

DVBPM: 새로운 무직류 성분 최소 대역폭 선로 부호

백제인\*, 김재균\*\*, 김대영\*\*\*

\*,\*\*한국과학기술원 전기 및 전자과 \*\*\*충남대학교 전자공학과

DVBPM: A New DC-Free Minimum-Bandwidth Line Code

J. I. Baek\*, J. K. Kim,\*\* and D. Y. Kim\*\*\*

\*\*\*Electrical Engineering, KAIST

\*\*\*Electrics Engineering, Chungnam National University

ABSTRACT

A new dc-free minimum-bandwidth line code named DVBPM has been obtained by a dual inversion of the previously reported VBPM. This new code has an eye width even larger than that of the modified duobinary code and hence is the dc-free minimum-bandwidth code with the largest eye width ever known.

10과 S16의 각 쌍이 실제로는 동일한 상태임을 알 수 있다. 이러한 중복성을 제거하여 상태를 간소화하면 <그림-1>에 보인 결과를 얻는다. 이 상태도는 두 개의 동심원으로 이루어져 있는데, 바깥쪽 원에서는 시계 방향으로 안쪽 원에서는 반시계방향으로 돌면서 데이터 1이 "+" 또는 "-" 펄스로 부호화 됨을 알 수 있다. 한편 데이터 0은 두 동심원을 잇는 가지에서 "0" 곧 무펄스로 부호화된다.

I. 머리말

최근에 VBPM이라 불리는 bipolar의 한 변형이 소개된 바 있다[1]. 이 부호는 송신시 Nyquist 대역폭 밖에 필요하지 않으며 따라서 bipolar를 대역폭 측면에서 개선한 것이다. 그러나 VBPM의 해석을 간소화함으로써 눈폭이 훨씬 큰 대칭 부호를 만들 수 있다.

S8-S1-S2를 잇는 한 쌍과 같은 짝을 이룬 가지들로 인해 DSV/2,3/는 2이고, S1-S2-S3-S4-S5를 잇는 네 가지와 같은 가지군들로 인해 ISV는 4이다[1]. 또한 S9-S1-S5-S13을 잇는 가상의 선이 bipolar의 부호화 법칙을 어기는 violation 경계벽이다.

III. DVBPM

II. VBPM

그 착상의 출발은 소개된 VBPM의 상태도에[1] 중복성이 있음을 발견하는데 있다. 그 상태도를 잘 살펴 보면 S1(상태 1)과 S2, S5와 S11, S6과 S20, S

위에서 DSV와 ISV의 역할을 바꾸어 보자. 곧, S1-S2-S3-S4에서 ISV 대신에 DSV가 증가하도록 하는 것이다. 이러한 방법으로 <그림-1>을 모두 고치면 <그림-2>의 상태도를 얻는다. DVBPM라 명명된 이 부

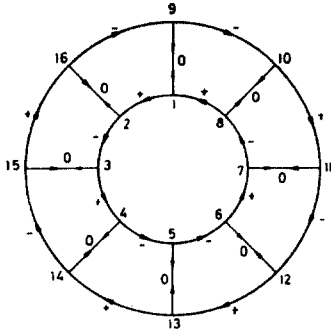


그림 1 VBP4의 상태도  
Fig. 1 State diagram of VBP4

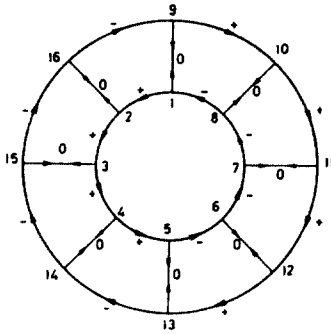


그림 2 DVBP4의 상태도  
Fig. 2 State diagram of DVBP4

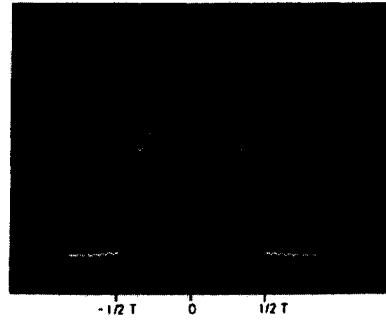


그림 3 DVBP4의 전력 스펙트럼  
Fig. 3 Power spectrum of DVBP4

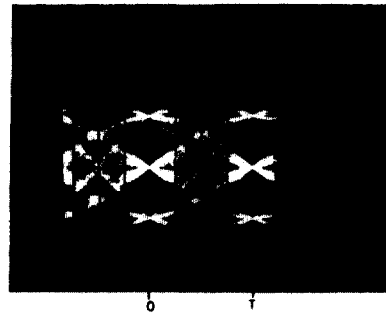


그림 4 DVBP4의 눈 모양  
Fig. 4 Eye pattern of DVBP4

호는 S1-S2-S3-S4-S5를 잇는 네 가지들로 인해 DSV는 4인 반면 S4-S5-S6를 잇는 두 가지들로 인해 ISV는 2이다. DSV와 ISV가 모두 유한하므로 DVBP4도 무직류성분과 최소대역폭 성질을 갖는다(1-3/). 더구나 DVBP4는 VBP4보다 작은 ISV값을 가지므로 눈폭이 더 클 것임을 기대할 수 있다(1-3/).

#### IV. 실험

DVBP4의 부호화기, 복호화기와 펄스형성기를 초소형전산기에 실현하였다. 우리가 다루는 부호가 최소대역폭 부호이므로 성형펄스는  $\text{sinc}(t/T)$  펄스이다. <그림-3>은  $2 \times 20 - 1$  주기의 유사임의데이터를 입력

데이터로 사용한 경우의 전력밀도 스펙트럼이다. Nyquist와 0 주파수에 전력 성분이 뚜렷하다. 또한 스펙트럼의 포락선이 VBP4의 것의 위집혀진 모양임을 알 수 있다. 두 부호의 DSV와 ISV 값이 서로 바뀐 것을 상기하면 이것은 오히려 당연한 결과이다.

<그림-4>는 DVBP4의 눈모양이다. 그의 작은 ISV값에서 이미 예상할 수 있었던 바와 같이 DVBP4는 VBP4보다 더 큰 눈을 갖는다. 최악 펄스조합에 근거하여 계산된 실제의 눈폭은 지금까지 가장 널리 쓰이고 있는 modified duobinary의 눈폭보다도 크다. 곧, VBP4의 눈폭은  $0.245T/1/$ , modified duobinary의 눈폭은  $0.357T/4/$ 인 반면 DVBP4의 눈폭은  $0.379T$ 이다. 결국 DVBP4는 지금까지 알려진 중 최대의 눈폭을 갖는 무직류성분 최소대역폭 선로부호이다.

## V. 맺는 말

위의 착상은 명백히 모든 ISV 값에 대해 일반화가 가능하다. 따라서  $DSV=2$ ,  $ISV=m$ 인 VBPM에 대응해서  $ISV=2$ ,  $DSV=m$ 인 DVBPm이 존재한다. 특기할 만한 것은,  $m$ 이 커질수록 VBPM의 눈폭은 작아지는데 비해 DVBPm의 눈폭은 반대로 커진다는 점이다.

또하나 중요한 사실은 VBPM이 bipolar와 갖는 동일한 관계를 DVBPm도 duobinary/4와 갖는다는 것이다. 곧, VBPM은 bipolar에서 Nyquist 주파수에 있는 전력 극대점을 영점으로 변환시킴으로서 얻은 부호인 것과 같이 DVBPm은 duobinary에서 0 주파수에 있는 전력 극대점을 영점으로 변환시킴으로서 얻은 부호로 볼 수 있는 것이다. 부연하자면, bipolar는 DSV가 1, ISV가 무한대이고 VBPM은 DSV가 2, ISV가  $m$ 이다. 이에 반해, duobinary는 ISV가 1, DSV가 무한대이고 DVBPm은 ISV가 2 DSV가  $m$ 이다.

## 참고 문헌

- 1/ D. Y. Kim and J. K. Kim, "A condition for stable minimum-bandwidth line codes," IEEE Trans. Commun., v. COM-33, n. 2, Feb. 1985, pp. 152-157.
- 2/ D. Y. Kim and J. K. Kim, "Lower bounds to eye widths of minimum-bandwidth systems," IEEE GLOBECOM '84, Atlanta, Georgia, U. S. A., Nov. 27-29, 1984, pp. 12.6.1-12.6.4.
- 3/ 김 대 영, "데이터 전송 선로 부호", 대한전자 공학회 잡지, 12권, 4호, 8월, 1985, pp. 24 - 31.
- 4/ P. Kabal and S. Pasupathy, "Partial-response signaling," IEEE Trans. Commun., v. COM-23, n. 9, Sept. 1975, pp. 921-934.