

## 2차원 바코드를 위한 데이터 부호화 알고리즘 설계

### Design of Data Encoding Algorithm for a Two Dimensional Bar Code

전 성 구\*      김 일 환\*\*  
Jeon, Seong-Goo      Kim, Il-Hwan

---

#### Abstract

In this paper, we propose a new data encoding algorithm for a two-dimensional bar code system. In general, the one-dimensional bar code is just a key which can access detailed information to the host computer database. But the two-dimensional bar code is a new technology which can obtain high density information without access to the host computer database.

We implemented the encoding algorithm for Data Matrix bar code which is the most widely used among the many kinds of two-dimensional bar codes in the field of marking using Digital Signal Processor (TMS320C31). The performance of the proposed algorithm is verified by comparing the imprinted symbols on the steel surfaces with the codes which are decoded by a bar code reader.

키워드 : 데이터 매트릭스, 부호화, 리드-솔로몬 부호, 마킹  
Keywords : Data Matrix, Encoding, Reed-Solomon Code, Marking

---

#### 1. 서론

현재 널리 사용되고 있는 1차원 바코드는 백화점이나 편의점, 슈퍼마켓 등 유통분야에서 판매 관리와 자동 수·발주 관리 업무로 우리의 일상생활과 밀접하고 광범위하게 사용되고 있으며, 공장에서는 생산 관리, 품질 관리, 자재 및 완제품 입고 관리 등에 적용되어 생산성 향상은 물론 원가 절감에 크게 기여하고 있다[1]. 그러나 1차원 바코드는 정보를 포함하고 있는 데이터베이스에 접근하는 데이터 키 역할을 한다. 또한 1차원 바코드는 영문과 숫자만을 기록할 수 있기 때문에 형식

과 정보량에 제한을 가지고 있다. 이에 비해, 2차원 바코드는 X, Y방향으로 데이터를 배열하여 다량의 데이터를 포함할 수 있고 고밀도의 데이터 표현이 가능하여, 호스트 컴퓨터의 데이터베이스에 온라인으로 연결할 필요 없이 확인하고자 하는 경우에 사용되고 있다. 또한 영어, 일어, 한자, 숫자, 한글 등 다양한 문자를 기록할 수 있는 특징이 있다[2][3]. 또한, 2차원 바코드의 여러 가지 장점으로 인하여, 현재 생산업체에서 다단계 공정관리, 물류관리, 품질관리, 제품관리 등에 널리 활용되고 있고, 은행, 보험, 통신, 우편 분야에도 이용이 확대되고 있는 추세이다[2][5]. 그러나 각종 문자를 비롯한 다양한 정보를 좁은 공간에 오류 없이 배치하기 위해서는 복잡한 암호화 알고리즘과 많은 계산이 필요하게 된다. 대부분의 경우에 고성능 개인용 컴퓨터(PC)를 이용하여 암호화를 구현하고 있는 실정이다. 그러나 최근 2차원 바코드의 응용 분야가 항공기 부품을 비롯하여 자동차의 엔진,

---

\* 강원대학교 대학원 제어계측공학과 박사과정  
\*\* 강원대학교 제어계측공학과 부교수, 공학박사

ABS(Anti-Brake System)와 같은 주요부품에 제조회사, 제조날짜 등과 같은 많은 정보를 2차원 바코드로 직접 마킹하는 것이 요구되어 기존의 마킹 시스템에 적용이 가능한 암호화 알고리즘의 개발이 요구되고 있다.

본 논문에서는 2차원 바코드 중에서 널리 사용되고 있는 Data Matrix 바코드(또는 Data Code)를 위한 새로운 데이터 부호화 알고리즘을 설계하고 Digital Signal Processor(이하 DSP)를 사용한 마킹 시스템에 적용할 수 있도록 하였다. 제안된 알고리즘의 검증은 위하여 급속에 마킹된 2차원 바코드를 바코드 스캐너로 인식하여 확인함으로써 타당성을 확인하였다.

## 2. Data Matrix 바코드의 구조

바코드는 다양한 폭을 가진 바(bar, 검은 막대)와 스페이스(space, 흰 막대)의 배열 패턴으로, 정보를 표현하는 부호 또는 부호체계이다. 바코드 심벌의 구조상 최소 단위는 모듈 또는 X dimension 이라고 부르며, 1비트의 값을 가진다. 1개 또는 여러 개의 모듈이 모여서 바와 스페이스를 만드는데, 이를 element라고 한다. 이러한 element들이 모여서 하나의 심벌 문자를 만들고 이는 1개의 ASCII 문자에 상응한다[4]. 이 심벌 문자는 0-255의 값을 가지는데 이 값을 코드워드(code word)라고 한다. 심벌 문자들이 모여서 완전한 심벌을 만든다. 이 심벌의 표현 규칙을 바코드 심벌로지라고 한다.

그림 1과 같이 Data Matrix 바코드는 양측의 가로 세로 방향으로 데이터를 배열, 평면화 시킨 것이며 바코드의 주위에는 4개의 빈 여백(quiet zone)이 존재한다. 2개의 finder bar는 리더기가 바코드의 방향과 위치를 인식할 수 있도록 해준다. Matrix density bar는 바코드에 열과 줄의 수를 나타낸다. 이 바는 입력된 데이터의 양과 종류에 따라 가변적이다. 데이터 영역은 입력된 데이터에 의해서 생성된 코드워드와 그 코드워드에 의해서 생성된 오류 정정 코드워드를 표시한다. 데이터 영역의 코드워드는 심벌 문자 배치 규칙에 의해서 matrix 안에 배열한다.

Data Matrix는 심벌 당 표현할 수 있는 데이터의 양을 강조한 매트릭스 형 코드이다. 심벌 크기는 한 변이 0.001인치에서 14인치까지 가능하며, 심벌 당 최대 2334개의 alphanumeric 문자나 도트 매트릭스 프린터로 500개의 수치를 표현할 때는 1인치 정사각형에 가능하고 500개의 모든 ASCII 문자를 표현할 때는 1.4인치 정사각형에 가능하다. 데이터의 인식 패턴 안에 표현되는데 검은 모듈은 1을, 흰 모듈은 0을 나타낸다. Data Matrix에는 오류검출 및 복원(Error Checking & Correction) 알고리즘으로 Convolutional 방법을 사

용하는 ECC00-140과 Reed-Solomon 방법을 사용하는 ECC200은 있다[4]. 본 논문에서는 ECC200을 사용하였다.

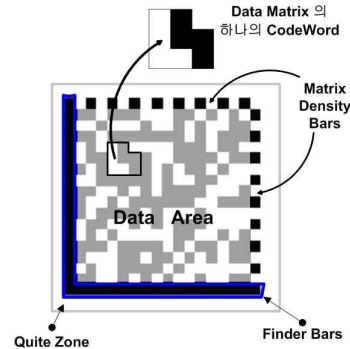


그림 1 Data Matrix 심벌 구조

## 3. 데이터 부호화 알고리즘

데이터 부호화 알고리즘은 크게 3단계로 분류할 수 있다.

- 단계 1: 입력 데이터의 종류에 따라 4가지 (C40, ASCII, TEXT, BASE256)로 구분하여 부호화를 실시, 코드워드를 생성한다. C40 부호화는 입력 데이터가 주로 영문 대문자, TEXT 부호화는 입력 데이터가 주로 영문 소문자, BASE256 부호화는 입력 데이터가 주로 한글과 같이 8bit 데이터로 각각 구성된 데이터를 암호화 하는데 적용된다.
- 단계 2: 단계 1에서 생성된 코드워드를 입력으로 하여 Reed-Solomon Error Correction 알고리즘을 사용하여 Error Checking and Correction 코드워드를 생성한다. 본 단계를 통해 생성된 코드워드를 단계 1에서 생성한 코드워드 뒤에 덧붙인다.
- 단계 3: 단계 1~2에서 생성된 코드워드를 심벌문자 배치 규칙에 의해서 Matrix 안에 코드워드를 표현한다.

그림 2는 앞서 설명한 내용에 기초하여 작성한 데이터 부호화 알고리즘이다. 입력의 내용을 미리 조사하여 부호화 방법을 결정한 후 해당 방법에 의해서 부호화를 진행한다.

Reed-Solomon(이하 RS) 부호는  $2^m$ 개의 심벌로 이루어지는 유한체  $GF(2^m)$ 의 블록 계열이며 전송로 상에서 발생한  $t$ 개의 오류를 정정할 수 있다. 이 부호는

$$\begin{aligned} n &= 2^m - 1 && : \text{부호어 길이} \\ k &= n - 2t && : \text{정보어 길이} \\ d_{\min} &= 2t + 1 && : \text{부호간의 최소거리} \end{aligned} \quad (1)$$

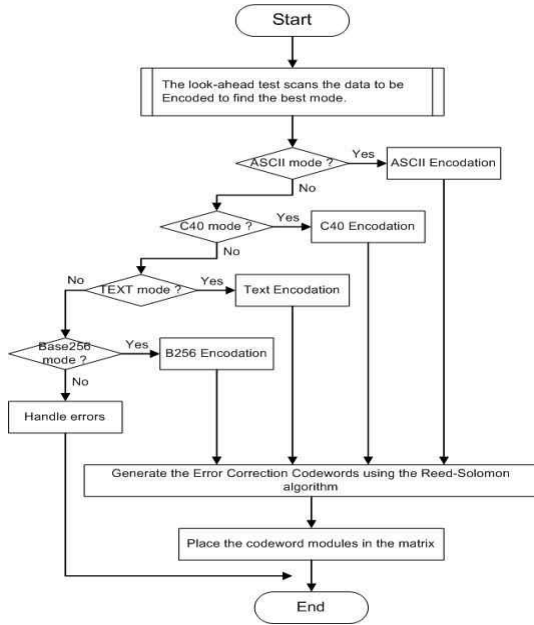


그림 2 데이터 부호화 알고리즘

$$x^{n-k}d(x) = q(x)g(x) + r(x) \quad (6)$$

식(6)을 식(5)에 대입하면,

$$c(x) = b(x) + q(x)g(x) + r(x) \quad (7)$$

가 되며  $c(x)=q(x)g(x)$ 가 되려면  $b(x)=-r(x)$ 가 되어야 한다. 따라서 생성 다항식  $g(x)$ 로 정보 다항식  $d(x)$ 를 나누어 검사 다항식  $b(x)$ 를 구하고  $d(x)$ 와  $b(x)$ 를 합하여 부호 다항식  $c(x)$ 를 얻는 과정이 RS 부호의 부호화이다.

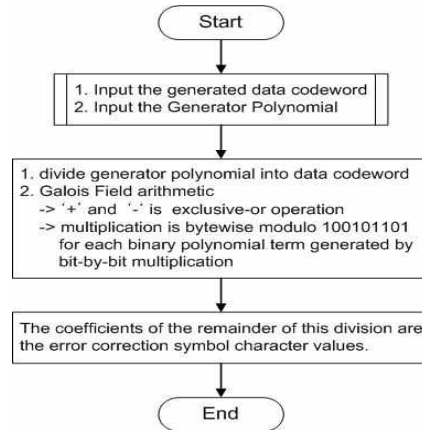


그림 3 오류정정 코드워드 생성 알고리즘

등의 매개 변수를 가지고 생성 다항식  $G(x)$ 는 일반적으로 다음과 같다.

$$\begin{aligned} G(x) &= (x + a)(x + a^2) \cdots (x + a^{2t}) \\ &= \sum_{i=0}^{2t} g_i x^i \end{aligned} \quad (2)$$

$a$ 는  $GF(2^m)$ 상의 원시원(Primitive element)이다.  $(n, k)$  RS 부호의 정보 다항식(Information polynomial)을 식 (3)이라 하고, 검사 다항식(Parity polynomial)을 식 (4)라고 하면 부호화된 RS 부호의 다항식은 식 (5)와 같이 정보다항식과 검사다항식의 합으로 표시된다.

$$d(x) = d_0 + d_1x + d_2x^2 + \dots + d_{k-1}x^{k-1} \quad (3)$$

$$b(x) = b_0 + b_1x + \dots + b_{n-k}x^{n-k-1} \quad (4)$$

$$c(x) = b(x) + x^{n-k}d(x) = \sum_{i=0}^{n-1} c_i x^i \quad (5)$$

$c_i \in GF(2^m)$

부호 다항식  $c(x)$ 는 생성다항식  $g(x)$ 에 의해 만들어지며,  $c(x)$ 는  $g(x)$ 의 곱이어야 한다. 순회 부호의 일반적인 부호화 방법은  $d(x)$ 와  $g(x)$ 에서  $b(x)$ 를 찾아내는 것이다. 이것은  $d(x)$ 를  $g(x)$ 로 나누어 몫  $q(x)$ 와  $r(x)$ 를 얻어 이루어진다.

그림 3은 Reed-Solomon 오류 정정 방법을 사용하여 Error Checking and Correction 코드워드를 생성하는 알고리즘이다. 그림 4는 심벌 문자 배치 알고리즘을 보여주고 있다.

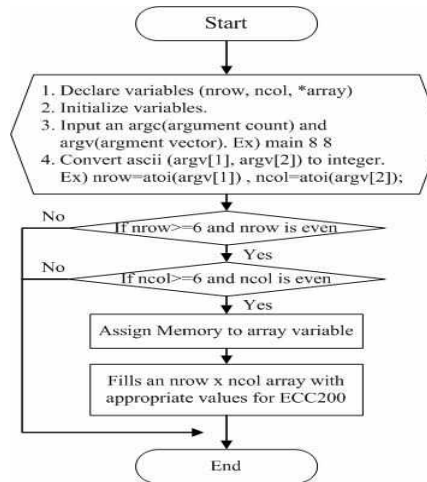


그림 4 심벌 배치 알고리즘

#### 4. 실험결과

본 논문에서 제안한 알고리즘을 구현하여 금속의 표면에 마킹하기 위한 시스템 구성을 그림 5에 나타내었다. 마킹 시스템은 컨트롤러와 마킹 기계, 입력 장치 등으로 구성되어 있다. 컨트롤러는 DSP (TMS320C32)를 이용한 제어장치 보드, 입·출력 인터페이스, 스텝 모터 구동부 등으로 구성되어 있다. 마킹 기계는 X와 Y축으로 구성되어있으며 서로 직각을 이룬다.

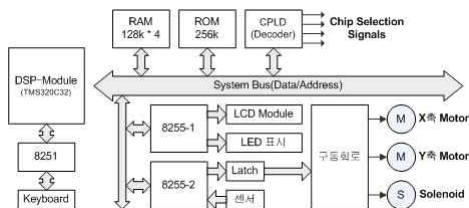


그림 5 2차원 바코드 마킹 시스템 블록 선도

그림 6은 입력을 'KANGWON NATIONAL UNIVERSITY'로 하여 부호화한 결과를 화면에 표시한 것이다. 그림 7은 설계한 마킹 시스템에서 실제 피사체에 마킹한 결과이다. 그림 8은 피사체에 마킹한 것을 스캐너에 의해 인식한 결과를 나타낸다. 고로, 입력된 데이터와 동일한 데이터가 스캐너에 의해 인식된 것을 알 수 있다.



그림 6 'KANGWON NATIONAL UNIVERSITY'를 부호화한 결과



그림 7 'KANGWON NATIONAL UNIVERSITY' 마킹 결과



그림 8 바코드 스캐너로 인식한 결과

#### 5. 결론

본 논문에서는, 기존에 사용되고 있는 1차원 바코드의 제한된 형식, 정보량 그리고 오류 정정에 대한 문제점을 해결하기 위해 최근 이용이 확대되고 있는 2차원 바코드를 위한 새로운 데이터 부호화 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘을 이용하여 생성된 바코드를 실제 피사체에 마킹한 후, 바코드 스캐너로 인식하여 알고리즘의 타당성을 검증하였다.

고로, 1차원 바코드를 2차원 바코드로 대체함으로써 정보를 표현하는데 있어서 보다 유연성과 공간 이용률을 높일 것으로 판단된다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 김기순, 최종문, 김준식, "바코드 인식/검사를 위한 영상인식 알고리즘", *신호처리·시스템학회 논문집*, 제2권 3호, pp. 1-8, 2001.
- [2] 황진희, 한희일, "Data Matrix 이차원 바코드의 디코딩 알고리즘의 구현", *한국지능정보시스템학회, 춘계정기학술대회*, 2001.
- [3] 정정구, 한희일, "PDF417 이차원 바코드 디코딩 알고리즘의 구현", *2001년도 제14회 신호처리합동학술대회 논문집*, 제14권 1호, pp. 289-292, 2001. 9.
- [4] AIM-USA, *International Symbology Specification Data Matrix*, Data Matrix Spec, 2000.
- [5] 김정훈, "2차원 바코드 기술개발 동향", KISTI 기술뉴스 브리프, 2002.
- [6] 김진규, 강성태, 유영갑, 조경록, "(204,188) Reed-Solomon 복호기 설계", *한국통신학회 논문지*, 제25권, 5호, pp. 966-973, 2000.
- [7] Osman K.A., Furness A., "Potential for two-dimensional codes in automated manufacturing", *Assembly Automation*, Vol. 20, pp. 52-57, 2000.
- [8] T. Pavlidis, J. Swartz, Y.P. Wang, "Information Encoding with Two-dimensional Bar Codes", *IEEE Computer*, Vol. 25, pp. 18-28, 1992.