



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0104343
(43) 공개일자 2013년09월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H03M 13/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2012-0025753

(22) 출원일자 2012년03월13일

심사청구일자 2012년03월13일

(71) 출원인

한국기술교육대학교 산학협력단

충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600 (한
국기술교육대학교)

(72) 발명자

김한중

서울특별시 강남구 대치동 미도아파트 209동 120
6호

김봉구

충청남도 천안시 서북구 쌍용2동 월봉 현대아파트
502동 1203호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 아이퍼스

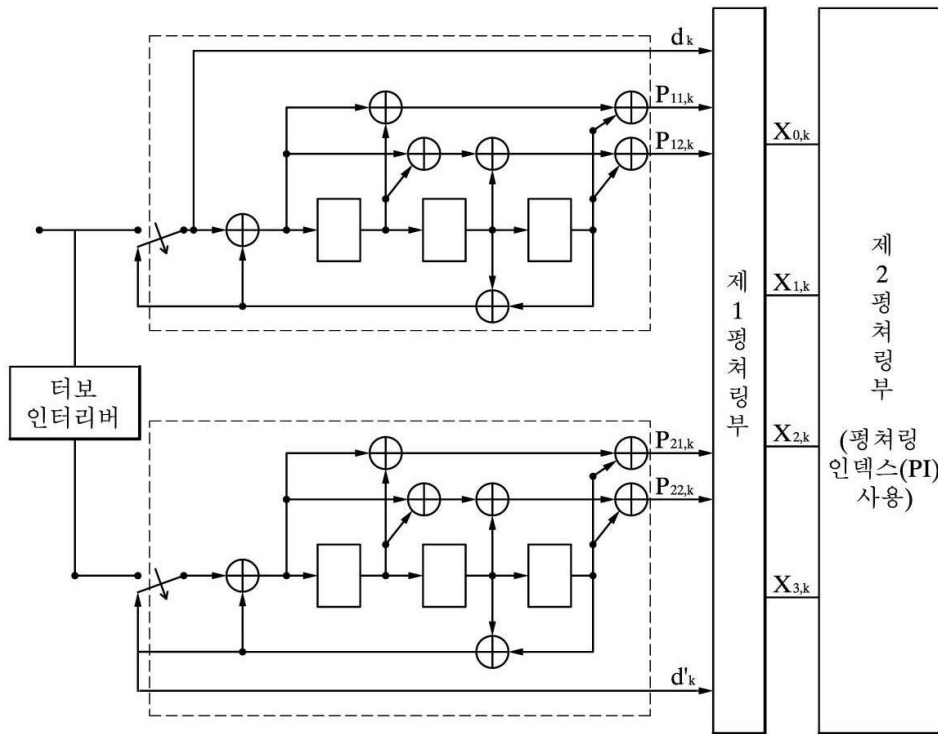
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 터보부호를 적용한 터보부호기 및 그 터보부호기를 적용한 T-DMB 시스템

(57) 요약

본 발명은 T-DMB 시스템을 위한 터보부호기 및 그 터보부호기를 적용한 T-DMB 시스템에 대한 것이다. 보다 상세하게는, 터보부호를 적용한 터보부호기에 있어서, 터보 인터리버; 인터리버에 연결되며, 스위칭을 통해 피드백되어지는 값을 꼬리비트로 사용하여 레지스트 값을 0으로 초기화시키며 제1체계적 성분과 2개의 제1패리티비트를 출력하는 제1구성코드; 인터리버와 연결되며, 스위칭을 통해 피드백되어지는 값을 꼬리비트로 사용하여 레지스트 값을 0으로 초기화시키며 제2체계적 성분과 2개의 제2패리티비트를 출력하는 제2구성코드; 제1구성코드에서 출력되는 제1체계적성분과 2개의 제1패리티비트 및 제2구성코드에서 출력되는 2개의 제2패리티비트인 5개의 비트를 입력받아 제1평처링과정에 의해 4개의 비트를 출력시키는 제1평처링부; 및 제1평처링부에서 출력된 4개의 비트를 입력받아 제2평처링과정에 의해 3개의 비트를 출력시키는 제2평처링부를 포함하는 것을 특징으로 하는 터보부호를 적용한 터보부호기를 적용한 T-DMB 시스템에 관한 것이다.

대표도



(72) 발명자

심승보

충청남도 아산시 온천2동 87-11

이이극

중국 저장 프로빈스 통샹 시티, 충푸 타운 지안캉
로드 #1

특허청구의 범위

청구항 1

터보부호를 적용한 터보부호기에 있어서,

터보 인터리버;

상기 인터리버에 연결되며, 스위칭을 통해 피드백되어지는 값을 꼬리비트로 사용하여 레지스트 값을 0으로 초기화시키며 제1체계적 성분과 2개의 제1패리티비트를 출력하는 제1구성코드;

상기 인터리버와 연결되며, 스위칭을 통해 피드백되어지는 값을 꼬리비트로 사용하여 레지스트 값을 0으로 초기화시키며 제2체계적 성분과 2개의 제2패리티비트를 출력하는 제2구성코드;

상기 제1구성코드에서 출력되는 상기 제1체계적성분과 2개의 제1패리티비트 및 상기 제2구성코드에서 출력되는 2개의 상기 제2패리티비트인 5개의 비트를 입력받아 제1평처링과정에 의해 4개의 비트를 출력시키는 제1평처링부; 및

상기 제1평처링부에서 출력된 4개의 비트를 입력받아 제2평처링과정에 의해 3개의 비트를 출력시키는 제2평처링부를 포함하는 것을 특징으로 하는 터보부호를 적용한 터보부호기.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 제1구성코드와 상기 제2구성코드는 구속장의 길이가 4이고 부호율이 1/3인 것을 특징으로 하는 터보부호를 적용한 터보부호기.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 터보부호기는 RS 부호기 및 콘볼루션 인터리버를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 터보부호를 적용한 터보부호기.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항의 터보부호기와 상기 터보부호기에 의해 부호화된 신호를 수신하여 복호화하는 터보복호기를 포함하는 것을 특징으로 하는 터보부호기를 적용한 T-DMB 시스템.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 터보복호기는,

상기 터보부호기에 구비된 제1구성코드에서 출력된 제1체계적 성분, 상기 제1구성코드에 의해 부호화된 제1패리티비트 및 사전정보를 입력받아 체계적 정보비트의 제1 LLR값과 잉여정보를 출력하는 제1복호기;

상기 제1복호기에서 출력되는 제1 LLR값과 잉여정보 및 상기 터보부호기에 구비된 제2구성코드에 의해 부호화된 제2패리티비트를 입력받아 제2 LLR값을 출력하는 제2복호기; 및

상기 제2복호기에서 출력되는 제2 LLR값을 디인터리빙하는 디인터리빙부를 포함하는 것을 특징으로 하는 터보부호기를 적용한 T-DMB 시스템.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 제1복호기는 MAP알고리즘을 이용하여 상기 제1 LLR값과 잉여정보를 출력하고, 상기 제2복호기는 MAP알고리즘을 이용하여 상기 제2 LLR값을 출력하는 것을 특징으로 하는 터보부호기를 적용한 T-DMB 시스템.

명세서

기술분야

- [0001] 본 발명은 T-DMB 시스템을 위한 터보부호기 및 그 터보부호기를 적용한 T-DMB 시스템에 대한 것이다. 보다 상세하게는, 기존 T-DMB 시스템의 펄처링절차를 수정함없이 터보부호화가 가능한 터보부호기를 적용한 T-DMB 시스템에 관한 것이다.

배경기술

- [0002] 1990년대 중반 유럽에서 디지털 오디오 방송(DAC) 시스템에 의해 방송이 시작된 이래로, 매우 다양한 어플리케이션들이 많은 나라에 소개되어 졌다. 희망적으로 대한민국에서 지상파 DMB 시스템(terrestrial Digital Multimedia Broadcasting, T-DMB)이 개발되었고, 그것은 DAB 내에 비디오 시스템을 기반으로 할 수 있다. T-DMB 시스템은 DAB시스템을 기반으로 하기 때문에, MPEG-2 포맷 내지 MPEG-4 포맷 컨버터로 구성되는 엑스트라 펄셔널 블록(extra functional block) 및 더욱 향상된 비트 에러율(bit error rate, BET)실행을 달성하기 위한 FEC(forward error correction) 블록을 포함하고 있다.
- [0003] 종래 지상파 DMB시스템은 통상적으로 송신단에서 RS 부호기와 콘볼루션 인터리버 및 콘볼루션 부호기를 통하여 부호화하고 펄처링 절차를 거쳐 통신수단에 의해 전송되어 비터비 복호기를 통해 수신되게 된다.
- [0004] 디지털 신호는 무선 통신 시스템에서 다양한 전파 경로(propagation path)를 거치며 전송된다. 또한, 디지털 신호는 CD(compact disc)나 DVD(digital versatile disc)와 같은 기록 매체로부터 재생된다. 디지털 신호는 다양한 채널을 통해 전송, 재생되면서 잡음이나 변형으로 인한 다양한 데이터 에러가 포함될 수 있다.
- [0005] 데이터 에러를 정정하기 위한 기법 중 하나가 에러 정정 기법이다. 에러 정정 기법은 데이터에 여분의 코드를 추가하여, 데이터에 오차가 포함되더라도 정정된 데이터가 복원되도록 한다.
- [0006] 에러 정정 기법 중 하나가 터보 부호이다. 고전적인 터보 부호는 하나의 입력에 이중 이진(duo-binary) 재귀적 조직형 콘볼루션(recursive systematic convilutional) 부호를 이용한다. 고전적인 터보 부호에서 한번에 하나의 입력에 대해서만 처리하는 것과 달리 동시에 다수의 입력을 처리하는 비-이진 터보 부호(non-binary turbocode)가 소개되고 있다. 비-이진 터보 부호에 관한 일례는 C. Berrou, M. Jezequel, C. Douillard, and S.Kerouedan, The advantages of nonbinary turbo codes, Proc. Inf. Theory Workshop, Cairns, Australia, Sep. 2001, pp. 61-63 를 참조할 수 있다.
- [0007] 비-이진 터보 부호의 고전적인 터보 부호에 대한 장점으로 인하여 비-이진 터보 부호의 하나인 이중-이진 터보 부호(duo-binary turbo code)가 DVB-RCS(digital video broadcasting - return channel over satellite) 표준(ETSI 301 790)과 국제전자전기공학회(IEEE) 802.11 및 802.16 표준 등에서 채택되고 있다. 이들 표준에서는 이중-이진 터보 부호를 콘볼루션 터보 부호(convolutional turbo code)라고도 한다. 부호율(code rate)은 정보 비트열(information bit stream)의 길이/부호화 비트열(coded bit stream)의 길이로 정의할 수 있다. 부호율이 1/3인 경우 부호화 비트열의 길이가 3n일 때, 정보 비트열의 길이는 n이 된다. 터보 부호는 입력되는 정보 비트열의 길이가 길어질수록 부호 비트열의 길이가 길어지므로 성능이 향상된다.
- [0008] 기존의 시스템에서 펄처링 절차를 수정함 없이, 터보부호를 T-DMB시스템에 적용하여 성능을 개선시킬 수 있는 방법 및 시스템이 요구되었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 도출된 것으로, 기존 T-DMB 시스템의 평처링절차를 수정함없이 터보부호화가 가능한 터보부호기를 적용한 T-DMB 시스템을 제공하게 된다.
- [0010] 본 발명의 그 밖에 목적, 특정한 장점들 및 신규한 특징들은 첨부된 도면들과 관련되어 이하의 상세한 설명과 바람직한 실시예로부터 더욱 명확해질 것이다.

과제의 해결 수단

- [0011] 본 발명의 목적은, 터보부호를 적용한 터보부호기에 있어서, 터보 인터리버; 인터리버에 연결되며, 스위칭을 통해 피드백되어지는 값을 꼬리비트로 사용하여 레지스트 값을 0으로 초기화시키며 제1체계적 성분과 2개의 제1패리티비트를 출력하는 제1구성코드; 인터리버와 연결되며, 스위칭을 통해 피드백되어지는 값을 꼬리비트로 사용하여 레지스트 값을 0으로 초기화시키며 제2체계적 성분과 2개의 제2패리티비트를 출력하는 제2구성코드; 제1구성코드에서 출력되는 제1체계적성분과 2개의 제1패리티비트 및 제2구성코드에서 출력되는 2개의 제2패리티비트인 5개의 비트를 입력받아 제1평처링과정에 의해 4개의 비트를 출력시키는 제1평처링부; 및 제1평처링부에서 출력된 4개의 비트를 입력받아 제2평처링과정에 의해 3개의 비트를 출력시키는 제2평처링부를 포함하는 것을 특징으로 하는 터보부호를 적용한 터보부호기로서 달성될 수 있다.
- [0012] 제1구성코드와 제2구성코드는 구속장의 길이가 4이고 부호율이 1/3인 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0013] 터보부호기는 RS 부호기 및 콘볼루션 인터리버를 더 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0014] 본 발명의 제2목적은 앞서 언급한 터보부호기와 터보부호기에 의해 부호화된 신호를 수신하여 복호화하는 터보복호기를 포함하는 것을 특징으로 하는 터보부호기를 적용한 T-DMB 시스템으로서 달성될 수 있다.
- [0015] 터보복호기는, 터보부호기에 구비된 제1구성코드에서 출력된 제1체계적 성분, 제1구성코드에 의해 부호화된 제1패리티비트 및 사전정보를 입력받아 체계적 정보비트의 제1 LLR값과 잉여정보를 출력하는 제1복호기; 제1복호기에서 출력되는 제1 LLR값과 잉여정보 및 터보부호기에 구비된 제2구성코드에 의해 부호화된 제2패리티비트를 입력받아 제2 LLR값을 출력하는 제2복호기; 및 제2복호기에서 출력되는 제2 LLR값을 디인터리빙하는 디인터리빙부를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0016] 제1복호기는 MAP알고리즘을 이용하여 제1 LLR값과 잉여정보를 출력하고, 제2복호기는 MAP알고리즘을 이용하여 제2 LLR값을 출력하는 것을 특징으로 할 수 있다.

발명의 효과

- [0017] 따라서, 설명한 바와 같이 본 발명의 실시예에 의하면, 기존 T-DMB 시스템의 평처링절차를 수정함없이 터보부호화가 가능한 터보부호기를 적용하여 성능을 개선시킬 수 있는 효과를 갖는다.
- [0018] 비록 본 발명이 상기에서 언급한 바람직한 실시예와 관련하여 설명되어 졌지만, 본 발명의 요지와 범위로부터 벗어남이 없이 다른 다양한 수정 및 변형이 가능한 것은 당업자라면 용이하게 인식할 수 있을 것이며, 이러한 변경 및 수정은 모두 첨부된 특허 청구 범위에 속함은 자명하다.

도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1은 종래 RS 부호기, 콘볼루션 인터리버 및 콘볼루션 부호기를 갖는 T-DMB시스템, 본 발명의 제1실시예에 따른 종래 RS 부호기, 콘볼루션 인터리버 및 콘볼루션 부호기를 터보부호기로 대체한 T-DMB시스템 및 본 발명의 제2실시예에 따른 종래 RS 부호기를 터보부호기로 대체한 T-DMB시스템의 블록도,
- 도 2는 표준 T-DMB에서의 전송 프레임 구조와 변조기의 블록도,
- 도 3은 종래 T-DMB에서의 RS 패킷 구조,
- 도 4는 인덱스에 따른 부호율 평처링 벡터(V_{PI}),
- 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 구속장의 길이가 4이고 부호율이 1/3인 2개의 구성코드를 갖는 터보부호기의 구성도
- 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 새로운 평처링과정에 대한 평처링 벡터,

도 7은 본 발명의 제1실시예와 제2실시예에 따른 터보부호기가 적용된 T-DMB시스템의 구성도,

도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 터보복호기의 구성도,

도 9는 레일레이 채널 내에서 544kbps 비디오 전송을 위한 BER 그래프를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 쉽게 실시할 수 있는 실시예를 상세히 설명한다. 다만, 본 발명의 바람직한 실시예에 대한 동작 원리를 상세하게 설명함에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0021] 또한, 도면 전체에 걸쳐 유사한 기능 및 작용을 하는 부분에 대해서는 동일한 도면 부호를 사용한다. 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 연결되어 있다고 할 때, 이는 직접적으로 연결되어 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고, 간접적으로 연결되어 있는 경우도 포함한다. 또한, 어떤 구성요소를 포함한다는 것은 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라, 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0022] 이하에서는 설명되는 본 발명의 일실시예에서는 터보 부호화된 지상파 DMB(T-DMB) 시스템 모델의 2가지 유형을 제한한다. 또한, 본 발명의 일실시예에 따르면, 호환을 위해 표준 지상파 DMB에서 정의된 펄칭(puncturing) 벡터와 펄칭 절차를 수정없이 사용할 수 있는 2가지 유형의 터보 부호화 지상파 DMB시스템을 제공하게 된다.
- [0023] 본 발명의 제1실시예에 따른 터보 부호 T-DMB 시스템은 기존의 리드-솔로몬(Reed-Solomon, 이하 RS) 부호, 콘볼루션 인터리버(convolutional interleaver) 및 펄칭드 콘볼루션(RCPC:Rate Compatible Punctured Convolutional) 부호를 대체할 수 있다. 그리고, 본 발명의 제2실시예에 따른 터보 부호 T-DMB 시스템은 터보코드에 의해 종래 RCPC 코드를 대체할 수 있다. 또한, 후에 설명된 시뮬레이션 결과와 같이, 본 발명의 제 1 및 제 2 실시예에 따른 2개의 터보 코드화된 시스템은 단 2 번의 반복 연산(iteration) 후에 상당히 효율적인 게인(gain)을 얻을 수 있게 된다.
- [0024] 1990년대 중반 유럽에서 디지털 오디오 방송(DAC) 시스템에 의해 방송이 시작된 이래로, 매우 다양한 어플리케이션들이 많은 나라에 소개되어 졌다. 희망적으로 대한민국에서 지상파 DMB 시스템(terrestrial Digital Multimedia Broadcasting, T-DMB)이 개발되었고, 그것은 DAB 내에 비디오 시스템을 기반으로 할 수 있다. T-DMB 시스템은 DAB시스템을 기반으로 하기 때문에, MPEG-2 포맷 내지 MPEG-4 포맷 컨버터로 구성되는 엑스트라 펄셔널 블록(extra functional block) 및 더욱 향상된 비트 에러율(bit error rate, BET)실행을 달성하기 위한 FEC(forward error correction) 블록을 포함하고 있다.
- [0025] FEC 블록은 RS(Reed-Solomon) 부호기/복호기 및 콘볼루션 인터리버/디인터리버로 구성되어, 비디오 서비스를 위해 10^{-8} BER 율을 달성할 수 있다. 더 낮은 이러한 에러율을 달성하기 위한 본 발명의 일실시예에서는 도 1에 도시된 바와 같은 2가지 유형으로 터보 코드화된 T-DMB 시스템을 제한하고 있다.
- [0026] 본 발명의 제1실시예에 따른 터보 부호화된 T-DMB 시스템은 호환성(compatibility)을 위해 T-DMB 내에 정의된 펄칭 절차와 펄칭 벡터를 수정하지 않고, 터보 부호에 의해 종래 RS 부호, 인터리버/디인터리버 블록 및 RCPC 부호(Rate Compatible Punctured Convolutional Code)를 대신하게 된다. 그리고, 본 발명의 제2실시예에 따른 터보 부호화된 T-DMB시스템은 터보 부호에 의해 RCPC 부호를 대신하게 된다. 터보 코드화된 시스템의 실행은 후에 시뮬레이션 결과에서 보는 바와 같이, 레일레이 페이딩 채널(Rayleigh fading channel) 하에서 표준시스템과 비교되어 질 수 있다.
- [0027] 이하에서는 종래 통상적인 T-DMB 시스템의 구조에 대해 설명하도록 한다. 먼저, 디지털 오디오 방송(DAB) 시스템은 10^{-4} 이하로 요구된 BER을 갖는 데이터 서비스와 CD 퀄리티와 같은 오디오 품질을 제공하기 위해 설계되어진다. 요구되는 BER를 달성하기 위해서는 오직 RCPC 부호가 적용되어진다. 그러나, MPEG-4 스트림의 비디오 서

비스를 갖는 T-DMB 시스템을 위해 BER은 추가되는 FEC 블록에 의해 10^{-8} 이하가 되어야만 한다. 도 2는 표준 T-DMB에서의 전송 프레임 구조와 변조기의 블록도를 도시한 것이다. 도 2에 도시된 바와 같이, 변조기는 콘볼루션 부호 블록에 FEC 블록이 추가되어 있음을 알 수 있다. 그리고, 도 2에 도시된 바와 같이, T-DMB 시스템에서 전송되는 신호는 동기채널(SC), 빠른정보 채널(FIC), 주서비스채널(MSC)의 3개의 채널로 이루어진 전송 프레임으로 구성됨을 알 수 있다.

[0028] 또한, 도 2에 도시된 바와 같이, 비디오 서비스를 위해 추가된 FEC 블록은 더 낮은 에러율을 달성하기 위해 RS 부호기와 콘볼루션 인터리버를 포함하고 있음을 알 수 있다. RS 부호로서, RS(255,239,8)의 짧은 형태인 RS(204,188,8)가 사용되어지게 된다.

[0029] 이러한 RS 부호는 갈로아 필드($GF(2^8)$) 내에서 정의되어 진다. 도 3은 RS 패킷의 구조를 도시한 것이다. 도 3에 도시된 바와 같이, RS 부호기를 위해 입력되는 MPEG-2 TS 패킷 각각의 길이는 188 바이트이고, 16 패리티 바이트(parity bytes)가 출력 패킷의 204 바이트를 만들기 위해 추가되어 진다. 콘볼루션 인터리버는 12개의 브랜치(branches)를 사용하고, T-DMB 리시버에서 임의로 버스트 에러(burst error)를 분해하는 역할을 수행한다.

[0030] 빠른정보채널(FIC:Fast Information Channel) 내에 제어정보 그리고, 주서비스채널(MSC:Main service channel) 내에 비디오서비스, 오디오서비스 및 데이터 서비스는 8/32, 8/31, ..., 8/9를 이용할 수 있는 부호율을 갖는 RCPC 부호에 의해 부호화되어 진다. 이러한 펄스 코딩 변조(RCPC) 부호기는 서비스의 형태, 비트율, 에러보호 레벨에 따라 균등에러보호(EEP : Equal Error Protection)과 비균등에러보호차등(UEP : Unequal Error Protection)의 적용을 허용한다.

[0031] 다양한 심볼들 상에서 인터리빙되는(interleaving) 시간(인터리빙 깊이:384ms)은 통신 채널의 시간선택(selectivity)을 극복하기 위해 주서비스채널(MSC) 내에서 채택되어 진다. 제어 데이터는 각 전송 프레임 내에 주서비스채널(MSC) 부분의 복호화와 역다중화(demultiplexing)를 위해 필요하기 때문에, 인터리빙 시간이 FIC를 위해 채택되지 않는다.

[0032] 부호화와 시간축 인터리빙 비트(time interleaved bits)는 QPSK 심볼들 상에서 지도화되고, 쌍비트(dibit)로 짝지어 지게 된다. QPSK 심볼들은 주파수 인터리버(인터리빙 깊이:1.536MHz)에 의해 통신 채널의 주파수 선택도를 극복하기 위해 광역폭 다중반송파 세트(wideband multicarrier set) 상에서 재명령되어 진다.

[0033] 그리고, $\pi/4$ 쉬프트 DQPSK 변조(modulation)는 각 부반송파(subcarrier) 상에 QPSK 심볼들에 적용된다. 가상 반송파(virtual carrier)는 OFDM 변조를 수행하는 IFFT에 적용되고, 2개의 파워가 되어지는 심볼마다 여러 부반송파를 만들기 위해 0(zero)으로 패딩된다. 가드 간격(guard interval)은 채널 내에 다중 경로에 의해 발생하는 인터심볼 간섭을 흡수하기 위해 연속적 심볼들 사이의 천이(transition)에 삽입되어 진다.

[0034] 통신 채널을 통해 보내어진 후, 신호를 받은 COFDM은 첫째 동기화되고, FFT와 함께 복조화(demodulated) 된다. 각각의 부반송파 상에 데이터는 다르게(differentially) 디코딩되고, 동시에 주파수 내에서 디인터리빙되어 진다. 디인터리버의 출력은 비터비 복호기(Viterbi decoder)에 보내지기 전에 양자화(quantized) 된다. 소프트 결정 비터비 복호화(soft decision viterbi decoding)는 소정의 에러들을 바로잡기 위해 실행되어 진다. 비디오 서비스를 위해 비디오 신호는 더 낮은 BER을 위한 RS 복호기와 콘볼루션 디인터리버로 구성된 추가적인 블록을 통과하게(go through) 된다.

[0035] 이하에서는 T-DMB 시스템에서 사용되는 RCPC 부호에 대해 설명하도록 한다. 즉, T-DMB 시스템에서의 부호와 과정에 대해 설명하도록 한다. 먼저, DAB 시스템을 위한 채널 부호 단계는 RCPC 부호에 기반하게 된다. RCPC 부호는 균등에러보호(EEP)와 비균등에러보호(UEP) 모두를 허용하고, 비트 에러 선택도 특성(bit error selectivity

characteristics)에 매칭된다. DAB시스템에서 채널코딩과정은 $(a_i)_{i=0}^{I-1}$ I 비트를 입력받아 RCPC에 의해

$(b_i)_{i=0}^{M-1}$ M 비트를 출력한다. RCPC에서 모체코드로는 구속장의 길이가 7이고, 부호율이 1/4인 콘볼루션 부호가 사용된다. 모체 콘볼루션 부호는 I비트를 입력받고 6비트의 꼬리비트를 부가하여

$(x_{0,i}, x_{1,i}, x_{2,i}, x_{3,i})_{i=0}^{I+5} = (u_i)_{i=0}^{4I+23}$ 의 부호어를 출력한다. 모체부호로부터 발생하는 코드비트는 평

처링 절차에 의해 전송되어지지 않는다. 최초 4I 비트 $(u_i)_{i=0}^{4I-1}$ 는 N개의 128 비트블록으로 나누고 각 블록은 다시 4개의 32비트 서브블록으로 나눈다. 모든 서브블록은 평처링 인덱스(PI)값에 대한 도 4에 도시된 평처링 벡터(V_{PI})에 의하여 동일한 규칙에 의해 평처링된다. 각각의 인덱스 PI는 이하의 수학적 식 1에 의해 평처링 벡터 V_{PI} 와 일치된다.

[0036] (수학적 식 1)

[0037] $V_{PI} = (V_{PI,0}, V_{PI,1}, \dots, V_{PI,i}, \dots, V_{PI,31})$

[0038] 여기서, $V_{PI,i} = 1$ 은 일치되는 비트가 전송되어짐을 나타내고, $V_{PI,i} = 0$ 은 삭제된 위치를 나타낸다. 도 4에 도시된 평처링 벡터값에서, 부호율은 8/8+PI 로 주어진다. 즉, 평처링 절차는 1/4에서 8/9 사이에서 다양한 효율적

인 부호율을 허용하고 있다. 나머지 24비트 $(U_i)_{i=4I}^{4I+23}$ 는 수학적 식 2의 평처링 벡터를 사용하여 평처링되어 6비트 꼬리비트에 대한 12비트를 출력한다.

[0039] (수학적 식 2)

[0040] $V_T = (1100 \ 1100 \ 1100 \ 1100 \ 1100 \ 1100)$

[0041] 보호 프로파일(Protection profile)은 평처링 인덱스들이 적용된다. 이하의 표 1과 표 2은 전송 모드 I의 경우, FIC 및 주서비스채널(MSC)에서 적용되는 보호 프로파일을 나타낸다. 주서비스채널을 위해서는 단지 544kbps에서 비디오 서비스 만을 고려한다.

표 1

[0042]

I	M	L	L ₀	L ₁	V _{PI0}	V _{PI1}
768	2304	24	21	3	16	15

표 2

[0043]

I	M	L	L ₀	L ₁	V _{PI0}	V _{PI1}
13056	26112	408	405	3	8	7

[0044] 각 I-비트벡터로부터 발생된 시리얼(serial) 모체 부호는 128비트의 L 연속적인 블록들 내에서 나누어지게 된다. 첫째, L₀블록은 평처링 인덱스 V_{PI0}에 따라 평처링되어 진다. 나머지 L₁블록은 평처링 인덱스 V_{PI1}에 따라 평처링되어 진다. 이것은 약 1/3의 부호율과 일치되어 진다. 마지막으로, 6개의 꼬리비트로부터 발생되는 시리얼 모체부호의 나머지 24비트가 평처링되어 진다.

[0045] 그러므로 결론적으로 평처드 콘볼루션 부호인 M비트가 얻어지게 된다. 동일한 부호화 절차가 I-비트 벡터의 4개의 그룹에 적용되어 진다. MSC 내에 부호화 절차는 보호레벨, 전체 비트율, 전송되는 서비스 유형에 의존하게 된다. 모체 콘볼루션 부호기의 입력벡터는 I-비트벡터로 구성되고, I는 비트율 함수에 해당한다. 표 2는 보호레벨 3-A 및 비디오 비트율 544kbits/s를 위한 보호 프로파일을 나타내고 있다. 시리얼 모체 부호는 128비트의 408 블록들 내에서 나누어 지게 된다. 표 2에 나타난 평처링 벡터를 사용하게 됨으로써, 9 OFDM 심볼들 내에 전송되어지는 평처드 콘볼루션 부호 26112비트를 얻을 수 있다.

[0046] 이하에서는 본 발명의 일실시예에 따른 터보 코드화된 T-DMB 시스템의 구성 및 기능에 대해 설명하도록 한다. 본 발명의 일실시예에 따른 터보 코드화된 T-DMB 시스템은 터보 부호기와 터보 복호기를 포함하고 있다.

[0047] 도 4에 도시된 바와 같이, 도 4에 나타난 평처링 벡터에서 보는 바와 같이, 1에서 24까지의 모든 평처링 인덱스 값에 대하여 부호화된 4비트 중 처음 한 비트는 평처링되지 않고 언제나 전송된다는 사실을 알 수 있다. 그러므로, 종래 콘볼루션 부호와는 달리 터보부호는 체계적 부호로서 부호화되지 않는 정보비트열은 평처링되지 않고

그대로 전송되어야 하기 때문에 종래 콘볼루션 부호를 터보부호로 대체할 수 있다. 종래 콘볼루션 부호기를 터보부호기로 대체하기 위해서 평처링백터와 평처링절차를 수정할 필요는 없다.

[0048] 우선, 터보부호기를 설계하기 위해서는 구속장의 길이를 선택하여야 한다. 종래 콘볼루션 부호기는 구속장의 길이가 7인 것을 사용하므로 트렐리스 종결을 위해 레지스터를 0 상태로 만들기 위해서는 6비트의 꼬리비트가 필요함을 알 수 있다. 본 발명의 일실시예에 따른 터보 부호기 역시 꼬리비트로 6비트가 부가되어야 한다. 그러나 터보부호는 동일한 두 개의 구성코드(제1구성코드 및 제2구성코드)로 이루어진 경우만을 생각할 때, 트렐리스 종결을 위해 각 구성코드를 0 상태로 만들기 위해 구성코드 당 3비트씩의 꼬리비트가 할당되어야 한다. 따라서 설계할 터보부호기의 각 구성코드들은 구속장의 길이가 4인 것으로 설계되어 진다.

[0049] 또한, 전체 부호율(R)이 1/4인 부호를 얻기 위해서는 각 구성코드의 부호율이 1/2보다 작아야함을 알 수 있다. 두 개의 구성코드로 구성된 터보부호기에서 두 번째 구성코드의 체계적 성분은 전송되지 않으므로 만약 두 개의 구성코드의 부호율이 1/2일 경우 전체부호율은 1/3이 되어 종래 콘볼루션 부호기를 수정하여야 한다. 따라서 본 발명의 일실시예에 따른 터보부호기를 구성하는 각 구성코드의 부호율은 1/3이 되도록 하였다. 결국 본 발명의 일실시예에 따른 터보부호기를 구성하는 각 구성코드는 구속장의 길이가 4이고 부호율이 1/3인 것을 선택함이 바람직하다.

[0050] 따라서 본 발명의 일실시예에 따른 터보부호기는 부호율이 1/3인 구성코드로 구속장의 길이가 4인 유효자유거리가 최대인 최적의 구성코드를 사용하게 되고 이를 위한 코드발생기는 이하의 수학적 식 3으로 나타낼 수 있다.

[0051] (수학적 식 3)

$$G = \left[1, \frac{1+D+D^3}{1+D^2+D^3}, \frac{1+D+D^2+D^3}{1+D^2+D^3} \right]$$

[0052]

[0053] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 구속장의 길이가 4이고 부호율이 1/3인 2개의 구성코드를 갖는 터보부호기의 구성도를 도시한 것이다. 도 5에 도시된 바와 같이, 제1구성코드와 제2구성코드는 터보 인터리버를 거쳐 연결되어 있으므로 각 구성코드의 상태를 0으로 초기화하기 위한 꼬리비트의 값도 서로 달라야함을 알 수 있다. 그러므로 본 발명의 일실시예에서는 각 구성코드에서는 스위치를 사용하여 터보부호기에서 피드백되어 돌아오는 값을 꼬리비트로 사용하여 레지스터의 값을 0으로 초기화시키는 방법을 사용하게 된다.

[0054] 도 5에 도시된 바와 같이, d_k 와 d'_k 는 각 구성코드에 대한 체계적 성분이며, 따라서 d'_k 는 전송되지 않음을 알 수 있다. 그러므로 도 5에 도시된 바와 같이, 부호율이 1/3인 구성코드를 사용할 경우 터보 부호기의 전체 부호율은 1/5이 된다. 따라서 기존의 평처링과정을 수정함 없이 터보부호기를 적용하기 위해 부호율을 1/4로 낮춰주는 또 한 번의 평처링 과정이 필요함을 알 수 있다. 즉, $(d_k, P_{11,k}, P_{12,k}, P_{21,k}, P_{22,k})$ 의 다섯비트 중 네 비트만을 두 번째 평처링 단으로 보내주는 평처링 과정이 필요하다. 여기서 터보부호기는 체계적인 부호기이므로 d_k 는 반드시 전송되어야 한다.

[0055] 결과적으로 제1평처링부는 $(P_{11,k}, P_{12,k}, P_{21,k}, P_{22,k})$ 중 세 비트를 전송하기 위한 평처링이 이루어 진다. 제1평처링부에서 평처링되지 않고 전송되는 네비트는 다시 기존의 평처링단계를 거치게 되므로 제1평처링부의 평처링백터를 결정하는데 있어서 뒷단의 제2평처링부의 평처링 백터가 고려되어야 한다. 예를 들어 사용하는 PI 인덱스 16인 경우, $(d_k, P_{11,k}, P_{12,k}, P_{21,k}, P_{22,k})$ 의 다섯 비트 중 제1평처링부의 평처링과정에서 $P_{21,k}$ 을 제외한 $(d_k, P_{11,k}, P_{12,k}, P_{22,k})$ 의 네 비트를 전송하면 제2평처링부에서 평처링과정을 거쳐 $(d_k, P_{11,k}, P_{12,k})$ 의 세비트가 전송되게 된다. 이는 제1구성코드에 의한 패리티 비트만이 전송됨을 의미한다.

[0056] 그러나 제1평처링부의 평처링과정에서 $P_{22,k}$ 를 제외하고, $(d_k, P_{11,k}, P_{12,k}, P_{21,k})$ 의 네 비트를 전송하면 제2평처링부의 평처링과정을 거쳐 $(d_k, P_{11,k}, P_{21,k})$ 이 세 비트가 전송되게 되며, 이는 제1구성코드와 제2구성코드에 의한 패리티 비트가 하나씩 전송됨을 의미한다. 후자의 경우가 전자의 경우보다 성능이 우수함을 쉽게 예측할 수 있다. 여기서 패리티 비트로 $(P_{11,k}, P_{21,k})$ 이 전송되는 경우가 $(P_{12,k}, P_{22,k})$ 가 전송되는 경우보다 성능이 우수하다. 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 새로운 평처링과정에 대한 평처링 백터를 도시한 것이다.

[0057] 본 발명의 일실시예에 따른 꼬리비트에 대한 평처링 백터 역시 기존의 꼬리비트에 대한 평처링백터를 고려하여

설계하여야 한다. 꼬리비트는 제1구성코드와 제2구성코드의 상태를 0으로 초기화하기 위한 비트이므로 도 5에 도시된 터보부호기에서 (d_k, d'_k)가 전송되어야 한다. 본 발명의 일실시예에 따른 꼬리비트에 의해 생성된 부호어 ($d_k, d'_k, P_{11,k}, P_{12,k}, P_{21,k}, P_{22,k}$)에 대한 평처링 벡터는 이하의 수학적 식 4로서 나타낼 수 있다.

[0058] (수학적 식 4)

[0059] $V_T = (1\ 0\ 1\ 1\ 1\ 0\ 0\ 1\ 0\ 1\ 1\ 1\ 1\ 0\ 1\ 1\ 1\ 0\ 0\ 1\ 0\ 1\ 1\ 1\ 1\ 0\ 1\ 1\ 1\ 0\ 0\ 1\ 0\ 1\ 1\ 1)$

[0060] 처음 여섯 비트를 보면 ($d_k, P_{11,k}, P_{12,k}, P_{22,k}$)를 제2평처링부로 보냄으로써 제2평처링부에 의한 평처링과정을 거쳐 ($d_k, P_{11,k}$)이 전송되도록 한다. 다음 여섯 비트에 대해서는 ($d'_k, P_{12,k}, P_{21,k}, P_{22,k}$)를 제2평처링부에 보냄으로써 ($d'_k, P_{21,k}$)이 전송된다. 이를 반복하여 꼬리비트에 대한 체계적 성분으로 d_k, d'_k 가 각각 세비트씩 전송되며, 패리티 성분으로 $P_{11,k}, P_{21,k}$ 이 각각 세비트씩 전송된다. 이는 앞서 언급한 바와 같이, ($P_{11,k}, P_{21,k}$)이 전송되는 경우가 ($P_{12,k}, P_{22,k}$)가 전송되는 경우보다 성능이 우수하기 때문이다.

[0061] 도 7은 본 발명의 제1실시예와 제2실시예에 따른 터보부호기가 적용된 T-DMB시스템의 구성도를 도시한 것이다. 본 발명의 일실시예에 따른 터보부호기에 의해 종래 표준 T-DMB시스템에서 정의된 평처링절차와 평처링벡터를 교체할 필요없는 2가지 유형의 터보코드화된 T-DMB를 제공하게 된다. 제1실시예에 따른 터보부호기가 적용된 T-DMB시스템은 도 7에서 위에서 두번째 도시된 바와 같이, 종래 RS 부호기, 콘볼루션 인터리버 및 콘볼루션 부호기(RCPC부호기)를 앞서 언급한 도 5에 도시된 터보코드기로 대체할 수 있고, 위에서 3번째 도시된 제2실시예에 따른 터보부호기가 적용된 T-DMB시스템은 종래 콘볼루션 부호기(RCPC부호기)를 앞서 언급한 도 5에 도시된 터보부호기로 대체할 수 있다.

[0062] 이하에서는 본 발명의 일실시예에 따른 터보부호기가 적용된 T-DMB시스템의 일구성인 터보 복호기의 구성 및 기능에 대해 설명하도록 한다. 먼저, 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 터보복호기의 구성도를 도시한 것이다. 터보복호기는 평처링과정에 의해 전송되지 않고 평처링된 정보를 0으로 대체하는 디평처링과정을 거쳐 부호율이 1/4인 것을 만든 후, 터보 부호를 적용하기 위하여, 도 6의 평처링과정에 의해 전송되고 평처링된 정보를 0으로 대체하는 디평처링 과정을 거쳐 부호율이 1/5인 것을 만들고 나서 복호기에 입력된다.

[0063] 도 8에 도시된 바와 같이, 제1복호기와 제2복호기의 복호 알고리즘으로 모두 MAP알고리즘을 사용하고 있음을 알 수 있다. 도 5에 도시된 체계적 성분 d_k 가 채널을 통해 수신된 것을 시간 k 에서 X_k 로 나타내었으며, 각 구성코드의 패리티성분 $P_{11,k}, P_{12,k}, P_{21,k}, P_{22,k}$ 을 각각 $Y_{11,k}, Y_{12,k}, Y_{21,k}, Y_{22,k}$ 로 나타내었다.

[0064] 사전정보인 $L_{a2,k}$ 는 첫번째 반복 복호과정에서는 그 값이 계산되어 있지 않으므로 초기값을 0으로 한다. 체계적 정보 비트열 X_k 와 첫번째 구성코드에 의해 부호화된 정보 $Y_{11,k}, Y_{12,k}$ 가 제1복호기에 입력되며, 두번째 구성코드에 의해 부호화된 정보 $Y_{21,k}, Y_{22,k}$ 가 제2복호기에 입력된다. 제1복호기는 정보 비트열 X_k , 첫번째 구성코드에 의해 부호화된 정보 $Y_{11,k}, Y_{12,k}$ 와 사전정보 $L_{a2,k}$ 를 이용하여 MAP알고리즘에 의해 이하의 수학적 식 5에 의한 연관성 LLR 값을 출력하고,

[0065] (수학적 식 5)

[0066] $A_1(d_k) = L_c \cdot X_k + L_{a2,k} + L_{e1,k}$

[0067] $L_{a2,k}$ 를 빼서 체계적 정보 비트의 LLR값과 잉여정보를 얻는다($L_c \cdot X_k + L_{e1,k}$). 이 값은 터보 부호기에서 사용한 것과 동일한 랜덤 인터리버를 거쳐 제2복호기에 입력되는 잉여정보 $L_{e1,k}$ 는 제2복호기에서 사전정보 $L_{a2,k}$ 로 사용된다. 제2복호기는 이러한 값과 두번째 구성코드에 의해 부호화된 정보 $Y_{21,k}, Y_{22,k}$ 를 입력받아 MAP알고리즘에 의해 이하의 수학적 식 6의 LLR값을

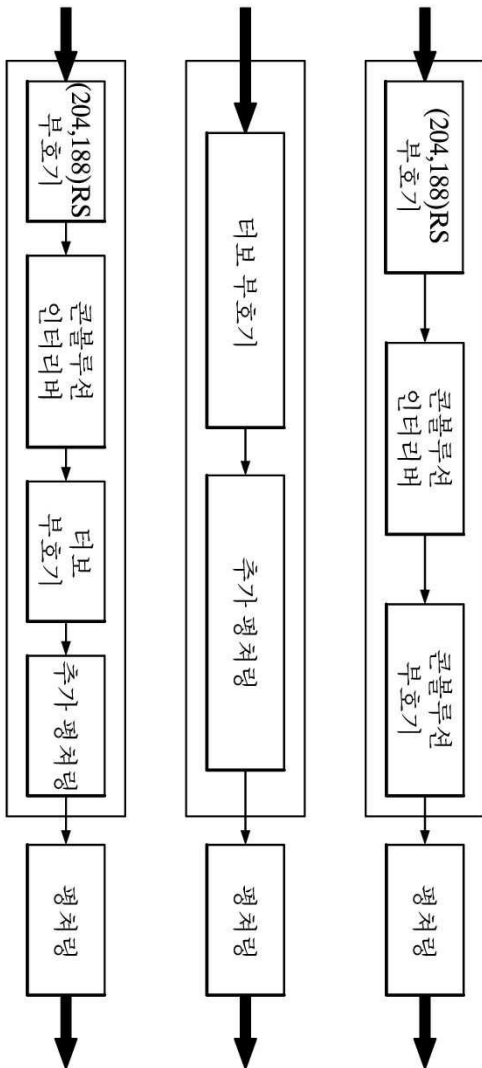
[0068] (수학적 식 5)

[0069] $A_2(d_k) = L_c \cdot X_k + L_{a1,k} + L_{e2,k}$

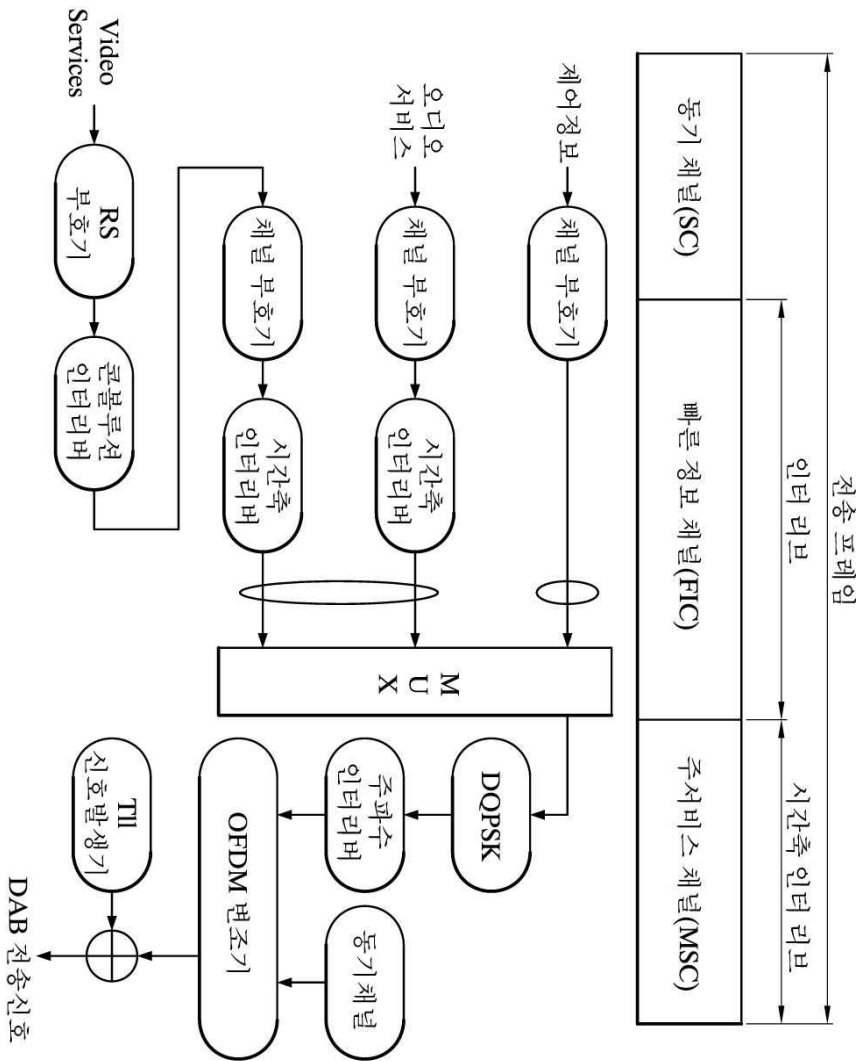
- [0070] 출력한다. 여기서, $L_{e2,k}$ 는 잉여정보이다. 수학식 5에서 $L_c \cdot X_k + L_{a1,k}$ 를 제거함으로써 제2복호기에서 생성한 잉여정보 $L_{e2,k}$ 성분만이 디인터리빙되고 피드백과정을 통해 제1복호기에서 이를 사전정보 $L_{a2,k}$ 로 사용하게 된다.
- [0071] 이는 앞에서 설명한 바와 같이, 반복적인 알고리즘을 이용하여 두 개의 복호기는 각 복호기에서 생성된 소프트-출력(soft-output)정보를 공유하고 있다는 것을 의미한다. 피드백과정을 통해 충분히 반복 복호 과정을 수행한 후 이를 경관정하여 복호하게 된다.
- [0072] 이하에서는 앞서 언급한 터보부호기와 터보복호기를 갖는 터보부호화가 적용된 T-DMB시스템의 시뮬레이션 결과에 대해 설명하도록 한다. 즉, 레일레이 채널 하에서 컴퓨터 시뮬레이션 수단에 의해 본 발명의 일실시예에 따른 2가지 유형의 터보코드화된 T-DMB 시스템을 평가하였다. 그것은 ETSI(European Telecommunication Standard Institute) 내에 채널 파라미터를 사용하여 실행되었다. 먼저, 도 9는 레일레이 채널 내에서 544kbps 비디오 전송을 위한 BER 그래프를 도시한 것이다.
- [0073] 도 9에 도시된 바와 같이, T-DMB 전송모드 I에 대한 MSC에서 본 발명의 터보 코드화된 T-DMB시스템과 종래 T-DMB시스템(RS(Reed solomon)와 콘볼루션 부호:RS-CC)의 E_b/N_0 와 평균 비트 에러 율(BER)을 비교할 수 있음을 알 수 있다. 또한, 비디오 전송을 위한 보호 프로파일과 보호 레벨은 앞서 언급한 표 2를 사용하였다. 또한, 시뮬레이션에 사용된 시간축 인터리빙 깊이는 384msec이고, 주파수 인터리빙 깊이는 1.536MHz이다.
- [0074] 도 9에 도시된 바와 같이, 주서비스채널(MSC)내에 비터비 또는 MAP 부호화 후에 평균 BER을 나타내고 있음을 알 수 있다. 결과적으로 $BER = 10^{-3}$ 에서, 종래 T-DMB시스템의 RS 부호기와 콘볼루션 인터리버 및 콘볼루션 부호기를 터보부호기로 대체한 본 발명의 제1실시예에 따른 터보부호기를 적용한 T-DMB 시스템은 종래 T-DMB시스템과 비교하여 2회 반복(2 Iter)후의 경우 약 0.8dB, 3회 반복(3 Iter) 후에 약 1.4dB 정도가 개선됨을 알 수 있다. 또한, RS 부호기와 콘볼루션 인터리버 및 터보 부호기를 적용한 본 발명의 제2실시예에 따른 터보부호기는 제1실시예에 비해 추가적으로 약 0.2dB정도가 더 개선될 수 있음을 예상할 수 있다. 따라서 본 발명의 제2실시예가 제1실시예보다 보다 나은 성능을 가지게 됨을 알 수 있다.

도면

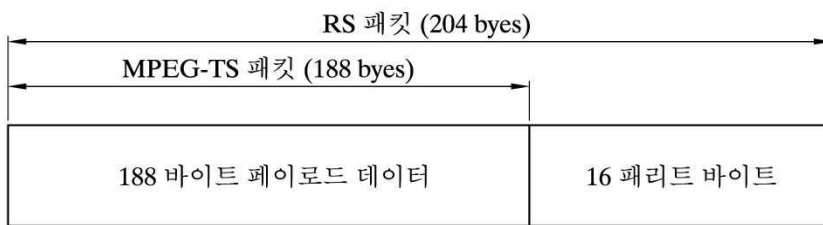
도면1



도면2



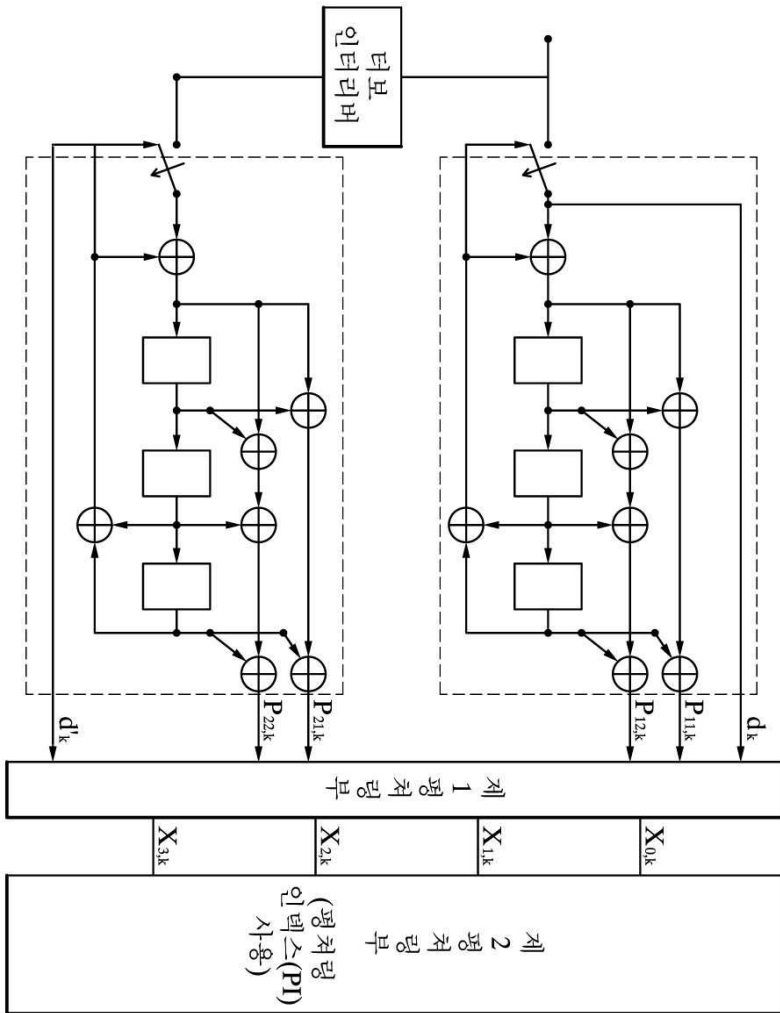
도면3



도면4

PI	부호을	$(v_{PI,0}, v_{PI,1}, \dots, v_{PI,i}, \dots, v_{PI,31})$
1	8/9	1100 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000
2	8/10	1100 1000 1000 1000 1100 1000 1000 1000
3	8/11	1100 1000 1100 1000 1100 1000 1000 1000
4	8/12	1100 1000 1100 1000 1100 1000 1100 1000
5	8/13	1100 1100 1100 1000 1100 1000 1100 1000
6	8/14	1100 1100 1100 1000 1100 1100 1100 1000
7	8/15	1100 1100 1100 1100 1100 1100 1100 1000
8	8/16	1100 1100 1100 1100 1100 1100 1100 1100
9	8/17	1110 1100 1100 1100 1100 1100 1100 1100
10	8/18	1110 1100 1100 1100 1110 1100 1100 1100
11	8/19	1110 1100 1110 1100 1110 1100 1100 1100
12	8/20	1110 1100 1110 1100 1110 1100 1110 1100
13	8/21	1110 1110 1110 1100 1110 1100 1110 1100
14	8/22	1110 1110 1110 1100 1110 1110 1110 1100
15	8/23	1110 1110 1110 1110 1110 1110 1110 1100
16	8/24	1110 1110 1110 1110 1110 1110 1110 1110
17	8/25	1111 1110 1110 1110 1110 1110 1110 1110
18	8/26	1111 1110 1110 1110 1111 1110 1110 1110
19	8/27	1111 1110 1111 1110 1111 1110 1110 1110
20	8/28	1111 1110 1111 1110 1111 1111 1110 1110
21	8/29	1111 1111 1111 1110 1111 1110 1111 1110
22	8/30	1111 1111 1111 1110 1111 1111 1111 1110
23	8/31	1111 1111 1111 1111 1111 1111 1111 1110
24	8/32	1111 1111 1111 1111 1111 1111 1111 1111

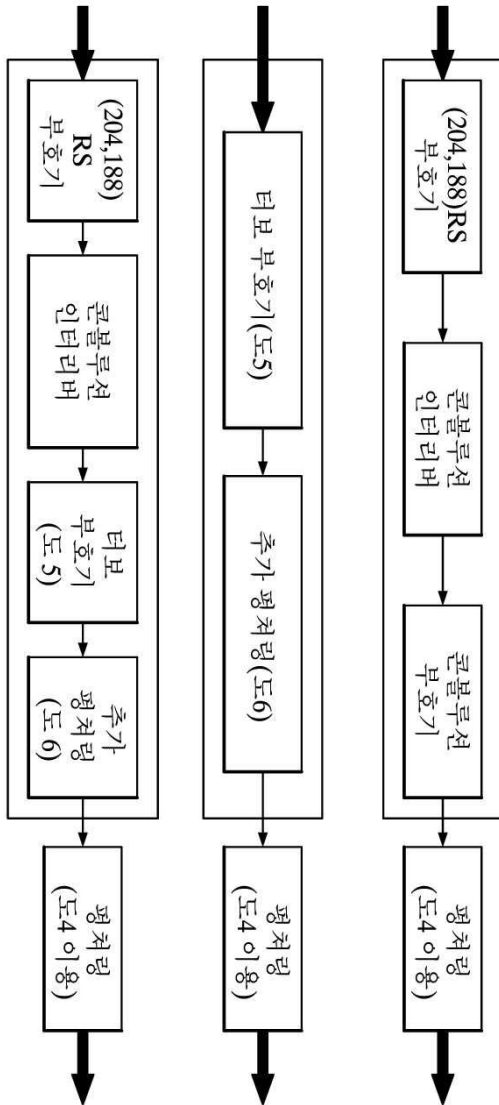
도면5



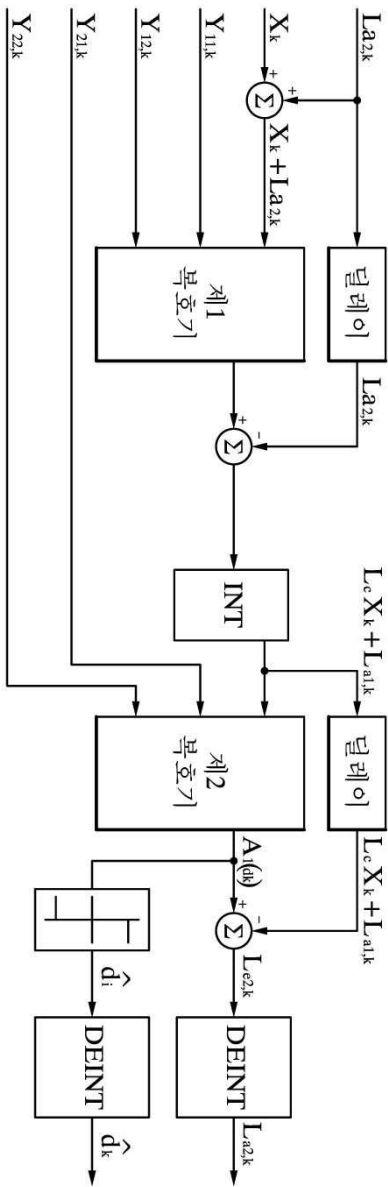
도면6

PI	$(d_k, P_{11,k}, P_{21,k}, P_{12,k}, P_{22,k})$
1	11011 10111 10111 10111 10111 10111 10111 10111
2	11011 10111 10111 10111 10111 10111 10111 10111
3	11011 10111 10111 10111 11011 10111 10111 10111
4	11011 10111 10111 10111 11011 10111 10111 10111
5	11011 10111 11011 10111 10111 10111 11011 10111
6	11011 10111 11011 10111 10111 11011 10111 10111
7	11011 10111 11011 10111 11011 10111 11011 10111
8	11011 10111 11011 10111 11011 10111 11011 10111
9	11110 11011 10111 11011 10111 11011 10111 11011
10	11110 11011 10111 11011 11110 10111 11011 10111
11	11110 11011 11110 10111 11110 11011 10111 11011
12	11110 11011 11110 10111 11110 11011 11110 10111
13	11110 11101 11110 11011 11110 10111 11110 11011
14	11110 11101 11110 11011 11110 11101 11110 10111
15	11110 11101 11110 11101 11110 11101 11110 11011
16	11110 11101 11110 11101 11110 11101 11110 11101
17	11110 11110 11101 11110 11101 11110 11101 11110
18	11110 11110 11101 11110 11101 11101 11110 11101
19	11110 11110 11101 11101 11110 11110 11101 11110
20	11110 11110 11101 11101 11110 11110 11101 11101
21	11110 11101 11110 11110 11101 11101 11110 11110
22	11110 11101 11110 11110 11101 11110 11101 11101
23	11110 11101 11110 11101 11110 11101 11110 11110
24	11110 11101 11110 11101 11110 11101 11110 11101

도면7



도면8



도면9

