

라디오 데이터 시스템의 디지털 데이터 에러 정정

김기근, 허동규, 김주강, 유홍근
충북대학교 전자공학과

Error Correction of Digital Data in Radio Data System

Ki-Keun Kim, Dong-Kyu Heo, Ju-Kwang Kim, Heunggyoon Ryu
Dept. of Electronics ENG., CHUNGBUK NAT'L UNIVERSITY

Abstract

Digital radio data is composed of groups which are divided into 4 blocks of 26 bits. And each block is made up of information word and check word. Check word of digital radio data that is composed of code word and offset word is used for group/block synchronization and error correction. In this paper, we have investigated the group/block synchronizer using offset word and shortened cyclic decoder for correcting error produced during the radio data transmission. Also, we have simulated the decoding process of the proposed decoder. From the simulation results, we have confirmed that the proposed decoder meet with the required coding capability.

1. 서론

RDS(radio data system)는 VHF/FM 라디오 신호에 디지털 데이터를 다중화하여 자동 선곡 기능, 교통 정보 방송 청취 기능, 방송국명 표시기능 등의 편리하고 중요한 서비스 기능을 실현할 수 있도록 하는 방송 방식으로써 VHF/FM방송의 디지털 정보통신 시스템의 차세대 방식으로 평가되는 시스템이다.

라디오 데이터 신호는 1187.5 bps의 속도를 갖고, 그룹 단위로 이루어진다. 그리고 각 그룹은 4블럭으로 나누어지며, 각 그룹은 정보어와 검사어로 구성되어 있다[1]. 검사어는 에러 정정을 위해 단축 순회 부호화 되었으며, 그룹 및 블럭동기를 하기 위해 옵셋어가 더해진다[1,2].

본 논문에서는 동기화기를 구성하여 그룹 및 블럭 동기화를 시키고, 라디오 데이터의 에러를 정정하는 단축 순회

부호기를 제안하여 신호를 복원하였다. 그리고 컴퓨터를 이용하여 복호기 각 단계에서의 과정을 시뮬레이션하였다. 시뮬레이션 결과 제안한 복호기는 에러 정정 성능을 만족함을 확인하였다.

2. 단축 순회 부호

(n, k) 순회 부호에서 i 기의 정보 비트를 단축하면, 부호장이 $n-1$ 인 2^{n-k} 개의 부호 벡터는 $(n-1, k-1)$ 선형부호를 형성하여 단축 순회부호를 생성시킨다. 라디오 데이터의 에러 정정에 사용된 단축 순회부호는 $(26, 16)$ 의 선형부호이며, 그 생성다항식은 식 (1)과 같다.

$$g(x) = x^{10} + x^8 + x^7 + x^6 + x^4 + x^3 + 1 \quad (1)$$

각 블럭은 16비트의 정보어와 10비트의 검사어로 구성되며, 검사어는 부호어와 옵셋어의 모듈로-2 합이다. 단축 순회 부호의 10 비트 부호어는 x^{n-k} ($n-k$ 는 부호어의 비트수:10)

을 곱한후 생성다항식으로 나눈 나머지가이다.

만약 16비트 정수어 다항식

$$m(x) = m_15x^{15} + m_{14}x^{14} + \dots + m_1x + m_0 \quad (2)$$

이면, 기본 부호 벡터는 식 (3)과 같다.

$$v(x) = m(x) x^{10} + m(x) x^{10} / g(x) \mid \text{mod } g(x) \quad (3)$$

기본 부호 벡터에 10비트 음셋어 d(x)를 더하여 전송된 부호 c(x)는 식 (4)와 같다.

$$c(x) = d(x) + v(x) \\ = d(x) + m(x) x^{10} + m(x) x^{10} / g(x) \mid \text{mod } g(x) \quad (4)$$

이 부호는 정보어 ($c_{25}x^{25} + \dots + c_{10}x^{10}$)가 먼저 전송되고 수정된 검사어 ($c_9x^9 + \dots + c_0x^0$)가 나중에 전송된다.

그리고 생성다항식에 의해 얻어지는 생성행렬 C는 식 5와 같다.

$$C = \begin{pmatrix} 1000000000000000001110111 \\ 01 & 01011100111 \\ 01 & 01110101111 \\ 01 & 01100001011 \\ 01 & 01101011001 \\ 01 & 01101110000 \\ 01 & 00110111000 \\ 01 & 00011011100 \\ 01 & 00001101110 \\ 01 & 00000110111 \\ 01 & 01011000111 \\ 01 & 01110111111 \\ 01 & 01100000011 \\ 01 & 01101011101 \\ 01 & 101101110010 \\ 00000000000000010110111001 \end{pmatrix} \quad (5)$$

만약 \bar{d} 가 전송된 2진 시퀀스이고 \bar{v} 가 수신된 시퀀스이면 수신된 2진 시퀀스 \bar{c} 에 대해 신드롬 \bar{s} 는 $\bar{c} - \bar{d}$ 이며, 이는 행렬 곱셈 행렬이다.

$\bar{v} + \bar{s}$ 는 \bar{v} 와 \bar{d} 가 각 비트에서 서로 다를 때 "1"이 되는 시퀀스가 될 것이다. 이 시퀀스를 여러 시퀀스 \bar{r} 라 한다. 패리티 검사 행렬의 정의에 의해 $\bar{r} \cdot \bar{c} = 0$ 가 되고

$$\bar{r} \cdot (\bar{v} + \bar{s}) = \bar{r} \cdot \bar{v} + \bar{r} \cdot \bar{s} = \bar{r} \cdot \bar{d} \quad (6)$$

이므로 $\bar{s} = \bar{r} \cdot \bar{d}$ 이다. 여기서 \bar{v} 는 모뎀으로 -2이다.

II. 동기화하기

라디오 데이터는 검사어에 있는 음셋어를 이용하여 그들 및 블록 동기화를 이루어 여러 정정을 가능하게 한다. 제한하

는 라디오 데이터 동기화기의 구성도는 그림 1과 같다.

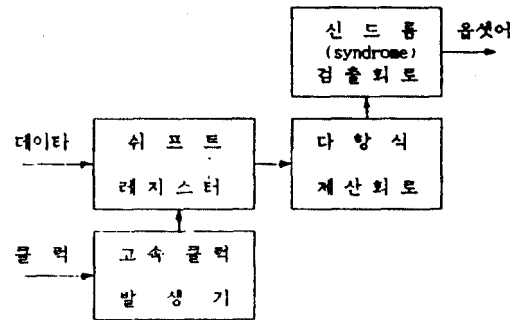


그림 1. 라디오 데이터 동기화기 구성도
Fig. 1. Block diagram of synchronizer of radio data

제일의 신드롬 정보를 갖고 어러를 알수 있으며, 이러한 관계가 동기화 사용된다. 음셋어가 각 블록에 더해지는 것은 어러가 각 블록에 더해지는 것과 같다. 즉 채널에서 음셋어는 어러 시퀀스 \bar{r} 와 같다. 만약 채널에 다른 어러가 없으면 음셋어는 신드롬 $\bar{s} = \bar{r} \cdot \bar{d}$ 를 계산함으로써 알 수 있다. 라디오 데이터의 각 블록에 사용되는 음셋어와 대응되는 신드롬은 표 1과 같다.

표 1. 음셋어와 신드롬
Table. 1 Offset word and syndrome

음셋	음 셋 어 $d_9 \ d_8 \ d_7 \dots \ d_0$	신 드 롬 $S_9 \ S_8 \ S_7 \dots \ S_0$
A	0011111100	0101111111
B	0110011000	0000001110
C	0101101000	0100101111
C'	1101010000	1011101100
D	0110110100	1010010111
E	0000000000	0000000000
F	0110010100	0001010000

수신기에서 그들 동기화 및 블록동기를 하기 위해서 모든 데이터 - 클럭 펄스에서 현재 저장된 26 비트 정보에 대해 매 클럭 펄스마다 신드롬을 계산하였다. 이런 매 비트 마다의 검사는 2개의 신드롬이 타당한 음셋어와 일치 될 때까지 하며 이 타당한 음셋어는 그들내에서 $n \times 26$ 비트 만큼 떨어져서 존재한다. 이와같이 되었을 때 디코더는 동기되고, 송신측에서 패리티 비트에 더해졌던 음셋어는 여러 검출 정정을 위한 신드롬 계산전에 수신측에서 감산한다.

IV. 라디오 데이터 복호기

1187.5 bps의 속도를 갖는 디지털 라디오 데이터는 그룹 및 블록 동기를 맞추고, 복호기에서 여러정정을 하게 된다. 라디오 데이터의 여러 정정을 위한 복호기의 구성도는 그림 2과 같다.

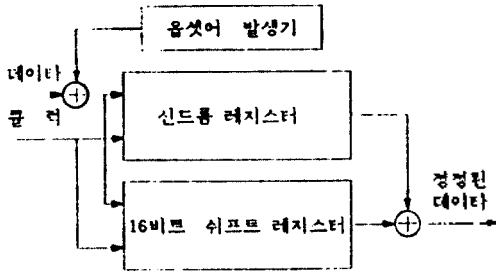


그림 2. 라디오 데이터 복호기 구성도
Fig. 2. Block diagram of radio data decoder

그룹 및 블록 동기가 이루어진 후 라디오 데이터 16비트 정보어가 먼저 신드롬 레지스터와 16비트 쉬프트 레지스터에 들어온다. 식 (1)의 생성다항식에 의해 구성된 신드롬 레지스터에서 들어온 데이터의 신드롬을 계산하면서 16비트 쉬프트 레지스터에 저장된다. 그리고 10비트의 검사어에서 움셋어 발생기에 의해 발생된 움셋어가 감산되고, 계산된 신드롬에 의해 검출된 라디오 데이터의 여러를 정정한다. 그러면 (26,16) 선형부호인 단축순회 부호로 암호화한 라디오 데이터는 블록 내의 모든 1비트, 2비트 에러를 검출할 수 있으며, 10비트 이내에서 발생한 단일 에러는 모두 검출 가능하며, 11비트는 99.8%의 에러 검출 능력을 갖는다.

그림 3은 제안한 단축 순회부호로 부호화된 라디오 데이터의 복호기이다.

라디오 데이터가 제안한 단축 순회복호기에 의해 여러가 정정되는 과정을 전용 소프트웨어를 이용하여 확인하였으며 그림 4는 그 결과도이다.

그림 5는 제안한 동기화기의 동기신호와 라디오 데이터의 클럭이다. 그림 5의 위는 1187.5kHz의 클럭이고, 아래는 라디오 데이터의 각 블록 마다 발생하는 동기 신호이다.

그림 6은 제안한 단축 순회 복호기에서 여러가 정정된 디지털 라디오 데이터와 신드롬 레지스터에 의해 발생된 정정신호이다.

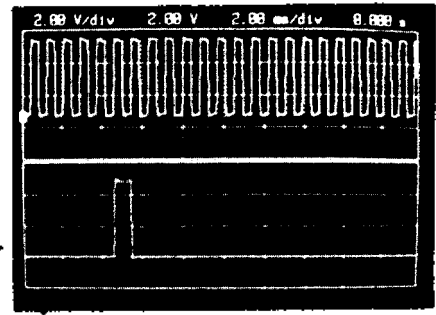


그림 5. 동기화기 신호와 라디오 데이터 클럭
Fig. 5. Synchronizer signal and radio data clock

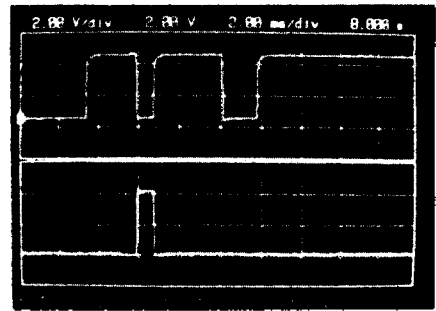


그림 6. 복호기 출력과 여러 위치 신호
Fig. 6. Decoder output and error-positioning signal

V. 결 론

디지털 라디오 데이터는 4블럭으로 나누어진 그룹으로 구성되며, 각 블럭은 정보어와 검사어로 이루어져 있다. 그리고 움셋어로 그룹 및 블록 동기화 하며, 단축 순회부호로 부호화되어 있어 에러 검출 및 정정 능력을 갖는다.

본 논문에서는 복원된 디지털 라디오 데이터의 그룹 및 블록동기를 맞추는 동기화기를 제안하고, 단축 순회복호기를 구성하여 라디오 데이터의 여러를 정정하였다. 그리고 전용 소프트웨어를 이용하여 제안한 복호기의 여러 정정 능력을 시뮬레이션하였다. 그래서 제안한 단축 순회 복호기가 (26,16) 선형부호인 단축순회 부호로 부호화한 데이터의 점진 발생 비트 정정에 만족함을 확인하였다. 그리고 모든 회로를 일반 조합 논리회로를 이용하여 구성하여 새로운 집적회로의 개발을 가능하게 하였다.

참고 문헌

- [1] "Specifications of the radio data system RDS for VHF/FM sound broadcasting," *EBU document Tech. 3244-E*, Mar. 1984.
- [2] S.R. Ely & D. Kapitz, "Design principle for VHF/FM radio receivers using EIR radio data system RDS," *EBU review* No. 204, 1984.
- [3] J. Mielke & K.H. Schwaiger, "Progress with the RDS system and experimental results," reprinted from *EBU review Technical* No. 217, 1986.
- [4] R.W. Hamming, "Coding and Information Theory," Prentice-Hall, 1986.
- [5] Peterson, W.W., & Brown, D.T., "Cyclic codes for error detection," *Proc. of the IRE*, No. 49, pp. 228-235, Jan. 1961.
- [6] Kasami, T., "Optimum shortened cyclic codes for burst error correction," *IEEE Trans. on the Information Theory (IT9)*, No. 4, pp.105-109, 1963.
- [7] Hellman, M.E., "Error detection in the presence of synchronization loss," *IEEE Trans. on the Communication COM-23*, No. 5, pp. 538-539, 1975.

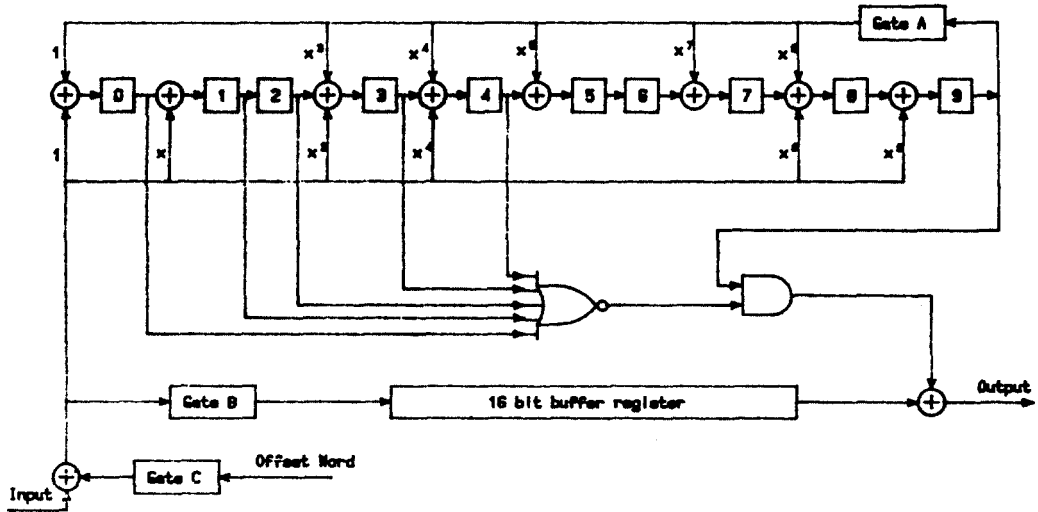


그림 3. 단축 순회복호기
Fig. 3. Shortened cyclic decoder

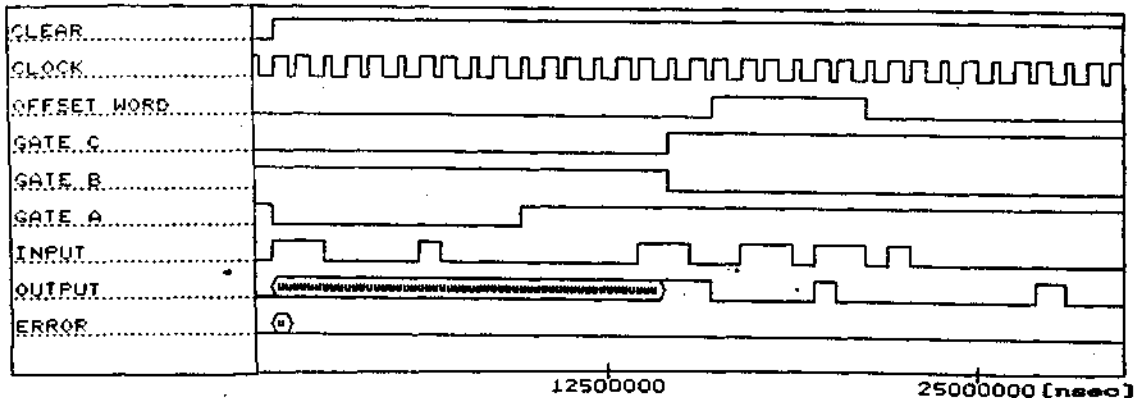


그림 4. 복호기 시뮬레이션 결과도
Fig. 4. Result of decoder simulation