

K-code : 한국 전통문양을 이용한 이미지 기반 코드 설계

김동철⁰ 서종훈 양민호 정철호 한탁돈
연세대학교 미디어시스템연구소

(dong⁰, flamme4u, expertman)⁰@msl.yonsei.ac.kr, balgeum00@korea.com, hantack@msl.yonsei.ac.kr

K-code : Design Image Based Code using Korean Traditional Pattern

Dong-Chul Kim⁰, Jong-Hoon Seo, Min-Ho Yang, Cheolho Cheong, Tack-Don Han
Media System Lab., Dept. of Computer Science, Yonsei University

요 약

본 논문에서는 한국의 전통문양을 이용하여 이미지 코드를 구성하고 문양 내부에 데이터를 저장 할 수 있도록 구조를 설계하였다. 인코딩과 디코딩 알고리즘은 일반 사용자 컴퓨터 환경에 적용 할 수 있도록 제한하였다. 기존의 이미지 기반 코드들과는 다르게 데이터 구조를 유지하면서도 디자인적인 측면을 살려 이미지 코드에 한국의 문화적인 요소를 표현할 수 있게 되었고 문화 코드로서 역할을 수행하게 되었다. 처음 설계 단계에서 부터 전통문양을 이용한 한국의 문화를 표현할 수 있는 코드의 개발을 목표로 접근하였고 이를 유비쿼터스 시대의 문화코드로 사용함으로써 한국의 전통문화와 멋을 세계에 널리 알리고 감성을 자극하는 코드역할을 할 것으로 기대된다.

1. 서 론

컴퓨팅 패러다임의 변화로 유비쿼터스(Ubiquitous) 환경으로 진화해 감에 따라 컴퓨터상의 가상 세계(Cyber World)와 현실 세계(Real World)간에 연결의 필요성이 점차 대두되고 있다. 이러한 상황에서 가상 세계와 현실 세계를 이어주는 인터페이스 역할을 하는 태그의 중요성이 강조되고 있으며 태그 인터페이스로는 크게 RFID와 이미지 기반 코드로 나눌 수 있다. 이미지 기반 코드는 다양한 분야에서 사용되고 있으며 현재까지 개발된 코드는 기호로서의 역할만을 가지고 있으며 코드에서 어떤 의미도 바로 유추할 수는 없다. 하지만, 퍼베이시브(Pervasive) 컴퓨팅 환경이 되어가면서 컴퓨터 지향의 기존 환경보다는 인간 중심의 감성적 접근이 중요성을 갖게 되었고, 이러한 관점에서 표기 중심의 코드보다는 표의적인 의미를 가질 수 있는 새로운 코드 방식의 필요성이 대두되었다.

본 논문에서는 기존 이미지 기반 코드와는 다르게 시각적인 측면을 고려하여 전통문양과 유사한 패턴을 이용한다(그림 1). 이미지 기반 코드에 우리나라 문화의 개념을 담아 기존의 기호로 한정된 코드의 역할에 새로운 의미를 부여하고 이미지 기반 코드를 설계하여 인식하는 알고리즘에 대하여 연구하였다. 2장에서는 기존의 코드들과 연구방향에 대해서 살펴보고 3장에서 K-code의 구조에 대하여 설명한다. 4장에서는 실험 및 응용프로그램에 대하여 언급하고 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

기존에 개발된 이미지 기반 코드는 크게 1D 바코드, 2D 이미지 코드로 나눌 수 있다. 1D 코드는 일반적으로 접할 수 있는 바코드이며 2D 이미지 코드는 매트릭스 형태를 갖는 흑백의 2가지 색상만을 이용한 흑백 코드와 컬러를 사용하여 기록의 밀도를 높인 컬러 코드가 존재한다(표 1). 1D 바코드의 경우 빠른 인식 속도와 방향에 구애받지 않는 정확한 인식으로 오랜 시간동안 많은 산업에서 사용되고 있다. 하지만, 정보 표현의 제약이 많고, 정보의 기록 밀도가 낮아 많은 정보의 표현을 위해서는 코드의 크기가 커지는 단점이 있다. 2D 이미지 코드의 경우, 1D 바코드의 단점인 저장 용량의 문제를 개선하기 위해 개발된 것으로, 다양한 종류의 코드가 개발되었지만, 주로 고가의 전용 리더를 이용해야한다는 단점이 존재한다.

표 1. 이미지 기반 코드의 세대별 분류

	1세대	2세대	3세대
코드	1D 바코드	2D 흑백 코드	2D 컬러 코드
키워드	속도, 정확성	저장용량, 속도, 에러복원	컬러, 이동성
예	EAN/UPC ^[1] , Codabar 등	QR code, PDF417, Data Matrix, Maxi code 등	ColorCode Ultracode 등



그림 1. 한국 전통 문양의 예

2D 코드로는 파인더 패턴에 의한 빠른 판독의 특징을 가지고 있는 Denso 사의 QR code^[2], 파손 오염시 복구율이 높은 Symbol Technologies 사의 PDF 417^[3], 초소형화가 가능한 정사각형 고밀도 기록의 International Data Matrix 사의 Data Matrix^[4], 택배화물의 고속분류를 위해 개발된 UPS 사의 Maxi Code^[5], Sony 사의 증강현실을 위해 개발된 CyberCode^[6], Zebra 사의 Ultracode^[7], 45 각도로

기울어진 패턴을 이용한 Xerox 사의 DataGlyphs[8], ColorZip Media 사의 ColorCode[9] 등과 같은 코드들이 있으며 바코드에 비해 정보량이나 데이터의 종류, 기록 밀도가 향상된 장점을 가지고 있다. 이 중에서도 ColorCode와 Ultracode는 컬러 색상을 사용하여 같은 면적에서도 더 많은 정보를 표현할 수 있다[10][11][12]. ColorCode를 제외하고는 대부분 산업용으로 사용하기 위하여 데이터의 용량과 인식 속도에만 연구 초점을 맞추어 왔다. 최근에는 모바일 환경의 발전으로 코드가 주변에 드러나기 시작하였고 감성을 고려한 시각적인 측면으로도 연구가 시작되었다.

3. K-code : 한국 전통문양을 이용한 코드

K-code는 한국 전통문양을 사용하기 위하여 원형 띠 형태(그림 2.(1))를 갖도록 설계하였다. 중앙부에는 첫 번째 데이터의 시작 방향을 알리기 위한 방향 지시자(그림 2.(2))가 존재하며 방향 지시자가 가리키는 방향으로 최외각 띠와 만나는 부분에서 데이터(그림 2.(3))가 시계방향으로 띠를 형성한다. 좌우로 45 각도씩 기울어진 패턴이 각각 0과 1 비트를 나타낸다. 한 띠를 다 돌고나면 그 다음 줄로 이어져서 레이어의 마지막 데이터 비트를 읽을 때까지 이어지며 레이어는 k 개를 갖는다.

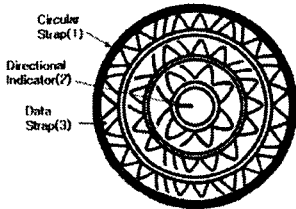


그림 2. K-code의 구조

최내각 원부터 1번째 층으로 하여 바깥쪽으로 갈수록 2, 3, ..., n 층이라 할 때 n번째 원에 있는 코드의 층 수는 n에 비례한다. r_k 를 k번째 원의 반지름, n_k 를 k번째 층에서의 코드의 개수라 한다. 최내각 원의 반지름을 r이라 하면, 위의 r_k 는 다음과 같다.

$$r_k = kr \tag{1}$$

그리고 θ_k 를 k번째 층의 한 코드 영역이 이루는 부채꼴의 중심각이라 정의하면, 코드의 크기는 일정하므로, 각 코드는 일정한 크기의 부채꼴에 들어가게 되고 일정한 원주 l을 갖게 된다. 이는 다음과 같다.

$$l = \frac{1}{2} r_k \theta_k \tag{2}$$

(2)에 (1)을 대입하면 (3)이고, 정리하여 (4)와 같다.

$$l = \frac{1}{2} r_k \theta_k = \frac{1}{2} kr \frac{2\pi}{n_k} \tag{3}$$

$$n_k = \frac{\pi r}{l} k \tag{4}$$

식 (4)를 통하여 k번째 원에 있는 코드의 층 수는 층수 k에 비례하도록 설계하였다.

3.1 코드 영역 검출 및 인식 알고리즘

코드 검출 및 인식 알고리즘은 전처리 과정에서는 입력된 영상에서 코드 영역과 배경을 분리해 내기 위한 전처리 작업을 수행하고 코드 영역으로 추정되는 후보들을 여과하는 작업을 수행한다. 이러한 과정은 다음 단계에서 이루어지는 디코딩 및 에러검출 과정의 연산량을 줄이는 효과가 있다. 코드 영역을 추출한 뒤 중심점을 계산한다. 중심으로부터 방향 지시자를 인식하여 첫 데이터의 시작 위치를 찾아 원형으로 데이터를 읽고 패리티 체크 후 최종 데이터로 인식한다. 코드 검출 및 인식과정은 다음과 같은 4단계의 과정을 거쳐 수행된다.

Step 1: Binarization

영상을 분석하기 위한 전단계로 입력된 원본 영상 그림 2.(a) 으로부터 이진화를 수행하여 이진화된 그림 2.(b)와 같은 영상을 얻는다. 이진화를 위한 임계값을 찾는 과정으로 영상의 그레이 히스토그램을 구한 후 히스토그램의 최대 최소 값의 평균값을 계산하여 이를 이진화의 임계값으로 사용한다. 이를 통하여 입력된 영상에 유동적으로 동적 이진화를 수행할 수 있고 고정된 값을 사용할 때보다 적응적으로 환경에 대응할 수 있다.

Step 2: Component Shape Analysis

이진화된 영상으로부터 형상 정보를 얻기 위하여 라플라시안 마스크를 적용하여 그림 2.(c)와 같은 영상을 얻은 뒤 연결된 성분을 갖는 경계선들을 추적하여 윤곽 정보를 추출한다. 라플라시안 마스크의 경우 에지를 구하는데 있어서 다른 연산에 비하여 연산량도 적고 좋은 결과를 보여 준다. 특히 이진화된 영상에서는 라플라시안 마스크를 적용하게 되면 경계선 부분이 1 픽셀로 된 결과물이 나오게 되어 윤곽선을 추출하기에 용이하다. 윤곽선 추출의 경우에는 SBF(Simple Boundary Flowing) 법이 적용하기에 간단하지만 연산량이 많아 개선된 SBF법을 사용하여 영상으로부터 윤곽선 정보를 얻는다.

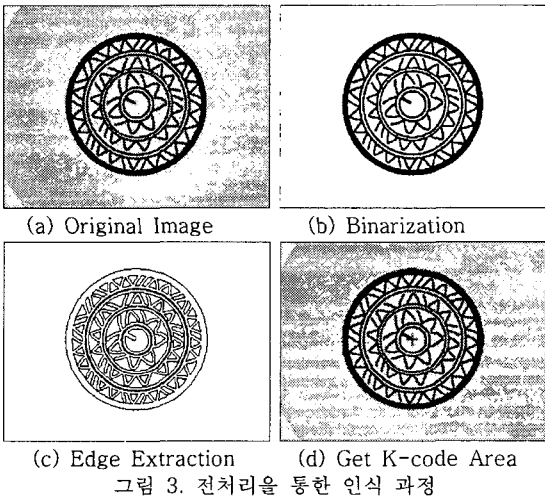
Step 3: Candidate Filtering

추출된 영역들에 대하여 다음 두 가지의 판단을 통하여 코드 영역으로 추정되는 영역들을 여과해 낸다. 첫 번째로 노이즈 영역을 제거하기 위하여 윤곽선 길이 정보를 이용한다. 윤곽선 길이가 너무 짧을 경우 배경의 작은 물체이거나 노이즈인 경우이므로 해당하는 영역은 배경으로 판단한다. 두 번째로 원형 비율을 이용하여 코드로 추정되는 영역인지 배경인지를 판단한다. 원형 비율을 계산하기 위해서 원의 면적 공식 ($A = \pi r^2$)과 원의 둘레 길이 공식 ($l = 2\pi r$)를 풀면 원형 비율 식1과 같이 유도해 낼 수 있다. 원형 비율 e가 1.0에 가까울수록 원형에 가까운 것으로 간주하며 이를 최종 후보 코드 영역으로 판단한다. 최종 후보 코드 영역을 화면에 표시하면 그림 2.(d)와 같다. 추출된 영역 이외의 후보 영역은 제거함으로써 다음 단계에서의 연산량을 줄일 수 있다.

$$e = 4\pi \times A / l^2 \tag{식1}$$

Step 4: Decoding and Error Detection

추출된 후보 영역들에 대해서 중심점을 구하고 반지름을 구한 뒤 중심점을 기준으로 원형으로 탐색하여 첫 시작 비트를 알려주는 방향 지시자를 탐색 한다. 탐색된 방향 지시자 방향으로 가장 외부의 띠를 찾아가 데이터를 읽는다. 데이터의 경우 왼쪽으로 기울어진 바는 '0' 비트로, 오른쪽으로 기울어진 바는 '1' 비트로 인식하여 데이터를 추출한다. 추출된 데이터 비트는 패리티 체크를 이용하여 오류 검출을 수행한다. 오류가 검출되지 않으면 올바른 코드로 인식하여 데이터로 변환하여 디코딩 과정을 마치게 된다.



4. 실험 및 응용 프로그램

데이터 실험에는 k 레이어를 4 개로 구성하였고 레이어별 데이터의 비율은 2번째 레이어서부터 2:3:4 으로 하여 데이터를 삽입하였다. 크기는 25 x 25 mm 로 출력하여 테스트 하였다. 테스트에 사용된 코드에서 패리티 비트를 제외하면 147 bits 의 데이터를 담을 수 있다. k 레이어 수를 늘리고 한 레이어에 들어가는 데이터의 수 늘리면 담을 수 있는 용량은 선형적으로 늘어난다. 인식률을 고려하여 패턴의 모양을 유지한다고 한다면 7 레이어를 사용할 때 약 800 bits 까지 담을 수 있다. 응용분야로는 문서, 우편물, 기타 종이류에 K-code 를 출력하여 종이 매체를 이용한 저장 장치로서의 사용과 보안 및 검증, 포인터로서의 역할 등으로 적용이 가능하다. 이러한 기능적인 역할을 함과 동시에 문화적 관광 상품으로서의 역할을 포함한다.

5. 결론

본 논문에서는 한국의 전통문양을 이용하여 이미지 코드를 구성하고 문양 내부에 데이터를 저장 할 수 있도록 구조를 설계하였다. 기존의 이미지 기반 코드들과는 다르게 처음 설계부터 한국의 전통문양을 사용하는 것을 목표로 개발하였고 이를 유비쿼터스 시대의 태그 인터페이스로 사용함으로써 한국의 전통문화와 멋을 세계에 널리 알리고 감성을 자극하는 역할을 할 것으로 기대된다. 데이터 구조를 유지하면서도 시각적인 측면을 살려 이미지 코드에 한국의 문화적인 요소를 표현하였다.

인코딩과 디코딩 알고리즘을 제안하고 실험 및 응용 부분에 있어서 일반 사용자 컴퓨터 환경에 적용 할 수 있도록 구성하여 개발하였다.

향후 연구로는 다음 두 가지 연구가 진행되어야 한다. 첫 번째로, 현재보다 더 한국 전통문양의 장점을 살릴 수 있도록 다양한 패턴의 연구와 인식에 대한 연구가 필요하며 층을 이루는 띠 별로 다른 종류의 패턴을 사용한 방법도 연구가 진행되어야 한다. 두 번째로, 각각의 데이터를 표현하는데 있어 컬러를 적용하여 다양한 색채 효과를 낼 수 있으면서도 더 많은 데이터를 저장할 수 있도록 색상 정보를 넣는 방법에 대한 연구가 진행되어야 한다.

감사의 글

본 연구는 교육인적자원부 BK21 및 한국과학재단 특정기초연구(R01-2005-000-10898-0) 지원으로 수행되었음.

6. 참고문헌

[1] ISO/IEC 15420:2000 Information technology - automatic identification and data capture techniques - Bar code symbology specification - EAN/UPC, 2000.

[2] ISO/IEC 18004:2000 Information technology - automatic identification and data capture techniques - Bar code symbology - QR Code, 2000.

[3] T. Pavlidis, J. Swartz, and Y. P. Wang "Information Encoding with Two-Dimensional Bar Codes", *IEEE Computer Magazine*, pp.18-28, June, 1992

[4] D.G. Priddy and R.S. Cymbalski "Dynamically Variable Machine Readable Binary Code and Method for Reading and Producing Thereof", U.S. Patent 4,939,354, July 3, 1990.

[5] D. G. Chandler, E. P. Batterman, and G. Shah "Hexagonal, Information Encoding Article, Process and System", U.S Patent 4,874,936, October 17, 1989.

[6] Jun Rekimoto, Yuji Ayatsuka, "CyberCode: Designing Augmented Reality Environments with Visual Tags", *Designing Augmented Reality Environments*, 2000.

[7] <http://www.zebra.com>

[8] D.L. Hecht, "Printed embedded data graphical user interfaces", *IEEE Digital Object Identifier*, vol.34, pp. 18-28, March, 2001.

[9] <http://www.colorzip.co.kr>

[10] <http://www.barcode.ro>

[11] R. C. Palmer "The Bar Code Book, third edition", *Helmets Publishing* 1995.

[12] 오호근, "최신 바코드 기술 및 응용", 성안당, 1997.