템플릿을 이용하여 인식을 수행하기 때문에, 코드의 위상이 변화 된다 하여도 원래의 관계를 복원하여 정확한 데이터를 추출해 낼 수 있기 때문이다.

<표 1> StirMark Benchmark Affine Transform 적용 실험

Type no	Affine Transform Matrix	Transform Image	Recognition
1	$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0.01 & 1 \end{bmatrix}$		100%

2	$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0.05 & 1 \end{bmatrix}$		100%
3	$\begin{bmatrix} 1 & 0.01 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$		100%
4	$\begin{bmatrix} 1 & 0.05 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$		100%
5	$\begin{bmatrix} 1 & 0.01 \\ 0.01 & 1 \end{bmatrix}$		100%
6	$\begin{bmatrix} 1.010 & 0.013 \\ 0.009 & 1.011 \end{bmatrix}$		100%
7	$\begin{bmatrix} 1.007 & 0.010 \\ 0.010 & 1.012 \end{bmatrix}$		100%
8	$\begin{bmatrix} 1.013 & 0.008 \\ 0.011 & 1.008 \end{bmatrix}$		100%

5. 결론

본 논문은 유비쿼터스 환경과 실생활을 연결해 줄 수 있는 동심원 형태의 CDPC 코드를 설계 하였다. 코드의 삽입을 통해 일방적인 정보전달물로서의 인쇄물을 대화형 미디어로 재창조 할 수 있다는 장점이 있다. 코드의 삽입은 단순한 잉크의 프린터로 가능하다. 환경변화와 잡음에 대한 강인성을 유지하기 위하여 템플릿 기반의 동심원을 기반으로 정보비트와 ECC 코드를 배분하여 적용 하였다. Stirmark 에서 제공하는 다양한 잡음 및 기하학적 공격에 대해 100% 인식율을 보였다. 저화질의 카메라에 대한 적용도 가능하며, 저가형 카메라 인식에서도 99% 이상의 높은 인식율을 확인하였다.

REFERENCES

[1] M. Weiser, "Some computer science issue in ubiquitous computing," Communication of the ACM, Vol.36, Issue 7, 75-84, July, 2003.

[2] 이원찬, 김정철, 홍기천, "이미지 캡처시스템을 이용한 바코드 데이터 분석", 한국정보과학회 가을 학술발표 논문집 vol. 31, no. 2, pp. 799-801, 2004.

[3] International Organization for Standardization: Information Technology - Automatic Identification and Data Capture Techniques - Bar Code Symbology - QR Code. ISO/IEC 18004, 2000.

[4] Diego López de Ipiña , Paulo R. S. Mendonça , Andy Hopper, "TRIP: A Low-Cost Vision-Based Location System for Ubiquitous Computing" Personal and Ubiquitous Computing, Volume 6, Number 3, pp.206-219, May 2002.