(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0101808
(43) 공개일자 2012년09월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H03M 13/15 (2006.01) *H03M 13/27* (2006.01)
H04L 1/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0019845
(22) 출원일자 2011년03월07일
심사청구일자 2011년03월07일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
이한호
인천광역시 남구 소성로 71, 정보통신공학부 (용현동, 인하대학교)
이기훈
인천광역시 부평구 광장로30번길 54 (부평동)
(74) 대리인
특허법인무한

전체 청구항 수 : 총 8 항

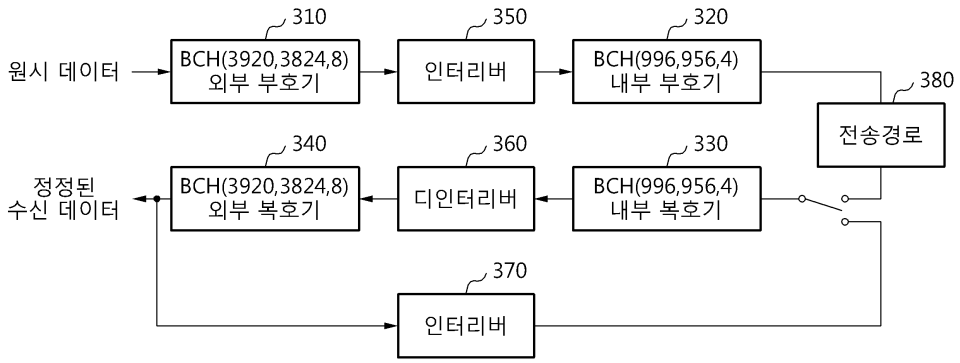
(54) 발명의 명칭 **고성능 연접 BCH 기반 순방향 오류 정정 시스템 및 방법**

(57) 요 약

광대역 장거리 광통신 시스템을 위해 외부 부호는 BCH(Bose-Chaudhuri-Hocquenghen)(3920,3824,8) 부호를 사용하고 내부 부호는 BCH(996,956,4) 부호를 사용하는 고성능 연접 BCH 기반 순방향 오류 정정 시스템 및 방법을 개시한다.

일 실시예로서, 고성능 연접 BCH 기반 순방향 오류 정정 시스템 및 방법은, 연접 BCH 부호(concatenated BCH code)를 이용한 순방향 오류 정정을 이용하여 채널에서 발생한 오류를 보상함으로서, 6회의 반복 복호후 10^{-15} 복호기 출력 비트 에러율에서 9.19dB의 높은 코딩 이득 성능을 가지고, 연접 BCH 부호는 표준 순방향 오류 정정인 RS(255,239,8)와 동일한 프레임 구조를 가지므로 현재 이용되고 있는 광통신 시스템 망과 완벽히 호환되어 시스템 구성이 용이하다.

대 표 도 - 도3



특허청구의 범위

청구항 1

원시 데이터를 부호화하는 외부 부호기, 상기 부호화된 데이터를 인터리빙하는 인터리버, 상기 인터리빙된 데이터를 부호화하는 내부 부호기를 포함하는 송신단; 및

상기 송신단에 의해 부호화된 데이터를 복호화하는 내부 복호기, 상기 복호화된 데이터를 디인터리빙하는 디인터리버, 상기 디인터리빙된 데이터를 복호화하는 외부 복호기, 상기 외부 복호기에 의해 복호화된 데이터를 인터리빙하여 상기 내부 복호기에 제공하는 인터리버를 포함하는 수신단

을 포함하는, 고성능 연접 BCH 기반 순방향 오류 정정 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 수신단은,

상기 송신단에서 선정된 부호화 횟수만큼 반복 복호를 수행하는, 고성능 연접 BCH 기반 순방향 오류 정정 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 수신단은,

10^{-15} 복호기 출력 비트 에러율 기준 상기 반복 복호의 횟수에서,

2회의 반복 복호시 8.83dB, 3회의 반복 복호시 9.05dB, 4회의 반복 복호시 9.13dB, 5회의 반복 복호시 9.16dB, 6회의 반복 복호시 9.19dB의 코딩 이득 성능을 가지는, 수신단에서 복호화를 수행하는 고성능 연접 BCH 기반 순방향 오류 정정 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 외부 부호기는 8채널의 BCH(3920,3824,8) 외부 부호기를 사용하고,

상기 내부 부호기는 32채널의 BCH(996,956,4) 내부 부호기를 사용하고,

상기 내부 복호기는 32채널의 BCH(996,956,4) 내부 복호기를 사용하고,

상기 외부 복호기는 8채널의 BCH(3920,3824,8) 외부 복호기를 사용하고,

상기 인터리버와 상기 디인터리버는 ITU-T G.975.1 I.3 규격을 만족하는, 고성능 연접 BCH 기반 순방향 오류 정정 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 부호화와 상기 복호화를 수행하는 부호는,

OTU4(Optical Transport Unit 4) 프레임 구조 및 RS(255,238,8) 부호와 호환되는, 고성능 연접 BCH 기반 순방향 오류 정정 시스템.

청구항 6

8채널 BCH(3920,3824,8) 외부 부호기가 원시 데이터를 부호화하여 외부 부호의 패리티를 생성하는 단계;

인터리버가 상기 외부 부호를 인터리빙하는 단계;

32채널 BCH(996,956,4) 내부 부호기가 상기 인터리빙된 외부 부호를 부호화하여 내부 부호의 패리티를 생성하는 단계; 및

상기 외부 부호의 패리티, 상기 인터리빙된 외부 부호, 및 상기 내부 부호의 패리티를, 수신단으로 전송하는 단계

를 포함하는, 송신단에서 부호화를 수행하는 고성능 연접 BCH 기반 순방향 오류 정정 방법.

청구항 7

32채널 BCH(996,956,4) 내부 복호기가 송신단으로부터 수신된 데이터를 복호화하는 단계;

디인터리버가 상기 복호화된 데이터를 디인터리빙하는 단계;

8채널 BCH(3920,3824,8) 외부 복호기가 상기 디인터리빙된 데이터를 복호화하는 단계;

복호 횟수가 선정된 반복 복호 횟수와 같으면 프로세서가 복호를 종료하는 단계; 및

복호 횟수가 상기 선정된 반복 복호 횟수 미만이면 인터리버가 8채널 BCH(3920,3824,8) 외부 복호기에 의해 복호화된 데이터를 인터리빙하여 상기 32채널 BCH(996,956,4) 내부 복호기에 제공하는 단계

를 포함하는, 수신단에서 복호화를 수행하는 고성능 연접 BCH 기반 순방향 오류 정정 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

프로세서가 데이터 복호시 오류 여부를 확인하여 오류정정 실패라고 판단할 경우 오류 발생을 방지하는 단계

를 더 포함하는, 수신단에서 복호화를 수행하는 고성능 연접 BCH 기반 순방향 오류 정정 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명의 실시예들은 디지털 통신 시스템에 있어서 송신단에서 데이터 전송 과정 중 데이터에 발생한 오류를 수신단에서 정정하는 순방향 오류 정정(FEC : forward error correction) 시스템으로, 광대역 장거리 광통신 시스템을 위해 외부 부호는 BCH(Bose-Chaudhuri-Hocquenghen)(3920,3824,8) 부호를 사용하고 내부 부호는 BCH(996,956,4) 부호를 사용하는 순방향 오류 정정 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 광통신, 디지털 비디오 방송 및 메모리, 데이터 저장 시스템의 데이터 전송에 있어서, 전송 중에 발생하는 다수의 오류를 찾고 정정할 수 있는 순방향 오류 정정 기술에 리드-솔로몬(RS: Reed-Solomon) 부호와 BCH 부호가 널리 사용되고 있다.

[0003] 순방향 오류 정정 기술은 원 신호에 원 신호의 모양에 대한 정보를 담고 있는 패리티(parity)라 불리는 부가적인 정보를 삽입한 후 전송하여, 원 신호와 패리티에 담긴 정보를 토대로 일정량의 오류를 수신단에서 정정하는 오류 제어 기술이다.

[0004] BCH 부호를 나타내는 전형적인 형태는 BCH(n,k,t)이다. n은 원 데이터와 패리티 전체를 포함한 부호화되는 전체 부호어(codeword) 심볼(symbol)의 수이고, t는 부호어 중에 정정할 수 있는 최대 오류 심볼의 수를 의미하며 이는 $n \le 2^m - 1 n \le 2^m - 1$ 로 표현되는 갈로아체(GF, Galois field)의 지수인 m으로부터 $n - k = mt n - k = mt$의 수식에 의한 관계로 정의된다. kk는 실제 데이터의 심볼 수를 의미하며, $n - k = mt n - k = mt$에서 mt 심볼의 패리티 심볼로부터 데이터 전송상에서 생길 수 있는 오류를 부호어당 t개까지 정정할 수 있다. 일반적으로 BCH 부호라 하면 각 심볼이 1비트(bit)로 이루어진 바이너리(binary) BCH 부호를 가리키며, 본 발명에서도 마찬가지로 BCH 부호는 바이너리 BCH 부호를 의미한다.

[0005] RS 부호 역시 RS(n,k,t)로 표현되며, t 값은 $\frac{(n-k)}{2}\frac{(n-k)}{2}$ 로 계산되어진다. RS 부호의 경우 각 심볼은 m비트로 이루어져 있다.

[0006] DWDM(Dense-Wavelength Division Multiplexing) 기술을 이용한 광대역 장거리 광통신 시스템 분야에서는 전송 거리가 짧게는 수백 km에서 길게는 수천 km에 이르며 데이터 처리량 또한 100Gb/s에 이르고 있다. 이러한 광대역 장거리 광통신 시스템에서는 전송 중에 많은 양의 데이터가 전송 경로의 채널환경에 따라 변형되며 오류를 일으킨다. 전송 중에 발생하는 오류의 양을 경감시키기 위해서 현재까지는 8 바이트(byte) 오류정정 RS(255,239,8) 부호가 국제통신연합(ITU-T)에 의해 표준 순방향 오류 정정 기술로 채택되어 광통신 시스템의 필수 요소로 자리잡게 되었다.

[0007] 그러나 RS(255,239,8) 부호만으로는 장거리 광통신 시스템이 필요로 하는 코딩 이(NCG : Net Coding Gain) 성능을 만족하지 못하는 문제점이 있다. 이에 따라 ITU-T에서는 초고속의 데이터 전송률을 보장하면서 동시에 RS(255,239,8) 부호에 비해 비트 에러율(BER : Bit Error Rate)을 획기적으로 감소시킬 수 있는 순방향 오류 정정 구조의 표준안을 논의하였고 2004년 12월 DWDM 광통신 시스템을 위한 높은 코딩 이득을 가지는 8가지 순방향 오류 정정으로 구성된 G.975.1 표준 권고안을 발표하게 되었다.

[0008] G.975.1 표준 권고안의 순방향 오류 정정 부호들은 8~9 dB의 높은 코딩 이득 성능을 제공하나, 표준 순방향 오류 정정인 RS(255,239,8) 부호와 프레임 구조를 공유하지 못하는 것들이 있고 현재 요구되고 있는 9.0 dB 이상의 높은 코딩 이득과 100Gb/s 데이터 처리량을 만족하는 실제 구현이 어렵다는 문제점이 있다. 이러한 경험을 바탕으로 ITU-T에서는 최근 OTU4(optical transport unit 4)용 100Gb/s급 초고속 고성능 순방향 오류 정정 부호들에 대한 기준을 마련하였으며 해당 부호들은 RS(255,239,8)과 프레임 구조를 공유하면서 9.0dB 이상의 코딩 이득을 갖도록 했다.

[0009] 현재 제안되고 있는 순방향 오류 정정 부호들의 특징으로는 모두 블록 부호(Block code)를 사용하는 연접부호(concatenated code) 방식을 택한다는 점이다. 연접부호 방식에 대한 설명이 도 1에 도시되어 있다. 도 1을 참조하면, 연접 부호 방식은 내부 부호와 외부 부호, 그리고 그 사이에 데이터 열을 재배열해 주는 인터리버/디인터리버로 구성되는데, 이 4개의 요소들을 이용해서 반복 복호를 할 수 있는 특징을 가지고 있다. 반복 복호의 횟수를 늘릴수록 순방향 오류 정정 시스템의 오류정정 성능이 향상된다.

[0010] 연접 부호 순방향 오류 정정 시스템의 진행 순서를 자세히 설명하면, 최초에 순방향 오류 정정 시스템은 원하는 오류정정 성능과 디자인 조건에 맞추어 반복 복호 횟수 N을 사전에 결정(110)한다. 그러면 송신단(120)에서 송신할 원시 데이터를 먼저 외부 부호화(121)한다. 이후 연집 오류(burst error)에 대한 저항성을 높이기 위해 인터리빙(122)을 통해 데이터열을 재배열한 후 내부 부호화(123)를 하여 전송한다.

[0011] 수신단(130)에서는 반대 순서로, 내부 복호화(131)를 수행하고, 디인터리빙(132)을 통해 데이터열을 다시 외부 부호에 맞게 재배열한 후 외부 복호화(133)를 한다. 반복 복호 횟수가 사전에 정한 N번에 도달하였다면 복호를 멈추고, 그렇지 않다면 다시 인터리빙(134)한 후 내부 복호화 단계로 돌아간다.

[0012] 이런 방식으로 연접 복호함으로서 높은 코딩 이득 성능을 얻어낼 수 있다. 현재 ITU-T에 표준으로 제안되고 있는 부호들은 샤논 한계(Shannon limit)에 근접한 9.0dB 이상의 코딩 이득 성능을 얻어내었으며 특기할만한 점으로 외부/내부 부호로 모두 BCH 부호를 사용하였다는 점이다.

[0013] 지금까지 기술한 것과 같은 이유로 현존하는 망(network)을 재사용 할 수 있는 차세대 광대역 광통신 시스템의 개발을 위해 표준 RS(255,239,8) 부호와 프레임 구조가 일치하며 높은 오류정정 능력을 가지는 순방향 오류 정정 시스템의 개발이 중요한 과제가 되었다.

[0014] 광통신 시스템의 표준 순방향 오류 정정인 RS(255,239,8) 부호는 10^{-15} 복호기 출력 비트 에러율(BER)에서 6.2dB의 코딩 이득(NCG : net coding gain) 성능을 제공하는데, 현재 개발되는 있는 100Gb/s급 광대역 장거리 광통신 시스템을 지원하기에는 부족한 성능이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0015] 본 발명의 일실시예는 표준 순방향 오류 정정인 RS(255,239,8) 부호와 프레임 구조가 동일하며 10^{-15} 복호기 출력 비트 에러율에서 9.0dB 이상의 높은 코딩 이득을 가지며 복잡도가 낮고 효율적인 고성능 순방향 오류 정정 성능을 가지는 순방향 오류 정정 시스템 및 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0016] 상기의 일실시예를 이루기 위한, 고성능 연접 BCH 기반 순방향 오류 정정 시스템은, 원시 데이터를 부호화하는 외부 부호기, 상기 부호화된 데이터를 인터리빙하는 인터리버, 상기 인터리빙된 데이터를 부호화하는 내부 부호기를 포함하는 송신단; 및 상기 송신단에 의해 부호화된 데이터를 복호화하는 내부 복호기, 상기 복호화된 데이터를 디인터리빙하는 디인터리버, 상기 디인터리빙된 데이터를 복호화하는 외부 복호기, 상기 외부 복호기에 의해 복호화된 데이터를 인터리빙하여 상기 내부 복호기에 제공하는 인터리버를 포함하는 수신단을 포함한다.

[0017] 또한, 상기 일실시예를 달성하기 위한 기술적 방법으로서, 송신단에서 부호화를 수행하는 고성능 연접 BCH 기반 순방향 오류 정정 방법은, 8채널 BCH(3920,3824,8) 외부 부호기가 원시 데이터를 부호화하여 외부 부호의 패리티를 생성하는 단계; 인터리버가 외부 부호를 인터리빙하는 단계; 및 32채널 BCH(996,956,4) 내부 부호기가 상기 인터리빙된 외부 부호를 부호화하여 내부 부호의 패리티를 생성하는 단계를 포함한다.

[0018] 또한, 상기 일실시예를 달성하기 위한 기술적 방법으로서, 수신단에서 복호화를 수행하는 고성능 연접 BCH 기반 순방향 오류 정정 방법은, 32채널 BCH(996,956,4) 내부 복호기가 송신단으로부터 수신된 데이터를 복호화하는 단계; 디인터리버가 상기 복호화된 데이터를 디인터리빙하는 단계; 8채널 BCH(3920,3824,8) 외부 복호기가 상기 디인터리빙된 데이터를 복호화하는 단계; 복호 횟수가 선정된 반복 복호 횟수와 같으면 프로세서가 복호를 종료하는 단계; 및 복호 횟수가 상기 선정된 반복 복호 횟수 미만이면 인터리버가 8채널 BCH(3920,3824,8) 외부 복호기에 의해 복호화된 데이터를 인터리빙하여 상기 32채널 BCH(996,956,4) 내부 복호기에 제공하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0019] 본 발명의 일실시예에 따르면, 연접 BCH 부호(concatenated BCH code)를 이용한 순방향 오류 정정을 이용하여 채널에서 발생한 오류를 보상함으로서, 6회의 반복 복호후 10^{-15} 복호기 출력 비트 에러율에서 9.19dB의 높은 코딩 이득 성능을 가진다.

[0020] 또한, 본 발명의 일실시예에 따르면, 연접 BCH 부호는 표준 순방향 오류 정정인 RS(255,239,8)와 동일한 프레임 구조를 가지므로 현재 이용되고 있는 광통신 시스템 망과 완벽히 호환되어 시스템 구성이 용이하다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 종래 연접 부호 오류 정정 시스템의 알고리즘을 나타내는 흐름도이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 BCH 부호의 오류 증가 방지 알고리즘을 설명하는 흐름도이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 연접 BCH 코덱(Codec) 시스템을 도시한 블록도이다.

도 4는 본 발명을 설명하기 위한 G.975.1 I.3 표준 규격에 따른 인터리빙 방법을 나타내는 예시도이다.

도 5는 종래 연접 부호 순방향 오류 정정 방법의 프레임 구조를 나타내는 도면이다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 연접 부호 순방향 오류 정정 방법의 프레임 구조를 나타내는 도면이다.

도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 OTU4의 한 개의 프레임 내부에서 외부 부호가 어떻게 정렬되는지를 설명하는 도면이다.

도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 OTU4의 한 개의 프레임 내부에서 내부 부호가 어떻게 정렬되는지를 설명하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 이하에서, 본 발명에 따른 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 그러나, 본 발명이 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 실시예는 특별히 OTU4(Optical channel Transport Unit 4) 프레임 구조를 기준으로 설명하는 것이고, 본 발명은 SONET(Synchronous Optical network)이나 SDH (Synchronous

Digital Hierarchy)와 같은 수 개의 다른 광통신 시스템에도 동일하게 적용될 수 있다. 각 도면에 제시된 동일한 참조부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0023] BCH 부호는 통신 시스템에 가장 많이 쓰이고 있는 부호로서 국제통신연합 (ITU-T)의 광통신 표준 및 유럽 전기통신 표준협회(ETSI)의 차세대 디지털 비디오 방송(DVB-S2)의 표준 등 다양한 표준분야에 널리 쓰이는 순방향 오류 정정 기술이다.

[0024] BCH 부호를 나타내는 전형적인 형태는 BCH(n,k,t)이다. n은 원시 데이터와 패리티 전체를 포함한 부호화되는 전체 부호 비트의 길이이고, t는 부호 중에 정정할 수 있는 최대 오류 비트의 수를 의미하며 이는 $n \le 2^m - 1 n \le 2^m - 1$ 로 표현되는 갈로아체(GF, Galois field)의 지수인 m으로부터 $n - k = mt n - k = mt$ 의 수식에 의한 관계로 정의된다. kk는 실제 데이터의 비트 수를 의미하며, $n - k = mt n - k = mt$에서 mt 비트의 패리티(parity) 비트로부터 데이터 전송상에서 생길 수 있는 오류를 부호당 t 개까지 정정할 수 있다.

[0025] BCH 복호에서, 기술의 원리인 수학적 이론이나 종래의 기술에서는 복호 시도 실패시 오류가 증가할 가능성이 있으나 본 발명에는 각 BCH 부호가 복호 시도에 실패하더라도, 오류가 증가하는 경우가 발생하지 않도록 하는 알고리즘을 시스템에 추가한다.

[0026] BCH 부호는 전통적으로 신드롬(syndrome) 기반의 복호법을 사용하는데 오류의 위치를 찾기 위해 최대 t차의 차수를 가지는 오류위치 다항식을 생성한다. 만일 복호 과정 중 생성된 오류위치 다항식의 차수가 t차라면, 정정 불가능한 오류가 발생했거나 t개의 오류가 발생하여 고칠 수 있는 경우 중 하나이다. 그러므로 오류위치 다항식의 차수가 최대차수라면 오류를 고치기 위한 오류정정신호는 반드시 t개 생성되어야 하며 그렇지 않을 경우엔 정정 불가능한 오류가 발생한 것으로 판단할 수 있다.

[0027] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 BCH 부호의 오류 증가 방지 알고리즘을 설명하는 흐름도이다.

[0028] 프로세서는 우선 오류위치 다항식의 차수를 감지한다(210). 오류위치 다항식의 차수가 최대차수가 아니면 정정 가능한 오류가 발생한 것이므로 프로세서는 알고리즘을 종료한다. 만일 오류위치 다항식이 최대차수를 가지고 있다면, 프로세서는 오류위치 다항식으로부터 오류 위치를 찾으며 오류를 정정하라는 정정신호의 개수를 세기 시작한다(220). 프로세서는 정정신호의 개수가 오류위치 다항식의 최대차수와 일치한다면(230) 정정 가능한 오류가 발생한 것이므로 알고리즘을 종료하고, 그렇지 않을 경우 복호 실패를 의미하는 실패(FAIL)신호를 생성하여(240) 잘못된 복호가 진행되지 않도록 한다.

[0029] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 연접 BCH 코덱(Codec) 시스템을 도시한 블록도이다.

[0030] 연접 BCH 코덱 시스템에서 송신단은 BCH(3920,3824,8) 외부 부호기(310), 인터리버(350), BCH(996,956,4) 내부 부호기(320)를 포함하고, 수신단은 BCH(996,956,4) 내부 복호기(330), 디인터리버(360), BCH(3920,3824,8) 외부 복호기(340), 인터리버(370)을 포함한다. 그리고 송수신단에 모두 존재하는 인터리버가 조합되어 전송경로(380)에서 발생한 데이터 열의 오류를 정정한다.

[0031] 도 3을 참고하여 본 발명의 일실시예에 따른 연접 BCH 코덱 시스템이 동작하는 원리를 설명하면 다음과 같다.

[0032] 최초에 원시 데이터는 8채널의 BCH(3920,3824,8) 외부 부호기(310)에서 부호화되고, 원시 데이터와 부호화되며 생성된 패리티는 각각 OTU4 프레임의 지정된 위치에 저장된다. 이후 8개의 프레임이 BCH(3920,3824,8) 외부 부호기(310)를 지나면, 부호화된 데이터들은 인터리버(350)에서 인터리빙된 후, 32채널의 BCH(996,956,4) 내부 부호기(320)로 전송되어 재 부호화되어 OTU4 프레임의 지정된 위치에 다시 저장된다. 이후 연접 부호화된 부호들은 전송경로(380)를 따라 전송되며 수신단에서는 정확히 반대순서로 복호를 수행하게 된다.

[0033] BCH(3920,3824,8) 외부 복호기(340)의 출력으로부터 정정된 원시 데이터를 찾을 수 있으며, 프로세서는 반복 복호의 횟수를 높일수록 코딩 이득 성능이 높아진다. 특별히 10^{-15} 복호기 출력 비트 에러율을 기준으로 2회의 반복 복호시 8.83dB, 3회의 반복 복호시 9.05dB, 4회의 반복 복호시 9.13dB, 5회의 반복 복호시 9.16dB, 6회의 반복 복호시 9.19dB의 코딩 이득 성능을 제공한다.

[0034] 외부 부호로 사용하는 BCH(3920,3824,8) 부호는 GF(2^{12}) 갈로아체 상에서 연산된다. 개개의 부호는 3824 비트의 데이터와, 96 비트의 패리티로 구성되며 3920 비트 길이의 부호 안에서 8개 이하의 오류가 발생시 모두 찾아내어 정정할 수 있다. 외부 부호의 원시 다항식(primitive polynomial)은 다음 수학식 1과 같다.

수학식 1

[0035] $$p(x) = x^{12} + x^6 + x^4 + x + 1$$

[0036] 내부 부호로 사용하는 BCH(996,956,4) 부호는 GF(2^{10}) 갈로아체 상에서 연산된다. 개개의 부호는 956 비트의 데이터와, 40 비트의 패리티로 구성되며 996 비트 길이의 부호 안에서 4개 이하의 오류가 발생시 모두 찾아내어 정정할 수 있다. 외부 부호의 원시 다항식은 다음 수학식 2와 같다.

수학식 2

[0037] $$p(x) = x^{10} + x^3 + 1$$

[0038] 인터리빙/디인터리빙은, ITU-T G.975.1 I.3 표준 규격에 적용된 것과 동일한 방법을 취한다. 도 4에 ITU-T G.975.1 I.3 표준 규격에 적용된 인터리빙이 도시되어 있다. 각 프레임당 255개의 심볼(symbol)로 이루어진 8개의 프레임(410)이 서로의 심볼을 순환적으로(cyclically) 교환하여 새로운 8개의 프레임을 생성한다. 1개의 심볼은 각각 128비트로 이루어져 있다.

[0039] 일반적인 연접 부호 순방향 오류 정정 방법에서는 외부 부호는 원시 데이터를 자신의 데이터 부분으로 취급하여 부호를 생성하고, 내부 부호는 생성된 원시 데이터가 포함된 외부 부호를 자신의 데이터 부분으로 취급하여 부호를 생성한다. 그러나 본 발명은 일반적인 연접 부호 방법의 기술들과는 다르게 외부 부호와 내부 부호가 전부 원 데이터만을 부호의 메시지로 사용한다. 도 5와 도 6을 비교해 보면 이와 같은 특징이 나타나 있다.

[0040] 도 5는 종래 기술의 일실시예에 따른 연접 부호 순방향 오류 정정 방법의 구조를 나타내는 도면이다.

[0041] 도 5에 도시된 바와 같이, 일반적인 연접 부호 순방향 오류 정정 방법에서 우선 외부 부호기는 원시 데이터(510)를 부호의 데이터로 취급하여 외부 부호 패리티(520)를 생성하고, 내부 부호기는 원 데이터와 외부 부호 패리티 전체를 부호어의 데이터로 취급하여 내부 부호 패리티(530)를 생성하게 된다.

[0042] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 연접 부호 순방향 오류 정정 방법의 구조를 나타내는 도면이다. 본 발명에서는 도 6과 같이 외부 부호기가 원시 데이터(610)를 부호의 데이터로 취급하여 외부 부호 패리티(620)를 생성하는 것은 동일하나, 내부 부호기는 외부 부호 패리티를 제외하고 원시 데이터만을 부호의 데이터로 취급하여 내부 부호 패리티(630)를 생성하게 된다. 외부/내부 부호의 패리티는 복호기를 지난 후 버려지게 되기 때문에 내부 부호가 외부 부호의 오류를 반드시 정정해 주어야 하는 당위성은 적다. 하지만 정정 불가능한 오류 패턴 발생 가능성을 최대한 낮추기 위해 내부 부호의 도움을 받지 못하는 외부 부호의 오류 정정능력은 일반적인 연접 부호 순방향 오류 정정 방법의 외부 부호보다 더 높게 설정한다.

[0043] 하나의 OTU4 프레임은 32640 비트로 구성되어 있다. 그 중 원시 데이터와 패리티에는 각각 30592 비트와 2048 비트가 할당되어 있다.

[0044] 본 발명의 실시예에서는 8채널로 구성된 BCH(3920,3824,8) 외부 부호를 사용하는데, 외부 부호의 데이터 길이가 3824 비트이므로 8채널의 경우 30592 비트로 OTU4 프레임의 데이터를 전부 커버한다. 패리티는 각 채널마다 96 비트씩 8 채널이므로 2048 비트 중에서 768비트를 사용하게 된다.

[0045] BCH(996,956,4) 내부 부호는 32채널로 구성되어 있으며, 내부 부호의 데이터 길이가 956 비트이므로 32채널의 경우 외부 부호와 동일하게 총 30592 비트가 된다. 패리티는 각 채널마다 40 비트씩 32 채널이므로 총 1280 비트를 사용하게 된다. 8채널 외부 부호가 사용하는 패리티량이 총 768 비트이므로, 내부 부호가 사용하는 패리티 총량인 1280 비트와 더하면 OTU4 프레임 구조에서 패리티로 할당된 공간인 2048 비트와 정확히 일치하게 된다.

[0046] 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 OTU4의 한 개의 프레임 내부에서 외부 부호가 어떻게 정렬되는지를 설명한다. OTU4 프레이머(framer)로부터 데이터는 128비트로 이루어진 심볼(710)이 1개씩 순차적으로 전송되게 되는데, 외부 부호에서 1개의 심볼의 구조는 각 채널마다 16비트씩, 8개의 채널(720)로 나누어져 처리되어진다. 이런 방법으로 총 255개의 심볼이 처리되고 나면 하나의 프레임이 전부 처리되게 된다. 외부 부호가 처리될 때는 채널별로 160비트씩(721) 총 1280비트가 저장되어 있는 내부 부호 패리티(731)에는 아무 조작을 가하지 않고

통과시키게 된다.

[0047] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 OTU4의 한 개의 프레임 내부에서 내부 부호가 어떻게 정렬되는지를 설명한다. 32개의 채널(810)로 이루어진 내부 부호는 각 심볼이 채널별로 4비트씩 나누어져 처리되어진다. 외부 부호와 마찬가지로 255개의 심볼이 처리되고 나면 하나의 프레임(820)이 전부 처리되게 되며 내부 부호가 처리될 때는 채널별로 24비트씩(811) 총 768비트가 저장되어 있는 외부 부호 패리티(821)에 아무 조작을 가하지 않고 통과 시키게 된다.

[0048] 상기와 같이 연접 BCH 기반의 고성능 순방향 오류 정정 시스템 구조는 10^{-15} 복호기 출력 비트 에러율에서 높은 코딩 이득 성능을 제공하며 OTU4 프레임, 표준 RS(255,239,8) 순방향 오류 정정 시스템과 완벽히 호환된다. 따라서 본 발명의 일실시예는 광대역 장거리 광통신 시스템을 위한 고속 순방향 오류 정정 시스템의 응용분야에 잠재 적용 실예를 가지고 있다.

[0049] 또한, 본 발명의 실시예들은 DVB-T2 / S2 모바일 방송 시스템 및 하드디스크, CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 메모리 시스템의 순방향 오류 정정 시스템이 포함된다.

[0050] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 따라서 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 구성들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

부호의 설명

[0051] 310 : BCH(3920,3824,8) 외부 부호기

320 : BCH(996,956,4) 내부 부호기

330 : BCH(996,956,4) 내부 복호기

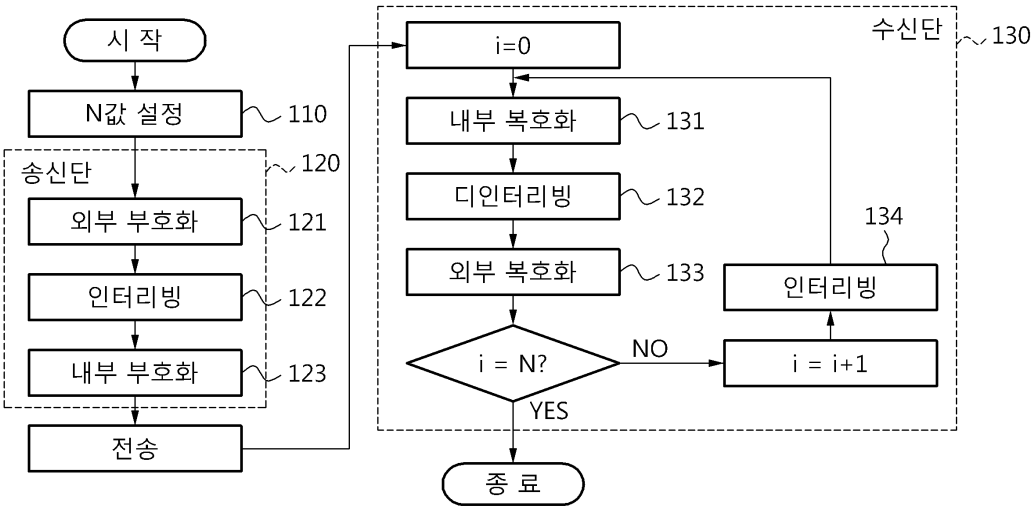
340 : BCH(3920,3824,8) 외부 복호기

350 : 인터리버

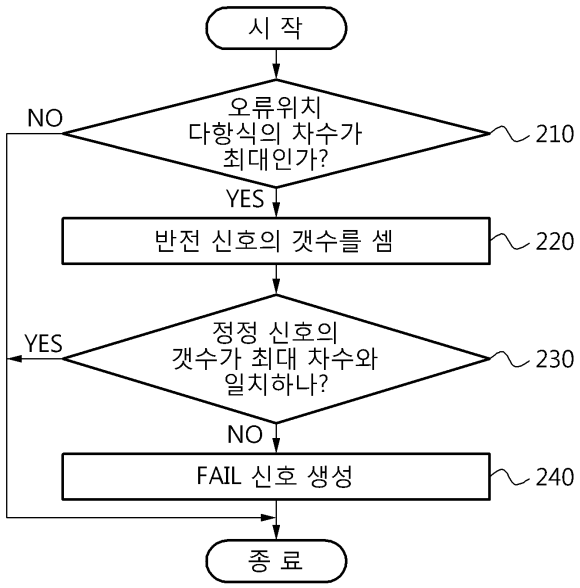
360 : 디인터리버

도면

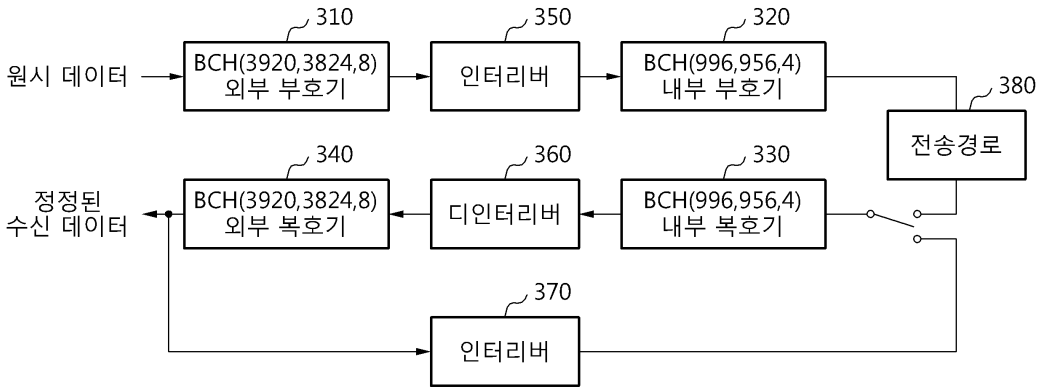
도면1


시 작
N값 설정
110
송신단
120
외부 부호화
121
인터리빙
122
내부 부호화
123
전송
수신단
130
i=0
내부 복호화
131
디인터리빙
132
외부 복호화
133
i = N?
NO
YES
134
인터리빙
i = i+1
종 료

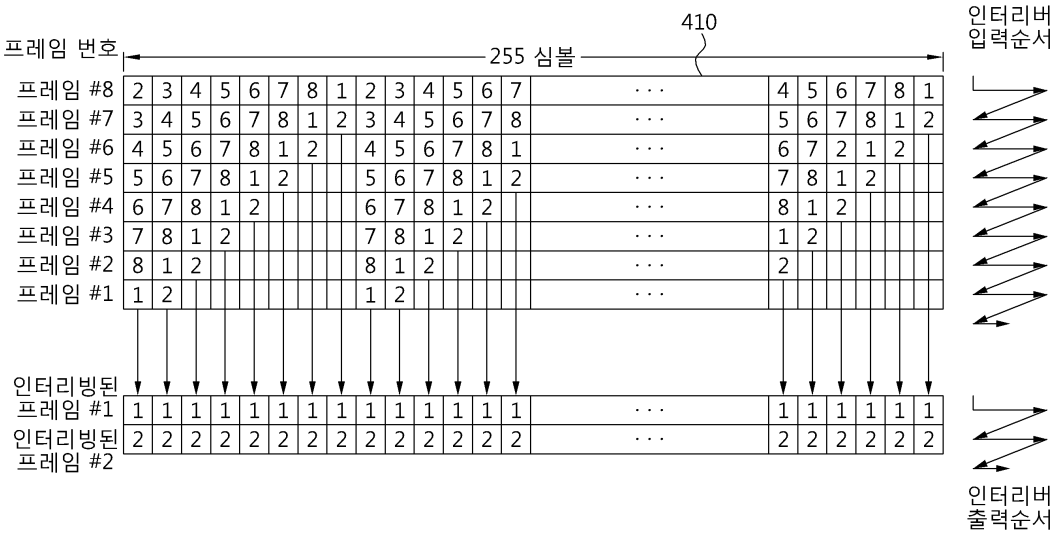
도면2


시 작
NO
오류위치
다항식의 차수가
최대인가?
210
YES
반전 신호의 갯수를 셈
220
YES
정정 신호의
갯수가 최대 차수와
일치하나?
230
NO
FAIL 신호 생성
240
종 료

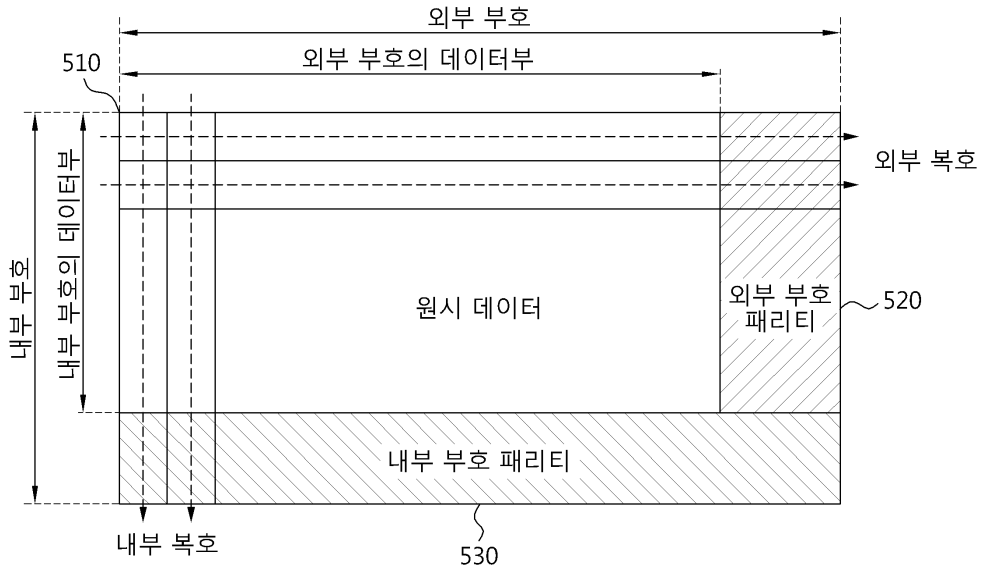
도면3


310
350
320
원시 데이터
BCH(3920,3824,8)
외부 부호기
인터리버
BCH(996,956,4)
내부 부호기
380
전송경로
340
360
330
정정된
수신 데이터
BCH(3920,3824,8)
외부 복호기
디인터리버
BCH(996,956,4)
내부 복호기
370
인터리버

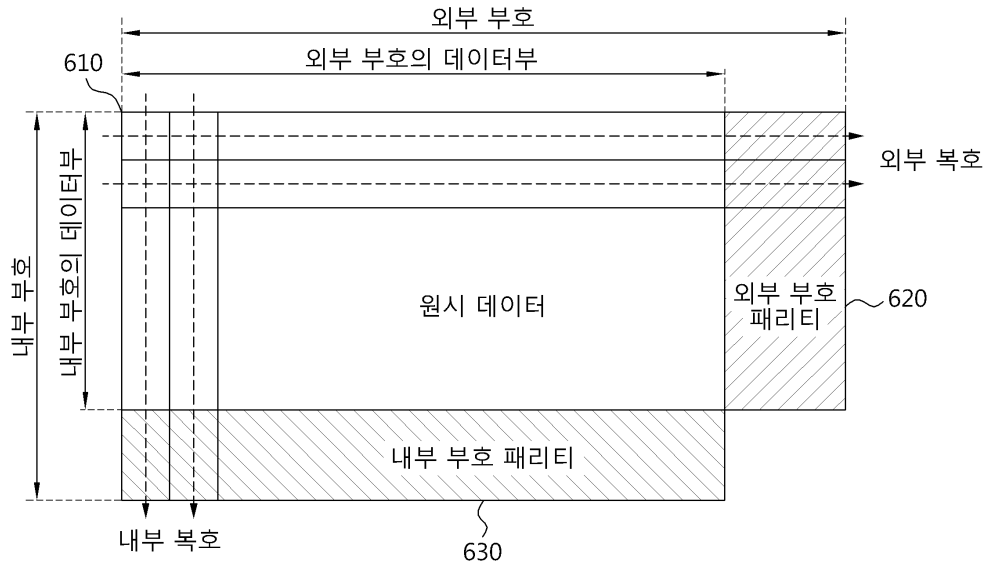
도면4


410
인터리버
입력순서
프레임 번호
255 심볼
프레임 #8
프레임 #7
프레임 #6
프레임 #5
프레임 #4
프레임 #3
프레임 #2
프레임 #1
인터리빙된
프레임 #1
인터리빙된
프레임 #2
인터리버
출력순서

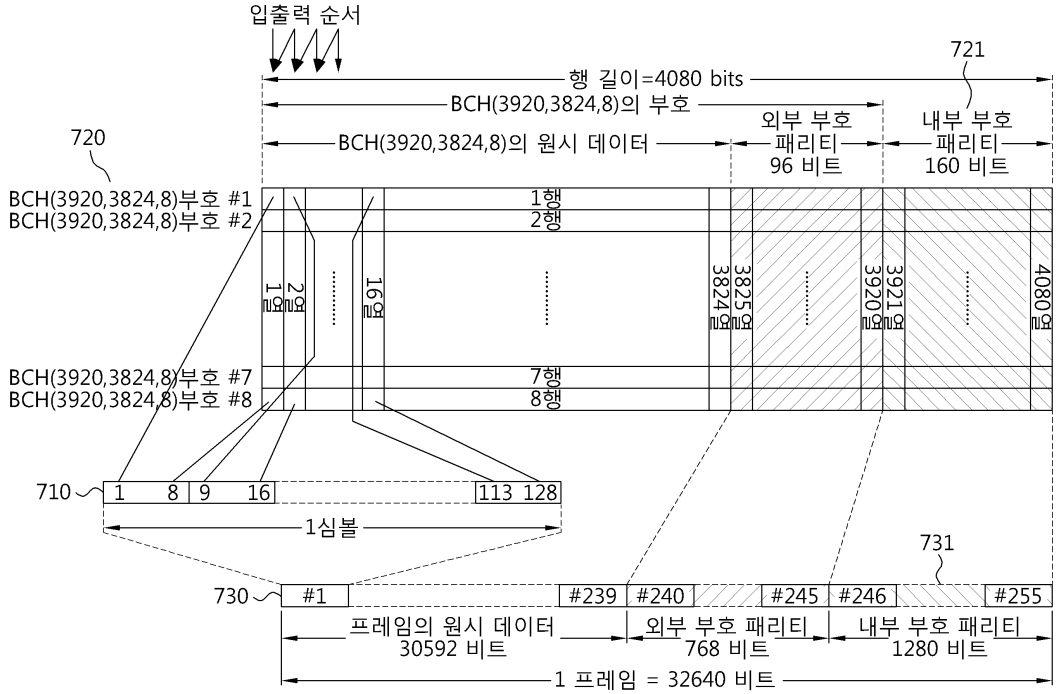
도면5


외부 부호
외부 부호의 데이터부
510
외부 복호
원시 데이터
외부 부호
패리티
520
내부 부호 패리티
내부 복호
530

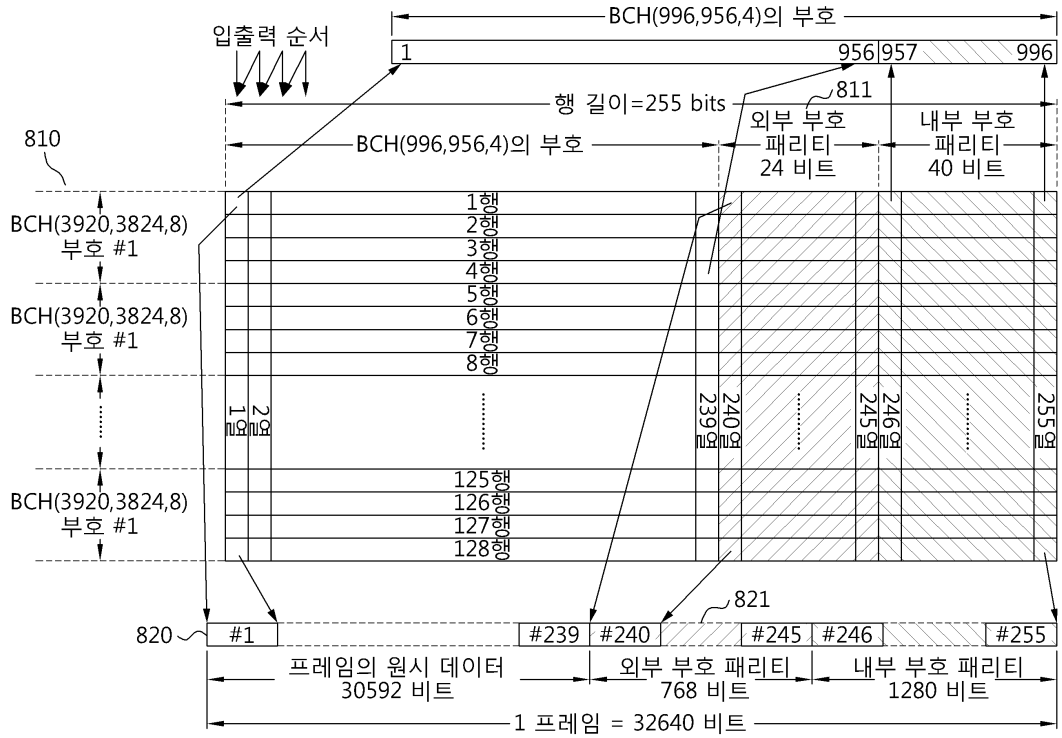
도면6


외부 부호
외부 부호의 데이터부
610
외부 복호
원시 데이터
외부 부호
패리티
620
내부 부호 패리티
내부 복호
630

도면7


입출력 순서
721
행 길이=4080 bits
BCH(3920,3824,8)의 부호
외부 부호 패리티 96 비트
내부 부호 패리티 160 비트
720
BCH(3920,3824,8)의 원시 데이터
BCH(3920,3824,8)부호 #1
BCH(3920,3824,8)부호 #2
BCH(3920,3824,8)부호 #7
BCH(3920,3824,8)부호 #8
1행
2행
7행
8행
1열
2열
16열
3824열
3825열
3920열
3921열
4080열
710
1 8 9 16 113 128
1심볼
731
730
#1 #239 #240 #245 #246 #255
프레임의 원시 데이터 30592 비트
외부 부호 패리티 768 비트
내부 부호 패리티 1280 비트
1 프레임 = 32640 비트

도면8


BCH(996,956,4)의 부호
입출력 순서
1
956
957
996
행 길이=255 bits
811
외부 부호 패리티 24 비트
내부 부호 패리티 40 비트
810
BCH(996,956,4)의 부호
BCH(3920,3824,8) 부호 #1
BCH(3920,3824,8) 부호 #1
BCH(3920,3824,8) 부호 #1
1행
2행
3행
4행
5행
6행
7행
8행
125행
126행
127행
128행
1열
2열
239열
240열
245열
246열
255열
821
820
#1 #239 #240 #245 #246 #255
프레임의 원시 데이터 30592 비트
외부 부호 패리티 768 비트
내부 부호 패리티 1280 비트
1 프레임 = 32640 비트