

# 디지털 오디오 시스템에서의 오류정정 알고리즘에 관한 연구

## (A Study on the Error Correction Algorithm for Digital Audio Systems)

全慶一\*, 金南旭\*\*, 金容得\*\*

(Kyong Il Jun, Nam Wook Kim and Yong Deak Kim)

### 要 約

본 논문에서는 최소거리 5를 갖는 C1(32, 28) 및 최소거리 7를 갖는 C2(32, 26)의 RS 부호를 사용하여 2중부호를 구성하고 본부호의 오류정정 알고리즘을 R-DAT를 모델로하여 컴퓨터 시뮬레이션 및 오류정정 능력의 평가를 행한 결과 심볼당 오류률이 0.05 정도로 감소되었다.

복호알고리즘을 주파수영역에서 실현하는 과정에 제안된 방법이 최근 개발되고 있는 디지털 신호처리 기술에 적용할 수 있음을 입증하였다.

### Abstract

In this paper, we have taken the formation of two-dimension codeword named doubly-encoded code using the Reed-Solomon code, C1 (32, 28) with minimum distance 5 and C2 (32, 26) with minimum distance 7 and we have had computer simulation of these error correcting processes using modeled R-DAT (Rotatory Digital Audio Tape).

As the result, the error rate per symbol has been decreased about 0.05 and on these processes, the newly developed digital signal processing technology such as error correction using Berlekamp-Massey algorithm in frequency domain have been proven.

### I. 서 론

디지털통신이나 디지털오디오시스템에서 PCM을 적용하여 디지털화한 신호는 2진수로 표시되기 때문에 기록 과정에서 잡음에 의해 오류가 발생할 수

있으며 이로 인해 재생된 아날로그 파형은 원래의 파형과 매우 상이하게 다른 형태를 취하게 되므로 시스템의 신뢰성을 높이기 위하여 오류정정 부호가 광범위하게 사용되고 있다.

오류정정능력이 높은 부호를 얻기위한 방식으로서 두종류의 부호를 2중으로 부호화시켜 새로운 한 종류의 부호를 구성하는 2중 부호화 방식이 있다. 2중 부호화 방식의 부호를 구성하면 내복호기, 외복호기로 나누어서 복호를 할 수 있기 때문에 부호장이 길고 정정 능력이 높은 부호를 한번에 복호하여도 복호알고리즘을 간단화시킬 수 있는 장점을 갖고 있

\*正會員, 仁荷工業專門大學 電子科  
(Dept. of Electronics, Inha Technical Junior College.)

\*\*正會員, 亞洲大學校 電子工學科  
(Dept. of Elec. Eng., Ajou Univ.)

接受日字: 1989年 3月 9日

고 연접오류(burst error) 및 산발오류(random error) 정정에도 적합하다. 이와같은 부호로서는 적 부호, 연접부호, 크로스워드부호, 크로스인터리브 부호, EIAJ 부호등 여러가지 방식이 발표되어 있다.<sup>11~13</sup> 실제로 많이 사용되는 복호방식은 제 1 단복호에서는 오류검출만을 하고 제 2 단복호에서는 오류가 검출된 부분을 소실(erasure)로서 정정하는 방법 및 제 1 단, 제 2 단에서도 부가적인 정보는 사용하지 않고 정정능력 한도까지 오류를 정정하는 오류정정부호의 통상복호방식을 사용하는 방법을 들 수가 있다.

이 방식들은 장치화는 비교적 쉽지만 제 1 단의 복호 상황에 관한 정보를 제 2 단에서 이용하지 않기 때문에 정보의 손실이 생겨 2 중 부호화 방식의 능력을 충분히 발휘할 수는 없다. 제 1 단 복호에서 얻은 정보를 이용한 복호법은 Forney에 의하여 제안된 연접복호법과 Robinson에 의하여 제안된 적부호 복호법이 있지만 복호과정이 매우 복잡하여 특별한 경우를 제외하고는 실용적이지 아니다.

본 논문에서는 2 중 부호의 복호방식을 후리에 연산(fourier analysis)을 이용한 주파수 영역에서의 해석방법을 제시하고 외부호로 최소거리 7 을 갖는 C2 (32, 26), 내부호로 최소거리 5 를 갖는 C1(32, 28) 의 리드솔로몬 부호를 2 중 부호화 시키므로서 전체적으로는 (1024, 728) R-S 부호의 길이를 갖는 부호를 구성하였다. 복호 알고리즘 및 복호성능을 평가하기 위하여 주파수 영역에서 컴퓨터 시뮬레이션 및 실험에 적용시켜 평가하였고 해석 방법을 일반적인 디지털 신호처리이론을 적용하여 향후 DSP(digital signal processor)의 한 응용분야로의 가능성을 모색하였다.

II. 2 중부호의 구성 및 복호방식

1. 2 중부호의 구성<sup>14,7)</sup>

본 논문에서는 유한체 GF(2<sup>8</sup>)상에서 최소거리 5 를 갖는 C1(32, 28), 최소거리 7 를 갖는 C2(32, 26) R-S 부호를 사용하여 그림 1 과 같이 2 중부호를 구성하였다.

(1) 내부호의 구성

내부호로서 GF(2<sup>8</sup>)상의 최소거리 5 를 갖는 C 1 (32, 28) R-S 부호를 사용하였으며 내부호는 32 심볼의 부호장, 28심볼의 정보장 및 최소거리 5 를 가지므로 최대 2 심볼의 산발오류를 정정할 수 있는 능력을 갖는다. 정보다항식 d<sub>c1</sub>(x), 패리티검사다항식 p<sub>c1</sub>(x), 원시기약 다항식 f(x) 및 생성다항식 g<sub>c1</sub>(x)을 각각 다음식과 같이 표시한다.

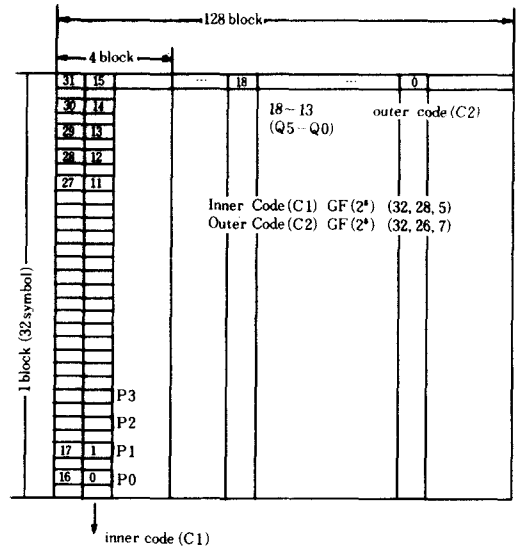


그림 1. 2 중 부호의 구성

Fig. 1. Configuration of the concatenated code.

$$d_{c1}(x) = \sum_{i=0}^{28} d_{28-i} x^{32-i} \tag{1}$$

$$p_{c1}(x) = \sum_{i=1}^4 p_{4-i} x^{4-i} \tag{2}$$

$$c_{c1}(x) = \sum_{i=1}^{32} c_{32-i} x^{32-i} \tag{3}$$

$$f(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1 \tag{4}$$

$$g_{c1}(x) = \prod_{i=0}^3 (x + \alpha^i) = x^4 + \alpha^{75} x^3 + \alpha^{249} x^2 + \alpha^{78} x + \alpha^6 \tag{5}$$

단  $\alpha$ 는  $f(x)$ 의 근으로  $\alpha = (0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ \alpha\ 0)$ 이다.

(2) 외부호의 구성

외부호로 GF(2<sup>8</sup>)상의 최소거리 7 을 갖는 C2(32, 26) R-S 부호를 사용하였으며 이 부호는 32 심볼의 부호장, 26심볼의 정보장, 최소거리 7 를 가지고 있으므로 최대 3 심볼의 산발오류를 정정할 수 있는 능력을 갖고 있으며 정보 다항식 d<sub>c2</sub>(x)를 식(6)과 식(7)의 두 부분으로 부호화하였으며 이때의 생성 다항식 및 부호다항식은 식(8), (9)와 식(10), (11)과 같다.

$$d_{c2}^{(1)}(x) = d_{25}x^{18} + d_{24}x^{17} + \dots + d_{14}x^7 + d_{13}x^6 \tag{6}$$

$$d_{c2}^{(2)}(x) = d_0x^{18} + d_1x^{17} + \dots + d_{11}x^7 + d_{12}x^6 \tag{7}$$

$$g_{c2}^{(1)}(x) = \prod_{i=0}^5 (x + \alpha^i) = x^6 + \alpha^{186} x^5 + x^4 + \alpha^{134} x^3 + \alpha^5 x^2 + \alpha^{176} x + \alpha^{15} \tag{8}$$

$$g_{c_2}^{(2)}(x) = \sum_{i=0}^5 \pi_i(x + \alpha^{-1}) \tag{9}$$

$$= x^6 + \alpha^{161}x^5 + \alpha^{245}x^4 + \alpha^{119}x^3 + \alpha^{240}x^2 + \alpha^{151}x + \alpha^{240}$$

$$C_{c_2}^{(1)}(x) = d_{c_2}^{(1)}(x) - r^{(1)}(x) = d_{c_2}^{(1)}(x) + p_{c_2}^{(1)}(x) \tag{10}$$

$$C_{c_2}^{(2)}(x) = d_{c_2}^{(2)}(x) - r^{(2)}(x) = d_{c_2}^{(2)}(x) + p_{c_2}^{(2)}(x) \tag{11}$$

이상에서 외부호의 패리티검사심볼은 식(10)과 식(11)의 패리티 검사 심볼을 선형 결합시키면 다음식과 같이 구할 수 있다.

$$P_1 = P_1^{(1)} + P_1^{(2)} \tag{12}$$

그러므로 외부호 C2의 부호다항식은 다음식과 같이 표시된다.

$$C_{c_2}(x) = d_{25}x^{31} + d_{24}x^{30} + \dots + d_{13}x^{19} + p_5x^{18} + p_4x^{17} + \dots + p_0x^{13} + d_{12}x^{12} + \dots + d_1x + d_0 \tag{13}$$

윗식에 나타난 것과 같이 외부호는 부호 다항식의 13차 항에서부터 18차 항에 패리티검사 심볼이 위치하게 되어 그림 1의 C2부호에 해당하는 부호가 구성된다.

2. 주파수영역에서의 복호알고리즘

디지털 신호처리는 후리에변환(fourier transform)을 이용한 주파수영역내에서의 해석이 가능하므로, 본 논문에서는 이를 이용하여 2중부호의 복호방식을 실현하였다. 유한체(galois field)내에서의 후리에 변환 및 역변환을 다음식과 같이 정의한다. 표수(characteristic) p의 GF(q) 상에서 벡터  $v_i$ 와 스펙트럼  $V_j$ 는<sup>(8,9)</sup>

$$v_j = \sum_{i=0}^{n-1} \alpha^{ij} v_i \tag{14}$$

$$v_i = \frac{1}{n} \sum_{j=0}^{n-1} \alpha^{-ij} v_j \tag{15}$$

의 관계식을 만족하며 이때 n은 n mod p의 정수이다. 재생정보 벡터  $v_1$ 는

$$v_i = c_i + e_i \quad i=0, 1, \dots, n-1 \tag{16}$$

와 같이 부호벡터  $e_i$ 와 오류벡터  $e_i$ 의 합으로 표시되므로 오증은 다음식으로 표시할 수 있다.

$$S_j = \sum_{i=0}^{n-1} \alpha^{i(j-1)} v_i = v(\alpha^{j-1}) \quad j=1, 2, \dots, 2t \tag{17}$$

윗 식과 같이 오증은 v의 후리에변환의 2t 성분으

로서 계산된다.  $v=c+e$ 의 식을 역시 후리에 변환하면  $V_j=C_j+E_j, j=0, 1, 2, \dots, n-1$ 을 구할 수 있으며 오증은 이 스펙트럼의 0부터 2t-1의 2t 성분으로 표시된다. 또한 2중부호의 구조에서 패리티 주파수는 제로의 성분을 갖고 있으므로 다음식이 성립된다.

$$C_j = 0 \quad j=0, 1, \dots, 2t-1$$

$$S_j = V_{j-1} = E_{j-1} \quad j=1, 2, \dots, 2t \tag{18}$$

오증을 통해 오류패턴의 총n개의 주파수 성분 중 2t 성분을 알 수 있지만 2t 성분만으로는 완전한 오류패턴을 구할 수 없으므로 나머지 성분들을 구하여야 한다. 이 값을 구하기 위하여 다음식과 같이 오류 위치가  $\alpha^k$ 인 다항식  $\Lambda(x)$ 를 가정한다.

$$\Lambda(x) = \sum_{k=1}^v (1-x\alpha^k) \quad v \leq t \tag{19}$$

윗식에서 i가 오류위치이면  $\Lambda(\alpha^i)$ 는 항상 0이고 따라서 시간영역내에서도  $\Lambda(x)$ 는  $e_i \neq 0$ 인 곳에서 항상  $\lambda_i = 0$ 이므로 모든 i에 대해서  $\lambda_i e_i = 0$ 의 관계가 성립하게 된다. 여기에 주파수 영역에서의 컨볼루션 정리(convolution theorem)를 적용하면 다음식을 구할 수 있다.

$$\sum_{j=0}^{n-1} \Lambda_j E_{k-j} = 0, \quad k=0, 1, \dots, n-1 \tag{20}$$

그런데  $\Lambda(x)$ 는 t의 차수를 넘지 못하므로  $j > t$ 인  $\Lambda_j$ 는 0이고 식(20)은 식(21)로 표시할 수 있다.

$$\sum_{j=0}^t \Lambda_j E_{k-j} = 0, \quad k=0, 1, \dots, n-1 \tag{21}$$

식(21)에  $\Lambda(x)$ 의 초기조건으로  $\Lambda_0 = 1$ 을 적용하면 식(22)를 얻을 수 있으며 이식은 n-t개의 미지수를 포함하는 n개의 식으로 이루어져 있는데  $\Lambda(x)$ 의 계수와 E의 n-2t 성분을 구함으로써 식(23)과 함께 복호를 완료하게 된다.

$$E_k = - \sum_{j=1}^t \Lambda_j E_{k-j}, \quad k=0, 1, \dots, n-1 \tag{22}$$

$$S_k = - \sum_{j=1}^t \Lambda_j S_{k-j}, \quad k=0, 1, \dots, n-1 \tag{23}$$

$\Lambda$ 를 완전히 구하기 위해 B/M 알고리즘을 사용하였고 나머지 S성분들은 반복법을 사용하여 구하였으며, 산발오류만을 정정하는 복호과정을 그림 2에, 산발오류 및 소실오류를 포함하는 부호의 복호방식을 그림3(a), (b), (c)에 나타내었다.

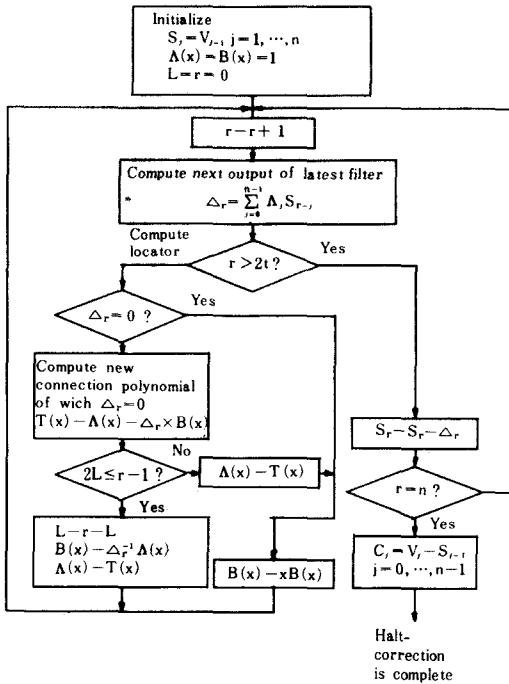


그림 2. 주파수영역에서의 복호과정  
Fig. 2. The decoding algorithm in the frequency domain.

III. 복호성능의 평가

1. C1, C2단일 부호의 평가

블럭길이가 n, 최소거리가 d인 선형 q-ary 부호에서 정확한 복호가 이루어질 확률 P<sub>CD</sub>는 식(24)과 같이 이항분포의 형태를 가지며 이 식에서 P<sub>CE</sub>는 심볼오류률을 의미한다.

$$P_{CD} = \sum_{k=0}^t \binom{n}{k} P_{CE}^k (1 - P_{CE})^{n-k} \quad (24)$$

그러나 오류의 수가 t보다 많게 되면 복호 실패와 더불어 오류를 정확히 검출, 정정하지 못하게 되며 이로인해 오류정정이 불가능해 진다. 해밍무게(hamming weight; 이하 weight)가 h인 부호어에서 복호실패의 확률을 P<sub>ICD</sub>(h)라 하면 모든 부호어에 대한 복호실패의 확률은 식(25)과 같고 심볼당 오류률은 식(26)과 같이 표시된다.

$$P_{ICD} = \sum_{h=d}^n P_{ICD}(h) \quad (25)$$

$$P_{CE} = \frac{1}{n} \sum_{h=d}^n h P_{ICD}(h) \quad (26)$$

C1) Decode

N(E)=0	Nocorrection	F0=0, F1=0, F2=0
N(E)=1	1s correction	F0=1, F1=0, F2=0
N(E)=2	2s correction	F0=1, F1=1, F2=0
N(E)=2	Nocorrection	F0=1, F1=1, F2=1

where N(E) is number of detection error.

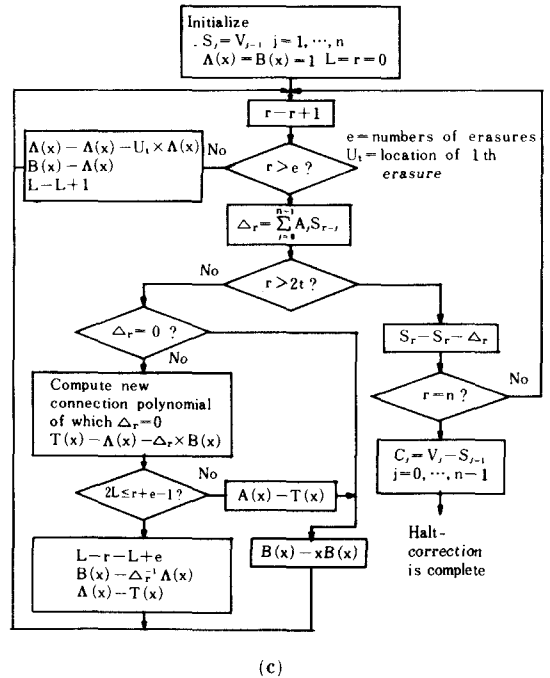
(a)

C2 Decode

N(E)=0	No correction	No correction, F=F0
N(E)=1	1s correction	N erasure+2 error correction if fails then F=F0
N(E)=2	2s correction	N erasure+1 error correction if fails then F=F0
N(E)>2	N(F1)=0	N erasure correction if fails then F=F0
	N(F1)=1 or 2	No correction, F=F0
	N(F1)=3 or 4	N erasure+2 error correction if fails then F=F1
	N(F1)=5	N erasure+1 error correction if fails then F=F1
	N(F1)>5, N(F2)=0	No correction, F=F0
	N(F1)>5, N(F2)=1 or 2	N erasure+2 error correction if fails then F=F1
	N(F1)>5, N(F2)=3	N erasure+1 error correction if fails then F=F1
	N(F1)>5, N(F2)=4 or 5	N erasure correction if fails then F=F1
	N(F1)=6, N(F2)=6	N erasure correction
	N(F2)>6.	No correction, F=F1

where N(F1), N(F2) and N are number of F1 or F2 flags. F is interpolation flag.

(b)



(c)

그림 3. (a) C1부호의 복호방식  
(b) C2부호의 복호방식  
(c) 주파수영역에서 오류와 소실오류를 포함하는 부호의 복호방식

Fig. 3. (a) The decoding procedure of the C1code.  
(b) The decoding procedure of the C2 code.  
(c) The decoding procedure of the code contained error and erasure error in the frequency domain.

식(25), (26)의  $P_{ICD}(h)$ 를 구하기 위해 무게가  $h$ 인 부호어로부터  $s$ 의 해밍거리(hamming distance; 이항 distance)에 있는 무게가  $k$ 인 오류형태의 수를  $N(h, k; s)$ 라 할때  $h-s \leq k \leq h+s$ 에서는  $N(h, k; s) = 0$ 이며  $s \leq t$ 인 오류 형태는 무게가  $h$ 인 부호어로 복호가 된다. 한편 오류는 이항분포의 형태를 취하게 되므로  $N(h, k; s)$  오류의 하나로 발생할 확률은 식(27)로 표시된다.

$$P(k) = \frac{P_{CE}^k (1 - P_{CE})^{n-k}}{(q-1)^k} \quad (27)$$

이 경우 발생오류는 서로 독립적이며  $N(h, k; s)$ 는 무게가  $h$ 인 모든 부호어에서 동일하다. 따라서  $W(h)$ 를 무게가  $h$ 인 부호어의 갯수라 할때  $P_{ICD}(h)$ 는 식(28)로 나타낼 수 있다.

$$P_{ICD}(h) = W(h) \sum_{s=0}^h \sum_{k=h-s}^{h+s} N(h, k; s) P(k), \quad h \geq d \quad (28)$$

이때 무게가  $h$ 인 특정 부호어로부터 거리  $s$ 에 있는 무게가  $k$ 인 오류형태들의 갯수  $N(h, k; s)$ 는 식(29)로 표현되며 무게가  $h$ 인 부호어의 갯수  $W(h)$ 는 식(30)로 표현된다.<sup>[10,11]</sup>

$$N(h, k; s) = \sum_{r=r_1}^{r_2} \binom{h-s+r}{r} \binom{s-r}{k-h+s-2r} \binom{n-h}{r} (q-2)^{k-h+s-2r} (q-1)^r \quad (29)$$

$$r_1 = \max\{0, k-h\}, \quad r_2 = \lfloor (k-h+s)/2 \rfloor$$

$$W(h) = \binom{n}{h} (q-1) \sum_{i=0}^{h-d} (-1)^i \binom{h-1}{i} q^{h-d-i} \quad (30)$$

$$d \leq h \leq n$$

따라서 C1, C2 단일부호의 평가는 식(26)을 사용하여 심볼당 복호실패의 확률로부터 내릴 수 있으며 사용 부호에 대한 성능결과를 컴퓨터 시뮬레이션 한 결과를 그림 4에 도시하였다.

2. 2중부호의 평가

III-1절에서 논한 C1 및 C2부호의 복호 성능 평가 이론을 산발오류와 소실오류를 함께 정정하는 부호에 적용하기 위해서는 다음식에서  $\ell$ 의 위치에 소실오류가 존재하는 수정된 부호의 무게분포로 확장시키므로써 계산이 가능하다.  $P(k, \ell)$ 을 블럭길이  $n$ 인 부호어내에  $k$ 오류 및  $\ell$ 소실오류가 특정 형태로 존재할 확률이라고  $N(h, k; s)$ 을 블럭길이  $n-\ell$ 의 축소된 부호(punctured code)내에서 무게가  $h$ 인 부

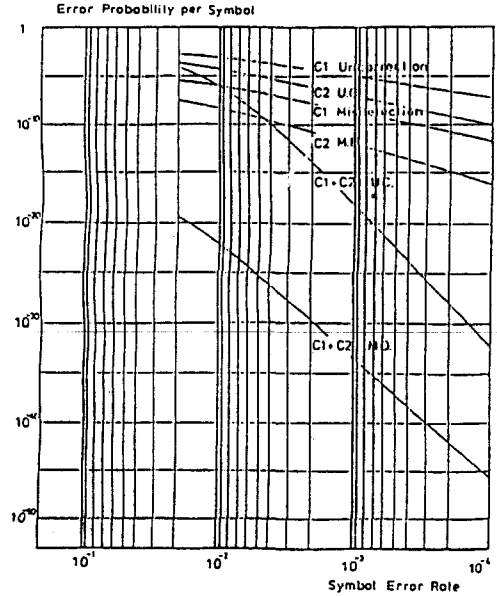


그림 4. 각부호에 대한 성능도  
Fig. 4. The performance of each code.

호어로부터 거리  $s$ 에 있는 오류형태수라 하며  $W_{n-\ell}(h)$ 를 축소된 부호의 무게분포라 할때 식(31), (32)를 얻을 수 있다.

$$P_{ICD}(h) = \sum_{\ell=0}^{d-1} W_{n-\ell}(h) \sum_{s=0}^{\ell} \sum_{k=h-s}^{h+s} N_{n-\ell}(h, k; s) P(k, \ell) \quad (31)$$

각각의  $k$ 무게의 오류 형태에 대한  $\ell$ 소실 오류의 형태는  $\binom{n-k}{\ell}$ 이므로,

$$P(k, \ell) = \frac{\binom{n-1}{\ell} P_{CE}^k P_{ER}^{\ell} (1 - P_{CE} - P_{ER})^{n-k-\ell}}{(q-1)^k} \quad (32)$$

이때  $P_{CE}$  및  $P_{ER}$ 은 C2 부호에 대한 심볼오류를 및 심볼 소실 오류율로 C1부호의 복호결과로 추가된 블럭으로부터 얻을 수 있다. 또한  $N_{n-\ell}(h; k; s)$ 은 식(29)의  $n$ 을  $n-\ell$ ,  $W_{n-\ell}(h)$ 는 식(30)의  $n-\ell$ ,  $d$ 를  $d-\ell$ 로 바꾸어 줌으로서 얻을 수 있다.

IV. 실험 및 결과

1. 하드웨어의 구성

본 논문에서 논한 오류정정 알고리즘 및 복호 성능을 확인하기 위해 그림 5의 하드웨어 블럭도와

같이 저주파 신호 입력력 회로 및 AD, DA 변환회로를 구성하여 이를 IBM PC와 접속하여 실험하였다. 이때 표본화주파수는 555타이머를 사용하여 2~5(KHz)의 범위에서 조정할 수 있으며 약 2kHz정도 까지의 신호를 디지털 코드로 변환한뒤 화일에 저장할 수 있도록 구성하였다. 하드웨어와 IBM PC와의 접속을 위해 인텔 8255 PPI의 모드 0 동작을 사용하였는데 포트 A를 디지털 데이터의 입력용으로 포트B를 데이터의 출력용으로 포트C를 제어신호 입력용으로 설정하여 사용하였다.

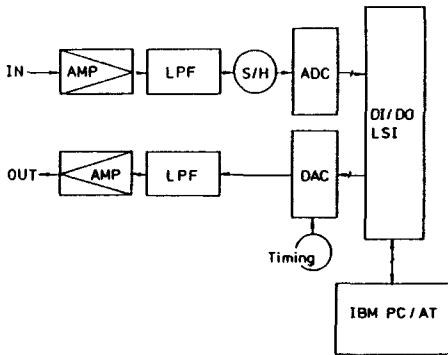


그림 5. 하드웨어 블럭도  
Fig. 5. Haradware block diagram.

또한 하드웨어를 동작하기 위한 소프트웨어는 IBM PC상에서 C언어로 작성하였고 동작 프로그램은 4개의 루틴으로 AD데이터 입력, DA데이터 출력, 데이터의 로드 및 저장의 동작을 관장하여 오류정정 알고리즘을 실제의 경우에 적용할 수 있도록 구성하였다. 심볼오류를 0.001에서 부터 0.1까지 주었을 때 심볼오류를 0.05까지는 제시된 오류정정 알고리즘으로 그림 8 과 같이 원래의 신호가 복원되었다.

오류를 발생시킨 뒤에 오류정정 알고리즘을 적용한 경우와 적용하지 않은 경우를 비교함으로써 오류정정의 결과를 실제로 확인할 수 있었다.

2. 결과

심볼오류율이 0.05인 경우, 2Hz 사인파에 대한 신호파형을 그림 6에 나타내었고 여기에 0.05의 비율로 오류가 발생하였을 때의 신호파형을 그림 7에 나타내었다. 실험의 정확도를 위해 낮은 주파수의 사

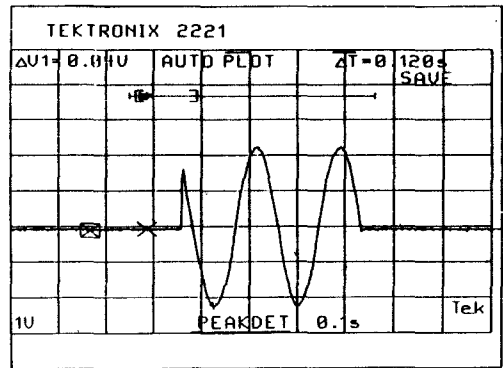


그림 6. 2Hz 디지털 정보에 대한 신호파형  
Fig. 6. The waveform of digital information at 2Hz.

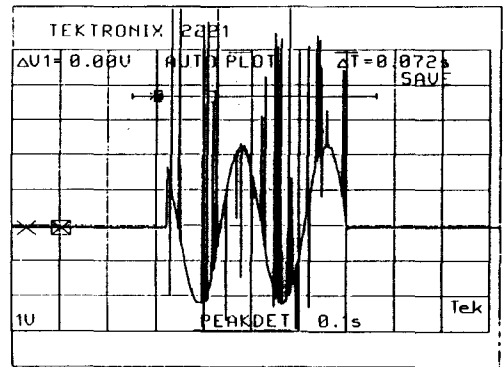


그림 7. 오류를 포함하는 2Hz 디지털 정보에 대한 신호파형  
Fig. 7. The waveform of digital information contained the error at 2Hz.

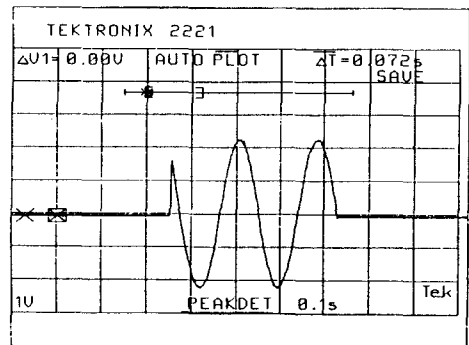


그림 8. 오류정정이 완료된 2Hz 디지털 정보에 대한 신호파형  
Fig. 8. The waveform of digital information completed the error correction.

인파를 사용하였으며 모든 파형은 digital storage scope로 측정하였다. 오류정정 알고리즘을 적용시킨 후의 신호파형을 그림 8에 나타내었다. 각 경우의 파형을 비교하여 보면 디지털화된 정보에 대한 오류는 출력파형에 많은 영향이 있었으며 제안된 오류정정 알고리즘을 사용함으로써 디지털 오디오에서의 심볼 오류에 대한 출력파형의 복원력이 우수함을 알 수 있었다.

## V. 결 론

본 논문에서는 전송정보의 신뢰성 향상을 위한 오류정정부호를 유한체 GF(2<sup>8</sup>) 상에서 최소거리 5를 갖는 C1(32, 28), 최소거리 7을 갖는 C2(32, 26) R-S 부호를 2중부호화하여 부호화 및 복호알고리즘을 후리변환을 이용한 주파수 영역에서 해석방법으로 실현하였다.

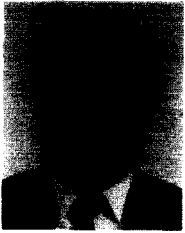
본 논문에서 제시된 오류정정 알고리즘을 확인하기 위하여 임의의 비율로 오류를 발생하여 실행한 결과 심볼당 오류율 약 0.05정도로 현저히 감소함을 알 수 있었다. 오류 정정능력의 확인을 위해 본 알고리즘을 컴퓨터시뮬레이션 및 실험에 적용시켜 그 결과를 도출하여 도시하였다.

또한 복호 알고리즘을 주파수영역에서 실현하였으므로 현재 많은 연구가 진행중인 디지털 신호처리 이론 및 이의 응용을 적용시킬 수 있는 가능성을 제시하였다. 실제적용을 위해서는 고속의 처리를 위해 알고리즘을 하드웨어로 실현 하여야 하나 본 논문에서 선정된 부호의 부호장이 길어서 방대한 크기의 하드웨어를 요구하게 되며 현재 이에대한 전용 LSI가 시판이 되고 있으므로 본 논문에서는 생략하고 단지 알고리즘에 대한 이론정립과 부호의 평가에 치중하였다.

## 參 考 文 獻

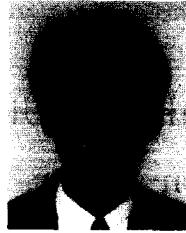
- [1] 大久保, 今井, “誤謬訂正符號의 交錯法에 對하여,” (日本)電子通信學會文(A), J64-A, 5, pp. 363-370, May 1981.
- [2] G.D. Forney, “Concatenated codes,” MIT press, Cambridge, MA 1966.
- [3] S.M. Reddy and J.P. Robinson “Random error and burst error correction by iterated codes,” *IEEE Trans. Inf. Theory*, vol. IT-18, pp. 182-185, Jan. 1972.
- [4] 中島, 土井, 福田, 伊賀, “디지털오디오 技術入門,” Ohm社, 1979.
- [5] D. Chase, “A class of algorithm for decoding block codes with channel measurement information,” *IEEE Trans. Inf. Theory*, vol. IT-18 no. 1, pp. 170-182, Jan. 1972.
- [6] 이만영, “부호이론,” 회중당, 1984.
- [7] 김남욱, 전경일, 김용득, “2중부호화 단축 R-S 부호의 복호방식에 관한 연구” 전자공학 회 회로 및 시스템 연구회 발표논문집, 제12권, 제1호, pp. 21-23, 1988.
- [8] R.E. Blahut, “Theory and practice of error control codes,” Addison Wesley, 1983.
- [9] G.C. Clark, and J.B. Cain, Error-correction coding for digital communication, Plenum Press, 1981.
- [10] Z. McC, Huntoon “On the computation of the probability of post decoding error events for block codes,” *IEEE Trans. on Inf. Theory* vol. 23, no. 3, pp. 399-403, May 1977. \*

著 者 紹 介



全 慶 一 (正會員)

1945年 12月 23日生. 1978年 인하대학교 전자공학과 졸업. 1980年 인하대학교 대학원 전자공학과 석사학위 취득. 1985年~1989年 현재 아주대학교 대학원 전자공학과 박사과정. 현재 인하공업전문대학 전자과 부교수 재직중. 주관심분야는 컴퓨터하드 웨어, 부호이론 및 디지털시스템 응용등임.



金 南 旭 (準會員)

1964年 5月 12日生. 1987年 2月 아주대학교 전자공학과 졸업. 1987年 2月 아주대학교 대학원 전자공학과 졸업. 1989年 3月~ 현재 대우전자 기술연구소 연구개발부 근무중. 주관심분야는 디지털 AV 시스템 및 디지털시스템 응용등임.



金 容 得 (正會員) 第25卷 第7號 參照  
현재 아주대학교 전자공학과 교수