

2진 선로부호 MB46의 설계 및 분석

正會員 金正煥* 正會員 金大榮**

Design and Analysis of Binary Line Code MB46

Jeong Hwan Kim*, Dae Young Kim** *Regular Members*

要 約

본 논문에서는 (4, 6) 블록의 새로운 2진 선로부호를 제안하였다. 제안된 2진 선로부호 MB46은 무직류(DC-free) 성질 및 유한연속장(runlength limited)성질을 만족할 뿐만 아니라 대역폭이 나이퀴스트 주파수로 제한되므로 이제까지 알려진 2진 선로부호들 보다 대역폭 효율이 개선된 부호이다.

제안된 부호의 설계에 특별히 적용된 설계기법을 심도있게 설명하였으며, 성능 측정의 일환으로 시뮬레이션을 통하여 MB46의 눈 모양 및 전력스펙트럼을 나타내었다.

ABSTRACT

A (4, 6) block binary line code is proposed. In addition to being dc-free, and runlength-limited, the new code called MB46 is strictly bandwidth-limited to the Nyquist frequency, thus achieving improved bandwidth efficiency over previously known binary line codes.

A technique specially employed in the design of the code is described in depth, and some performance measures including the eye pattern and the power spectrum are presented as obtained by simulation

I. 서 론

디지털 데이터 전송시스템에서 전송선로의 전달특성이나 시스템 요구사항으로 부가된 제한조건들을 만족시키기 위하여 원천 데이터를 적절한 디지털 심벌로 변환하는 선로부호화가 요구된다.^[1] 이러한 요구사항에 따라 수신측의 원활한 자체 클럭 동기를

위하여 동일 심벌이 연속되는 길이를 제한하는 유한연속장(runlength limited:RLL)^[3] 성질과 전송신호에 직류성분이 존재하지 않거나 저주파성분이 적음을 뜻하는 무직류(DC free) 성질을 만족하는 선로부호^[4]에 대하여 많은 연구가 있어왔다.

이 외에 나이퀴스트 주파수에서 영 전력을 갖는 최소대역폭(minimum bandwidth) 선로부호에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔다.^[4, 8, 9] 그러나 최소대역폭 선로부호에 대한 연구는 주로 3진에 대하여 이루어졌는데 최근에 광통신이 발달함에 따라 광소자의 비 선형성에 적합한 2진 선로부호가 주목을 받게 되었고 또한 2진 선로부호는 3진 선로부호에 비해 하

*國防科學研究所 先任研究院
ADD

**忠南大學校 電子工學科
Dept. of Electronics Engineering, Choongnam Univ. Univ.
論文番號 : 92 - 96 (接受1992. 2. 14)

트웨어가 간단하고 눈폭이 크게 일리는 등 장점이 많으므로 본 논문에서는 최소대역폭 2진 선로부호에 대한 연구를 하였다.

2진 선로부호가 최소대역폭 성질 및 무직류 성질을 만족하기 위해서는 부호화한 시 부가 비트가 필요하며 이를 부가비트로 인하여 전송속도 증가율이 커져 주어진 대역폭을 낭비하는 정도가 심하다.

따라서 2진 선로부호의 부호율을 높이기 위해 부가 비트가 1개인 형태, 즉 $nB(n+1)B$ 형태의 부호를 생각할 수 있다. 여기서 n 이 홀수쪽 부호율($n/(n+1)$)이 좋아지지만 구현이 복잡해지므로 적절한 n 을 선정하는 것이 바람직하다.

그 중 n 이 2일때의 선로부호 2B3B는 부호율이 0.666이 되지만 무직류 성질 및 최소대역폭 성질을 동시에 만족하는 부호를 찾지 못하였다.

한편, 컴퓨터의 출력은 대개가 8비트 즉 byte 단위로 의미를 갖게 되는 경우가 많으므로 8비트 단위의 데이터를 부호화하는데 편리한 선로부호를 고려하게 된다. 또한 FDDI-II에서 사용되고 있는 4B5B는 무직류 성질만을 만족하는 부호이므로 최소대역폭 성질도 동시에 만족하는 4B5B를 설계하려했으나 뜻을 이루지 못하였다.

이에 부호율을 4B5B보다 뛰어나 2B3B와 같으며, 8비트 단위의 데이터를 편리하게 처리할 수 있고, 최소대역폭 성질도 만족하는 2진 선로부호 MB46 (Minimum Bandwidth 4B6B)에 대하여 설계하였다. 이 부호는 BUDA(Binary Unit DSV and ASV) 셀 셀에 근거한 설계기법을 이용하여 무직류 성질 및 최소대역폭 성질을 동시에 갖도록 하였다.

본 논문을 먼저 II장에서 선로부호의 BUDA 셀 설계기법을 설명하고 III장에서 최소대역폭 2진 선로부호 MB46을 설계하였다. IV장에서 MB46의 전력스펙트럼 및 눈 모양을 시뮬레이션을 통해 성능 평가 결과를 검토하였으며 V장에서는 결론을 맺었다.

II. BUDA 셀 설계 기법

최소대역폭 선로부호의 설계를 위해 식(1)과 같이 정의된 선로부호의 시스템 파라메타인 Alternate Sum Variation(ASV)를 유한하게 하면 최소대역폭 성질이 보장될 수 있다.^{1,2,3}

$$ASV \equiv \max_{1,1, Y_n} \left| \sum_{n=1}^J (-1)^n Y_n \right| \quad (1)$$

여기서, Y_n 은 선로부호기의 출력 심벌시퀀스이고, $1, J$ 는 $1 < J$ 인 임의의 정수이다.

또한, DSV(Digital Sum Variation)는 식(2)와 같이 정의되는 선로부호의 또 다른 시스템 파라메타로서 이 값을 유한하게 함으로써 무직류 성질이 보장될 수 있다.⁴

$$DSV \equiv \max_{1,1, Y_n} \left| \sum_{n=1}^J Y_n \right| \quad (2)$$

식(1) 및 식(2)로부터 최소대역폭 성질 및 무직류 성질을 만족시키는 2진 선로부호의 설계를 위하여 DSV 및 ASV가 동시에 1인 심벌 시퀀스는 '0011' 혹은 '1100'이 있는데 그 중 '0011'에 대하여 살펴본다. 식(2)의 DSV는 식(3)으로 정의된 RDS(Running Digital Sum)의 최대변화값으로서, RDS를 계산하는 과정에서 구할 수 있다. 식(3)으로부터 심벌시퀀스 $Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 = 0011$ 의 RDS를 시퀀스의 순서가 진행됨에 따라 구하면 식(4)와 같이 $0 \rightarrow -1/2 \rightarrow -1 \rightarrow -1/2 \rightarrow 0$ 로 변화한다.

$$RDS = \sum_{n=1}^J Y_n \quad (3)$$

$$\begin{aligned} RDS = 0 + [(-1/2) + (-1/2) + 1/2 + 1/2] & : I=0 \text{일때} \\ & = -1/2 + [-1/2 + 1/2 + 1/2] & : I=1 \text{일때} \\ & = -1 + [1/2 + 1/2] & : I=2 \text{일때} \\ & = -1/2 + [1/2] & : I=3 \text{일때} \\ & = 0 & : I=4 \text{일때} \end{aligned} \quad (4)$$

식(4)는 논리 심벌 집합 {0, 1}을 물리적 심벌 집합 $\{-1/2, 1/2\}$ 로 치환하여 계산한 값이다.^{1,2} 또한 식(1)의 ASV는 식(5)로 정의된 RAS(Running Alternate Sum)의 최대변화값을 의미한다. 심벌시퀀스 '0011'의 RAS는 식(5)로부터 심벌시퀀스의 순서가 진행됨에 따라 구하면 식(6)과 같이 $0 \rightarrow (1/2) \rightarrow 0 \rightarrow (-1/2) \rightarrow 0$ 로 변화한다.

$$RAS = \sum_{n=1}^J (-1)^n Y_n \quad (5)$$

$$\begin{aligned} RAS = 0 + [(-1)^1(-1/2) + (-1)^2(-1/2) + (-1)^3 & \\ (1/2) + (-1)^4(1/2)] & : I=0 \text{일때} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1/2 + [-1/2 + (-1/2) + 1/2] : I = 1 \text{ 일때} \\
 &= 0 + [(-1/2) + 1/2] : I = 2 \text{ 일때} \\
 &= -1/2 + [1/2] : I = 3 \text{ 일때} \\
 &= 0 : I = 4 \text{ 일때}
 \end{aligned}$$

따라서 식(4)와 식(6)에서 '0011'의 DSV 및 ASV가 각각 1이 됨을 알 수 있다. 한편, RDS 및 RAS 값을 X-Y 좌표계에 그려보면 그림 1(a)와 같은 궤적을 갖는데 DSV 및 ASV가 되므로 BUDA(Binary Unit DSV and ASV) 셀이라 한다.

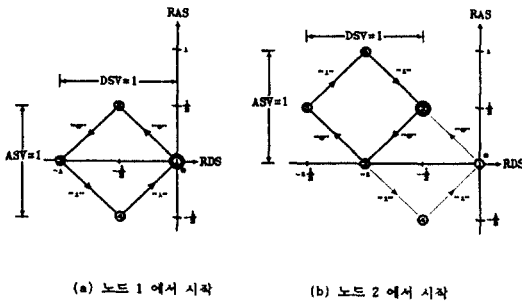


그림 1. '0011'의 RDS 및 RAS 궤적
Fig. 1. Trajectory for '0011' by RDS and RAS

BUDA 셀은 다이아몬드 모양을 가지며 오른쪽으로 진행하는 링크(link)는 '1', 왼쪽으로 진행하는 링크는 '0'으로 표시된다. 또한 심벌시퀀스 '0011'의 RDS 및 RAS는 0이다. 한편 노트 '2'에서 시작하는 BUDA셀은 그림 1(b)와 같이 시계 방향으로 진행하고, 노트 4에서 시작한 BUDA 셀도 그림 3의 실선과 같이 시계방향(CW)으로 진행한다. BUDA셀은 어느 노트에서도 시작할 수 있으며 DSV 및 ASV는 각각 1이다. 그림 2의 노트 1 및 3에서 시작한 BUDA 셀은 반시계 방향(CCW)으로 진행하므로 CCW BUDA 셀이라 하고, 노트 2 및 4에서 시작한 BUDA 셀은 시계방향(CW)으로 진행하므로 CW BUDA 셀이라 한다.

CW BUDA 셀과 CCW BUDA셀을 적당한 수 만큼 연결하여 설계자가 원하는 BUDA셀 스택을 만들어 선로부호 설계에 이용할 수 있다. 예로써 2개의 CW BUDA셀과 2개의 CCW BUDA셀을 집속하면 그림 3과 같이 되는데 만약 노트 2, 4, 6, 8을 상태 S1, S2, S3, S4로 정하면 임의의 한 상태에서 출발하

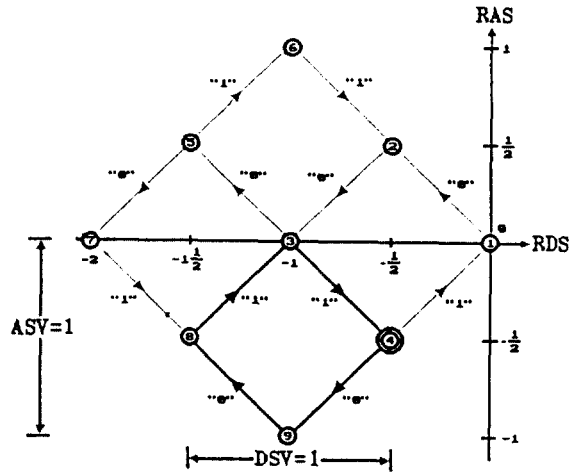


그림 2. CW BUDA 셀
Fig. 2. BUDA cell of CW

여 상태독립복호(state independent decoding)를 보장하면서 다른 상태로 갈 수 있는 길(path)은 2개 밖에 없다. 따라서 2진 데이터에 대해서 입력 심벌 크기는 1비트 (2¹)가 가능하며 각 길들은 2개의 링크를 통과하므로 출력 심벌은 2비트로 구성된다. 곧 이 BUDA 셀 스택으로 부터 만들어진 부호는 1개의 원천 데이터를 받아 2개의 심벌시퀀스를 만드는 1B2B 부호가 되며 DSV 및 ASV는 각각 2로 유한하다.

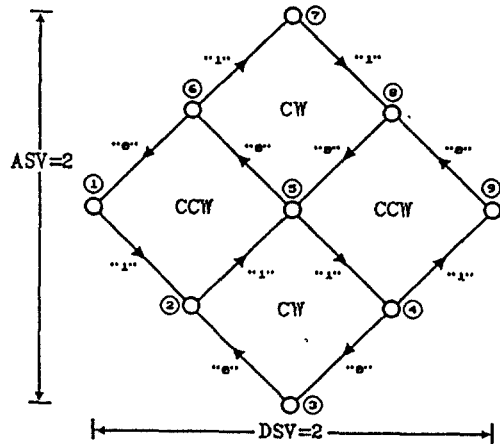


그림 3. CW/CCW BUDA 셀의 연결
Fig. 3. Connection of CW/CCW BUDA cell

또, 그림 3에서 만약 노드 5를 상태 S1으로 정한 BUDA셀 스택은 상태 S1에서 출발하여 유일성을 보장하면서 상태 S1으로 되돌아 올 수 있는 길이 2⁴개 즉, '1100', '0011', '1001', 및 '0110'가 존재하므로 2비트의 원천 데이터를 받아 4개의 심벌시퀀스를 만드는 2B4B 부호가 된다. 위의 예와 같이 유한개의 BUDA 셀을 적절히 접속하여 BUDA 셀 스택을 만들어 설계하면 그 선로부호는 DSV 및 ASV가 유한하게 되어 부직류 특성 및 최소대역폭 특성을 갖는다.

한편, BUDA 개념을 이용한 설계 기법을 기존의 2진 선로부호 설계 방법과 비교하면 대부분의 기존 2진 선로부호들의 설계는 DSV만을 유한하게 함으로써 부직류 성질만을 만족하고, 최소대역폭 특성을 갖지 못한다. 반면, BUDA 개념을 이용하면 DSV 및 ASV가 유한하게 되어 부직류 성질과 최소대역폭 성질을 동시에 만족하는 선로부호를 쉽게 설계할 수 있는 장점이 있다.

III. MB46 선로부호 설계

부호율이 0.666이며 연속장이 제한된 2진 선로부호에 대하여 II장에서 설명한 BUDA 셀 기법을 적용하여 부직류 성질 및 최소대역폭 성질을 동시에 만족하는 MB46을 설계한다.

1. 부호화 규칙(coding rule)

MB46의 선로부호는 입력되는 원천 데이터를 4비트씩 블록화하여 6비트의 심벌시퀀스를 출력해 내는 최소대역폭 2진 선로부호기이다. 그러므로 MB46은 4비트의 입력 시퀀스에 대하여 6비트의 출력 심벌시퀀스를 만들어야 하므로 임의의 한 상태에서 임의의 한 상태에서 2⁴가지의 입력에 대하여 서로 다른 고유한 출력 심벌시퀀스가 존재하여야 하므로 16개의 BUDA 셀을 적절히 배열하여 그림 4와 같은 BUDA 셀 스택을 만든다.

그림 4에서 임의의 한 노드를 상태 S1으로 정한다. 상태 S1에서 6비트열이 변천될 수 있는 각기 다른 16개의 길이 상태 S1으로 돌아 오면 상태 하나로써 BUDA 셀 스택이 완성되지만, 그러하지 못하므로 상태수를 증가시켜 각 상태에서 2⁴개의 고유한 길이 존재하도록 S2, S3 및 S4를 정한다. MB46의 BUDA 셀 스택은 4개의 상태를 가지며, 임의의 한 상태에서 6개의 링크를 거치면 자기 자신 혹은 다른 상태로 변

천될 수 있고, 4비트의 입력 데이터에 따라 2⁴개의 각기 다른 길이 존재한다. 그리고 이 BUDA 셀 스택의 DSV 및 ASV가 각각 3으로 유한하므로 이를 이용한 선로부호는 부직류 성질 및 최소대역폭 성질을 만족시킬 수 있다.

그림 4에서 상태 변천을 예를들어 설명하면, S1에서 심벌시퀀스가 011011 혹은 011110이면 상태는 S2로 변천하며, 심벌시퀀스가 111000, 001011이면 상태는 S4로 변천한다. 또 S2에서 100100, 100001, 혹은 011000이면 상태는 S1으로 변천한다.

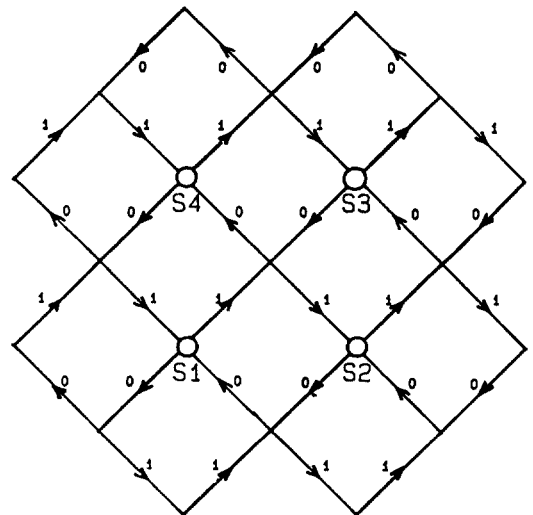


그림 4. MB46의 BUDA 셀 스택
Fig. 4. BUDA cell stack of MB46

2. 대응 규칙(mapping rule)

그림 4로부터 6비트로 구성된 심벌시퀀스의 RDS 및 RAS를 구하고 그 중 값이 작은 심벌시퀀스를 선택하여 입력비트의 각기 다른 2⁴개 입력에 대한 유일성을 보장하기 위하여 다음과 같은 규칙을 적용하여 대응시킨다.

(1) (RDS, RAS)가 (1, 0) 및 (-1, 0)인 8개의 심벌시퀀스를 우선 선택하여 입력 데이터블럭에 임의로 8개 지정한다.

(2) (RDS, RAS)가 (0, 1) 및 (0, -1)인 심벌시퀀스를 선택하여 서로 보수인 것을 한쌍씩 8개의 나머지 입력 데이터 블럭에 각각 지정한다.

(3) 동일 심벌이 연속적이거나 직류성분을 누적할 가능성이 있는 출력 심벌은 제외시킨다.

- (4) 저주파성분을 억제할 뿐만 아니라 전송선로의 주파수 특성에 적합하도록 전력스펙트럼의 모양을 관찰하면서 대응을 조절한다.
- (5) 상태에 무관하게 원상으로서의 복호가 가능하도록 대응시킨다.

위에서 제시된 대응규칙 및 그림 4의 BUDA 셀 선택을 이용한 MB46의 부호책은 표1과 같으며 RDS 및 RAS로 나타낸 상태천이도는 그림 5와 같다.

〈표 1〉 MB46의 부호책

입력 데이터	Y _n / S _{n+1} (출력 Sequence / 다음상태)			
	S1	S2	S3	S4
0000	001011 / S4	001011 / S3	110100 / S2	110100 / S1
0001	011011 / S2	100100 / S1	100100 / S4	011011 / S3
0010	011010 / S4	011010 / S3	100101 / S2	100101 / S1
0011	011110 / S2	100001 / S1	100001 / S4	011110 / S3
0100	001110 / S4	001110 / S3	110001 / S2	110001 / S1
0101	100110 / S4	100110 / S3	011001 / S2	011001 / S1
0110	100111 / S2	011000 / S1	011000 / S4	100111 / S3
0111	100011 / S4	100011 / S3	011100 / S2	011100 / S1
1000	110011 / S2	001100 / S1	001100 / S4	110011 / S3
1001	110010 / S4	110010 / S3	001101 / S2	001101 / S1
1010	110110 / S2	001001 / S1	001001 / S4	110110 / S3
1011	101100 / S4	101100 / S3	010011 / S2	010011 / S1
1100	101101 / S2	010010 / S1	010010 / S4	101101 / S3
1101	101001 / S4	101001 / S3	010110 / S2	010110 / S1
1110	111001 / S2	000110 / S1	000110 / S4	111001 / S3
1111	111000 / S4	111000 / S3	000111 / S2	000111 / S1

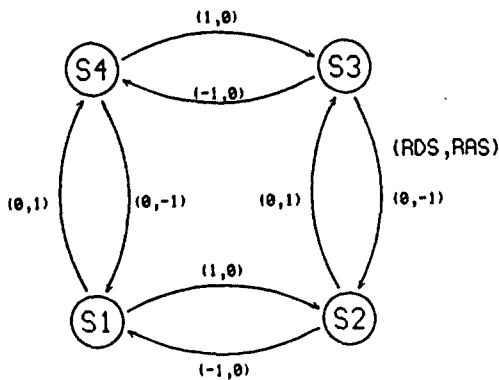


그림 5. MB46의 상태 천이도
Fig. 5. State transition diagram of MB46

3. 유한 연속장 성질

수신측의 자체 동기를 위해 어떠한 심벌시퀀스에 대해서도 타이밍정보의 추출이 가능해야 하므로 동일한 출력 부호 심벌의 연속길이를 제한시킨다. 이를 위하여 MB46의 대응규칙을 적용할 때 심벌시퀀스 중 111100 110000, 000011 및 001111들은 연속되는 같은 부호 심벌의 수가 4개이므로 심벌시퀀스가 이어질 때 연속장은 최대 8이 될 수 있으므로 유한연속장 성질을 고려하여 사용하지 않았다. 표 1의 MB46부호책으로 부터 심벌시퀀스가 이어질 때 연속되는 동부호의 최대길이는 111000, 000111 혹은 000111, 111000에서 6으로 제한되는 수신측에서 타이밍정보를 충분히 가질 수 있게 되므로 자체 클럭(self clocking) 동기가 가능하다.^[3]

4. Trellis 도표

MB46의 성질을 쉽게 이해하고 확인하기 위하여 Trellis 도표를 RDS 및 RAS로 그려보면 그림 6과 같으며 어떤 시간 구간에 대해서도 MB46의 누적된 RDS 및 RAS의 값이 3을 넘지 않음을 알 수 있다. U_1 에서 상태를 S1으로 했을 때 U_2 에서의 상태는 S1에서 입력된 심벌시퀀스의 RDS와 RAS에 따라 2가지 상태 중 하나로 변환된다. 이때 누적된 RDS 및 RAS는 입력된 심벌시퀀스의 RDS 및 RAS와 같다. U_2 에서의 상태는 U_1 에서 입력된 심벌시퀀스의 RDS 및 RAS에 따라 2가지 상태 중 하나로 변환되며 RDS 및 RAS는 계속 누적된다. U_1 에서도 같은 원리가 적용되며 U_1 에서 U_4 까지의 일정시간 동안 출력심벌의 누적된 RDS 및 RAS는 ± 1 로 유한하며 발산하지 않음을 확인할 수 있다. 예를 들어 설명하면, S1에서 입력 데이터가 들어오면 부호책(표1)에 따라 출력 심벌시퀀스를 만들어 내는데 심벌시퀀스의 (RDS, RAS)는 11, 01 혹은 10, 11이므로 U_2 에서 상태는 S2혹은 S4로 된다. 만약 (RDS, RAS)가 11, 01이면 U_2 에서의 상태는 S2로 되며, 누적된 (RDS, RAS)는 11, 01로 된다. S2에서 입력된 심벌시퀀스의 (RDS, RAS)가 10, 11이면 U_3 에서의 상태는 S3로 되고, 누적된 (RDS, RAS)는 11, 11이 된다. S3에서 입력된 심벌시퀀스의 (RDS, RAS)가 1-1, 01이면 U_4 에서의 상태는 S4로 되고, 누적된 (RDS, RAS)는 10, 1 \pm 1, 1 \pm 1, 01 혹은 1 \pm 1, 1 \pm 1의 조합으로 나타나므로 발산하지 않는 유한함을 알 수 있다.

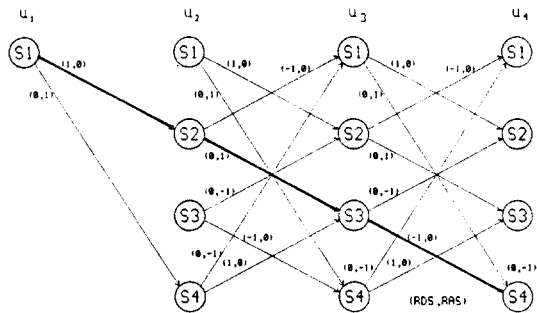


그림 6. MB46의 Trellis 도표
Fig. 6. Trellis diagram for MB46

5. 부 호

표 1의 부호책으로 부터 원천 데이터를 찾기 위하

여 수신된 심벌시퀀스를 6비트씩 분할화하여 표2의 부호책에 따라 원천 데이터를 복원한다. 예를 들면, 수신된 심벌이 001011 혹은 110100이면 0000으로 복원되고, 011011이나 100100이면 0001로 복원된다. 부호화된 심벌시퀀스(= 32종류)이나 이는 16종류의 심벌시퀀스가 그대로, 혹은 반전되어 나타나는 경우가므로 부호법칙이 간단하다. 표 2에서와 같이 이 선호 부호는 상태에 관계없이 원상으로서의 복호가 가능함을 보장하고 있다.

<표 2> MB46의 부호책

수신심벌	복호데이터
001011	110100
011011	100100
011010	100101
011110	100001
001110	110001
100110	011001
100111	011000
100011	011100
110011	001100
110010	001101
110110	001001
101100	010011
101101	010010
101001	010110
111001	000110
111000	000111

IV. 성능 평가

통상 선로부호의 전력스펙트럼은 전송선로의 주파수응답과 직접 관련이 있기 때문에 선로부호의 성능 평가 기준으로 적용되고 있으며, [11] 또한 수신측에서의 표분화 시간변화에 대한 민감도는 눈 모양의 열린 정도, 수 눈폭으로 비교 평가할 수 있다. 본 장에서는 MB46의 전력스펙트럼과 눈 모양의 크기에 관하여 시뮬레이션을 통하여 비교하였다.

1. 전력 스펙트럼

MB46의 전력스펙트럼은 Cariolaro가 개발한 블록 부호에 대한 전력스펙트럼 알고리즘을 [12] 적용하여 현상문 [11]이 개발한 프로그램을 수정하여 구현하였

다. 선로부호의 전력스펙트럼은 심벌의 대응 및 입력데이터가 "1" 일 확률 p 에 따라 달라지는데 부호 설계시에 전력스펙트럼의 과정을 보면서 출력 심벌의 대응규칙을 조정하였다. 대응규칙이 표 1과 같을 때 MB46의 전력스펙트럼은 $p=0.5$ 인 경우 그림 7과 같으며, $f_T=0$ 및 $f_T=0.5$ 에서 영 전력을 가진다. $p=0.25$ 및 $p=0.75$ 의 변화에 대해서도 그림 8과 같으며 직류($f_T=0$) 및 나이퀴스트 주파수($f_T=0.5$)에서 전력 영 임을 알 수 있다. 그러므로 제안된 MB46은 무직류 성질과 최소대역폭 성질을 만족시키는 선로부호임을 확인할 수 있다.

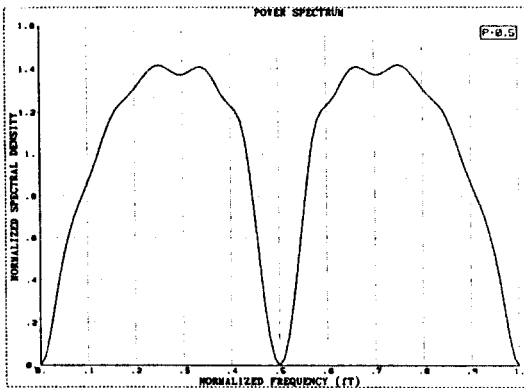


그림 7. MB46 전력스펙트럼 ($p=0.5$)
Fig. 7. Power spectrum of MB46 ($p=0.5$)

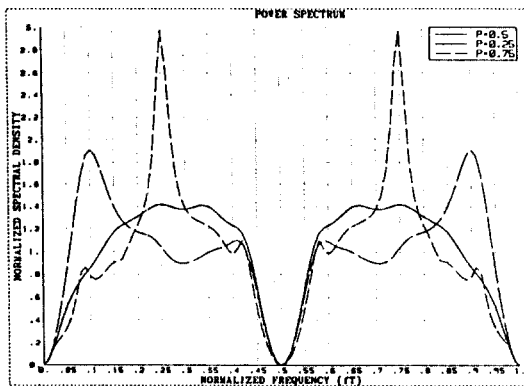


그림 8. MB46 전력스펙트럼 ($p=0.25, 0.5, 0.75$)
Fig. 8. Power spectrum of MB46 ($p=0.25, 0.5, 0.75$)

2. 눈모양(eye pattern)

임펄스 응답함수가 올림 여현 펄스(raised cosine

pulse)인 시스템에서 MB46에 대한 눈 모양을 초과 대역폭 지수 α 값이 1, 0.5, 및 0인 경우에 대하여 그림으로 나타내었다. 그림 9는 $\alpha=1$ 인 경우의 눈폭으로 1에 가까우며, 그림 10은 $\alpha=0.5$ 인 경우로 눈폭이 대략 0.76이 된다. $\alpha=0$ 인 경우에도 그림 11과 같이 눈이 크게 열려 있으므로 어느 정도의 샘플링 시터가 존재하더라도 오류없는 수신이 가능해진다.

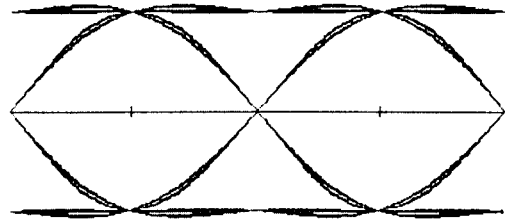


그림 9. MB46의 눈모양($\alpha=1.0$)
Fig. 9. Eye pattern of MB46($\alpha=1.0$)

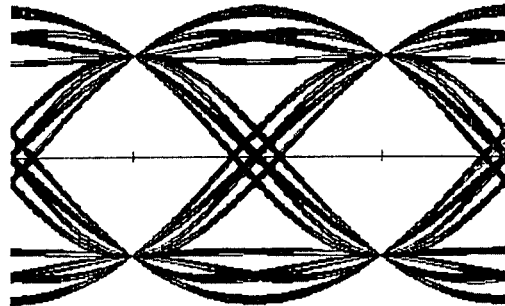


그림 10. MB46의 눈모양($\alpha=0.5$)
Fig. 10. Eye pattern of MB46($\alpha=0.5$)

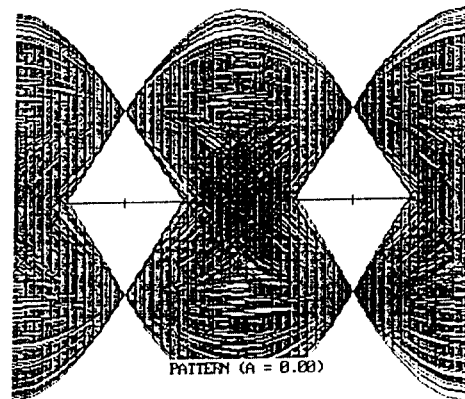


그림 11. MB46의 눈모양($\alpha=0.0$)
Fig. 11. Eye pattern of MB46($\alpha=0.0$)

3. 심벌 오류 검출

선로부호에 오류 검출능력을 부여하는 것은 통신망 유지 보수 측면에 있어서 매우 중요하다.^[11] 더우기 블럭부호의 경우 심벌시퀀스 재 정렬을 위한 전제 조건이 된다. MB46의 심벌시퀀스는 RDS 및 RAS가 ± 1 로 제한되어 있고 DSV 및 ASV가 각각 3으로 유한하므로 이를 검출하거나, 연속장이 6으로 제한되므로 이를 이용하여도 오류를 검출할 수 있다. 특히 6비트로 가능한 2⁶개의 심벌시퀀스 중 32개만 사용되므로 사용하지 않는 심벌시퀀스가 50%나 되어 이들이 나타나면 오류로 판정할 수 있으므로 MB46은 오류 검출 능력이 좋다.

V. 결 론

새로운 선로부호 설계기법인 BUDA 셀을 설명하고, 이 설계 기법을 적용하여 최소대역폭 2진 선로부호 MB46을 제안하였다. 이 선로부호는 연속장이 6으로 제한되므로써 수신측에서 타이밍 정보를 많이 가져 자체동기 능력이 있으므로 최소대역폭 성질과 무직류 성질을 만족한다. 또한 부호화시에 전송속도 증가율이 1.5로 대역폭 효율이 우수하고, 오류 검출 능력이 좋으며 복호화 규칙이 간단하다는 장점이 있다. MB46에 대한 전력스펙트럼에서 직류($f=0$) 및 나이퀴스트 주파수($f=1/2T_s$)에서 영 전력을 확인하였으며, 임펄스 응답함수가 올림 여현 펄스인 시스템에서 큰 눈폭을 가지므로 어느 정도의 샘플링 지터가 존재하더라도 오류없는 수신이 가능해진다. 본 논문에서 제안된 MB46은 유한연속장 성질과 무직류 성질을 만족하며 대역폭 효율이 좋고 2진 선로부호이므로 광선로를 대상으로 하는 고속전송에 효율적으로 응용할 수 있을 것이다. 또한 BUDA 셀 기법을 적용하면 무직류 성질 및 최소대역폭 성질을 동시에 갖는 2진 선로부호를 용이하게 설계할 수 있음을 확인하였다.

참 고 문 헌

1. H. Kobayashi, "A survey of coding schemes for transmission or recording of digital data," IEEE Trans. Commun. Technol., vol. COM-19, PP.1087-1100, Dec.1971.

2. D.Y.Kim, "Line codes for data transmission," Korea Institute of Electronics Engineers Review, vol.12, no.4, Aug. 1985.
3. D.Y.Kim, J.K.Baek, J.I.Kim, S.K.Hyun and Y. K.Park, "Run length limited variants of duobinary and modified duobinary," IEEE Trans. Commun., vol. COM-35, no.7, PP.140-147, Feb. 1987.
4. D.Y.Kim and J.K.Kim, "A condition for stable minimum band-width line codes," IEEE Trans. Commun., vol. COM-33, no.2, PP.152-157, Feb. 1985.
5. 김대영, "최소대역폭 펄스코드에 관한 연구," 한국과학기술원 박사학위 논문, 1982.
6. 백재인, "안정된 최소대역폭 전송을 위한 고리모양의 선로부호에 관한 연구," 한국과학기술원 박사학위 논문, 1986.
7. G.L.Pierobon, "Code for zero spectral density at zero frequency," IEEE Trans. Inform. Theory, vol. IT-30, no.2, PP.435-439, Mar.1984.
8. D.Y.Kim and J.K.Kim, "Lower bounds to eye widths of minimum bandwidth systems," Globecom, PP. 12.6.1-12:6.4, 1984.
9. 백재인, "최소대역폭 전송에서의 개안 조건," 전자공학회 논문지 제27권 제9호, PP. 11-16, 1990년 9월
10. D.Y.Kim, "K3B4 Code for High-Speed Binary Signaling over Fiber-Optic Links," JWCC 1989, Tokyo, July 13-15, 1989, PP.397-407.
11. 현상균, "광통신용 선로부호의 성능 비교 연구," 한국전자통신연구소, 1988년 12월
12. G.L. Cariolaro and G.P.Tronca, "Spectra of Block Coded Digital Signals," IEEE Trans. Commun., vol. COM 22, no. 10 Oct. 1974, PP. 1555-1564



金正煥(Jeong Hwan Kim) 正會員
1952년 1월 3일생
1976년 2월 : 부산대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1986년 2월 : 충남대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1992년 8월 : 충남대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1976년 3월 ~ 현재 : 국방과학연구소 선임 연구원



金大榮(Dae Young Kim) 正會員
1952년 5월 28일생
1975년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1977년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학석사)
1983년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학박사)

1983년 5월 ~ 현재 : 충남대학교 공과대학 전자공학과 부교수