

고속 이진 데이터 전송을 위한 새로운 BIM 선로부호

정희원 정희영*, 오행석*, 조경록**

A New BIM Line Code for High Speed Binary Data Transmission

Hee-young Jung*, Heang-suk Oh*, Kyoung-rok Cho** *Regular Members*

요약

본 논문에서는 이진데이터의 고속전송을 위하여 기존의 선로 부호의 문제점을 해결하는 새로운 형태의 선로부호 BIM(Bit Insertion and Manipulation) 선로부호를 제안하였다. 기존의 이진데이터 고속전송을 위한 mBnB 형태의 블록 부호는 전송 특성은 우수하나 구현이 어려운 단점이 있었으며, 또 다른 형태의 선로 부호인 비트 삽입 부호는 구현은 용이하나 전송 특성이 떨어지는 문제점이 있었다. 본 논문에서의 BIM 선로 부호는 이러한 문제를 극복하기 위하여 제안되었으며 비트 삽입 부호에 블록 부호의 특성을 적절히 결합함으로써 구현이 용이하면서도 우수한 전송 특성을 제공할 수 있었다. 본 논문에서 설계된 5B6B 형태의 BIM부호는 ± 2 DSV, 0 RSD, 7 최대 런 길이와 같이 우수한 전송 성능뿐 아니라 1 비트의 리던던시만을 필요로 하며 200 게이트 이하로 구현이 가능함으로써 구현의 용이성을 함께 보여주었다.

ABSTRACT

This paper proposes new line code BIM (Bit Insertion and Manipulation) that is designed to overcome the problems of existing line codes. The block code, one of typical existing line code, has good transmission performance but difficulty in implementation. The other typical existing line code, bit insertion code, is easy to implementation but has bad transmission performance. BIM code in this paper could provide not only good performance but also provides simplicity in the implementation by combining the good points of block code into it of bit insertion code properly. In this paper, 5B6B type BIM code is designed. Designed 5B6B BIM code shows good transmission performance such ± 2 DSV, 0 RSD, 7 maximum run length and also it can be implemented under 200 gates and need only 1 bit redundancy.

1. 서론

초고속 정보 통신망의 발달과 함께 대용량 고속 데이터의 전송이 중요한 문제가 되고 있다. 즉, 실시간으로 멀티미디어 데이터를 전송하려면 수십 Mbps 이상의 데이터 전송률이 필요하고 이를 직렬화하여 하나의 전송선을 통하여 전송 하는 경우에

는 데이터의 전송률은 수 Gbps 이상이 요구된다. 이러한 수백 Mbps 이상의 데이터를 원거리로 전송하기 위해서는 광 섬유를 이용한 전송이 불가피하며, 광섬유를 이용한 전송은 광 소자의 비선형성으로 인하여 주로 이진 부호가 사용되고 원거리 전송을 위하여 AC 결합을 이용하는 방법이 일반적으로 사용된다. 이에 따라 광섬유를 전송 매체로 이용하는 이진 데이터의 고속전송에 알맞은 전송 부호를

* 한국전자통신연구원

** 충북대학교 정보통신공학과

논문번호 : 99237-0609,

접수일자 : 1999년 6월 9일

개발하기 위한 연구가 80년 대부터 꾸준히 이루어져왔다.

고속의 이진 데이터 전송을 위한 선로 부호는 두 가지 부류로 나눌 수 있다. 첫번째는 m 비트 정보 데이터에 중복부호를 부가하여 전송 특성이 우수한 n 비트의 부호 단어로 매핑(mapping) 시키는 블럭 부호이며^{[1][2]} 두번째는 정보 데이터에 적은 수의 비트를 삽입하여 부호 단어를 생성 시키는 비트 삽입 부호이다^{[3]-[9]}. 블럭 부호는 전송 특성이 우수하나 정보 데이터를 비규칙적으로 부호 단어로 매핑을 시켜야 하므로 변환 로직이 복잡하거나 ROM을 이용한 룩업 테이블(lookup table)을 사용하므로 속도가 제한되는 문제가 있다. 또한 비트 삽입 부호는 적은 수의 비트를 삽입하며 변화 로직도 간단하므로 구현이 간단하나 블럭 부호에 비하여 전송 특성이 저하되는 문제점이 있지만 고속 회로 구성 시의 구현의 용이함으로 인하여 비트 삽입 부호에 대한 연구가 최근에 많이 이루어지고 있다.

본 논문은 기존 선로 부호의 문제점을 극복하기 위한 새로운 비트 삽입 형태의 선로 부호인 BIM(Bit Insertion and Manipulation) 선로 부호를 제안하며 제안된 BIM 부호를 5B6B 형태로 설계하였을 때의 결과를 기존의 비트 삽입 선로 부호와 비교하여 그 우수성을 보여준다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 제 II장에서는 고속의 이진 데이터를 전송하기 위한 선로 부호의 요구 조건과 기존 선로 부호의 문제점에 대하여 논하며 III장에서는 기존의 문제점을 해결하기 위해 새로이 설계한 BIM 선로 부호의 요구 조건 및 5B6B 형태의 설계 결과에 대하여 논한다. 끝으로 제 IV장에서는 결론에 대해서 논한다.

II. 고속 이진 선로 부호의 요구조건 및 문제점

1. 선로 부호의 요구조건

이진 고속 데이터를 위한 선로 부호는 다음과 같이 일반적인 선로 부호가 가지는 요구 조건 외에 고속 데이터 전송을 위하여 추가적인 요구 조건을 가진다. 이진 고속 데이터를 위한 선로 부호는 첫째로 수백 Mbit/s 이상의 고속 전송에서는 금속 선로를 통한 데이터 전송이 불가능하므로 광섬유를 이용하여 데이터를 전송하여야 한다. 광을 이용한 전송의 경우 광 소자의 비선형성으로 인하여 2 레벨 이상의 부호는 사용이 어려우므로 이진 부호의 사용이 필수적이다. 둘째, 부호 단어는 수신부에서

의 타이밍 추출이 용이하도록 충분한 비트 천이를 가지고 있어야 한다. 만일 부호 단어가 충분히 비트 천이를 가지고 있으면 일반적인 타이밍 추출 회로를 사용할 수 있으나 그렇지 못한 경우 특수한 타이밍 추출 회로를 사용하여야 하므로 구현 비용을 증가시키는 요인이 된다. 셋째, 원거리 전송 시에는 송수신 시스템간에 접지 평면을 공유하기 어려우므로 DC 성분을 블러킹(blocking)하는 AC 결합을 이용하여야 한다. AC 결합을 사용하는 경우 만일 부호 단어에서 DC나 저주파 성분이 존재하게 된다면 베이스라인 원더(baseline wander)를 유발하여 아이 패턴의 눈(eye)을 닫히게 함으로써 비트 에러를 발생시키는 원인이 되므로 이를 최소화하여야 한다. 넷째, 디지털 선로의 성능은 전송 에러를 연속적으로 모니터 함으로써 평가될 수 있으며 이를 위해 선로 부호가 에러 검출 기능을 가져야 하는 것이 필수적이다. 다섯째, 부호 단어는 수신부에서의 블럭 동기를 용이하게 하기 위하여 단어 정렬(word align)을 위한 기능을 제공하여야 한다. 여섯째, 정보 데이터의 패턴에 무관하게 부호 단어의 전송 특성이 일정하게 유지되어야 하므로 선로 부호는 BSI(Bit Sequence Independent) 성질을 가져야 한다. 일곱째, 전송 시 발생하는 단일 전송 에러에 의한 효과의 증폭이나 확산이 최소화 되어야 한다. 여덟째, 부호화로 인한 비트의 증가는 고속의 경우 특히 회로 설계를 어렵게 하고 전력 소모를 증가시키므로 부호화로 인한 비트의 증가율이 최소화 되어야 한다. 아홉째, 부호화 및 복호화 회로의 복잡성도 회로 설계의 용이성을 떨어뜨리고 전력 소모를 증가시키므로 부호화와 복호화가 간단히 구성될 수 있어야 하는 것이 필수적이다.

2. 고속 이진 데이터 전송을 위한 종래의 선로 부호

고속 이진 데이터 전송을 위해 사용되고 있는 기존의 선로 부호는 전술한 바와 같이 블럭 부호 및 비트 삽입 부호로 크게 나눌 수 있다.

블럭 부호는 m 비트 데이터를 n 비트 (이때 n m 인 자연수)로 매핑 로직 및 ROM으로 구성하는 룩업 테이블을 이용하여 변환하는 부호이다. 이때 2^m개의 정보 데이터는 2ⁿ개의 단어 중 전송 특성이 뛰어난 2^m개의 데이터로 매핑 되며 나머지 2ⁿ - 2^m개의 단어는 동기 패턴이나 제어 신호 등의 특정 목적으로 사용되는 것이 일반적이다. 대표적인 예로는 8B10B 부호^[1]와 5B6B 부호^[2] 등이 있다.

8B10B 부호는 고속 데이터 전송 표준인 Fibre Channel에서 표준 선로부호로 사용되고 있다. 8B10B 부호는 우수한 전송 성능을 가지고 있으나 부호화로 인한 비트의 추가가 2 비트로 다소 크고 부호화 및 복호화가 복잡하여 고속의 구현 시 회로의 설계가 어려운 단점이 있다. 5B6B 부호는 5 비트 응용에서 광 선로를 이용한 전송을 위하여 제안되었다. 이 부호는 1 비트의 리던던시 (redundancy) 만을 부가하면서도 우수한 전송 특성을 제공할 수 있으나 부호화 및 복호화부와 같이 코드의 변환을 위하여 ROM을 사용함으로써 상대적으로 동작속도가 느린 ROM으로 인하여 고속에서의 동작이 어려운 문제점이 있다.

비트 삽입 부호는 m 비트의 정보 데이터에 적은 비트 수의 삽입 비트를 추가하여 최소의 조작을 함으로써 고속에서의 구현이 용이하도록 설계된 것이다. 블럭 부호에 비하여 전송 성능은 다소 떨어지나 전송에 요구되는 최소한의 성능 요구 조건을 만족시킨다. 구현의 용이성으로 인하여 고속 전송에 많이 사용되고 있으며 최근 전송 특성의 향상을 위하여 비트 삽입 외에 비트의 반전 등을 추가하는 방법이 제안되고 있다. 대표적인 비트삽입부호로는 mB1C[3], DmB1m[4,5], PFmB(m+1)B[6] 등이 있다. mB1C 부호는 1984년 고속의 광 전송에서 타이밍 추출을 용이하게 하기 위하여 전송 부호의 일정한 전이를 보장하기 위한 목적으로 고안되었다. 또 mB1C 부호는 부호 단어에서의 DC 성분이 완전히 제거되지 않는 단점이 있으나 $m+1$ 비트 마다 적어도 1회 이상의 비트 전이를 보장함으로써 수신부에서의 타이밍 추출이 용이하다는 장점을 갖는다. DmB1m 부호는 mB1C 부호가 DC 성분이 0가 되지 않는 단점을 보완하기 위하여 고안된 부호로써 DC 성분을 평균적으로 0로 유지시키면서도 $m+1$ 비트 마다 한번 이상의 비트의 전이를 보장하지만 부호 단어의 전송 특성이 정보 데이터의 데이터 패턴에 의존하게 된다. 또한 현재의 비트가 이전 비트의 상태에 의존하게 되므로 단일 전송 에러에 의한 효과가 전파되거나 증폭될 수 있다는 단점을 가진다. PFmB(m+1)B 부호는 기존에 발표된 Carter 부호^[7]에 DSV(Digital Sum Variation) 성능을 향상시키기 위한 기능을 보완한 부호로써 Carter 부호, mB1C 부호, DmB1m 부호에 비하여 전송 특성은 다소 우수하나 복호화 시 다수의 부호화 규칙 위반에 의하여 복호화를 수행해야 하므로 복호화가 복잡해지는 단점이 있다.

III. 새로운 BIM(Bit Insertion and Manipulation) 선로부호의 설계

본 논문에서는 전송한 기존의 비트 삽입 부호에 블럭 부호의 장점을 적절히 결합함으로써 이진 데이터를 고속전송으로 전송하는 경우 전송 성능이 우수하고 구현이 간단한 새로운 형태의 BIM(Bit Insertion and Manipulation) 선로 부호를 제안한다.

1. BIM 선로 부호의 구성

BIM 선로 부호는 부호화부와 복호화부로 구성된다. 부호화부는 입력한 정보 데이터를 BIM 선로 부호의 부호화 규칙에 따라 부호화하여 출력하는 기능을 가지며 복호화부는 부호화된 부호 단어를 부호화부에서의 역순으로 조작하여 원래의 정보 데이터를 복구해내는 기능을 가진다. 다음에 부호화부와 복호화부에 대하여 각각 논술한다. 본 논문에서 정보 데이터의 비트 수 m 은 복잡성을 피하기 위하여 홀수라고 가정한다. 그러나 m 이 짝수인 경우도 홀수에서와 유사한 방법으로 쉽게 부호화부와 복호화부가 구성될 수 있다.

가. 부호화부

그림 1에 BIM 선로 부호의 부호화 부의 흐름도를 나타내었다. 그림 1에서와 같이 먼저 입력한 m 비트 정보 데이터에 대하여 디스페리티가 계산된다. m 비트를 홀수라고 가정하였으므로 가질 수 있는 최소의 디스페리티 값은 +1 또는 -1이다. 만일 디스페리티가 최소값 (+1 또는 -1)을 가지는 경우, +1이면 비트 0을, -1이면 비트 1을 정보 데이터의 임의의 약속된, 위치에 삽입 함으로써 부호단어의 디스페리티는 쉽게 0로 만들 수 있다. 본 논문에서는 정보 데이터의 LSB (Least Significant Bit) 위치에 삽입비트를 삽입하는 것으로 가정하였다. 만일 정보 데이터가 최소의 디스페리티 값을 가지지 않는다면 일단 비트 0이 삽입된다. 2^{m+1} 개의 경우의 수를 가지는 $m+1$ 비트의 데이터를 이용하여 2^m 개의 경우의 수를 가지는 m 비트의 정보를 표현하는 경우에 m 비트 정보 데이터가 가능한 최소의 디스페리티 값을 가지도록 할 수 있다. 예를 들어 6 비트 데이터로 5 비트의 정보 데이터를 표현하는 경우의 가능한 최소 디스페리티 값은 +2 또는 -2 가 된다. 비트 0가 삽입된 $m+1$ 비트 데이터가 양의 가능한 최소 디스페리티 값을 가진다면 부호화는 완료된다.

만일 그렇지 않다면 m 비트의 정보 데이터는 가능한 양의 최소 디스페리티 값을 가지는 $m+1$ 비트의 정보 데이터로 Ad Hoc 방법을 이용하여 매핑 된다. 결과적으로 모든 m 비트 정보 데이터는 0 또는 양의 가능한 최소 디스페리티를 가지는 부호 단어로 매핑이 이루어진다. 이때 선택되는 디스페리티의 극성을 양으로 통일하는 것은 복호화를 간편하기 위한 것이며 m 값에 따라 구현의 용이성을 위하여 음으로 할 수도 있다.

최종적으로 생성된 $n(m+1)$ 비트의 부호단어는 RDS를 0로 유지하기 위하여 이전까지 전송된 부호 단어의 축적된 디스페리티 값에 따라 반전되거나 또는 반전되지 않고 출력된다. 즉, 지금까지 축적된 디스페리티의 값이 음이면 부호 단어는 그대로 출력되며 양이면 부호단어는 반전되어 출력된다.

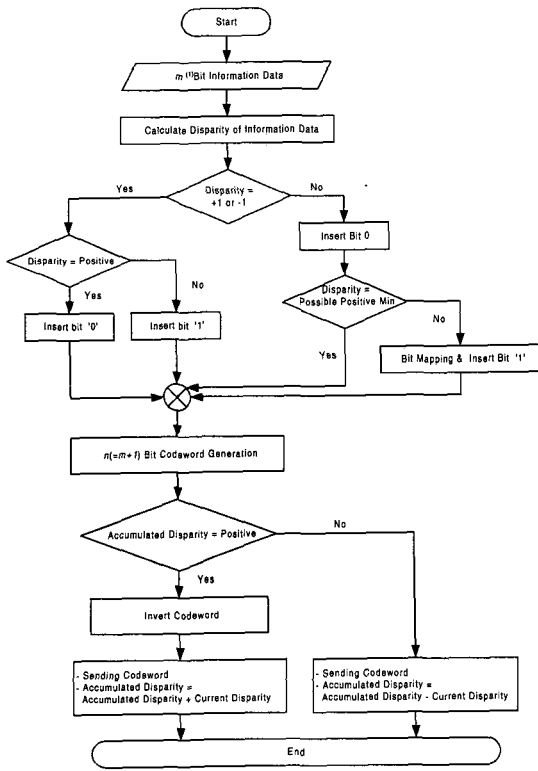


그림 1. BIM부호의 부호화부 흐름도

나. 복호화부

그림 2는 복호화부의 흐름도이다. 그림 2에서 입력한 n 비트 부호단어에 대하여 먼저 디스페리티를 검사한다. 만일 디스페리티가 0이면 이는 부호화부에서 최소 디스페리티 값 (+1 또는 -1)을 가지는

정보 데이터가 부호화된 것이므로 LSB를 버림으로써 간단히 복호화 할 수 있다. 만일 부호단어의 디스페리티가 0가 아니라면 디스페리티의 극성이 양인지 음인지를 검사한다. 디스페리티의 극성이 음이라면 이는 부호화부에서 반전된 것이므로 다시 반전을 시킴으로써 복구한다. 반전되지 않거나 반전되어 복구된 부호단어에 대하여 삽입 비트를 검사하여 삽입 비트가 0이면 부호화부에서 비트 매핑이 수행되지 않은 정보 데이터이므로는 LSB를 버림으로써 간단히 복호화할 수 있다. 삽입 비트가 1이라면 비트 매핑이 이루어진 정보 데이터이므로 역 비트 매핑을 수행하여 데이터를 복구한다.

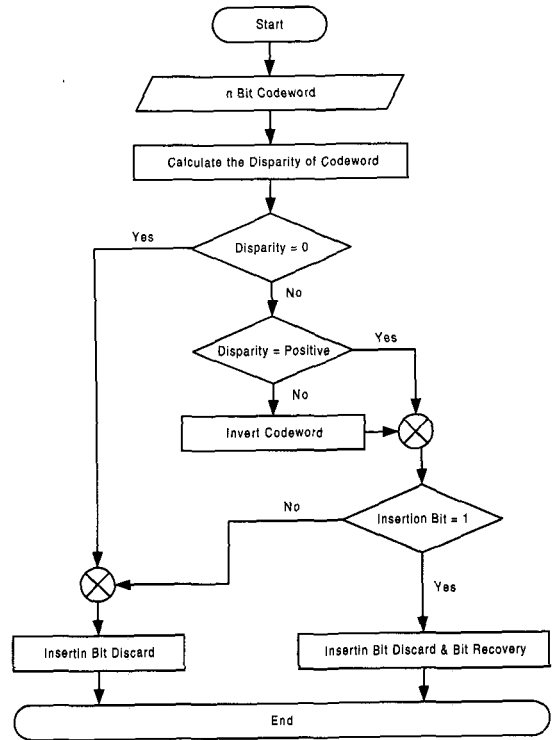


그림 2. BIM 부호의 복호화부 흐름도

2. BIM을 이용한 5B6B 선로 부호의 설계

BIM 부호는 임의의 m 비트 (이때 m 은 자연수)에 대하여 모두 적용될 수 있다. 본 논문에서는 4비트 니블 (nibble) 데이터 형태에 1 비트의 아웃밴드(out-band) 제어 비트를 갖는 응용에서 사용될 수 있는 5 비트의 정보 데이터를 6 비트의 부호 단어로 변환하는 5B6B 형태에 관하여 설계한다. 이때 5 비트 데이터에서 6 비트 부호 단어로의 변환은 전송 시 6 비트 데이터가 가질 수 있는 최대의 전

송 특성을 가지도록 즉, 최대 런 (run) 길이 및 RDS, DSV를 최소화 시키도록 만들어진다.

가. 부호화부

5비트의 정보 데이터에 대한 BIM 부호화는 그림 1의 흐름도에서 기술된 바와 같이 비트의 삽입, 비트의 조작, 비트의 반전의 3단계의 과정을 거쳐서 최종적으로 6 비트 부호 단어로 변환된다. 이때 사용되는 Ad hoc적인 비트 매핑에 대한 흐름도를 그림 3에 나타내었다. 그림 3에서와 같이 삽입 비트 1이 추가된 부호 단어의 디스페리티가 +5 또는 -5이면 비트 4와 비트 3이 모두 00인 경우는 비트 4와 비트 3을 반전시키며, 그렇지 않을 경우는 비트 1과 비트 0를 반전시킨다. 부호단어의 디스페리티가 +5 또는 -5가 아니면 디스페리티의 극성을 조사하여 양이면 비트 4와 비트 1을 반전시키며, 음이면 비트 2, 비트 1, 비트 0를 반전시킨다.

표 1에 BIM 부호에서의 각 5 비트 정보 데이터에 대한 6 비트 부호 단어의 변환 표를 나타내었다. 표 1에서와 같이 생성된 모든 부호 단어는 모두 6 비트 단어가 가질 수 있는 최소 디스페리티인 0 또는 ±2의 디스페리티 값만을 가지며 디스페리티가 0가 아닌 부호 단어는 모두 음과 양의 디스페리티를 함께 가짐을 알 수 있다. 그러므로 이들을 현재 까지 축적되어있는 RDS에 따라 선택적으로 음과 양의 디스페리티를 가지는 부호 단어를 송신함으로써 평균적인 RDS를 0로 유지시킬 수 있다.

표 1. BIM 5B6B 부호의 부호표

#	Information	Disparity	Codeword	Disparity
[0]	00000	-5	001111	+2
			[110000]	-2
[1]	00001	-3	110011	+2
			[001100]	-2
[2]	00010	-3	110101	+2
			[001010]	-2
[3]	00011	-1	000111	0
[4]	00100	-3	111001	+2
			[000110]	-2
[5]	00101	-1	001011	0
[6]	00110	-1	001101	0
[7]	00111	+1	001110	0
[8]	01000	-3	010111	+2
			[101000]	-2
[9]	01001	-1	010011	0
[10]	01010	-1	010101	0
[11]	01011	+1	010110	0
[12]	01100	-1	011001	0
[13]	01101	+1	011010	0
[14]	01110	+1	011100	0
[15]	01111	+3	011110	+2
			[100001]	-2
[16]	10000	-3	100111	+2
			[011000]	-2
[17]	10001	-1	100011	0
[18]	10010	-1	100101	0
[19]	10011	+1	100110	0
[20]	10100	-1	101001	0
[21]	10101	+1	101010	0
[22]	10110	+1	101100	0
[23]	10111	+3	101110	+2
			[010001]	-2
[24]	11000	-1	110001	0
[25]	11001	+1	110010	0
[26]	11010	+1	110100	0
[27]	11011	+3	110110	+2
			[001001]	-2
[28]	11100	+1	111000	0
[29]	11101	+3	111010	+2
			[000101]	-2
[30]	11110	+3	111100	+2
			[000011]	-2
[31]	11111	+5	011011	+2
			[100100]	-2

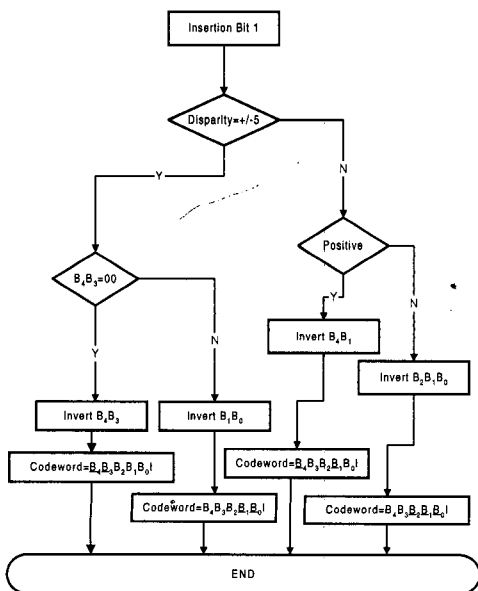


그림 3. BIM 5B6B 부호의 비트 매핑 흐름도

나. 복호화부

그림 2와 같이 6비트의 부호 단어는 부호화부의 역순의 과정을 거쳐 정보 데이터를 복구한다. 그림 4에 부호단어의 복호화를 위한 역 비트 매핑의 흐름도를 나타내었다. 그림 4에서와 같이 비트의 역 매핑을 위하여 부호 단어 (C) 중 삽입 비트를 제외한 부

본의 비트 패턴이 검사되며 만일 비트 패턴이 00111 이면 비트 3, 비트 2, 비트 1을 반전함으로써 복구가 이루어지며 비트 패턴이 01101이면 비트 5와 비트 2를 반전함으로써 복구가 이루어진다. 전술한 2가지 경우의 패턴이 아니라면 비트 5와 비트 4를 검사하여 두 비트가 모두 1이면 비트 5와 비트 4를 반전시키며 그렇지 않는 경우는 비트 2와 비트 1을 반전시켜 정보 데이터를 복구한다. 이때 전송 중의 발생하는 에러는 수신한 비트열 (bitstream)이 BIM 5B6B 부호에서 허용되는 최대 부호의 길이와 DSV를 위반하는지 여부를 검사함으로써 검출될 수 있다.

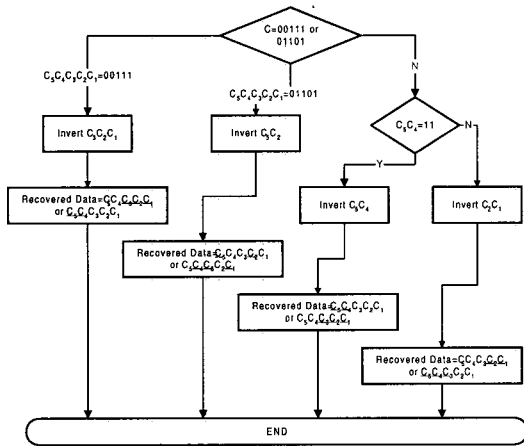


그림 4. BIM 5B6B 역 비트 매핑 흐름도

3. 기존 부호와의 성능 비교

선로 부호의 우수성은 주로 전송 특성과 구현의 용이성에 의하여 결정된다. 전송 성능은 선로 부호의 DC 및 저주파 성분이 얼마나 억제되는 가로 판단될 수 있으며 이와 관련하여 RDS가 0로 수렴하는 정도와 DSV의 최소값이 판단의 기준이 된다. 또한 구현의 용이성과 관련하여서는 부호화로 인한 비트의 증가율이 얼마인가와 부호화 및 복호화부의 구성의 복잡도가 얼마나 되는 가로 판단될 수 있다.

가. 기존 선로 부호와의 특성 비교

표 2에 5B6B 형태로 구현하였을 때 기존의 선로 부호와 BIM 선로 부호와의 비교를 나타내었다. 표 2에서와 같이 4B5B, 5B6B, 8B10B 등과 같은 블록 부호는 특정 비트에 제한적으로 사용되도록 설계되는 특징을 가지며 전송 특성은 대체로 우수하나 구현이 복잡하거나 ROM으로 구현되어야 하는 단점이 있다. Carter, mBIC, DmB1m, PFMb(m+1)B와 같은 비트 삽입 부호는 표에서와 같이 대부분 1비트의 추가만이 필요로 하며 로직이 대체로 간단하므로 구현이 용이하나 전송 특성이 블록 부호에 비하여 떨어지는 단점이 있다.

표에서 볼 수 있듯이 본 논문에서 제안된 BIM 5B6B 선로 부호는 블록 부호와 거의 동등한 우수한 전송 특성(DSV : ±2, RDS:0, 최대 부호길이 7)을 가지면서도 부호화로 인한 비트의 증가율이 1

표 2. 5B6B의 경우 기존의 부호와의 비교

종류	특성	구현의 용이성		전송 특성			Comments
		Redundancy (bits)	H/W Complexity	DSV (bits)	RDS	Maximum Run Length (bits)	
BIM 5B6B		1	Medium	2	0	7	구현이 용이하고 전송 특성이 우수
4B5B **		1	Medium	Not bounded	Not bounded	8	FDDI 표준
8B10B **		2	High	2	0	5	Fibre Channel 표준
5B6B **		1	Low	2	0	6	ROM 사용
Carter Code		1	Low	6	0	Infinite	-
mBIC		1	Low	Not bounded	Not bounded	6	-
DmB1m		1	Medium	Not bounded	Not bounded	6	에러가 증폭 가능
PFmB(m+1)B		1	Medium	4	0	12	복호화가 복잡
미국특허1 ^[17]		1	Low	6	0	Infinite	Carter 부호와 유사
미국특허2 ^[18]		2 or 3	Medium	3 or 4	0	-	비트에 따라 다름

Note : ** 특정 비트 수에만 사용이 제한됨

비트이고 하드웨어의 복잡성도 200 게이트 이하로 구현이 가능한 구현의 용이성을 제공할 수 있는 장점이 있다.

나. 시뮬레이션을 이용한 성능 비교

본 논문에서 제안된 BIM 부호의 전송 성능을 확인하기 위해 기존의 비트 삽입 부호들과 비교하였다. 비교된 사항은 전송 특성을 결정하는 가장 중요한 요소인 부호 단어에서의 DC 및 저주파 성분 분포와 실제 AC 결합을 통과 했을 때의 베이스라인 원더 효과이며 이를 시뮬레이션을 통하여 비교하였다.

그림 5는 본 논문에서의 BIM 선로 부호와 기존의 비트 삽입 선로 부호들의 전력 스펙트럼을 보여준다. 그림에서 mB1C 부호는 DmB1m 부호화의 스펙트럼 유사성으로 인하여 생략 되었다. 그림 5에서와 같이 대표적인 기존의 비트 삽입 부호 계열의 부호인 DmB1m 부호와 PFmB(m+1)B 부호는 전력 스펙트럼에서 DC 성분이 0가 아니거나 저주파 성분이 많이 포함되는 것에 비하여 본 논문에서 제안된 BIM 선로 부호는 DC 성분을 가지지 않으며 저주파 성분도 타 부호에 비하여 현저히 낮음을 알 수 있다.

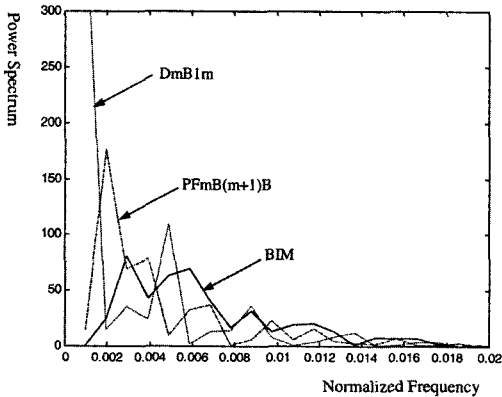
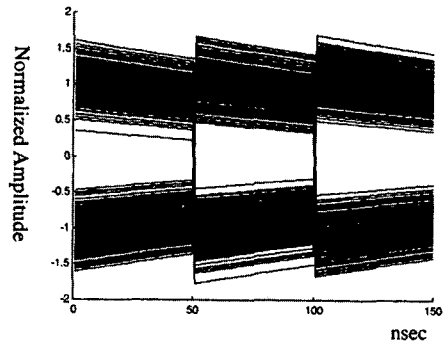


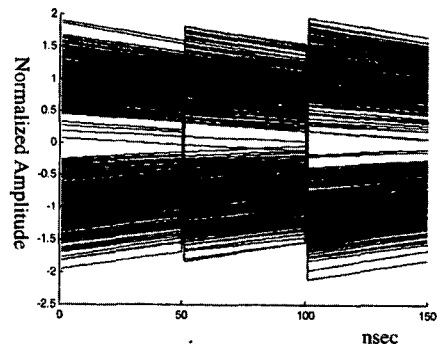
그림 5. BIM 부호와 기존의 선로 부호의 전력 스펙트럼

AC 결합을 통과하였을 때 부호 단어는 비트 스트림의 패턴에 의존하여 클램핑되지 않는 DC 값이 가지며 출력된다. 전술한 바와 같이 이 DC값이 클램핑되지 않으면 결국 수신부에서의 노이즈 마진을 줄여 비트 에러를 유발 시키는 원인이 된다. 그림 6은 본 논문에서의 BIM 부호의 베이스라인 원더 효과와 기존의 선로 부호의 베이스 라인 원더 효과의 비교를 보여준다. 이때 생성된 파형은 200개의 랜덤

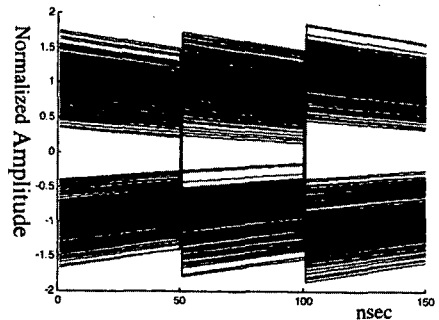
데이터를 부호화하여 AC 결합을 모델링하는 고역 통과필터를 통과 시켰을 때를 시뮬레이션한 출력이다. 그림 6에서와 같이 본 논문에서 제안된 BIM 선로 부호는 기존의 부호에 비하여 우수한 베이스 라인 원더 억제 특성을 보여줌을 알 수 있다.



(a) BIM code



(b) DmB1m code



(c) PFmB(m+1)B code

그림 6. BIM 부호와 기존의 선로 부호의 베이스라인 원더 효과

IV. 결론

본 논문에서는 이진데이터의 고속전송을 위하여

기존의 선로 부호의 문제점을 해결하는 새로운 형태의 선로 부호인 BIM(Bit Insertion and Manipulation) 선로 부호를 제안하였다. 기존의 이진 고속 데이터 전송을 위한 mBnB 형태의 블럭 부호는 전송 특성은 우수하나 구현이 어려운 단점이 있었다. 또한 다른 형태의 선로 부호인 비트 삽입 부호는 구현은 용이하나 전송 특성이 떨어지는 문제점이 있었다. 본 논문에서의 BIM 선로 부호는 이러한 문제를 극복하기 위하여 제안되었으며 비트 삽입 부호에 블럭 부호의 특성을 적절히 결합함으로써 구현이 용이하면서도 우수한 전송 특성을 제공할 수 있었다.

본 논문에서 제안된 BIM 선로 부호를 실제로 5B6B 형태로 설계하였을 때 기존의 삽입 부호에 비하여 RDS가 0, DSV가 ± 2 , 최대 부호길이가 7 과 같은 우수한 전송 특성을 보여주었다. 또한 기존의 블럭 부호에 비하여 5 비트의 정보 데이터에 1 비트의 리던던시만을 추가하므로 부호화로 인한 비트의 증가율을 최소로 할 수 있으며 200 게이트 정도로 구현할 수 있는 구현의 용이성이 뛰어나다.

본 논문에서 설계된 5B6B 형태의 BIM 선로 부호는 4 비트의 데이터와 1비트의 제어 신호를 가지는 5 비트 형태의 응용에 유용하게 사용될 수 있다. 7 비트나 8 비트 또는 그 이상의 정보 데이터에 대해서도 BIM 부호화 방법을 이용하여 7B8B, 8B9B 등의 형태로 부호화가 가능하며, 이는 이진전송 시스템에서 비트 수에 관계없이 일반적으로 확장하여 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] A. X. Widmer and P. A. Franzaszek, "A DC-balanced, Partitioned-Block 8B/10B Transmission Code," *IBM J. Res. Develop.* Vol. 27, Sep. 1983

[2] R. Petrovic, "5B6B Optical Fibre Line Code Bearing Auxiliary Signals," *Electronics Letter*, Vol. 24 No.5, 3rd Mar. 1988

[3] N. Yoshikai, K. Katagiri, and T. Ito, "mB1C Code and Its Performance in an Optical Communication System," *IEEE Trans. on Communication*, Vol. COM-32, No. 2, Feb. 1984

[4] N. Yoshikai, S. Nishi, and J. Yamada, "Line Code and Terminal Configuration for Very Large-Capacity Optical Transmission System,"

IEEE J. on Selected Areas in Communication, Vol. SAC-4, No. 9, Dec. 1986

[5] S. Kawanishi, N. Yoshikai, J. Yamada, and K. Nakagawa, "DmB1M Code and Its Performance in a Very High-Speed Optical Transmission System," *IEEE Trans. on Communication*, Vol. 36. No. 8, Aug. 1988

[6] W. A. Krzymien, "Transmission Performance Analysis of a New Class of Line Codes for Optical Fiber Systems," *IEEE Trans. on Communication*, Vol. 37, No. 4, Apr. 1989

[7] R. O. Carter, "Low-Disparity Binary Coding System," *Electronic Letter*, Vol.1, No. 3, pp67-68, May. 1965

[8] G. K. Harris, "High Speed Telecommunication System Using a Novel Line Code," *US Patent*, No. 5,200,979, 1993

[9] Thomas Hornak et. Al., "DC-Free Line Code and Bit and Frame Synchronization for Arbitrary Data Transmission," *US Patent*, No. 5,438,621, 1995

[10] K. W. Cattermole, "Principles of Digital Line Coding," *Int'l. J. Electronics*, Vol.55, No. 1, pp3-33, 1983

[11] N. Q. Duc, "Line Coding Techniques for Baseband Digital Transmission," *A. T. R.*, Vol. 9, No. 1, pp3-16, 1975

[12] R. M. Brooks and A. Jessop, "Line Coding for Optical Fibre Systems," *Int'l. J. Electronics*, Vol.55, No. 1, pp81-120, 1983

[13] D. B. Waters, "Line Codes for Metallic Cable Systems," *Int'l. J. Electronics*, Vol.55, No. 1, pp159-169, 1983

정 희 영(Hee-young Jung) 정희원



1990년 2월 : 부산대학교 전자공학과 졸업 공학사
 1999년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과 졸업 공학석사 (통신소자)
 1991년 1월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 선임연구원

<주관심 분야> 고속 데이터 전송, 고속 선로 부호, IMT-2000

오 행 석(Heang-suk Oh)



- 1981년 2월:한양대학교 공과대학
졸업 공학사(전자재료)
- 1983년 2월: 한양대학교 대학원
졸업 공학석사(전자재료)
- 1997년 2월: 충북대학교 대학원
졸업 이학박사
(전자계산학)

1983년~현재: 한국전자통신연구원 표준기획팀장
<주관심 분야> 프로토콜공학, 컴퓨터네트워크, 데이
터통신

조 경 록(Kyoung-rok Cho) 정회원



- 1977년 2월: 경북대학교 전자
공학과(공학사)
- 1989년 3월: 일본 동경대학교
전자공학과(공학석사)
- 1992년 3월: 일본 동경대학교
전자공학과(공학박사)

1979년~1986년: (주)금성사 TV연구소 선임연구원
1999년 1월~2000년 3월: 오레곤 주립 대학 객원
교수
1992년~현재: 충북대학교 정보통신공학과 부교수
<주관심 분야> VLSI 시스템 설계, 통신시스템용
LSI개발, 고속 마이크로프로세서
설계