(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년03월08일
(11) 등록번호 10-2372356
(24) 등록일자 2022년03월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H03M 13/27 (2006.01) *H03M 13/11* (2006.01)
H04L 1/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H03M 13/2703 (2013.01)
H03M 13/1102 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0159379(분할)
(22) 출원일자 2019년12월03일
심사청구일자 2019년12월31일
(65) 공개번호 10-2019-0137751
(43) 공개일자 2019년12월11일
(62) 원출원 특허 10-2019-0088284
원출원일자 2019년07월22일
심사청구일자 2019년07월22일
(30) 우선권주장
61/955,410 2014년03월19일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020060135451 A*
KR1020100096102 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
(72) 발명자
정홍실
경기도 수원시 영통구 삼성로 129(매탄동)
김경중
경기도 수원시 영통구 삼성로 129(매탄동)
명세호
경기도 수원시 영통구 삼성로 129(매탄동)
(74) 대리인
정홍식, 김태헌

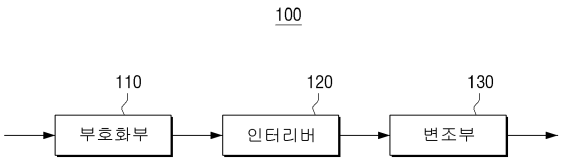
전체 청구항 수 : 총 4 항 심사관 : 조춘근

(54) 발명의 명칭 **송신 장치 및 그의 인터리빙 방법**

(57) 요 약

송신 장치가 개시된다. 본 송신 장치는 패리티 검사 행렬에 기초하여 LDPC 부호화를 수행하여 LDPC 부호어를 생성하는 부호화부, LDPC 부호어를 인터리빙하는 인터리버 및 인터리빙된 LDPC 부호어를 변조 심볼에 맵핑하는 변조부를 포함하며, 변조부는 LDPC 부호어를 구성하는 복수의 비트 그룹 중 기설정된 비트 그룹에 포함된 비트를 변조 심볼 내의 기설정된 비트에 맵핑한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H04L 1/0071 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

수신 장치에 있어서,

송신 장치로부터 수신된 신호를 1024-QAM(quadrature amplitude modulation) 변조 방식에 기초하여 복조하여 상기 수신된 신호에 대응되는 값들을 생성하는 복조부; 및

상기 값들을 복수의 그룹으로 구분하고, 상기 복수의 그룹을 그룹 단위로 디인터리빙하여 디인터리빙된 값들을 제공하는 디인터리버;를 포함하며,

상기 디인터리빙된 값들은, 6/15의 코드 레이트 및 64800의 코드 길이를 갖는 LDPC(low density parity check) 코드에 기초하여 디코딩되며,

상기 복수의 그룹은, 하기의 수학식에 기초하여 디인터리빙되는 수신 장치:

$Y_{\pi(j)}=X_j$ for $(0\leq j<N_{group})$,

여기에서, X_j는 상기 복수의 그룹 중 j 번째 그룹이고, $Y_{\pi(j)}$는 상기 디인터리빙된 복수의 그룹 중 π(j) 번째 그룹이고, N_{group}은 상기 복수의 그룹의 개수이고, π(j)는 상기 디인터리빙을 위한 디인터리빙 오더이고,

상기 π(j)는 하기와 같이 나타내어진다.

Code Rate	Order of deinterleaving π(j) (0 ≤ j < 180)																						
	j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
		46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
		69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
		92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
		115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
		138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
		161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
6/15	π(j)	66	21	51	55	54	24	33	12	70	63	47	65	145	8	0	57	23	71	59	14	40	42	62
		56	2	43	64	58	67	53	68	61	39	52	69	1	22	31	161	38	30	19	17	18	4	41
		25	44	136	29	36	26	126	177	15	37	148	9	13	45	46	152	50	49	27	77	60	35	48
		178	28	34	106	127	76	131	105	138	75	130	101	167	117	173	113	108	92	135	124	121	97	149
		143	81	32	96	3	78	107	86	98	16	162	150	111	158	172	139	74	142	166	7	5	119	20
		144	151	90	11	156	100	175	83	155	159	128	88	87	93	103	94	140	165	6	137	157	10	85
		141	129	146	122	73	112	132	125	174	169	168	79	84	118	179	147	91	160	163	115	89	80	102
		104	134	82	95	133	164	154	120	110	170	114	153	72	109	171	176	99	116	123				

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 복수의 그룹 각각은, 360 개의 값을 포함하는 수신 장치.

청구항 3

삭제

청구항 4

수신 방법에 있어서,

송신 장치로부터 수신된 신호를 1024-QAM(quadrature amplitude modulation) 변조 방식에 기초하여 복조하여 상기 수신된 신호에 대응되는 값들을 생성하는 단계; 및

상기 값들을 복수의 그룹으로 구분하고, 상기 복수의 그룹을 그룹 단위로 디인터리빙하여 디인터리빙된 값들을 제공하는 단계;를 포함하고,

상기 디인터리빙된 값들은, 6/15의 코드 레이트 및 64800의 코드 길이를 갖는 LDPC(low density parity check) 코드에 기초하여 디코딩되고,

상기 복수의 그룹은, 하기의 수학식에 기초하여 디인터리빙되는 수신 방법:

$Y_{\pi(j)}=X_j$ for $(0 \leq j < N_{group})$,

여기에서, X_j는 상기 복수의 그룹 중 j 번째 그룹이고, $Y_{\pi(j)}$는 상기 디인터리빙된 복수의 그룹 중 π(j) 번째 그룹이고, N_{group}은 상기 복수의 그룹의 개수이고, π(j)는 상기 디인터리빙을 위한 디인터리빙 오더이고,

상기 π(j)는 하기와 같이 나타내어진다.

Code Rate	Order of deinterleaving π(j) (0 ≤ j < 180)																						
	j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
		46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
		69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
		92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
		115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
		138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
		161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
6/15	π(j)	66	21	51	55	54	24	33	12	70	63	47	65	145	8	0	57	23	71	59	14	40	42	62
		56	2	43	64	58	67	53	68	61	39	52	69	1	22	31	161	38	30	19	17	18	4	41
		25	44	136	29	36	26	126	177	15	37	148	9	13	45	46	152	50	49	27	77	60	35	48
		178	28	34	106	127	76	131	105	138	75	130	101	167	117	173	113	108	92	135	124	121	97	149
		143	81	32	96	3	78	107	86	98	16	162	150	111	158	172	139	74	142	166	7	5	119	20
		144	151	90	11	156	100	175	83	155	159	128	88	87	93	103	94	140	165	6	137	157	10	85
		141	129	146	122	73	112	132	125	174	169	168	79	84	118	179	147	91	160	163	115	89	80	102
		104	134	82	95	133	164	154	120	110	170	114	153	72	109	171	176	99	116	123				

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 복수의 그룹 각각은, 360 개의 값을 포함하는 수신 방법.

청구항 6

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 송신 장치 및 그의 신호 처리 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 데이터를 처리하여 전송하는 송신 장치 및 그의 인터리빙 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 21세기 정보화 사회에서 방송 통신 서비스는 본격적인 디지털화, 다채널화, 광대역화, 고품질화의 시대를 맞이하고 있다. 특히 최근에 고화질 디지털 TV 및 PMP, 휴대방송 기기 보급이 확대됨에 따라 디지털 방송 서비스도 다양한 수신방식 지원에 대한 요구가 증대되고 있다.

[0003] 이러한 요구에 따라 표준 그룹에서는 다양한 표준을 제정하여, 사용자의 니즈를 만족시킬 수 있는 다양한 서비스를 제공하고 있는 실정에서, 보다 우수한 복호화 및 수신 성능을 통해 보다 나은 서비스를 제공하기 위한 방안의 모색이 요청된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명은 상술한 필요성에 따른 것으로, 본 발명의 목적은 LDPC 부호어를 구성하는 복수의 그룹 중 기설정된 그룹에 포함된 비트를 변조 심볼 내의 기설정된 비트에 맵핑시켜 전송할 수 있는 송신 장치 및 그의 인터리빙

방법을 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0005] 이상과 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시 예에 따른 송신 장치는 LDPC 부호화를 수행하여 LDPC 부호어를 생성하는 부호화부, 상기 LDPC 부호어를 인터리빙하는 인터리버 및 상기 인터리빙된 LDPC 부호어를 변조 심볼에 맵핑하는 변조부;를 포함하며, 상기 변조부는 상기 LDPC 부호어를 구성하는 복수의 비트 그룹 중 기설정된 비트 그룹에 포함된 비트를 상기 변조 심볼 내의 기설정된 비트에 맵핑한다.

[0006] 여기에서, 상기 복수의 비트 그룹 각각은 M 개의 비트로 구성되며, M은 N_{ldpc}와 K_{ldpc}의 공약수이며, $Q_{ldpc}=(N_{ldpc}-K_{ldpc})/M$이 성립하도록 결정될 수 있다. 이 경우, Q_{ldpc}는 상기 패리티 검사 행렬을 구성하는 정보어 부분 행렬의 열 그룹 내에서 열들에 대한 시클릭 쉬프트 파리미터 값, N_{ldpc}는 상기 LDPC 부호어의 길이, K_{ldpc}는 상기 LDPC 부호어를 구성하는 정보어 비트들의 길이이다.

[0007] 또한, 상기 인터리버는 상기 LDPC 부호어를 구성하는 패리티 비트들을 인터리빙하는 패리티 인터리버, 상기 패리티 인터리빙된 LDPC 부호어를 상기 복수의 비트 그룹으로 구분하고, 상기 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬하는 그룹 인터리버 및 상기 순서가 재정렬된 복수의 비트 그룹을 인터리빙하는 블록 인터리버를 포함할 수 있다.

[0008] 여기에서, 상기 그룹 인터리버는 수학식 15에 기초하여 상기 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0009] 이 경우, 수학식 15에서 $\pi(j)$는 LDPC 부호어의 길이, 변조 방식 및 부호율 중 적어도 하나에 기초하여 결정될 수 있다.

[0010] 여기에서, 상기 $\pi(j)$는 상기 LDPC 부호어의 길이가 64800이고, 상기 변조 방식이 1024-QAM이고, 상기 부호율이 6/15인 경우, 표 9와 같이 정의될 수 있다.

[0011] 또한, 상기 $\pi(j)$는 상기 LDPC 부호어의 길이가 64800이고, 상기 변조 방식이 1024-QAM이고, 상기 부호율이 8/15인 경우, 표 10과 같이 정의될 수 있다.

[0012] 그리고, 상기 $\pi(j)$는 상기 LDPC 부호어의 길이가 64800이고, 상기 변조 방식이 1024-QAM이고, 상기 부호율이 12/15인 경우, 표 13과 같이 정의될 수 있다.

[0013] 한편, 상기 블록 인터리버는 상기 복수의 비트 그룹을 비트 그룹 단위로 복수의 열 각각에 열 방향으로 라이트하고, 상기 복수의 비트 그룹이 비트 그룹 단위로 라이트된 상기 복수의 열의 각 행을 행 방향으로 리드하여 인터리빙을 수행할 수 있다.

[0014] 여기에서, 상기 블록 인터리버는 상기 복수의 비트 그룹 중 상기 복수의 열 각각에 비트 그룹 단위로 라이트 가능한 적어도 일부의 비트 그룹을 상기 복수의 열 각각에 순차적으로 라이트한 후, 상기 복수의 열 각각에서 상기 적어도 일부의 비트 그룹이 비트 그룹 단위로 라이트 되고 남은 나머지 영역에 나머지 비트 그룹을 분할하여 라이트할 수 있다.

[0015] 한편, 본 발명의 일 실시 예에 따른 송신 장치의 인터리빙 방법은 LDPC 부호화를 수행하여 LDPC 부호어를 생성하는 단계, 상기 LDPC 부호어를 인터리빙하는 단계 및 상기 인터리빙된 LDPC 부호어를 변조 심볼에 맵핑하는 단계를 포함하며, 상기 변조 심볼에 맵핑하는 단계는 상기 LDPC 부호어를 구성하는 복수의 비트 그룹 중 기설정된 비트 그룹에 포함된 비트를 상기 변조 심볼 내의 기설정된 비트에 맵핑한다.

[0016] 여기에서, 상기 복수의 비트 그룹 각각은 360 개의 비트로 구성되며, M은 N_{ldpc}와 K_{ldpc}의 공약수이며, $Q_{ldpc}=(N_{ldpc}-K_{ldpc})/M$이 성립하도록 결정될 수 있다. 이 경우, Q_{ldpc}는 상기 패리티 검사 행렬을 구성하는 정보어 부분 행렬의 열 그룹 내에서 열들에 대한 시클릭 쉬프트 파리미터 값, N_{ldpc}는 상기 LDPC 부호어의 길이, K_{ldpc}는 상기 LDPC 부호어를 구성하는 정보어 비트들의 길이이다.

[0017] 또한, 상기 인터리빙하는 단계는 상기 LDPC 부호어를 구성하는 패리티 비트들을 인터리빙하는 단계, 상기 패리티 인터리빙된 LDPC 부호어를 상기 복수의 비트 그룹으로 구분하고, 상기 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬하는 단계 및 상기 순서가 재정렬된 복수의 비트 그룹을 인터리빙하는 단계를 포함할 수 있다.

[0018] 여기에서, 상기 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬하는 단계는 수학식 15에 기초하여 상기 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0019] 이 경우, 수학식 15에서 π(j)는 LDPC 부호어의 길이, 변조 방식 및 부호율 중 적어도 하나에 기초하여 결정될 수 있다.

[0020] 또한, 상기 π(j)는 상기 LDPC 부호어의 길이가 64800이고, 상기 변조 방식이 1024-QAM이고, 상기 부호율이 6/15인 경우, 표 9와 같이 정의될 수 있다.

[0021] 그리고, 상기 π(j)는 상기 LDPC 부호어의 길이가 64800이고, 상기 변조 방식이 1024-QAM이고, 상기 부호율이 8/15인 경우, 표 10과 같이 정의될 수 있다.

[0022] 또한, 상기 π(j)는 상기 LDPC 부호어의 길이가 64800이고, 상기 변조 방식이 1024-QAM이고, 상기 부호율이 12/15인 경우, 표 13과 같이 정의될 수 있다.

[0023] 한편, 상기 복수의 비트 그룹을 인터리빙하는 단계는 상기 복수의 비트 그룹을 비트 그룹 단위로 복수의 열 각각에 열 방향으로 라이트하고, 상기 복수의 비트 그룹이 비트 그룹 단위로 라이트된 상기 복수의 열의 각 행을 행 방향으로 리드하여 인터리빙을 수행할 수 있다.

[0024] 여기에서, 상기 복수의 비트 그룹을 인터리빙하는 단계는 상기 복수의 비트 그룹 중 상기 복수의 열 각각에 그룹 단위로 라이트 가능한 적어도 일부의 비트 그룹을 상기 복수의 열 각각에 순차적으로 라이트한 후, 상기 복수의 열 각각에서 상기 적어도 일부의 비트 그룹이 비트 그룹 단위로 라이트 되고 남은 나머지 영역에 나머지 비트 그룹을 분할하여 라이트할 수 있다.

발명의 효과

[0025] 이러한 본 발명의 다양한 실시 예에 따르면, 보다 우수한 복호화 및 수신 성능을 제공할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 송신 장치의 구성을 설명하기 위한 블록도,

도 2 및 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 패리티 검사 행렬의 구조를 설명하기 위한 도면들,

도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 인터리버의 구조를 설명하기 위한 블록도,

도 5 내지 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따라 LDPC 부호어가 그룹 단위로 처리되는 방법을 나타내는 도면들,

도 8 내지 도 12는 본 발명의 일 실시 예에 따른 블록 인터리버의 구조 및 인터리빙 방법을 설명하기 위한 도면들,

도 13은 본 발명의 일 실시 예에 따른 디멀티플렉서의 동작을 설명하기 위한 도면들,

도 14는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 인터리버의 구조를 설명하기 위한 블록도,

도 15 내지 도 17은 본 발명의 일 실시 예에 따른 블록-로우 인터리버의 구조 및 인터리빙 방법을 설명하기 위한 도면들,

도 18은 본 발명의 일 실시 예에 따른 수신 장치의 구성을 설명하기 위한 블록도,

도 19 및 도 21은 본 발명의 일 실시 예에 따른 디인터리버의 구성을 설명하기 위한 블록도,

도 20은 본 발명의 일 실시 예에 따른 블록 디인터리버의 디인터리빙 방법을 설명하기 위한 도면, 그리고

도 22는 본 발명의 일 실시 예에 따른 인터리빙 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 더욱 상세하게 설명한다.

[0028] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 송신 장치의 구성을 설명하기 위한 블록도이다. 도 1에 따르면, 송신 장치(100)는 부호화부(110), 인터리버(120) 및 변조부(130)(또는, '성상도 맵퍼'라 할 수 있다)를 포함한다.

[0029] 부호화부(110)는 패리티 검사 행렬(Parity Check Matrix, PCM)에 기초하여 LDPC(Low Density Parity Check) 부

호화를 수행하여 LDPC 부호어를 생성한다. 이를 위해, 부호화부(110)는 LPDC 부호화를 수행하는 LDPC 인코더(미도시)를 포함할 수 있다.

[0030] 구체적으로, 부호화부(110)는 입력되는 비트들을 정보어 비트들로 LDPC 부호화를 수행하여, 정보어 비트들과 패리티 비트들(즉, LDPC 패리티 비트들)로 구성된 LDPC 부호어를 생성할 수 있다. 이 경우, LPDC 부호는 시스테메틱 코드(systematic code)라는 점에서, 정보어 비트들이 LDPC 부호어에 그대로 포함될 수 있다.

[0031] 여기에서, LDPC 부호어는 정보어 비트들과 패리티 비트들로 구성된다. 예를 들어, LDPC 부호어는 N_{ldpc} 개의 비트로 구성되며, K_{ldpc} 개의 비트로 이루어진 정보어 비트들과 $N_{parity}=N_{ldpc}-K_{ldpc}$ 개의 비트로 이루어진 패리티 비트들을 포함할 수 있다.

[0032] 이 경우, 부호화부(110)는 패리티 검사 행렬에 기초하여 LDPC 부호화를 수행하여 LDPC 부호어를 생성할 수 있다. 즉, LDPC 부호화를 수행하는 과정은 $H \cdot C^{T}=0$을 만족하도록 LDPC 코드워드를 생성하는 과정이라는 점에서, 부호화부(110)는 LDPC 부호화 시 패리티 검사 행렬을 이용할 수 있다. 여기에서, H는 패리티 검사 행렬을 나타내고, C는 LDPC 부호어를 나타낸다.

[0033] 이를 위해, 송신 장치(100)는 별도의 메모리를 구비하여 다양한 형태의 패리티 검사 행렬을 기저장하고 있을 수 있다.

[0034] 예를 들어, 송신 장치(100)는 DVB-C2(Digital Video Broadcasting-Cable version 2), DVB-S2(Digital Video Broadcasting-Satellite-Second Generation), DVB-T2(Digital Video Broadcasting-Second Generation Terrestria) 등의 규격에서 정의된 패리티 검사 행렬을 기저장하거나, 또는 현재 표준 제정 중인 북미 디지털 방송 표준 시스템 ATSC(Advanced Television Systems Committee) 3.0 규격에서 정의된 패리티 검사 행렬을 기저장하고 있을 수 있다. 하지만, 이는 일 예일 뿐이며, 송신 장치(100)는 이 외에도 다양한 형태의 패리티 검사 행렬을 기저장하고 있을 수 있다.

[0035] 이하에서는 도 2 및 도 3을 참조하여, 패리티 검사 행렬의 구조를 구체적으로 설명하도록 한다.

[0036] 도 2를 참조하면, 패리티 검사 행렬(200)은 정보어 비트들에 대응되는 부분 행렬인 정보어 부분 행렬(210)과 패리티 비트들에 대응되는 부분 행렬인 패리티 부분 행렬(220)로 구성된다. 패리티 검사 행렬(200)에서 1을 제외한 부분의 원소는 0이다.

[0037] 정보어 부분 행렬(210)은 K_{ldpc} 개의 열(column)을 포함하고, 패리티 부분 행렬(220)은 $N_{parity}=N_{ldpc}-K_{ldpc}$ 개의 열을 포함한다. 한편, 패리티 검사 행렬(200)의 행(row)의 개수는 패리티 부분 행렬(220)의 열의 개수 $N_{parity}=N_{ldpc}-K_{ldpc}$와 동일하다.

[0038] 또한, 패리티 검사 행렬(200)에서 N_{ldpc}는 LDPC 부호어의 길이, K_{ldpc}는 정보어 비트들의 길이, $N_{parity}=N_{ldpc}-K_{ldpc}$는 패리티 비트들의 길이를 나타낸다. 여기에서, LDPC 부호어, 정보어 비트들 및 패리티 비트들의 길이는 LDPC 부호어, 정보어 비트들 및 패리티 비트들 각각에 포함되는 비트들의 개수를 의미한다.

[0039] 이하에서는 정보어 부분 행렬(210)과 패리티 부분 행렬(220)의 구조에 대해 살펴보도록 한다.

[0040] 정보어 부분 행렬(210)은 K_{ldpc} 개의 열(즉, 0 번째 열부터 $K_{ldpc}-1$ 번째 열)을 포함하는 행렬로, 다음과 같은 규칙을 따른다.

[0041] 첫째, 정보어 부분 행렬(210)을 구성하는 K_{ldpc} 개의 열들은 M 개씩 동일한 그룹에 속하며, 총 K_{ldpc}/M 개의 열 그룹(column group)들로 구분된다. 동일한 열 그룹 내에 속한 열들은 서로 Q_{ldpc} 만큼 시클릭 쉬프트(cyclic shift)된 관계를 가진다. 즉, Q_{ldpc}는 패리티 검사 행렬을 구성하는 정보어 부분 행렬의 열 그룹 내에서 열들에 대한 시클릭 쉬프트 파라미터 값으로 볼 수 있다.

[0042] 여기에서, M은 정보어 부분 행렬(210)에서 열의 패턴이 반복되는 간격이고(일 예로 M=360), Q_{ldpc}는 정보어 부분 행렬(210)에서 각 열이 시클릭 쉬프트되는 크기이다. M은 N_{ldpc}와 K_{ldpc}의 공약수(common divisor)이며, $Q_{ldpc}=(N_{ldpc}-K_{ldpc})/M$이 성립하도록 결정된다. 여기에서, M 및 Q_{ldpc}는 정수이고, K_{ldpc}/M도 정수가 된다. 한편, M 및 Q_{ldpc}는 LDPC 부호어의 길이와 부호율(code rate, CR)에 따라 다양한 값을 가질 수 있다.

[0043] 예를 들어, M=360이고 LDPC 부호어의 길이 N_{ldpc}가 64800인 경우 Q_{ldpc}는 하기의 표 1과 같이 정의되고, M=360이고 LDPC 부호어의 길이 N_{ldpc}가 16200인 경우 Q_{ldpc}는 하기의 표 2와 같이 정의될 수 있다.

표 1

[0044]

부호율	N_{ldpc}	M	Q_{ldpc}
5/15	64800	360	120
6/15	64800	360	108
7/15	64800	360	96
8/15	64800	360	84
9/15	64800	360	72
10/15	64800	360	60
11/15	64800	360	48
12/15	64800	360	36
13/15	64800	360	24

표 2

[0045]

부호율	N_{ldpc}	M	Q_{ldpc}
5/15	16200	360	30
6/15	16200	360	27
7/15	16200	360	24
8/15	16200	360	21
9/15	16200	360	18
10/15	16200	360	15
11/15	16200	360	12
12/15	16200	360	9
13/15	16200	360	6

[0046] 둘째, i 번째(i=0,1,..,K_{ldpc}/M-1) 열 그룹의 0 번째 열의 차수(degree)(여기에서, 차수는 열에 존재하는 1 값의 개수로, 동일한 열 그룹에 속하는 모든 열들의 차수는 동일하다)를 D_i라 하고, i 번째 열 그룹의 0 번째 열에서 1이 있는 각 행의 위치(또는, 인덱스)를 $R_{i,0}^{(0)},R_{i,0}^{(1)},\cdots,R_{i,0}^{(D_i-1)}$ 이라 하면, i 번째 열 그룹 내의 j 번째 열에서 k 번째 1이 위치한 행의 인덱스 $R_{i,j}^{(k)}$ 는 하기의 수학식 1과 같이 결정된다.

수학식 1

[0047]
$$R_{i,j}^{(k)}=R_{i,(j-1)}^{(k)}+Q_{ldpc}\ \mathrm{mod}(N_{ldpc}-K_{ldpc})$$

[0048] 여기에서, k=0,1,2,..,D_i-1, i=0,1,..,K_{ldpc}/M-1, j=1,2,...,M-1이다.

[0049] 한편, 수학식 1은 하기의 수학식 2와 같이 동일하게 표현될 수 있다

수학식 2

[0050] $$R_{i,j}^{(k)} = \left\{ R_{i,0}^{(k)} + \left(j \bmod M \right) \times Q_{ldpc} \right\} \bmod \left(N_{ldpc} - K_{ldpc} \right)$$

[0051] 여기에서, k=0,1,2,..,D_i-1, i=0,1,..,K_{ldpc}/M-1, j=1,2,...,M-1이다. 여기에서, j=1,2,...,M-1이기 때문에 수학식 2의 (j mod M)은 j로 볼 수 있다.

[0052] 이들 수학식에서, $R_{i,j}^{(k)}$ 는 i 번째 열 그룹 내의 j 번째 열에서 k 번째 1이 위치한 행의 인덱스, N_{ldpc}는 LDPC 부호어의 길이, K_{ldpc}는 정보어 비트들의 길이, D_i는 i 번째 열 그룹에 속하는 열들의 차수, M은 하나의 열 그룹에 속하는 열의 개수, Q_{ldpc}는 각 열이 시클릭 쉬프트되는 크기를 의미한다.

[0053] 결국, 이들 수학식을 참조하면 $R_{i,0}^{(k)}$ 값만을 알면 i 번째 열 그룹 내의 j 번째 열에서 k 번째 1이 있는 행의 인덱스 $R_{i,j}^{(k)}$ 를 알 수 있게 된다. 그러므로, 각각의 열 그룹 내의 0 번째 열에서 k 번째 1이 있는 행의 인덱스 값을 저장하면, 도 2의 구조를 갖는 패리티 검사 행렬(200)(즉, 패리티 검사 행렬(200)의 정보어 부분 행렬(210))에서 1이 있는 열과 행의 위치가 파악될 수 있다.

[0054] 상술한 규칙들에 따르면, i 번째 열 그룹에 속하는 열들의 차수는 모두 D_i로 동일하다. 따라서, 상술한 규칙들에 따라 패리티 검사 행렬에 대한 정보를 저장하고 있는 LDPC 부호는 다음과 같이 간략하게 표현될 수 있다.

[0055] 예를 들어, N_{ldpc}가 30, K_{ldpc}가 15, Q_{ldpc}가 3인 경우, 3 개의 열 그룹의 0 번째 열에서 1이 위치한 행의 위치 정보는 하기 수학식 3과 같은 수열들로 표현될 수 있으며, 이는 '무게-1 위치 수열(weight-1 position sequence)'이라 지칭될 수 있다.

수학식 3

[0056] $$R_{1,0}^{(1)} = 1, R_{1,0}^{(2)} = 2, R_{1,0}^{(3)} = 8, R_{1,0}^{(4)} = 10,$$
$$R_{2,0}^{(1)} = 0, R_{2,0}^{(2)} = 9, R_{2,0}^{(3)} = 13,$$
$$R_{3,0}^{(1)} = 0, R_{3,0}^{(2)} = 14.$$

[0057] 여기에서, $R_{i,j}^{(k)}$ 는 i번째 열 그룹 내의 j번째 열에서 k번째 1이 있는 행의 인덱스를 의미한다.

[0058] 각 열 그룹의 0 번째 열에서 1이 위치한 행의 인덱스를 나타내는 수학식 3과 같은 무게-1 위치 수열들은 하기의 표 3과 같이 보다 간략하게 표현될 수 있다.

표 3

[0059]

1 2 8 10
0 9 13
0 14

[0060] 표 3은 패리티 검사 행렬에서 1 값을 가지는 원소의 위치를 나타낸 것으로서, i 번째 무게-1 위치 수열은 i 번

째 열 그룹에 속한 0 번째 열에서 1이 있는 행의 인덱스들로 표현된다.

[0061] 상술한 내용에 기초하여 본 발명의 일 실시 예에 다른 패리티 검사 행렬의 정보어 부분 행렬(210)은 하기의 표 4 내지 표 8에 의해 정의될 수 있다.

[0062] 구체적으로, 표 4 내지 표 8은 정보어 부분 행렬(210)의 i 번째 열 그룹의 0 번째 열에서 1이 위치한 행의 인덱스들을 나타낸다. 즉, 정보어 부분 행렬(210)은 각각 M 개의 열을 포함하는 복수의 열 그룹으로 구성되며, 복수의 열 그룹 각각의 0 번째 열에서 1의 위치는 표 4 내지 표 8에 의해 정의될 수 있다.

[0063] 여기에서, i 번째 열 그룹의 0 번째 열에서 1이 위치한 행의 인덱스들은 “addresses of parity bit accumulators”를 의미한다. 한편, “addresses of parity bit accumulators”는 DVB-C2/S2/T2 등의 규격 또는 현재 표준 제정 중인 ATSC 3.0 규격에서 정의된 바와 동일한 의미를 가진다는 점에서 구체적인 설명은 생략하도록 한다.

[0064] 일 예로, LDPC 부호어의 길이 N_{ldpc}가 64800, 부호율이 6/15, M이 360인 경우, 정보어 부분 행렬(210)의 i 번째 열 그룹의 0 번째 열에서 1이 위치한 행의 인덱스들은 하기의 표 4와 같다.

표 4

i	i 번째 열 그룹의 0 번째 열에서 1이 위치한 행의 인덱스
0	1606 3402 4961 6751 7132 11516 12300 12482 12592 13342 13764 14123 21576 23946 24533 25376 25667 26836 31799 34173 35462 36153 36740 37085 37152 37468 37658
1	4621 5007 6910 8732 9757 11508 13099 15513 16335 18052 19512 21319 23663 25628 27208 31333 32219 33003 33239 33447 36200 36473 36938 37201 37283 37495 38642
2	16 1094 2020 3080 4194 5098 5631 6877 7889 8237 9804 10067 11017 11366 13136 13354 15379 18934 20199 24522 26172 28666 30386 32714 36390 37015 37162
3	700 897 1708 6017 6490 7372 7825 9546 10398 16605 18561 18745 21625 22137 23693 24340 24966 25015 26995 28586 28895 29687 33938 34520 34858 37056 38297
4	159 2010 2573 3617 4452 4958 5556 5832 6481 8227 9924 10836 14954 15594 16623 18065 19249 22394 22677 23408 23731 24076 24776 27007 28222 30343 38371
5	3118 3545 4768 4992 5227 6732 8170 9397 10522 11508 15536 20218 21921 28599 29445 29758 29968 31014 32027 33685 34378 35867 36323 36728 36870 38335 38623
6	1264 4254 6936 9165 9486 9950 10861 11653 13697 13961 15164 15665 18444 19470 20313 21189 24371 26431 26999 28086 28251 29261 31981 34015 35850 36129 37186
7	111 1307 1628 2041 2524 5358 7988 8191 10322 11905 12919 14127 15515 15711 17061 19024 21195 22902 23727 24401 24608 25111 25228 27338 35398 37794 38196
8	961 3035 7174 7948 13355 13607 14971 18189 18339 18665 18875 19142 20615 21136 21309 21758 23366 24745 25849 25982 27583 30006 31118 32106 36469 36583 37920
9	2990 3549 4273 4808 5707 6021 6509 7456 8240 10044 12262 12660 13085 14750 15680 16049 21587 23997 25803 28343 28693 34393 34860 35490 36021 37737 38296
10	955 4323 5145 6885 8123 9730 11840 12216 19194 20313 23056 24248 24830 25268 26617 26801 28557 29753 30745 31450 31973 32839 33025 33296 35710 37366 37509
11	264 605 4181 4483 5156 7238 8863 10939 11251 12964 16254 17511 20017 22395 22818 23261 23422 24064 26329 27723 28186 30434 31956 33971 34372 36764 38123
12	520 2562 2794 3528 3860 4402 5676 6963 8655 9018 9783 11933 16336 17193 17320 19035 20606 23579 23769 24123 24966 27866 32457 34011 34499 36620 37526
13	10106 10637 10906 34242
14	1856 15100 19378 21848
15	943 11191 27806 29411
16	4575 6359 13629 19383
17	4476 4953 18782 24313
18	5441 6381 21840 35943
19	9638 9763 12546 30120
20	9587 10626 11047 25700
21	4088 15298 28768 35047
22	2332 6363 8782 28863
23	4625 4933 28298 30289
24	3541 4918 18257 31746

[0065]

25	1221 25233 26757 34892
26	8150 16677 27934 30021
27	8500 25016 33043 38070
28	7374 10207 16189 35811
29	611 18480 20064 38261
30	25416 27352 36089 38469
31	1667 17614 25839 32776
32	4118 12481 21912 37945
33	5573 13222 23619 31271
34	18271 26251 27182 30587
35	14690 26430 26799 34355
36	13688 16040 20716 34558
37	2740 14957 23436 32540
38	3491 14365 14681 36858
39	4796 6238 25203 27854
40	1731 12816 17344 26025
41	19182 21662 23742 27872
42	6502 13641 17509 34713
43	12246 12372 16746 27452
44	1589 21528 30621 34003
45	12328 20515 30651 31432
46	3415 22656 23427 36395
47	632 5209 25958 31085
48	619 3690 19648 37778
49	9528 13581 26965 36447
50	2147 26249 26968 28776

[0066]

51	15698 18209 30683
52	1132 19888 34111
53	4608 25513 38874
54	475 1729 34100
55	7348 32277 38587
56	182 16473 33082
57	3865 9678 21265
58	4447 20151 27618
59	6335 14371 38711
60	704 9695 28858
61	4856 9757 30546
62	1993 19361 30732
63	756 28000 29138
64	3821 24076 31813
65	4611 12326 32291
66	7628 21515 34995
67	1246 13294 30068
68	6466 33233 35865
69	14484 23274 38150
70	21269 36411 37450
71	23129 26195 37653

[0067]

[0068] 다른 예로, LDPC 부호어의 길이 N_{ldpc}가 64800, 부호율이 8/15, M이 360인 경우, 정보어 부분 행렬(210)의 i 번째 열 그룹의 0 번째 열에서 1이 위치한 행의 인덱스들은 하기의 표 5와 같다.

표 5

[0069]

i	i 번째 열 그룹의 0 번째 열에서 1이 위치한 행의 인덱스
0	2768 3039 4059 5856 6245 7013 8157 9341 9802 10470 11521 12083 16610 18361 20321 24601 27420 28206 29788
1	2739 8244 8891 9157 12624 12973 15534 16622 16919 18402 18780 19854 20220 20543 22306 25540 27478 27678 28053
2	1727 2268 6246 7815 9010 9556 10134 10472 11389 14599 15719 16204 17342 17666 18850 22058 25579 25860 29207
3	28 1346 3721 5565 7019 9240 12355 13109 14800 16040 16839 17369 17631 19357 19473 19891 20381 23911 29683
4	869 2450 4386 5316 6160 7107 10362 11132 11271 13149 16397 16532 17113 19894 22043 22784 27383 28615 28804
5	508 4292 5831 8559 10044 10412 11283 14810 15888 17243 17538 19903 20528 22090 22652 27235 27384 28208 28485
6	389 2248 5840 6043 7000 9054 11075 11760 12217 12565 13587 15403 19422 19528 21493 25142 27777 28566 28702
7	1015 2002 5764 6777 9346 9629 11039 11153 12690 13068 13990 16841 17702 20021 24106 26300 29332 30081 30196
8	1480 3084 3467 4401 4798 5187 7851 11368 12323 14325 14546 16360 17158 18010 21333 25612 26556 26906 27005
9	6925 8876 12392 14529 15253 15437 19226 19950 20321 23021 23651 24393 24653 26668 27205 28269 28529 29041 29292
10	2547 3404 3538 4666 5126 5468 7695 8799 14732 15072 15881 17410 18971 19609 19717 22150 24941 27908 29018
11	888 1581 2311 5511 7218 9107 10454 12252 13662 15714 15894 17025 18671 24304 25316 25556 28489 28977 29212
12	1047 1494 1718 4645 5030 6811 7868 8146 10611 15767 17682 18391 22614 23021 23763 25478 26491 29088 29757
13	59 1781 1900 3814 4121 8044 8906 9175 11156 14841 15789 16033 16755 17292 18550 19310 22505 29567 29850
14	1952 3057 4399 9476 10171 10769 11335 11569 15002 19501 20621 22642 23452 24360 25109 25290 25828 28505 29122
15	2895 3070 3437 4764 4905 6670 9244 11845 13352 13573 13975 14600 15871 17996 19672 20079 20579 25327 27958
16	612 1528 2004 4244 4599 4926 5843 7684 10122 10443 12267 14368 18413 19058 22985 24257 26202 26596 27899
17	1361 2195 4146 6708 7158 7538 9138 9998 14862 15359 16076 18925 21401 21573 22503 24146 24247 27778 29312
18	5229 6235 7134 7655 9139 13527 15408 16058 16705 18320 19909 20901 22238 22437 23654 25131 27550 28247 29903
19	697 2035 4887 5275 6909 9166 11805 15338 16381 18403 20425 20688 21547 24590 25171 26726 28848 29224 29412
20	5379 17329 22659 23062
21	11814 14759 22329 22936
22	2423 2811 10296 12727
23	8460 15260 16769 17290
24	14191 14608 29536 30187
25	7103 10069 20111 22850

[0070]

26	4285 15413 26448 29069
27	548 2137 9189 10928
28	4581 7077 23382 23949
29	3942 17248 19486 27922
30	8668 10230 16922 26678
31	6158 9980 13788 28198
32	12422 16076 24206 29887
33	8778 10649 18747 22111
34	21029 22677 27150 28980
35	7918 15423 27672 27803
36	5927 18086 23525
37	3397 15058 30224
38	24016 25880 26268
39	1096 4775 7912
40	3259 17301 20802
41	129 8396 15132
42	17825 28119 28676
43	2343 8382 28840
44	3907 18374 20939
45	1132 1290 8786
46	1481 4710 28846
47	2185 3705 26834
48	5496 15681 21854
49	12697 13407 22178
50	12788 21227 22894
51	629 2854 6232
52	2289 18227 27458
53	7593 21935 23001
54	3836 7081 12282
55	7925 18440 23135
56	497 6342 9717
57	11199 22046 30067
58	12572 28045 28990
59	1240 2023 10933
60	19566 20629 25186

61	6442 13303 28813
62	4765 10572 16180
63	552 19301 24286
64	6782 18480 21383
65	11267 12288 15758
66	771 5652 15531
67	16131 20047 25649
68	13227 23035 24450
69	4839 13467 27488
70	2852 4677 22993
71	2504 28116 29524
72	12518 17374 24267
73	1222 11859 27922
74	9660 17286 18261
75	232 11296 29978
76	9750 11165 16295
77	4894 9505 23622
78	10861 11980 14110
79	2128 15883 22836
80	6274 17243 21989
81	10866 13202 22517
82	11159 16111 21608
83	3719 18787 22100
84	1756 2020 23901
85	20913 29473 30103
86	2729 15091 26976
87	4410 8217 12963
88	5395 24564 28235
89	3859 17909 23051
90	5733 26005 29797
91	1935 3492 29773
92	11903 21380 29914
93	6091 10469 29997
94	2895 8930 15594
95	1827 10028 20070

[0071]

[0072] 또 다른 예로, LDPC 부호어의 길이 N_{ldpc}가 64800, 부호율이 10/15, M이 360인 경우, 정보어 부분 행렬(210)의 i 번째 열 그룹의 0 번째 열에서 1이 위치한 행의 인덱스들은 하기의 표 6 또는 표 7과 같다.

표 6

[0073]

i	i번째 열 그룹의 0번째 열에서 1이 위치한 행의 인덱스
0	979 1423 4166 4609 6341 8258 10334 10548 14098 14514 17051 17333 17653 17830 17990
1	2559 4025 6344 6510 9167 9728 11312 14856 17104 17721 18600 18791 19079 19697 19840
2	3243 6894 7950 10539 12042 13233 13938 14752 16449 16727 17025 18297 18796 19400 21577
3	3272 3574 6341 6722 9191 10807 10957 12531 14036 15580 16651 17007 17309 19415 19845
4	155 4598 10201 10975 11086 11296 12713 15364 15978 16395 17542 18164 18451 18612 20617
5	1128 1999 3926 4069 5558 6085 6337 8386 10693 12450 15438 16223 16370 17308 18634
6	2408 2929 3630 4357 5852 7329 8536 8695 10603 11003 14304 14937 15767 18402 21502
7	199 3066 6446 6849 8973 9536 10452 12857 13675 15913 16717 17654 19802 20115 21579
8	312 870 2095 2586 5517 6196 6757 7311 7368 13046 15384 18576 20349 21424 21587
9	985 1591 3248 3509 3706 3847 6174 6276 7864 9033 13618 15675 16446 18355 18843
10	975 3774 4083 5825 6166 7218 7633 9657 10103 13052 14240 17320 18126 19544 20208
11	1795 2005 2544 3418 6148 8051 9066 9725 10676 10752 11512 15171 17523 20481 21059
12	167 315 1824 2325 2640 2868 6070 6597 7016 8109 9815 11608 16142 17912 19625
13	1298 1896 3039 4303 4690 8787 12241 13600 14478 15492 16602 17115 17913 19466 20597
14	568 3695 6045 6624 8131 8404 8590 9059 9246 11570 14336 18657 18941 19218 21506
15	228 1889 1967 2299 3011 5074 7044 7596 7689 9534 10244 10697 11691 17902 21410
16	1330 1579 1739 2234 3701 3865 5713 6677 7263 11172 12143 12765 17121 20011 21436
17	303 1668 2501 4925 5778 5985 9635 10140 10820 11779 11849 12058 15650 20426 20527
18	698 2484 3071 3219 4054 4125 5663 5939 6928 7086 8054 12173 16280 17945 19302
19	232 1619 3040 4901 7438 8135 9117 9233 10131 13321 17347 17436 18193 18586 19929
20	12 3721 6254 6609 7880 8139 10437 12262 13928 14065 14149 15032 15694 16264 18883
21	482 915 1548 1637 6687 9338 10163 11768 11970 15524 15695 17386 18787 19210 19340
22	1291 2500 4109 4511 5099 5194 10014 13165 13256 13972 15409 16113 16214 18584 20998
23	1761 4778 7444 7740 8129 8341 8931 9136 9207 10003 10678 13959 17673 18194 20990
24	3060 3522 5361 5692 6833 8342 8792 11023 11211 11548 11914 13987 15442 15541 19707
25	1322 2348 2970 5632 6349 7577 8782 9113 9267 9376 12042 12943 16680 16970 21321
26	6785 11960 21455
27	1223 15672 19550
28	5976 11335 20385
29	2818 9387 15317
30	2763 3554 18102
31	5230 11489 18997
32	5809 15779 20674
33	2620 17838 18533
34	3025 9342 9931
35	3728 5337 12142
36	2520 6666 9164
37	12892 15307 20912
38	10736 12393 16539
39	1075 2407 12853
40	4921 5411 18206
41	5955 15647 16838
42	6384 10336 19266
43	429 10421 17266
44	4880 10431 12208
45	2910 11895 12442
46	7366 18362 18772
47	4341 7903 14994
48	4564 6714 7378
49	4639 8652 18871
50	15787 18048 20246

[0074]

51	3241 11079 13640
52	1559 2936 15881
53	2737 6349 10881
54	10394 16107 17073
55	8207 9043 12874
56	7805 16058 17905
57	11189 15767 17764
58	5823 12923 14316
59	11080 20390 20924
60	568 8263 17411
61	1845 3557 6562
62	2890 10936 14756
63	9031 14220 21517
64	3529 12955 15902
65	413 6750 8735
66	6784 12092 16421
67	12019 13794 15308
68	12588 15378 17676
69	8067 14589 19304
70	1244 5877 6085
71	15897 19349 19993
72	1426 2394 12264
73	3456 8931 12075
74	13342 15273 20351
75	9138 13352 20798
76	7031 7626 14081
77	4280 4507 15617
78	4170 10569 14335
79	3839 7514 16578
80	4688 12815 18782
81	4861 7858 9435
82	605 5445 12912
83	2280 4734 7311
84	6668 8128 12638
85	3733 10621 19534
86	13933 18316 19341
87	1786 3037 21566
88	2202 13239 16432
89	4882 5808 9300
90	4580 8484 16754
91	14630 17502 18269
92	6889 11119 12447
93	8162 9078 16330
94	6538 17851 18100
95	17763 19793 20816
96	2183 11907 17567
97	6640 14428 15175
98	877 12035 14081
99	1336 6468 12328
100	5948 9146 12003
101	3782 5699 12445
102	1770 7946 8244
103	7384 12639 14989

[0075]

104	1469 11586 20959
105	7943 10450 15907
106	5005 8153 10035
107	17750 18826 21513
108	4725 8041 10112
109	3837 16266 17376
110	11340 17361 17512
111	1269 4611 4774
112	2322 10813 16157
113	16752 16843 18959
114	70 4325 18753
115	3165 8153 15384
116	160 8045 16823
117	14112 16724 16792
118	4291 7667 18176
119	5943 19879 20721

표 7

[0076]

i	i번째 열 그룹의 0번째 열에서 1이 위치한 행의 인덱스
0	316 1271 3692 9495 12147 12849 14928 16671 16938 17864 19108 20502 21097 21115
1	2341 2559 2643 2816 2865 5137 5331 7000 7523 8023 10439 10797 13208 15041
2	5556 6858 7677 10162 10207 11349 12321 12398 14787 15743 15859 15952 19313 20879
3	349 573 910 2702 3654 6214 9246 9353 10638 11772 14447 14953 16620 19888
4	204 1390 2887 3835 6230 6533 7443 7876 9299 10291 10896 13960 18287 20086
5	541 2429 2838 7144 8523 8637 10490 10585 11074 12074 15762 16812 17900 18548
6	733 1659 3838 5323 5805 7882 9429 10682 13697 16909 18846 19587 19592 20904
7	1134 2136 4631 4653 4718 5197 10410 11666 14996 15305 16048 17417 18960 20303
8	734 1001 1283 4959 10016 10176 10973 11578 12051 15550 15915 19022 19430 20121
9	745 4057 5855 9885 10594 10989 13156 13219 13351 13631 13685 14577 17713 20386
10	968 1446 2130 2502 3092 3787 5323 8104 8418 9998 11681 13972 17747 17929
11	3020 3857 5275 5786 6319 8608 11943 14062 17144 17752 18001 18453 19311 21414
12	709 747 1038 2181 5320 8292 10584 10859 13964 15009 15277 16953 20675 21509
13	1663 3247 5003 5760 7186 7360 10346 14211 14717 14792 15155 16128 17355 17970
14	516 578 1914 6147 9419 11148 11434 13289 13325 13332 19106 19257 20962 21556
15	5009 5632 6531 9430 9886 10621 11765 13969 16178 16413 18110 18249 20616 20759
16	457 2686 3318 4608 5620 5858 6480 7430 9602 12691 14664 18777 20152 20848
17	33 2877 5334 6851 7907 8654 10688 15401 16123 17942 17969 18747 18931 20224
18	87 897 7636 8663 11425 12288 12672 14199 16435 17615 17950 18953 19667 20281
19	1042 1832 2545 2719 2947 3672 3700 6249 6398 6833 11114 14283 17694 20477
20	326 488 2662 2880 3009 5357 6587 8882 11604 14374 18781 19051 19057 20508
21	854 1294 2436 2852 4903 6466 7761 9072 9564 10321 13638 15658 16946 19119
22	194 899 1711 2408 2786 5391 7108 8079 8716 11453 17303 19484 20989 21389
23	1631 3121 3994 5005 7810 8850 10315 10589 13407 17162 18624 18758 19311 20301
24	736 2424 4792 5600 6370 10061 16053 16775 18600
25	1254 8163 8876 9157 12141 14587 16545 17175 18191
26	388 6641 8974 10607 10716 14477 16825 17191 18400
27	5578 6082 6824 7360 7745 8655 11402 11665 12428
28	3603 8729 13463 14698 15210 19112 19550 20727 21052

[0077]

29	48 1732 3805 5158 15442 16909 19854 21071 21579
30	11707 14014 21531
31	1542 4133 4925
32	10083 13505 21198
33	14300 15765 16752
34	778 1237 11215
35	1325 3199 14534
36	2007 14510 20599
37	1996 5881 16429
38	5111 15018 15980
39	4989 10681 12810
40	3763 10715 16515
41	2259 10080 15642
42	9032 11319 21305
43	3915 15213 20884
44	11150 15022 20201
45	1147 6749 19625
46	12139 12939 18870
47	3840 4634 10244
48	1018 10231 17720
49	2708 13056 13393
50	5781 11588 18888
51	1345 2036 5252
52	5908 8143 15141
53	1804 13693 18640
54	10433 13965 16950
55	9568 10122 15945
56	547 6722 14015
57	321 12844 14095
58	2632 10513 14936
59	6369 11995 20321
60	9920 19136 21529
61	1990 2726 10183
62	5763 12118 15467
63	503 10006 19564
64	9839 11942 19472
65	11205 13552 15389
66	8841 13797 19697
67	124 6053 18224
68	6477 14406 21146
69	1224 8027 16011
70	3046 4422 17717
71	739 12308 17760
72	4014 4130 7835
73	2266 5652 11981
74	2711 7970 18317
75	2196 15229 17217
76	8636 13302 16764
77	5612 15010 16657
78	615 1249 4639
79	3821 12073 18506
80	1066 16522 21536
81	11307 18363 19740

82	3240 8560 10391
83	3124 11424 20779
84	1604 8861 17394
85	2083 7400 8093
86	3218 7454 9155
87	9855 15998 20533
88	316 2850 20652
89	5583 9768 10333
90	7147 7713 18339
91	12607 17428 21418
92	14216 16954 18164
93	8477 15970 18488
94	1632 8032 9751
95	4573 9080 13507
96	11747 12441 13876
97	1183 15605 16675
98	4408 10264 17109
99	5495 7882 12150
100	1010 3763 5065
101	9828 18054 21599
102	6342 7353 15358
103	6362 9462 19999
104	7184 13693 17622
105	4343 4654 10995
106	7099 8466 18520
107	11505 14395 15138
108	6779 16691 18726
109	7146 12644 20196
110	5865 16728 19634
111	4657 8714 21246
112	4580 5279 18750
113	3767 6620 18905
114	9209 13093 17575
115	12486 15875 19791
116	8046 14636 17491
117	2120 4643 13206
118	6186 9675 12601
119	784 5770 21585

[0078]

[0079] 또 다른 예로, LDPC 부호어의 길이 N_{ldpc}가 64800, 부호율이 12/15, M이 360인 경우, 정보어 부분 행렬(210)의 i 번째 열 그룹의 0 번째 열에서 1이 위치한 행의 인덱스들은 하기의 표 8과 같다.

표 8

i	i번째 열 그룹의 0번째 열에서 1이 위치한 행의 인덱스
0	584 1472 1621 1867 3338 3568 3723 4185 5126 5889 7737 8632 8940 9725
1	221 445 590 3779 3835 6939 7743 8280 8448 8491 9367 10042 11242 12917
2	4662 4837 4900 5029 6449 6687 6751 8684 9936 11681 11811 11886 12089 12909
3	2418 3018 3647 4210 4473 7447 7502 9490 10067 11092 11139 11256 12201 12383
4	2591 2947 3349 3406 4417 4519 5176 6672 8498 8863 9201 11294 11376 12184
5	27 101 197 290 871 1727 3911 5411 6676 8701 9350 10310 10798 12439
6	1765 1897 2923 3584 3901 4048 6963 7054 7132 9165 10184 10824 11278 12669
7	2183 3740 4808 5217 5660 6375 6787 8219 8466 9037 10353 10583 11118 12762
8	73 1594 2146 2715 3501 3572 3639 3725 6959 7187 8406 10120 10507 10691
9	240 732 1215 2185 2788 2830 3499 3881 4197 4991 6425 7061 9756 10491
10	831 1568 1828 3424 4319 4516 4639 6018 9702 10203 10417 11240 11518 12458
11	2024 2970 3048 3638 3676 4152 5284 5779 5926 9426 9945 10873 11787 11837
12	1049 1218 1651 2328 3493 4363 5750 6483 7613 8782 9738 9803 11744 11937
13	1193 2060 2289 2964 3478 4592 4756 6709 7162 8231 8326 11140 11908 12243
14	978 2120 2439 3338 3850 4589 6567 8745 9656 9708 10161 10542 10711 12639
15	2403 2938 3117 3247 3711 5593 5844 5932 7801 10152 10226 11498 12162 12941
16	1781 2229 2276 2533 3582 3951 5279 5774 7930 9824 10920 11038 12340 12440
17	289 384 1980 2230 3464 3873 5958 8656 8942 9006 10175 11425 11745 12530
18	155 354 1090 1330 2002 2236 3559 3705 4922 5958 6576 8564 9972 12760
19	303 876 2059 2142 5244 5330 6644 7576 8614 9598 10410 10718 11033 12957
20	3449 3617 4408 4602 4727 6182 8835 8928 9372 9644 10237 10747 11655 12747
21	811 2565 2820 8677 8974 9632 11069 11548 11839 12107 12411 12695 12812 12890
22	972 4123 4943 6385 6449 7339 7477 8379 9177 9359 10074 11709 12552 12831
23	842 973 1541 2262 2905 5276 6758 7099 7894 8128 8325 8663 8875 10050
24	474 791 968 3902 4924 4965 5085 5908 6109 6329 7931 9038 9401 10568
25	1397 4461 4658 5911 6037 7127 7318 8678 8924 9000 9473 9602 10446 12692
26	1334 7571 12881
27	1393 1447 7972
28	633 1257 10597
29	4843 5102 11056
30	3294 8015 10513
31	1108 10374 10546
32	5353 7824 10111
33	3398 7674 8569
34	7719 9478 10503
35	2997 9418 9581
36	5777 6519 11229
37	1966 5214 9899
38	6 4088 5827
39	836 9248 9612
40	483 7229 7548
41	7865 8289 9804
42	2915 11098 11900
43	6180 7096 9481

[0080]

[0081]

44	1431 6786 8924
45	748 6757 8625
46	3312 4475 7204
47	1852 8958 11020
48	1915 2903 4006
49	6776 10886 12531
50	2594 9998 12742
51	159 2002 12079
52	853 3281 3762
53	5201 5798 6413
54	3882 6062 12047
55	4133 6775 9657
56	228 6874 11183
57	7433 10728 10864
58	7735 8073 12734
59	2844 4621 11779
60	3909 7103 12804
61	6002 9704 11060
62	5864 6856 7681
63	3652 5869 7605
64	2546 2657 4461
65	2423 4203 9111
66	244 1855 4691
67	1106 2178 6371
68	391 1617 10126
69	250 9259 10603
70	3435 4614 6924
71	1742 8045 9529
72	7667 8875 11451
73	4023 6108 6911
74	8621 10184 11650
75	6726 10861 12348
76	3228 6302 7388
77	1 1137 5358
78	381 2424 8537
79	3256 7508 10044
80	1980 2219 4569
81	2468 5699 10319
82	2803 3314 12808
83	8578 9642 11533
84	829 4585 7923
85	59 329 5575
86	1067 5709 6867
87	1175 4744 12219
88	109 2518 6756
89	2105 10626 11153
90	5192 10696 10749
91	6260 7641 8233
92	2998 3094 11214

93	3398 6466 11494
94	6574 10448 12160
95	2734 10755 12780
96	1028 7958 10825
97	8545 8602 10793
98	392 3398 11417
99	6639 9291 12571
100	1067 7919 8934
101	1064 2848 12753
102	6076 8656 12690
103	5504 6193 10171
104	1951 7156 7356
105	4389 4780 7889
106	526 4804 9141
107	1238 3648 10464
108	2587 5624 12557
109	5560 5903 11963
110	1134 2570 3297
111	10041 11583 12157
112	1263 9585 12912
113	3744 7898 10646
114	45 9074 10315
115	1051 6188 10038
116	2242 8394 12712
117	3598 9025 12651
118	2295 3540 5610
119	1914 4378 12423
120	1766 3635 12759
121	5177 9586 11143
122	943 3590 11649
123	4864 6905 10454
124	5852 6042 10421
125	6095 8285 12349
126	2070 7171 8563
127	718 12234 12716
128	512 10667 11353
129	3629 6485 7040
130	2880 8865 11466
131	4490 10220 11796
132	5440 8819 9103
133	5262 7543 12411
134	516 7779 10940
135	2515 5843 9202
136	4684 5994 10586
137	573 2270 3324
138	7870 8317 10322
139	6856 7638 12909
140	1583 7669 10781
141	8141 9085 12555

[0082]

142	3903 5485 9992
143	4467 11998 12904

[0083]

[0084] 한편, 상술한 예에서는 LDPC 부호어의 길이가 64800이고 부호율이 6/15, 8/15, 10/15, 12/15인 경우만을 설명하였으나 이는 일 예에 불과하고, LDPC 부호어의 길이가 16200인 경우이거나 다른 부호율을 갖는 경우에도 정보어 부분 행렬(210)에서 1의 위치가 다양하게 정의될 수 있다.

[0085] 여기에서 상술한 표 4 내지 표 8에서 각 i 번째 열 그룹에 대응되는 수열 내의 숫자들의 순서가 바뀌어도 동일한 부호의 패리티 검사 행렬이라는 점에서, 표 4 내지 표 8에서 각 i 번째 열 그룹에 대응되는 수열 내의 순서가 바뀐 경우도 본 발명에서 고려하는 부호의 한 가지 일 예가 될 수 있다.

[0086] 또한, 표 4 내지 표 8에서 각 열 그룹에 대응되는 수열들의 나열 순서가 바뀌어도 부호의 그래프 상의 사이클 특성 및 차수 분포 등의 대수적 특성이 바뀌지 않기 때문에, 표 4 내지 표 8에 나타난 수열들의 나열 순서가 바뀐 경우도 한 가지 일 예가 될 수 있다.

[0087] 또한, 표 4 내지 표 8에서 임의의 열 그룹에 대응되는 수열들에 대해 모두 동일하게 Q_{ldpc}의 배수를 더한 결과 또한 부호의 그래프 상의 사이클 특성이나 차수 분포 등의 대수적 특성이 바뀌지 않기 때문에, 표 4 내지 표 8에 나타난 수열들에 대해 모두 동일하게 Q_{ldpc}의 배수를 더한 결과도 한 가지 일 예가 될 수 있다. 여기에서 주의해야 할 점은 주어진 수열에 Q_{ldpc} 배수만큼 더했을 경우 그 값이 $(N_{ldpc}-K_{ldpc})$ 이상의 값이 나올 경우에는 그 값에 $(N_{ldpc}-K_{ldpc})$에 대한 모듈로(modulo) 연산을 적용한 값으로 바꾸어 적용해야 한다는 것이다.

[0088] 한편, 표 4 내지 표 8과 같이 정보어 부분 행렬(210)의 i 번째 열 그룹의 0 번째 열에서 1이 존재하는 행의 위치가 정의되면, 이를 Q_{ldpc}만큼 시클릭 쉬프트하여 각 열 그룹의 다른 열에서 1이 존재하는 행의 위치가 정의될 수 있다.

[0089] 예를 들어, 표 4의 경우, 정보어 부분 행렬(210)의 0 번째 열 그룹의 0 번째 열의 경우, 1606 번째 행, 3402 번째 행, 4961 번째 행,...에 1이 존재한다.

[0090] 이 경우, $Q_{ldpc}=(N_{ldpc}-K_{ldpc})/M=(64800-25920)/360=108$이므로, 0 번째 열 그룹의 1 번째 열에서 1이 위치한 행의 인덱스는 1714(=1606+108), 3510(=3402+108), 5069(=4961+108),...이고, 0 번째 열 그룹의 2 번째 열에서 1이 위치한 행의 인덱스는 1822(=1714+108), 3618(=3510+108), 5177(=5069+108),...이 될 수 있다.

[0091] 이와 같은 방식에 의해, 각 열 그룹의 모든 행에서 1이 위치한 행의 인덱스가 정의될 수 있다.

[0092] 한편, 도 2와 같은 패리티 검사 행렬(200)에서 패리티 부분 행렬(220)은 다음과 같이 정의될 수 있다.

[0093] 패리티 부분 행렬(220)은 $N_{ldpc}-K_{ldpc}$ 개의 열(즉, K_{ldpc} 번째 열부터 $N_{ldpc}-1$ 번째 열)을 포함하는 부분 행렬로, 이중 대각(dual diagonal 또는 staircase) 구조를 갖는다. 따라서, 패리티 부분 행렬(220)에 포함되는 열 중에서 마지막 열(즉, $N_{ldpc}-1$ 번째 열)을 제외한 나머지 열들의 차수는 모두 2이며, 마지막 열의 차수는 1이 된다.

[0094] 결국, 패리티 검사 행렬(200)에서 정보어 부분 행렬(210)은 표 4 내지 표 8에 의해 정의되며 패리티 부분 행렬(220)은 이중 대각 구조를 가질 수 있다.

[0095] 한편, 도 2에 도시된 패리티 검사 행렬(200)의 열과 행을 하기의 수학식 4 및 수학식 5에 기초하여 퍼뮤테이션(permutation)하면, 도 2에 도시된 패리티 검사 행렬(200)은 도 3에 도시된 패리티 검사 행렬(300)의 형태로 나타내어질 수 있다.

수학식 4

[0096]
$$Q_{ldpc} \cdot i + j \Rightarrow M \cdot j + i \qquad \left(0 \le i < M,\ 0 \le j < Q_{ldpc}\right)$$

수학식 5

[0097]
$$K_{ldpc} + Q_{ldpc} \cdot k + l \Rightarrow K_{ldpc} + M \cdot l + k \qquad \left(0 \le k < M,\ 0 \le l < Q_{ldpc}\right)$$

[0098] 수학식 4 및 수학식 5에 기초하여 퍼뮤테이션을 수행하는 방법은 다음과 같다. 여기에서, 로우 퍼뮤테이션과 컬럼 퍼뮤테이션은 동일한 원리가 적용된다는 점에서, 이하에서는 로우 퍼뮤테이션을 일 예로 설명하도록 한다.

[0099] 로우 퍼뮤테이션의 경우, X 번째 행에 대해 $X=Q_{ldpc}\times i+j$를 만족하는 i, j를 산출하고, 산출된 i, j를 $M\times j+i$에 대입하여 X 번째 행이 퍼뮤테이션되는 행을 산출하게 된다. 예를 들어, 7 번째 행의 경우, $7=2\times i+j$를 만족하는 i, j는 각각 3,1이 되므로, 7 번째 행은 $10\times 1+3=13$ 번째 행으로 퍼뮤테이션된다.

[0100] 이와 같은 방식으로 로우 퍼뮤테이션 및 컬럼 퍼뮤테이션을 수행하면, 도 2의 패리티 검사 행렬은 도 3과 같이 나타낼 수 있게 된다.

[0101] 도 3을 참조하면, 패리티 검사 행렬(300)은 패리티 검사 행렬(300)을 다수의 부분 블록(partial block)들로 분할하고, 부분 블록들 각각에 $M\times M$ 사이즈의 준 순환(quasi-cyclic) 행렬을 대응시키는 형태를 갖는다.

[0102] 이에 따라, 도 3과 같은 구조를 갖는 패리티 검사 행렬(300)은 $M\times M$ 사이즈의 행렬 단위로 구성된다. 즉, 패리티 검사 행렬(300)은 다수의 부분 블록에 $M\times M$ 사이즈를 갖는 부분 행렬이 나열되어 구성된다.

[0103] 이와 같이, 패리티 검사 행렬(300)은 $M\times M$ 사이즈의 준 순환 행렬 단위로 구성되므로, M 개의 열들을 열 블록(column-block), M 개의 행들을 행 블록(row-block)이라 명명할 수 있다. 이에 따라, 본 발명에서 사용하는 도 3과 같은 구조를 갖는 패리티 검사 행렬(300)은 $N_{qc_column}=N_{ldpc}/M$ 개의 열 블록과 $N_{qc_row}=N_{parity}/M$ 개의 행 블록으로 구성되는 것으로 볼 수 있다.

[0104] 이하에서는, $M\times M$ 사이즈를 갖는 부분 행렬에 대하여 설명하도록 한다.

[0105] 첫째, 0 번째 행 블록의 (N_{qc_column}-1) 번째 열 블록 A(330)은 하기의 수학식 6의 형태를 갖는다.

수학식 6

$$A=\begin{bmatrix} 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

[0106]

[0107] 이와 같이, A(330)은 M×M 행렬로, 0 번째 행과 (M-1) 번째 열의 값들은 모두 '0'이고, 0≤i≤(M-2)에 대하여 i 번째 열의 (i+1) 번째 행은 '1'이며 그 외의 모든 값들은 '0'이다.

[0108] 둘째, 패리티 부분 행렬(320)에서 0≤i≤(N_{ldpc}-K_{ldpc})/M-1에 대하여 (K_{ldpc}/M+i) 번째 열 블록의 i 번째 행 블록은 단위 행렬 $I_{M\times M}$(340)로 구성된다. 또한, 0≤i≤(N_{ldpc}-K_{ldpc})/M-2에 대하여 (K_{ldpc}/M+i) 번째 열 블록의 (i+1)번째 행 블록은 단위 행렬 $I_{M\times M}$(340)로 구성된다.

[0109] 셋째, 정보어 부분 행렬(310)을 구성하는 블록(350)은 순환 행렬 P가 시클릭 쉬프트된 형태인 $P^{a_{ij}}$ 또는, 순환 행렬 P가 시클릭 쉬프트된 행렬 $P^{a_{ij}}$ 이 합해진 형태(또는, 중첩된 형태)가 될 수 있다.

[0110] 일 예로, 순환 행렬 P의 위첨자 a_{ij}가 1일 때(즉, P^1), 블록 P(350)의 형태는 하기의 수학식 7과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 7

$$P=\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 \\ 1 & 0 & 0 & & 0 \end{bmatrix}$$

[0111]

[0112] 순환 행렬 P는 M×M 사이즈를 갖는 정사각 행렬로서, 순환 행렬 P는 M 개의 행들 각각의 무게가 1이고, M 개의 열들 각각의 무게 역시 1인 행렬을 나타낸다. 그리고, 순환 행렬 P는 위첨자 a_{ij}가 0일 때 즉, P^0는 단위 행렬 $I_{M\times M}$를 나타낸다. 그리고, 표기상의 편의를 위하여, 위첨자 a_{ij}가 ∞일 때 즉, P^{∞}는 영(zero) 행렬로 정의한다.

[0113] 한편, 도 3에서 패리티 검사 행렬(300)의 i 번째 행 블록과 j 번째 열 블록이 교차하는 지점에 존재하는 부분 행렬은 $P^{a_{ij}}$ 가 될 수 있다. 따라서, i와 j는 정보어 부분에 해당하는 부분 블록들의 행 블록과 열 블록의 개수

를 나타낸다. 따라서, 패리티 검사 행렬(300)은 전체 열의 개수가 $N_{ldpc}=M\times N_{qc_column}$이고, 전체 행의 개수가 $N_{parity}=M\times N_{qc_row}$가 된다. 즉, 패리티 검사 행렬(300)은 N_{qc_column} 개의 "열 블록"과 N_{qc_row} 개의 "행 블록"으로 구성된다.

[0114] 이하에서는 도 2와 같은 패리티 검사 행렬(200)에 기초하여 LDPC 부호화를 수행하는 방법에 대해 설명하도록 한다. 한편, 설명의 편의를 위해 패리티 검사 행렬(200)이 표 4와 같이 정의되는 경우를 일 예로 LDPC 부호화 과정을 개략적으로 설명하도록 한다.

[0115] 먼저, 길이가 K_{ldpc}인 정보어 비트들을 $[i_0, i_1, i_2, \cdots, i_{K_{ldpc}-1}]$라 하고, 길이가 $N_{ldpc}-K_{ldpc}$인 패리티 비트들을 $[p_0, p_1, p_2, \cdots, p_{N_{ldpc}-K_{ldpc}-1}]$라 할 때, 하기와 같은 과정에 의해 LDPC 부호화가 수행될 수 있다.

[0116] 단계 1) 패리티 비트들을 '0'으로 초기화한다. 즉, $p_0=p_1=p_2=\cdots=p_{N_{ldpc}-K_{ldpc}-1}=0$

[0117] 단계 2) 표 4의 첫 번째 행(즉, i=0인 행)에서 정의되는 패리티 비트의 어드레스를 패리티 비트의 인덱스로 갖는 패리티 비트에 0 번째 정보어 비트 i_0를 누적(accumulate)한다. 이는 아래의 수학식 8과 같이 표현될 수 있다.

수학식 8

$P_{1606} = P_{1606} \oplus i_0$
$P_{3402} = P_{3402} \oplus i_0$
$P_{4961} = P_{4961} \oplus i_0$
$P_{6751} = P_{6751} \oplus i_0$
$P_{7132} = P_{7132} \oplus i_0$
$P_{11516} = P_{11516} \oplus i_0$
$P_{12300} = P_{12300} \oplus i_0$
$P_{12482} = P_{12482} \oplus i_0$
$P_{12592} = P_{12592} \oplus i_0$
$P_{13342} = P_{13342} \oplus i_0$
$P_{13764} = P_{13764} \oplus i_0$
$P_{14123} = P_{14123} \oplus i_0$
$P_{21576} = P_{21576} \oplus i_0$
$P_{23946} = P_{23946} \oplus i_0$
$P_{24533} = P_{24533} \oplus i_0$
$P_{25376} = P_{25376} \oplus i_0$
$P_{25667} = P_{25667} \oplus i_0$
$P_{26836} = P_{26836} \oplus i_0$
$P_{31799} = P_{31799} \oplus i_0$
$P_{34173} = P_{34173} \oplus i_0$
$P_{35462} = P_{35462} \oplus i_0$
$P_{36153} = P_{36153} \oplus i_0$
$P_{36740} = P_{36740} \oplus i_0$
$P_{37085} = P_{37085} \oplus i_0$
$P_{37152} = P_{37152} \oplus i_0$
$P_{37468} = P_{37468} \oplus i_0$
$P_{37658} = P_{37658} \oplus i_0$

[0118]

[0119] 여기에서, i_0는 0 번째 정보어 비트, p_i는 i 번째 패리티 비트, $\oplus$는 바이너리 연산을 의미한다. 바이너리 연산에 의하면, $1 \oplus 1$은 0, $1 \oplus 0$은 1, $0 \oplus 1$은 1, $0 \oplus 0$은 0이다.

[0120] 단계 3) 나머지 359 개의 정보어 비트들 i_m(m=1,2,...,359)을 패리티 비트에 누적한다. 여기에서, 나머지 정보어 비트들은 i_0와 동일한 열 그룹에 속하는 정보어 비트들일 수 있다. 이때, 패리티 비트의 어드레스는 하기의 수학식 9에 기초하여 결정될 수 있다.

수학식 9

[0121] $$(x+(m \bmod 360)\times Q_{ldpc}) \bmod (N_{ldpc}-K_{ldpc})$$

[0122] 여기에서, x는 정보어 비트 i_0에 대응되는 패리티 비트 누적기(parity bit accumulator)의 어드레스이고, Q_{ldpc}는 정보어에 대응되는 부분 행렬에서 각 열이 시클릭 쉬프트되는 크기로, 표 4의 경우 108이 될 수 있다. 그리고, m=1,2,...,359이기 때문에 수학식 9의 (m mod 360)은 m으로 볼 수 있다.

[0123] 결국, 수학식 9에 기초하여 산출된 패리티 비트의 어드레스를 인덱스로 하는 패리티 비트 각각에 정보어 비트들 i_m(m=1,2,...,359) 각각을 누적하며, 일 예로, 정보어 비트 i_1에 대해 하기의 수학식 10과 같은 연산이 수행될 수 있다.

수학식 10

$P_{1714} = P_{1714} \oplus i_1$
$P_{3510} = P_{3510} \oplus i_1$
$P_{5069} = P_{5069} \oplus i_1$
$P_{6859} = P_{6859} \oplus i_1$
$P_{7240} = P_{7240} \oplus i_1$
$P_{11624} = P_{11624} \oplus i_1$
$P_{12408} = P_{12408} \oplus i_1$
$P_{12590} = P_{12590} \oplus i_1$
$P_{12700} = P_{12700} \oplus i_1$
$P_{13450} = P_{13450} \oplus i_1$
$P_{13872} = P_{13872} \oplus i_1$
$P_{14231} = P_{14231} \oplus i_1$
$P_{21684} = P_{21684} \oplus i_1$
$P_{24054} = P_{24054} \oplus i_1$
$P_{24641} = P_{24641} \oplus i_1$
$P_{25484} = P_{25484} \oplus i_1$
$P_{25775} = P_{25775} \oplus i_1$
$P_{26944} = P_{26944} \oplus i_1$
$P_{31907} = P_{31907} \oplus i_1$
$P_{34281} = P_{34281} \oplus i_1$
$P_{35570} = P_{35570} \oplus i_1$
$P_{36261} = P_{36261} \oplus i_1$
$P_{36848} = P_{36848} \oplus i_1$
$P_{37193} = P_{37193} \oplus i_1$
$P_{37260} = P_{37260} \oplus i_1$
$P_{37576} = P_{37576} \oplus i_1$
$P_{37766} = P_{37766} \oplus i_1$

[0124]

[0125] 여기에서, i_1는 1 번째 정보어 비트, p_i는 i 번째 패리티 비트, $\oplus$ 는 바이너리 연산을 의미한다. 바이너리 연산에 의하면, $1 \oplus 1$은 0, $1 \oplus 0$은 1, $0 \oplus 1$은 1, $0 \oplus 0$은 0이다.

[0126] 단계 4) 표 4의 두 번째 행(즉, i=1인 행)에서 정의되는 패리티 비트의 어드레스를 패리티 비트의 인덱스로 갖는 패리티 비트에 360 번째 정보어 비트 i_{360}를 누적한다.

[0127] 단계 5) 정보어 비트 i_{360}과 동일한 그룹에 속하는 나머지 359 개의 정보어 비트들을 패리티 비트에 누적한다. 이때, 패리티 비트의 어드레스는 수학식 9에 기초하여 결정될 수 있다. 다만, 이 경우, x는 정보어 비트 i_{360}에 대응되는 패리티 비트 누적기의 어드레스가 된다.

[0128] 단계 6) 상술한 단계 4 및 단계 5와 같은 과정을 표 4의 모든 열 그룹에 대해 반복한다.

[0129] 단계 7) 결국, 하기와 같은 수학식 11에 기초하여 패리티 비트 p_i를 산출하게 된다. 이때, i는 1로 초기화된다.

수학식 11

[0130] $$p_i = p_i \oplus p_{i-1} \quad i = 1, 2, \cdots, N_{ldpc} - K_{ldpc} - 1$$

[0131] 수학식 11에서, p_i는 i 번째 패리티 비트, N_{ldpc}는 LDPC 부호어의 길이, K_{ldpc}는 LDPC 부호어 중 정보어의 길이, $\oplus$는 바이너리 연산을 의미한다.

[0132] 결국, 부호화부(110)는 상술한 방식에 따라 패리티 비트들을 산출할 수 있게 된다.

[0133] 도 1로 돌아가서, 부호화부(110)는 3/15, 4/15, 5/15, 6/15, 7/15, 8/15, 9/15, 10/15, 11/15, 12/15, 13/15 등과 같은 다양한 부호율을 이용하여 LDPC 부호화를 수행할 수 있다. 그리고, 부호화부(110)는 정보어 비트들의 길이 및 부호율에 기초하여 16200, 64800 등과 같은 다양한 길이를 갖는 LDPC 부호어를 생성할 수 있다.

[0134] 이 경우, 부호화부(110)는 정보어 부분 행렬이 표 4 내지 표 8에 의해 정의되고 패리티 부분 행렬이 이중 대각 구조를 갖는 패리티 검사 행렬(즉, 도 2와 같은 패리티 검사 행렬)을 이용하여 LDPC 부호화를 수행하거나, 도 2와 같은 패리티 검사 행렬이 수학식 4 및 수학식 5에 기초하여 로우 및 컬럼 퍼뮤테이션된 패리티 검사 행렬(즉, 도 3과 같은 구조)을 이용하여 LDPC 부호화를 수행할 수 있다.

[0135] 또한, 부호화부(110)는 LDPC 부호화뿐만 아니라, BCH(Bose, Chaudhuri, Hocquenghem) 부호화를 수행할 수도 있다. 이를 위해, 부호화부(110)는 BCH 부호화를 수행하는 BCH 인코더(미도시)를 더 포함할 수 있다.

[0136] 이 경우, 부호화부(110)는 BCH 부호화 및 LDPC 부호화 순으로 부호화를 수행할 수 있다. 구체적으로, 부호화부(110)는 입력되는 비트들에 BCH 부호화를 수행하여 BCH 패리티 비트를 부가하고, BCH 패리티 비트가 부가된 비트들을 정보어 비트들로 LDPC 부호화를 수행하여, LDPC 부호어를 생성할 수도 있다.

[0137] 인터리버(120)는 LDPC 부호어를 인터리빙한다. 즉, 인터리버(120)는 LDPC 부호어를 부호화부(110)로부터 전달받아 다양한 인터리빙 룰에 기초하여 LDPC 부호어를 인터리빙할 수 있다.

[0138] 특히, 인터리버(120)는 LDPC 부호어를 구성하는 복수의 비트 그룹(또는, 복수의 그룹 또는 복수의 블록) 중 기설정된 비트 그룹에 포함된 비트가 변조 심볼 내의 기설정된 비트에 맵핑되도록, LDPC 부호어를 인터리빙할 수 있다. 이에 따라, 변조부(130)는 LDPC 부호어를 구성하는 복수의 비트 그룹 중 기설정된 그룹에 포함된 비트를 변조 심볼 내의 기설정된 비트에 맵핑할 수 있다.

[0139] 이하에서는 인터리버(120)에서 사용하는 인터리빙 룰을 경우를 나누어 보다 구체적으로 설명하도록 한다.

[0140] **실시 예 1: 블록 인터리버를 사용하는 경우**

[0141] 본 발명의 제1 실시 예로, 인터리버(120)는 하기와 같은 방법을 통해 LDPC 부호어를 인터리빙하여, 인터리빙된 LDPC 부호어를 구성하는 복수의 비트 그룹 중 기설정된 비트 그룹에 포함된 비트가 변조 심볼 내의 기설정된 비트에 맵핑되도록 할 수 있다. 구체적인 설명을 위해 도 4를 참조하도록 한다.

[0142] 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 인터리버의 구조를 설명하기 위한 블록도이다. 도 4에 따르면, 인터리버(120)는 패리티 인터리버(121), 그룹 인터리버(또는, 그룹-와이즈(group-wise) 인터리버, 122), 그룹 트위스트 인터리버(123) 및 블록 인터리버(124)를 포함한다.

[0143] 패리티 인터리버(121)는 LDPC 부호어를 구성하는 패리티 비트들을 인터리빙한다.

[0144] 구체적으로, 패리티 인터리버(121)는 도 2와 같은 구조를 갖는 패리티 검사 행렬(200)에 기초하여 LDPC 부호어가 생성된 경우, 하기의 수학식 12를 이용하여 LDPC 부호어 중에서 패리티 비트들만을 인터리빙할 수 있다.

수학식 12

$$u_i = c_i \quad for\ 0 \le i < K_{ldpc}$$

$$u_{K_{ldpc}+M \cdot t+s} = c_{K_{ldpc}+Q_{ldpc} \cdot s+t} \quad for\ 0 \le s < M,\ 0 \le t < Q_{ldpc}$$

[0145]

[0146] 여기에서, M은 정보어 부분 행렬(210)에서 열의 패턴이 반복되는 간격 즉, 열 그룹에 포함된 열의 개수(일 예로, M=360)이고, Q_{ldpc}는 정보어 부분 행렬(210)에서 각 열이 시클릭 쉬프트되는 크기이다. 즉, 패리티 인터리버(121)는 LDPC 부호어 $c=(c_0, c_1, \ldots, c_{N_{ldpc}-1})$에 대해 패리티 인터리빙을 수행하여 $U=(u_0, u_1, \ldots, u_{N_{ldpc}-1})$를 출력할 수 있다.

[0147] 이와 같은 방법으로 패리티 인터리빙된 LDPC 부호어는 일정한 수의 연속된 비트들이 유사한 복호화 특성(예를 들어, 사이클 분포, 열의 차수 등)을 갖도록 구성될 수 있다.

[0148] 예를 들어, LDPC 부호어는 연속된 M 개의 비트 단위로 동일한 특성을 가질 수 있다. 여기에서, M은 정보어 부분 행렬(210)에서 열의 패턴이 반복되는 간격으로, 일 예로 360이 될 수 있다.

[0149] 구체적으로, LDPC 부호어 비트들과 패리티 검사 행렬의 곱은 '0'이 되어야 한다. 이는 i가 0부터 $N_{ldpc}-1$까지의 i 번째 LDPC 부호어 비트 $c_i(i=0,1,\ldots,N_{ldpc}-1)$와 i 번째 패리티 검사 행렬의 열의 곱들의 합이 '0' 벡터가 되어야 한다는 것을 의미한다. 따라서, i 번째 LDPC 부호어 비트는 패리티 검사 행렬의 i 번째 열에 대응되는 것으로 볼 수 있다.

[0150] 한편, 도 2와 같은 패리티 검사 행렬(200)의 경우, 정보어 부분 행렬(210)은 각각 M 개의 열씩 동일한 그룹에 속하며, 열 그룹 단위로 동일한 특성을 갖는다(가령, 동일한 열 그룹 내의 열들은 동일한 차수 분포와 동일한 사이클 특성을 갖는다).

[0151] 이 경우, 정보어 비트들에서 연속된 M 개의 비트들은 정보어 부분 행렬(210)의 동일한 열 그룹에 대응되므로, 정보어 비트들은 동일한 부호어 특성을 갖는 연속된 M 개의 비트들로 구성될 수 있다. 한편, LDPC 부호어의 패리티 비트들이 패리티 인터리버(121)에 의해 인터리빙되면, LDPC 부호어의 패리티 비트들도 동일한 부호어 특성을 갖는 연속된 M 개의 비트들로 구성될 수 있다.

[0152] 다만, 도 3과 같은 패리티 검사 행렬(300)에 기초하여 부호화된 LDPC 부호어에 대해서는 패리티 인터리빙이 수행되지 않을 수 있으며, 이 경우, 패리티 인터리버(121)는 생략 가능하다.

[0153] 그룹 인터리버(122)는 패리티 인터리빙된 LDPC 부호어를 복수의 비트 그룹으로 구분하고, 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위(bits group wise)로 재정렬할 수 있다. 즉, 그룹 인터리버(122)는 복수의 비트 그룹을 비트 그룹 단위로 인터리빙할 수 있다.

[0154] 이를 위해, 그룹 인터리버(122)는 하기의 수학식 13 또는 수학식 14를 이용하여 패리티 인터리빙된 LDPC 부호어를 복수의 비트 그룹으로 구분한다.

수학식 13

$$X_j = \left\{ u_k \middle| j = \left\lfloor \frac{k}{360} \right\rfloor, 0 \le k < N_{ldpc} \right\} \text{ for } 0 \le j < N_{group}$$

[0155]

수학식 14

$$X_j = \left\{ u_k \middle| 360 \times j \le k < 360 \times (j+1),\ 0 \le k < N_{ldpc} \right\} \text{ for } 0 \le j < N_{group}$$

[0156]

[0157] 이들 수학식에서, N_{group}은 비트 그룹의 전체 개수, X_j는 j 번째 비트 그룹, u_k는 그룹 인터리버(122)로 입력되는 k 번째 LDPC 부호어 비트를 나타낸다. 그리고, $\left\lfloor \frac{k}{360} \right\rfloor$는 k/360 이하의 가장 큰 정수를 나타낸다.

[0158] 한편, 이들 수학식에서 360은 정보어 부분 행렬에서 열의 패턴이 반복되는 간격인 M의 일 예를 나타낸다는 점에서, 이들 수학식에서 360은 M으로 변경 가능하다.

[0159] 한편, 복수의 비트 그룹으로 구분된 LDPC 부호어는 도 5와 같이 나타낼 수 있다.

[0160] 도 5를 참조하면, LDPC 부호어는 복수의 비트 그룹으로 구분되며, 각 비트 그룹은 연속된 M 개의 비트로 구성되는 것을 알 수 있다. 이에 따라, 각 비트 그룹은 패리티 검사 행렬의 각 열 그룹에 대응되는 비트들로 구성될 수 있다.

[0161] 구체적으로, LDPC 부호어는 연속된 M 개의 비트씩 구분되어지므로, K_{ldpc} 개의 정보어 비트들은 (K_{ldpc}/M) 개의 비트 그룹으로 구분되고 N_{ldpc}-K_{ldpc} 개의 패리티 비트들은 (N_{ldpc}-K_{ldpc})/M 개의 비트 그룹으로 구분된다. 이에 따라, LDPC 부호어는 총 (N_{ldpc}/M) 개의 비트 그룹으로 구분될 수 있다.

[0162] 예를 들어, M=360인 경우 LDPC 부호어의 길이 N_{ldpc}가 64800인 경우 비트 그룹의 개수 N_{group}은 180(=64800/360)이 되고, LDPC 부호어의 길이 N_{ldpc}가 16200인 경우 비트 그룹의 개수 N_{group}은 45(=16200/360)가 될 수 있다.

[0163] 이와 같이, 그룹 인터리버(122)가 LDPC 부호어를 연속된 M 개의 비트씩 동일한 비트 그룹으로 구분하는 것은, 상술한 바와 같이 LDPC 부호어가 연속된 M 개의 비트 단위로 동일한 부호어 특성을 갖기 때문이다. 이에 따라, LDPC 부호어를 연속된 M 개의 비트 단위로 구분하는 경우, 동일한 부호어 특성을 갖는 비트들이 동일한 비트 그룹에 포함될 수 있다.

[0164] 한편, 상술한 예에서는 각 비트 그룹을 구성하는 비트의 개수가 M인 것으로 설명하였으나 이는 일 예에 불과하며, 각 비트 그룹을 구성하는 비트의 개수는 다양하게 변경 가능하다.

[0165] 일 예로, 각 비트 그룹을 구성하는 비트의 개수는 M의 약수가 될 수 있다. 즉, 각 비트 그룹을 구성하는 비트의 개수는 패리티 검사 행렬의 정보어 부분 행렬의 열 그룹을 구성하는 열의 개수의 약수가 될 수 있다. 이 경우, 각 비트 그룹은 M의 약수 개의 비트로 구성될 수 있다. 예를 들어, 정보어 부분 행렬의 열 그룹을 구성하는 열의 개수가 360인 경우 즉, M =360인 경우, 그룹 인터리버(122)는 각 비트 그룹을 구성하는 비트의 개수가 360의 약수 중 어느 하나가 되도록, LDPC 부호어를 복수의 비트 그룹으로 구분할 수 있다.

[0166] 다만, 이하에서는 설명의 편의를 위해, 비트 그룹을 구성하는 비트의 개수가 M인 경우에 대해서만 설명하도록 한다.

[0167] 이후, 그룹 인터리버(122)는 LDPC 부호어를 비트 그룹 단위로 인터리빙한다. 구체적으로, 그룹 인터리버(122)는 LDPC 부호어를 복수의 비트 그룹으로 그룹핑하고, 복수의 비트 그룹을 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다. 즉, 그룹 인터리버(122)는 LDPC 부호어를 구성하는 복수의 비트 그룹의 위치를 서로 변경하여 LDPC 부호어를 구성하는 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0168] 여기에서, 그룹 인터리버(122)는 복수의 비트 그룹 중 동일한 변조 심볼에 맵핑되는 비트들을 포함하는 비트 그룹이 기설정된 간격만큼 이격 배치되도록 복수의 비트 그룹의 순서를 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0169] 이 경우, 그룹 인터리버(122)는 블록 인터리버(124)를 구성하는 행 및 열의 개수, LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 개수 및 각 비트 그룹에 포함된 비트 수 등을 고려하여 동일한 변조 심볼에 맵핑되는 비트들을 포함하는 비트 그룹들이 일정한 간격만큼 이격 배치되도록 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있

다.

[0170] 이를 위해, 그룹 인터리버(122)는 하기의 수학식 15를 이용하여 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

수학식 15

[0171] $$Y_j = X_{\pi(j)} \ (0 \le j < N_{group})$$

[0172] 여기에서, X_j는 그룹 인터리빙 전의 j 번째 비트 그룹을 나타내고, Y_j는 그룹 인터리빙 후의 j 번째 비트 그룹을 나타낸다. 그리고, π(j)는 인터리빙 순서를 나타내는 파라미터로, LDPC 부호어의 길이, 부호율 및 변조 방식 중 적어도 하나에 의해 결정될 수 있다.

[0173] 따라서, $X_{\pi(j)}$는 그룹 인터리빙 전 π(j) 번째 비트 그룹을 나타내며, 수학식 15는 인터리빙 전 π(j) 번째 비트 그룹이 인터리빙에 의해 j 번째 비트 그룹에 배치되는 것을 의미하게 된다.

[0174] 한편, 본 발명의 일 실시 예에 따른 π(j)의 구체적인 일 예는 하기의 표 9 내지 표 13과 같이 정의될 수 있다.

[0175] 이 경우, π(j)은 LDPC 부호어의 길이 및 부호율에 따라 정의되며, 패리티 검사 행렬 또한, LDPC 부호어의 길이 및 부호율에 따라 정의된다. 따라서, LDPC 부호어의 길이 및 부호율에 따라 특정 패리티 검사 행렬에 기초하여 LDPC 부호화가 수행된 경우, 해당 LDPC 부호어의 길이 및 부호율을 만족하는 π(j)에 기초하여 LDPC 부호어가 비트 그룹 단위로 인터리빙될 수 있다.

[0176] 예를 들어, 부호화부(110)가 64800의 길이를 갖는 LDPC 부호어를 생성하기 위해 6/15의 부호율로 LDPC 부호화를 수행한 경우, 그룹 인터리버(122)는 하기의 표 9 내지 표 13 중에서 LDPC 부호어의 길이가 64800이고 부호율이 6/15에서 정의되는 π(j) 즉, 예를 들어 표 9와 같이 정의되는 π(j)를 이용하여 인터리빙을 수행할 수 있다.

[0177] 일 예로, LDPC 부호어의 길이 N_{ldpc}가 64800이고 부호율이 6/15이며 변조 방식이 1024-QAM(quadrature amplitude modulation)인 경우, π(j)는 하기의 표 9와 같이 정의될 수 있다.

표 9

[0178]

	Order of bits group to be block interleaved π(j) (0 ≤ j < 180)																						
j-th block of Group-wise interleaver output	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
π(j)-th block of Group-wise interleaver input	66	21	51	55	54	24	33	12	70	63	47	65	145	8	0	57	23	71	59	14	40	42	62
	56	2	43	64	58	67	53	68	61	39	52	69	1	22	31	161	38	30	19	17	18	4	41
	25	44	136	29	36	26	126	177	15	37	148	9	13	45	46	152	50	49	27	77	60	35	48
	178	28	34	106	127	76	131	105	138	75	130	101	167	117	173	113	108	92	135	124	121	97	149
	143	81	32	96	3	78	107	86	98	16	162	150	111	158	172	139	74	142	166	7	5	119	20
	144	151	90	11	156	100	175	83	155	159	128	88	87	93	103	94	140	165	6	137	157	10	85
	141	129	146	122	73	112	132	125	174	169	168	79	84	118	179	147	91	160	163	115	89	80	102
	104	134	82	95	133	164	154	120	110	170	114	153	72	109	171	176	99	116	123				

[0179] 표 9의 경우, 수학식 15는 $Y_0=X_{\pi(0)}=X_{66}$, $Y_1=X_{\pi(1)}=X_{21}$, $Y_2=X_{\pi(2)}=X_{51}$,..., $Y_{178}=X_{\pi(178)}=X_{116}$, $Y_{179}=X_{\pi(179)}=X_{123}$와 같이 나타낼 수 있다. 이에 따라, 그룹 인터리버(122)는 66 번째 비트 그룹을 0 번째로, 21 번째 비트 그룹을 1 번째로, 51 번째 비트 그룹을 2 번째로,..., 116 번째 비트 그룹을 178 번째로, 123 번째 비트 그룹을 179 번째로

순서를 변경하여 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0180] 다른 예로, LDPC 부호어의 길이 N_{ldpc}가 64800이고 부호율이 8/15이며 변조 방식이 1024-QAM인 경우, π(j)는 하기의 표 10과 같이 정의될 수 있다.

표 10

[0181]

	Order of bits group to be block interleaved π(j) (0 ≤ j < 180)																						
j-th block of Group-wise interleaver output	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
π(j)-th block of Group-wise interleaver input	77	48	82	51	57	69	65	6	71	90	84	81	50	88	61	55	53	73	39	13	79	75	41
	18	38	89	49	93	36	64	47	40	42	76	70	56	3	72	2	54	52	145	19	78	80	63
	87	67	86	10	1	58	17	14	175	91	68	85	94	15	43	74	60	66	37	92	4	9	16
	83	46	44	102	30	112	122	110	29	20	105	138	101	174	33	137	136	131	166	59	34	62	125
	28	26	45	24	23	21	157	98	35	95	22	32	103	27	113	31	119	173	168	118	120	114	149
	159	155	179	160	161	130	123	172	139	124	153	0	109	167	128	107	117	147	177	96	164	152	11
	148	158	129	163	176	151	171	8	106	144	150	169	108	162	143	111	141	133	178	134	146	99	132
	142	104	115	135	121	100	12	170	156	126	5	127	154	97	140	116	165	7	25				

[0182] 표 10의 경우, 수학식 15는 $Y_0=X_{\pi(0)}=X_{77}$, $Y_1=X_{\pi(1)}=X_{48}$, $Y_2=X_{\pi(2)}=X_{82}$,..., $Y_{178}=X_{\pi(178)}=X_7$, $Y_{179}=X_{\pi(179)}=X_{25}$와 같이 나타낼 수 있다. 이에 따라, 그룹 인터리버(122)는 77 번째 비트 그룹을 0 번째로, 48 번째 비트 그룹을 1 번째로, 82 번째 비트 그룹을 2 번째로,..., 7 번째 비트 그룹을 178 번째로, 25 번째 비트 그룹을 179 번째로 순서를 변경하여 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0183] 다른 예로, LDPC 부호어의 길이 N_{ldpc}가 64800이고 부호율이 10/15이며 변조 방식이 1024-QAM인 경우, π(j)는 하기의 표 11과 같이 정의될 수 있다. 특히, 부호화부(110)가 표 6에 의해 정의되는 패리티 검사 행렬에 기초하여 LDPC 부호화를 수행하는 경우, 그룹 인터리버(122)는 표 11과 같이 정의되는 π(j)를 이용하여 그룹 인터리빙을 수행할 수 있다.

표 11

[0184]

	Order of bits group to be block interleaved π(j) (0 ≤ j < 180)																						
j-th block of Group-wise interleaver output	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
π(j)-th block of Group-wise interleaver input	7	58	108	59	1	14	54	115	57	29	64	65	8	101	113	60	46	104	87	9	93	81	94
	71	106	50	44	15	52	4	100	90	111	77	89	92	5	82	10	116	109	75	91	47	80	99
	103	30	105	76	107	88	95	28	66	102	25	39	78	53	118	112	0	83	22	36	51	55	85
	86	45	119	23	79	35	72	33	98	40	38	24	63	73	20	48	27	96	68	26	110	42	12
	41	97	2	21	61	117	70	62	34	11	67	37	49	114	56	32	149	163	173	159	132	170	179
	69	139	133	154	160	128	168	84	171	162	31	43	135	123	178	130	127	145	157	176	177	140	151
	134	126	18	129	137	74	148	147	167	136	164	146	153	138	161	6	143	124	17	174	131	175	165
	150	16	172	3	155	169	142	156	120	122	19	144	158	13	152	141	166	125	121				

[0185] 표 11의 경우, 수학식 15는 $Y_0=X_{\pi(0)}=X_7$, $Y_1=X_{\pi(1)}=X_{58}$, $Y_2=X_{\pi(2)}=X_{108},\ldots,$ $Y_{178}=X_{\pi(178)}=X_{125}$, $Y_{179}=X_{\pi(179)}=X_{121}$과 같이 나타낼 수 있다. 이에 따라, 그룹 터리버(122)는 7 번째 비트 그룹을 0 번째로, 58 번째 비트 그룹을 1 번째로, 108 번째 비트 그룹을 2 번째로,..., 125 번째 비트 그룹을 178 번째로, 121 번째 비트 그룹을 179 번째로 순서를 변경하여 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0186] 다른 예로, LDPC 부호어의 길이 N_{ldpc}가 64800이고 부호율이 10/15이며 변조 방식이 1024-QAM인 경우, π(j)는 하기의 표 12와 같이 정의될 수 있다. 특히, 부호화부(110)가 표 7에 의해 정의되는 패리티 검사 행렬에 기초하여 LDPC 부호화를 수행하는 경우, 그룹 인터리버(122)는 표 12와 같이 정의되는 π(j)를 이용하여 그룹 인터리빙을 수행할 수 있다.

표 12

[0187]

	Order of bits group to be block interleaved π(j) (0 ≤ j < 180)																						
j-th block of Group-wise interleaver output	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
π(j)-th block of Group-wise interleaver input	111	45	78	97	75	63	35	15	9	25	39	94	24	84	100	49	44	41	32	101	82	23	79
	68	98	31	107	19	110	48	58	71	87	43	62	85	70	95	57	10	50	99	118	73	27	12
	1	17	61	55	90	56	14	47	77	2	117	20	74	106	83	102	109	113	72	88	115	37	30
	116	29	26	54	38	60	114	59	105	67	103	0	80	64	4	91	66	46	108	33	104	93	7
	42	51	40	119	8	21	81	76	112	28	34	36	86	69	92	53	122	126	131	160	154	6	22
	142	141	136	157	162	123	159	150	171	174	137	65	13	177	166	139	167	172	176	153	89	152	168
	135	52	170	138	127	96	165	156	148	179	163	3	133	143	121	132	169	147	173	155	149	178	158
	16	144	128	11	175	134	124	130	146	161	145	120	129	164	125	5	151	18	140				

[0188] 표 12의 경우, 수학식 15는 $Y_0=X_{\pi(0)}=X_{111}$, $Y_1=X_{\pi(1)}=X_{45}$, $Y_2=X_{\pi(2)}=X_{78},\ldots,$ $Y_{178}=X_{\pi(178)}=X_{18}$, $Y_{179}=X_{\pi(179)}=X_{140}$와 같이 나타낼 수 있다. 이에 따라, 그룹 인터리버(122)는 111 번째 비트 그룹을 0 번째로, 45 번째 비트 그룹을 1 번째로, 78 번째 비트 그룹을 2 번째로,..., 18 번째 비트 그룹을 178 번째로, 140 번째 비트 그룹을 179 번째로 순서를 변경하여 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0189] 다른 예로, LDPC 부호어의 길이 N_{ldpc}가 64800이고 부호율이 12/15이며 변조 방식이 1024-QAM인 경우, π(j)는 하기의 표 13과 같이 정의될 수 있다.

표 13

	Order of bits group to be block interleaved π(j) (0 ≤ j < 180)																						
j-th block of Group-wise interleaver output	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
π(j)-th block of Group-wise interleaver input	91	19	11	106	14	40	20	67	32	22	31	23	78	68	79	141	117	95	88	136	52	121	1
	133	4	2	21	122	38	12	69	111	81	82	58	46	112	60	33	73	53	92	75	48	47	110
	80	76	138	87	85	65	130	57	102	83	64	86	100	39	49	125	108	119	6	118	35	61	71
	30	45	94	26	116	98	37	55	44	70	25	7	34	114	135	128	137	84	51	28	97	27	89
	29	62	50	139	56	109	77	59	127	142	96	105	99	90	13	124	120	115	126	143	149	74	41
	178	129	18	131	42	165	101	134	36	140	132	103	72	164	93	54	166	43	123	113	0	154	10
	63	107	162	157	66	104	17	147	167	174	179	3	173	160	155	161	152	156	177	24	170	9	159
	16	15	148	5	146	163	172	175	151	169	176	150	153	171	158	168	144	8	145				

[0190]

[0191] 표 13의 경우, 수학식 15는 $Y_0=X_{\pi(0)}=X_{91}$, $Y_1=X_{\pi(1)}=X_{19}$, $Y_2=X_{\pi(2)}=X_{11}$,..., $Y_{178}=X_{\pi(178)}=X_8$, $Y_{179}=X_{\pi(179)}=X_{145}$와 같이 나타낼 수 있다. 이에 따라, 그룹 인터리버(122)는 91 번째 비트 그룹을 0 번째로, 19 번째 비트 그룹을 1 번째로, 11 번째 비트 그룹을 2 번째로,..., 8 번째 비트 그룹을 178 번째로, 145 번째 비트 그룹을 179 번째로 순서를 변경하여 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0192] 한편, 상술한 예에서는 LDPC 부호어의 길이가 64800이고 부호율이 6/15, 8/15, 10/15, 12/15 경우만을 설명하였으나 이는 일 예에 불과하고, LDPC 부호어의 길이가 16200인 경우이거나 다른 부호율을 갖는 경우에도 인터리빙 패턴은 다양하게 정의될 수 있다.

[0193] 이와 같이, 그룹 인터리버(12)는 상기의 수학식 15 및 표 9 내지 표 13을 이용하여 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0194] 한편, 표 9 내지 표 13에서 "j-th block of Group-wise Interleaver output"는 인터리빙 후 그룹 인터리버(122)에서 j 번째로 출력되는 비트 그룹을 나타내고, "π(j)-th block of Group-wise Interleaver input"은 그룹 인터리버(122)에 π(j) 번째로 입력되는 비트 그룹을 나타낸다.

[0195] 또한, LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹들은 그룹 인터리버(122)에 의해 비트 그룹 단위로 순서가 재정렬된 후, 후술할 블록 인터리버(124)에 의해 블록 인터리빙된다는 점에서, 표 9 내지 표 13에서 π(j)와 관련하여 "Order of bits group to be block interleaved"와 같이 기재하였다.

[0196] 한편, 표 9 내지 표 13과 같이 정의되는 π(j)를 부호율(CR)에 따라 정리하면 하기의 표 14와 같이 나타낼 수 있다.

표 14

[0197]

	(CR 6/15)	(CR 8/15)	(CR 10/15)	(CR 10/15)	(CR 12/15)
j-th block of Group-wise Interleaver output	π(j)-th block of Group-wise Interleaver input	π(j)-th block of Group-wise Interleaver input	π(j)-th block of Group-wise Interleaver input	π(j)-th block of Group-wise Interleaver input	π(j)-th block of Group-wise Interleaver input
0	66	77	7	111	91
1	21	48	58	45	19
2	51	82	108	78	11
3	55	51	59	97	106
4	54	57	1	75	14
5	24	69	14	63	40
6	33	65	54	35	20
7	12	6	115	15	67
8	70	71	57	9	32
9	63	90	29	25	22
10	47	84	64	39	31
11	65	81	65	94	23
12	145	50	8	24	78
13	8	88	101	84	68
14	0	61	113	100	79
15	57	55	60	49	141
16	23	53	46	44	117
17	71	73	104	41	95
18	59	39	87	32	88
19	14	13	9	101	136
20	40	79	93	82	52
21	42	75	81	23	121
22	62	41	94	79	1
23	56	18	71	68	133
24	2	38	106	98	4
25	43	89	50	31	2
26	64	49	44	107	21
27	58	93	15	19	122
28	67	36	52	110	38
29	53	64	4	48	12
30	68	47	100	58	69
31	61	40	90	71	111
32	39	42	111	87	81
33	52	76	77	43	82

[0198]

34	69	70	89	62	58
35	1	56	92	85	46
36	22	3	5	70	112
37	31	72	82	95	60
38	161	2	10	57	33
39	38	54	116	10	73
40	30	52	109	50	53
41	19	145	75	99	92
42	17	19	91	118	75
43	18	78	47	73	48
44	4	80	80	27	47
45	41	63	99	12	110
46	25	87	103	1	80
47	44	67	30	17	76
48	136	86	105	61	138
49	29	10	76	55	87
50	36	1	107	90	85
51	26	58	88	56	65
52	126	17	95	14	130
53	177	14	28	47	57
54	15	175	66	77	102
55	37	91	102	2	83
56	148	68	25	117	64
57	9	85	39	20	86
58	13	94	78	74	100
59	45	15	53	106	39
60	46	43	118	83	49
61	152	74	112	102	125
62	50	60	0	109	108
63	49	66	83	113	119
64	27	37	22	72	6
65	77	92	36	88	118
66	60	4	51	115	35
67	35	9	55	37	61
68	48	16	85	30	71
69	178	83	86	116	30
70	28	46	45	29	45
71	34	44	119	26	94
72	106	102	23	54	26
73	127	30	79	38	116
74	76	112	35	60	98
75	131	122	72	114	37
76	105	110	33	59	55
77	138	29	98	105	44

78	75	20	40	67	70
79	130	105	38	103	25
80	101	138	24	0	7
81	167	101	63	80	34
82	117	174	73	64	114
83	173	33	20	4	135
84	113	137	48	91	128
85	108	136	27	66	137
86	92	131	96	46	84
87	135	166	68	108	51
88	124	59	26	33	28
89	121	34	110	104	97
90	97	62	42	93	27
91	149	125	12	7	89
92	143	28	41	42	29
93	81	26	97	51	62
94	32	45	2	40	50
95	96	24	21	119	139
96	3	23	61	8	56
97	78	21	117	21	109
98	107	157	70	81	77
99	86	98	62	76	59
100	98	35	34	112	127
101	16	95	11	28	142
102	162	22	67	34	96
103	150	32	37	36	105
104	111	103	49	86	99
105	158	27	114	69	90
106	172	113	56	92	13
107	139	31	32	53	124
108	74	119	149	122	120
109	142	173	163	126	115
110	166	168	173	131	126
111	7	118	159	160	143
112	5	120	132	154	149
113	119	114	170	6	74
114	20	149	179	22	41
115	144	159	69	142	178
116	151	155	139	141	129
117	90	179	133	136	18
118	11	160	154	157	131
119	156	161	160	162	42
120	100	130	128	123	165
121	175	123	168	159	101

[0199]

122	83	172	84	150	134
123	155	139	171	171	36
124	159	124	162	174	140
125	128	153	31	137	132
126	88	0	43	65	103
127	87	109	135	13	72
128	93	167	123	177	164
129	103	128	178	166	93
130	94	107	130	139	54
131	140	117	127	167	166
132	165	147	145	172	43
133	6	177	157	176	123
134	137	96	176	153	113
135	157	164	177	89	0
136	10	152	140	152	154
137	85	11	151	168	10
138	141	148	134	135	63
139	129	158	126	52	107
140	146	129	18	170	162
141	122	163	129	138	157
142	73	176	137	127	66
143	112	151	74	96	104
144	132	171	148	165	17
145	125	8	147	156	147
146	174	106	167	148	167
147	169	144	136	179	174
148	168	150	164	163	179
149	79	169	146	3	3
150	84	108	153	133	173
151	118	162	138	143	160
152	179	143	161	121	155
153	147	111	6	132	161
154	91	141	143	169	152
155	160	133	124	147	156
156	163	178	17	173	177
157	115	134	174	155	24
158	89	146	131	149	170
159	80	99	175	178	9
160	102	132	165	158	159
161	104	142	150	16	16
162	134	104	16	144	15
163	82	115	172	128	148
164	95	135	3	11	5
165	133	121	155	175	146

[0200]

166	164	100	169	134	163
167	154	12	142	124	172
168	120	170	156	130	175
169	110	156	120	146	151
170	170	126	122	161	169
171	114	5	19	145	176
172	153	127	144	120	150
173	72	154	158	129	153
174	109	97	13	164	171
175	171	140	152	125	158
176	176	116	141	5	168
177	99	165	166	151	144
178	116	7	125	18	8
179	123	25	121	140	145

[0201]

[0202] 표 14에서 “j-th block of Group-wise Interleaver output”는 인터리빙 후 그룹 인터리버(122)에서 출력되는 j 번째 비트 그룹을 나타내고, “π(j)-th block of Group-wise Interleaver input”는 그룹 인터리버(122)에 입력되는 π(j) 번째 비트 그룹을 나타낸다. 한편, 표 14를 참조하면, 표 14는 표 9 내지 표 13에서 상술한 내용을 부호율에 따라 정리한 것임을 알 수 있다.

[0203] 한편, 그룹 인터리버(122)는 하기의 수학식 16을 이용하여 LDPC 부호어를 비트 그룹 단위로 인터리빙할 수도 있다.

수학식 16

[0204] $$Y_{\pi(j)} = X_j \quad (0 \le j < N_{group})$$

[0205] 여기에서, X_j는 그룹 인터리빙 전의 j 번째 비트 그룹을 나타내고, Y_j는 그룹 인터리빙 후의 j 번째 비트 그룹을 나타낸다. 그리고, π(j)는 인터리빙 순서를 나타내는 파라미터로, LDPC 부호어의 길이, 부호율 및 변조 방식 중 적어도 하나에 의해 결정될 수 있다.

[0206] 따라서, X_j는 그룹 인터리빙 전 j 번째 비트 그룹을 나타내며, 수학식 16은 인터리빙 전 j 번째 비트 그룹이 인터리빙에 의해 π(j) 번째 비트 그룹에 배치되는 것을 의미하게 된다.

[0207] 한편, 본 발명의 일 실시 예에 따른 π(j)의 구체적인 일 예는 하기의 표 15 내지 표 19와 같이 정의될 수 있다.

[0208] 이 경우, π(j)은 LDPC 부호어의 길이 및 부호율에 따라 정의되며, 패리티 검사 행렬 또한, LDPC 부호어의 길이 및 부호율에 따라 정의된다. 따라서, LDPC 부호어의 길이 및 부호율에 따라 특정 패리티 검사 행렬에 기초하여 LDPC 부호화가 수행된 경우, 해당 LDPC 부호어의 길이 및 부호율을 만족하는 π(j)에 기초하여 LDPC 부호어가 비트 그룹 단위로 인터리빙될 수 있다.

[0209] 예를 들어, 부호화부(110)가 64800의 길이를 갖는 LDPC 부호어를 생성하기 위해 6/15의 부호율로 LDPC 부호화를 수행한 경우, 그룹 인터리버(122)는 하기의 표 15 내지 표 19 중에서 LDPC 부호어의 길이가 64800이고 부호율이 6/15에서 정의되는 π(j) 즉, 예를 들어 표 15와 같이 정의되는 π(j)를 이용하여 인터리빙을 수행할 수 있다.

[0210] 일 예로, LDPC 부호어의 길이 N_{ldpc}가 64800이고 부호율이 6/15이며 변조 방식이 1024-QAM인 경우, π(j)는 하기의 표 15와 같이 정의될 수 있다.

표 15

[0211]

	Order of bits group to be block interleaved π(j) (0 ≤ j < 180)																						
j-th block of Group-wise interleaver Intput	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
π(j)-th block of Group-wise interleaver output	14	35	24	96	44	112	133	111	13	57	136	118	7	58	19	54	101	42	43	41	114	1	36
	16	5	46	51	64	70	49	40	37	94	6	71	67	50	55	39	32	20	45	21	25	47	59
	60	10	68	63	62	2	33	29	4	3	23	15	27	18	66	31	22	9	26	11	0	28	30
	34	8	17	173	142	108	78	74	65	97	149	159	93	163	122	150	137	99	127	126	158	117	154
	86	128	130	164	95	90	100	177	120	80	160	129	161	76	72	98	85	174	169	104	143	84	171
	157	178	82	151	113	168	89	141	179	88	145	52	73	125	139	79	75	144	165	162	87	48	134
	77	107	131	138	109	92	115	12	140	153	56	91	103	116	61	172	167	123	119	135	105	124	155
	38	102	156	166	132	110	81	148	147	170	175	106	83	146	121	176	53	69	152				

[0212] 표 15의 경우, 수학식 16 은 $X_0=Y_{\pi(0)}=Y_{14}$, $X_1=Y_{\pi(1)}=Y_{35}$, $X_2=Y_{\pi(2)}=Y_{24}$, ..., $X_{178}=Y_{\pi(178)}=Y_{69}$, $X_{179}=Y_{\pi(179)}=Y_{152}$와 같이 나타낼 수 있다. 이에 따라, 그룹 인터리버(122)는 0 번째 비트 그룹을 14 번째로, 1 번째 비트 그룹을 35 번째로, 2 번째 비트 그룹을 24 번째로,..., 178 번째 비트 그룹을 69 번째로, 179 번째 비트 그룹을 152 번째로 순

서를 변경하여 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0213] 다른 예로, LDPC 부호어의 길이 N_{ldpc}가 64800이고 부호율이 8/15이며 변조 방식이 1024-QAM인 경우, π(j)는 하기의 표 16과 같이 정의될 수 있다.

표 16

	Order of bits group to be block interleaved π(j) (0 ≤ j < 180)																						
j-th block of Group-wise interleaver intput	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
π(j)-th block of Group-wise interleaver output,	126	50	38	36	66	171	7	178	145	67	49	137	167	19	53	59	68	52	23	42	78	97	102
	96	95	179	93	105	92	77	73	107	103	83	89	100	28	64	24	18	31	22	32	60	71	94
	70	30	1	26	12	3	40	16	39	15	35	4	51	88	62	14	90	45	29	6	63	47	56
	5	34	8	37	17	61	21	33	0	43	20	44	11	2	69	10	57	48	46	13	25	9	55
	65	27	58	101	134	174	99	159	166	81	72	104	162	79	146	130	150	127	76	153	74	106	113
	163	176	131	111	108	112	165	75	121	124	91	170	172	129	140	120	86	160	155	157	164	85	84
	80	123	175	154	161	152	147	41	158	132	138	114	148	143	136	125	173	116	169	98	139	115	118
	119	151	141	135	177	87	128	110	149	168	144	122	109	82	54	142	133	156	117				

[0214]

[0215] 표 16의 경우, 수학식 16은 $X_0=Y_{\pi(0)}=Y_{126}$, $X_1=Y_{\pi(1)}=Y_{50}$, $X_2=Y_{\pi(2)}=Y_{38}$,..., $X_{178}=Y_{\pi(178)}=Y_{156}$, $X_{179}=Y_{\pi(179)}=Y_{117}$와 같이 나타낼 수 있다. 이에 따라, 그룹 인터리버(122)는 0 번째 비트 그룹을 126 번째로, 1 번째 비트 그룹을 50 번째로, 2 번째 비트 그룹을 38 번째로,..., 178 번째 비트 그룹을 156 번째로, 179 번째 비트 그룹을 117 번째로 순서를 변경하여 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0216] 다른 예로, LDPC 부호어의 길이 N_{ldpc}가 64800이고 부호율이 10/15이며 변조 방식이 1024-QAM인 경우, π(j)는 하기의 표 17과 같이 정의될 수 있다. 특히, 부호화부(110)가 표 6에 의해 정의되는 패리티 검사 행렬에 기초하여 LDPC 부호화를 수행하는 경우, 그룹 인터리버(122)는 표 17과 같이 정의되는 π(j)를 이용하여 그룹 인터리빙을 수행할 수 있다.

표 17

	Order of bits group to be block interleaved π(j) (0 ≤ j < 180)																						
j-th block of Group-wise interleaver input	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
π(j)-th block of Group-wise interleaver output,	62	4	94	164	29	36	153	0	12	19	38	101	91	174	5	27	162	156	140	171	83	95	64
	72	80	56	88	85	53	9	47	125	107	76	100	74	65	103	79	57	78	92	90	126	26	70
	16	43	84	104	25	66	28	59	6	67	106	8	1	3	15	96	99	81	10	11	54	102	87
	115	98	23	75	82	143	41	49	33	58	73	44	21	37	63	122	68	69	18	51	34	31	42
	35	20	22	52	86	93	77	45	30	13	55	46	17	48	24	50	2	40	89	32	61	14	105
	7	39	97	60	71	169	179	170	128	155	178	139	131	120	141	130	158	112	117	138	127	147	142
	151	116	136	176	167	154	172	132	149	145	144	108	161	137	175	150	118	165	168	133	173	111	119
	152	124	109	148	160	177	146	121	166	113	123	163	110	157	159	134	135	129	114				

[0217]

[0218] 표 17의 경우, 수학식 16은 $X_0=Y_{\pi(0)}=Y_{62}$, $X_1=Y_{\pi(1)}=Y_4$, $X_2=Y_{\pi(2)}=Y_{94}$,..., $X_{178}=Y_{\pi(178)}=Y_{129}$, $X_{179}=Y_{\pi(179)}=Y_{114}$과 같이 나타낼 수 있다. 이에 따라, 그룹 인터리버(122)는 0 번째 비트 그룹을 62 번째로, 1 번째 비트 그룹을 4 번째로, 2 번째 비트 그룹을 94 번째로,..., 178 번째 비트 그룹을 129 번째로, 179 번째 비트 그룹을 114 번째로 순서를 변경하여 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0219] 다른 예로, LDPC 부호어의 길이 N_{ldpc}가 64800이고 부호율이 10/15이며 변조 방식이 1024-QAM인 경우, π(j)는 하기의 표 18과 같이 정의될 수 있다. 특히, 부호화부(110)가 표 7에 의해 정의되는 패리티 검사 행렬에 기초하여 LDPC 부호화를 수행하는 경우, 그룹 인터리버(122)는 표 18과 같이 정의되는 π(j)를 이용하여 그룹 인터리빙을 수행할 수 있다.

표 18

[0220]

	Order of bits group to be block interleaved π(j) (0 ≤ j < 180)																						
j-th block of Group-wise interleaver input	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
π(j)-th block of Group-wise interleaver output	80	46	55	149	83	176	113	91	96	8	39	164	45	127	52	7	161	47	178	27	57	97	114
	21	12	9	71	44	101	70	68	25	18	88	102	6	103	67	73	10	94	17	92	33	16	1
	86	53	29	15	40	93	139	107	72	49	51	38	30	76	74	48	34	5	82	126	85	78	23
	105	36	31	64	43	58	4	99	54	2	22	81	98	20	60	13	35	104	32	65	135	50	84
	106	90	11	37	143	3	24	41	14	19	61	79	89	77	59	26	87	62	28	0	100	63	75
	66	69	56	42	95	172	152	108	120	167	175	109	142	163	173	168	110	153	150	166	138	117	125
	141	130	179	116	115	151	162	171	169	155	146	158	122	177	136	134	112	157	145	118	160	121	111
	170	119	148	174	144	129	131	137	154	140	123	132	156	124	165	133	128	159	147				

[0221] 표 18의 경우, 수학식 16은 $X_0=Y_{\pi(0)}=Y_{80}$, $X_1=Y_{\pi(1)}=Y_{46}$, $X_2=Y_{\pi(2)}=Y_{55}$,..., $X_{178}=Y_{\pi(178)}=Y_{159}$, $X_{179}=Y_{\pi(179)}=Y_{147}$와 같이 나타낼 수 있다. 이에 따라, 그룹 인터리버(122)는 0 번째 비트 그룹을 80 번째로, 1 번째 비트 그룹을 46 번째로, 2 번째 비트 그룹을 55 번째로,..., 178 번째 비트 그룹을 159 번째로, 179 번째 비트 그룹을 147 번째로 순서를 변경하여 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0222] 다른 예로, LDPC 부호어의 길이 N_{ldpc}가 64800이고 부호율이 12/15이며 변조 방식이 1024-QAM인 경우, π(j)는 하기의 표 19와 같이 정의될 수 있다.

표 19

[0223]

	Order of bits group to be block interleaved π(j) (0 ≤ j < 180)																						
j-th block of Group-wise interleaver input	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
π(j)-th block of Group-wise interleaver output	135	22	25	149	24	164	64	80	178	159	137	2	29	106	4	162	161	144	117	1	6	26	9
	11	157	79	72	90	88	92	69	10	8	38	81	66	123	75	28	59	5	114	119	132	77	70
	35	44	43	60	94	87	20	40	130	76	96	53	34	99	37	67	93	138	56	51	142	7	13
	30	78	68	127	39	113	42	47	98	12	14	46	32	33	55	86	50	57	49	18	91	105	0
	41	129	71	17	102	89	74	104	58	121	54	126	143	103	3	139	62	97	45	31	36	134	82
	109	76	16	65	63	108	21	27	133	107	61	110	100	84	116	52	118	125	23	122	83	19	85
	48	95	124	15	101	111	177	179	165	145	163	112	172	169	154	173	136	152	155	141	175	160	151
	153	140	166	128	120	131	146	176	170	158	174	167	150	147	168	171	156	115	148				

[0224] 표 19의 경우, 수학식 16은 $X_0=Y_{\pi(0)}=Y_{135}$, $X_1=Y_{\pi(1)}=Y_{22}$, $X_2=Y_{\pi(2)}=Y_{25}$,..., $X_{178}=Y_{\pi(178)}=Y_{115}$, $X_{179}=Y_{\pi(179)}=Y_{148}$와 같이 나타낼 수 있다. 이에 따라, 그룹 인터리버(122)는 0 번째 비트 그룹을 135 번째로, 1 번째 비트 그룹을 22 번째로, 2 번째 비트 그룹을 25 번째로,..., 178 번째 비트 그룹을 115 번째로, 179 번째 비트 그룹을 148 번째로 순서를 변경하여 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0225] 한편, 상술한 예에서는 LDPC 부호어의 길이가 64800이고 부호율이 6/15, 8/15, 10/15, 12/15 경우만을 설명하였으나 이는 일 예에 불과하고, LDPC 부호어의 길이가 16200인 경우이거나 다른 부호율을 갖는 경우에도 인터리빙 패턴은 다양하게 정의될 수 있다.

[0226] 이와 같이, 그룹 인터리버(12)는 상기의 수학식 16 및 표 15 내지 표 19를 이용하여 복수의 그룹의 순서를 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0227] 한편, 표 15 내지 표 19에서 "j-th block of Group-wise Interleaver input"는 인터리빙 전 그룹 인터리버(122)로 j 번째로 입력되는 비트 그룹을 나타내고, "π(j)-th block of Group-wise Interleaver output"은 그룹 인터리버(122)에서 인터리빙 후 π(j) 번째로 출력되는 비트 그룹을 나타낸다.

[0228] 또한, LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹들은 그룹 인터리버(122)에 의해 비트 그룹 단위로 순서가 재정렬된 후, 후술할 블록 인터리버(124)에 의해 블록 인터리빙된다는 점에서, 표 15 내지 표 19에서 π(j)와 관련하여 "Order of bits group to be block interleaved"와 같이 기재하였다.

[0229] 한편, 표 15 내지 표 19와 같이 정의되는 π(j)를 부호율(CR)에 따라 정리하면 하기의 표 20과 같이 나타낼 수 있다.

표 20

[0230]

	(CR 6/15)	(CR 8/15)	(CR 10/15)	(CR 10/15)	(CR 12/15)
j-th block of Group-wise Interleaver input	□ (j)-th block of Group-wise Interleaver output	□ (j)-th block of Group-wise Interleaver output	□ (j)-th block of Group-wise Interleaver output	□ (j)-th block of Group-wise Interleaver output	□ (j)-th block of Group-wise Interleaver output
0	14	126	62	80	135
1	35	50	4	46	22
2	24	38	94	55	25
3	96	36	164	149	149
4	44	66	29	83	24
5	112	171	36	176	164
6	133	7	153	113	64
7	111	178	0	91	80
8	13	145	12	96	178
9	57	67	19	8	159
10	136	49	38	39	137
11	118	137	101	164	2
12	7	167	91	45	29
13	58	19	174	127	106
14	19	53	5	52	4
15	54	59	27	7	162
16	101	68	162	161	161
17	42	52	156	47	144
18	43	23	140	178	117
19	41	42	171	27	1
20	114	78	83	57	6
21	1	97	95	97	26
22	36	102	64	114	9
23	16	96	72	21	11
24	5	95	80	12	157
25	46	179	56	9	79
26	51	93	88	71	72
27	64	105	85	44	90
28	70	92	53	101	88
29	49	77	9	70	92
30	40	73	47	68	69
31	37	107	125	25	10
32	94	103	107	18	8
33	6	83	76	88	38
34	71	89	100	102	81

[0231]

35	67	100	74	6	66
36	50	28	65	103	123
37	55	64	103	67	75
38	39	24	79	73	28
39	32	18	57	10	59
40	20	31	78	94	5
41	45	22	92	17	114
42	21	32	90	92	119
43	25	60	126	33	132
44	47	71	26	16	77
45	59	94	70	1	70
46	60	70	16	86	35
47	10	30	43	53	44
48	68	1	84	29	43
49	63	26	104	15	60
50	62	12	25	40	94
51	2	3	66	93	87
52	33	40	28	139	20
53	29	16	59	107	40
54	4	39	6	72	130
55	3	15	67	49	76
56	23	35	106	51	96
57	15	4	8	38	53
58	27	51	1	30	34
59	18	88	3	76	99
60	66	62	15	74	37
61	31	14	96	48	67
62	22	90	99	34	93
63	9	45	81	5	138
64	26	29	10	82	56
65	11	6	11	126	51
66	0	63	54	85	142
67	28	47	102	78	7
68	30	56	87	23	13
69	34	5	115	105	30
70	8	34	98	36	78
71	17	8	23	31	68
72	173	37	75	64	127
73	142	17	82	43	39
74	108	61	143	58	113
75	78	21	41	4	42
76	74	33	49	99	47
77	65	0	33	54	98
78	97	43	58	2	12

[0232]

79	149	20	73	22	14
80	159	44	44	81	46
81	93	11	21	98	32
82	163	2	37	20	33
83	122	69	63	60	55
84	150	10	122	13	86
85	137	57	68	35	50
86	99	48	69	104	57
87	127	46	18	32	49
88	126	13	51	65	18
89	158	25	34	135	91
90	117	9	31	50	105
91	154	55	42	84	0
92	86	65	35	106	41
93	128	27	20	90	129
94	130	58	22	11	71
95	164	101	52	37	17
96	95	134	86	143	102
97	90	174	93	3	89
98	100	99	77	24	74
99	177	159	45	41	104
100	120	166	30	14	58
101	80	81	13	19	121
102	160	72	55	61	54
103	129	104	46	79	126
104	161	162	17	89	143
105	76	79	48	77	103
106	72	146	24	59	3
107	98	130	50	26	139
108	85	150	2	87	62
109	174	127	40	62	97
110	169	76	89	28	45
111	104	153	32	0	31
112	143	74	61	100	36
113	84	106	14	63	134
114	171	113	105	75	82
115	157	163	7	66	109
116	178	176	39	69	73
117	82	131	97	56	16
118	151	111	60	42	65
119	113	108	71	95	63
120	168	112	169	172	108
121	89	165	179	152	21
122	141	75	170	108	27

123	179	121	128	120	133
124	88	124	155	167	107
125	145	91	178	175	61
126	52	170	139	109	110
127	73	172	131	142	100
128	125	129	120	163	84
129	139	140	141	173	116
130	79	120	130	168	52
131	75	86	158	110	118
132	144	160	112	153	125
133	165	155	117	150	23
134	162	157	138	166	122
135	87	164	127	138	83
136	48	85	147	117	19
137	134	84	142	125	85
138	77	80	151	141	48
139	107	123	116	130	95
140	131	175	136	179	124
141	138	154	176	116	15
142	109	161	167	115	101
143	92	152	154	151	111
144	115	147	172	162	177
145	12	41	132	171	179
146	140	158	149	169	165
147	153	132	145	155	145
148	56	138	144	146	163
149	91	114	108	158	112
150	103	148	161	122	172
151	116	143	137	177	169
152	61	136	175	136	154
153	172	125	150	134	173
154	167	173	118	112	136
155	123	116	165	157	152
156	119	169	168	145	155
157	135	98	133	118	141
158	105	139	173	160	175
159	124	115	111	121	160
160	155	118	119	111	151
161	38	119	152	170	153
162	102	151	124	119	140
163	156	141	109	148	166
164	166	135	148	174	128
165	132	177	160	144	120
166	110	87	177	129	131

[0233]

167	81	128	146	131	146
168	148	110	121	137	176
169	147	149	166	154	170
170	170	168	113	140	158
171	175	144	123	123	174
172	106	122	163	132	167
173	83	109	110	156	150
174	146	82	157	124	147
175	121	54	159	165	168
176	176	142	134	133	171
177	53	133	135	128	156
178	69	156	129	159	115
179	152	117	114	147	148

[0234]

[0235] 한편, 표 14는 수학식 15를 이용하여 그룹 인터리빙을 수행하는 경우로 π(j)가 입력 비트 그룹의 인데스로 적용되고, 표 20은 수학식 16을 이용하여 그룹 인터리빙을 수행하는 경우로 π(j)가 출력 비트 그룹의 인덱스로 적용된다는 점에서, 표 14 및 표 20은 서로 인버스 관계에 있음을 알 수 있다.

[0236] 상술한 방식에 따라, 그룹 인터리빙된 LDPC 부호어는 도 6과 같다. 도 6에 도시된 LDPC 부호어를 도 5에 도시된 그룹 인터리빙되기 전의 LDPC 부호어와 비교하면, LDPC 부호어를 구성하는 복수의 비트 그룹의 순서가 재정렬된

것을 알 수 있다.

[0237] 즉, 도 5 및 도 6과 같이 LDPC 부호어는 그룹 인터리빙되기 전에 비트 그룹 X_0, 비트 그룹 X_1,…, 비트 그룹 $X_{N_{group}-1}$ 순으로 배치되었다가, 그룹 인터리빙되어 비트 그룹 Y_0, 비트 그룹 Y_1,…, 비트 그룹 $Y_{N_{group}-1}$ 순으로 배치될 수 있다. 이 경우, 그룹 인터리빙에 의해 각 비트 그룹들이 배치되는 순서는 표 9 내지 표 20에 기초하여 결정될 수 있다.

[0238] 그룹 트위스트 인터리버(123)는 동일한 비트 그룹 내의 비트들을 인터리빙한다. 즉, 그룹 트위스트 인터리버(123)는 동일한 비트 그룹 내에 존재하는 비트들의 순서를 변경하여 동일한 비트 그룹 내의 비트들의 순서를 재정렬할 수 있다.

[0239] 이 경우, 그룹 트위스트 인터리버(123)는 동일한 비트 그룹 내의 비트들을 일정한 개수의 비트만큼씩 시클릭 쉬프트하여, 동일한 비트 그룹 내의 비트들의 순서를 재정렬할 수 있다.

[0240] 예를 들어, 도 7과 같이, 그룹 트위스트 인터리버(123)는 비트 그룹 Y_1에 포함된 비트들을 우측 방향으로 1 비트만큼 시클릭 쉬프트 시킬 수 있다. 이 경우, 도 7과 같이 비트 그룹 Y_1에서 0 번째, 1 번째, 2 번째,…, 358 번째, 359 번째에 각각 위치하던 비트들은 1 비트만큼 우측으로 시클릭 쉬프트되어, 시클릭 쉬프트되기 전의 359 번째 위치하던 비트가 비트 그룹 Y_1 내에서 가장 앞쪽에 위치하게 되고 시클릭 쉬프트되기 전의 0 번째, 1 번째, 2 번째,…, 358 번째에 각각 위치하던 비트들은 차례로 우측으로 1 비트만큼 쉬프트되어 위치하게 된다.

[0241] 또한, 그룹 트위스트 인터리버(123)는 각 그룹별로 서로 다른 개수의 비트만큼을 시클릭 쉬프트하여, 각 비트 그룹 내의 비트들의 순서를 재정렬할 수도 있다.

[0242] 예를 들어, 그룹 트위스트 인터리버(123)는 비트 그룹 Y_1에 포함된 비트들을 우측 방향으로 1 비트만큼 시클릭 쉬프트하고, 비트 그룹 Y_2에 포함된 비트들을 우측 방향으로 3 비트만큼 시클릭 쉬프트할 수 있다. 다만, 경우에 따라 그룹 트위스트 인터리버(123)는 생략될 수도 있다.

[0243] 또한, 상술한 예에서 그룹 트위스트 인터리버(123)가 그룹 인터리버(122) 이후에 배치되는 것으로 설명하였으나 이 역시 일 예에 불과하다. 즉, 그룹 트위스트 인터리버(123)는 비트 그룹 내에서 해당 그룹을 구성하는 비트들의 순서를 변경할 뿐 그룹 자체의 순서를 변경하는 것은 아니라는 점에서 그룹 인터리버(122) 전에 배치될 수도 있다.

[0244] 블록 인터리버(124)는 순서가 재정렬된 복수의 비트 그룹을 인터리빙한다. 구체적으로, 블록 인터리버(124)는 그룹 인터리버(122)에 의해 비트 그룹의 순서가 재정렬된 복수의 그룹을 그룹 단위로 인터리빙할 수 있다. 여기에서, 블록 인터리버(124)는 각각 복수의 행(row)을 포함하는 복수의 열(column)로 구성되며, 변조 방식에 따라 결정되는 변조 차수에 기초하여 재정렬된 복수의 비트 그룹을 구분하여 인터리빙할 수 있다.

[0245] 이 경우, 블록 인터리버(124)는 그룹 인터리버(122)에 의해 비트 그룹의 순서가 재정렬된 복수의 비트 그룹을 비트 그룹 단위로 인터리빙할 수 있으며, 구체적으로, 블록 인터리버(124)는 제1 파트(part 1) 및 제2 파트(part 2)를 이용하여 재정렬된 복수의 비트 그룹을 변조 차수에 따라 구분하여 인터리빙할 수 있다.

[0246] 구체적으로, 블록 인터리버(124)는 복수의 열 각각을 제1 파트 및 제2 파트로 구분하고, 복수의 그룹을 제1 파트를 구성하는 복수의 열에 비트 그룹 단위로 순차적으로 라이트(write)하고, 나머지 비트 그룹을 구성하는 비트들을 복수의 열의 개수에 기초하여 각각 기설정된 비트 수로 구성되는 서브 비트 그룹(sub bit group)으로 분할하고 분할된 서브 비트 그룹을 제2 파트를 구성하는 복수의 열에 순차적으로 라이트하여 인터리빙을 수행할 수 있다.

[0247] 여기에서, 비트 그룹 단위로 인터리빙되는 비트 그룹의 개수는 블록 인터리버(124)를 구성하는 행 및 열의 개수, 비트 그룹의 개수 및 각 비트 그룹에 포함된 비트 수 중 적어도 하나에 따라 결정될 수 있다. 즉, 블록 인터리버(124)는 블록 인터리버(124)를 구성하는 행 및 열의 개수, 비트 그룹의 개수 및 각 비트 그룹에 포함된 비트 수 중 적어도 하나를 고려하여 복수의 비트 그룹 중 비트 그룹 단위로 인터리빙되는 비트 그룹을 결정하고, 해당 비트 그룹을 비트 그룹 단위로 인터리빙하고, 나머지 비트 그룹을 구성하는 비트들을 모아 서브 비트 그룹으로 분할하여 인터리빙할 수 있다. 예를 들어, 블록 인터리버(124)는 제1 파트를 이용하여 복수의 비

트 그룹 중 적어도 일부를 비트 그룹 단위로 인터리빙하고, 제2 파트를 이용하여 나머지 비트 그룹을 분할하여 인터리빙할 수 있다.

[0248] 한편, 비트 그룹 단위로 인터리빙된다는 것은 동일한 비트 그룹에 포함된 비트들은 동일한 열에 라이트되는 것을 의미한다. 즉, 블록 인터리버(124)는 비트 그룹 단위로 인터리빙되는 비트 그룹의 경우 동일한 비트 그룹에 포함된 비트들을 분할하지 않고 동일한 열에 라이트하고, 비트 그룹 단위로 인터리빙되지 않는 그룹의 경우 해당 비트 그룹에 포함된 비트들을 분할하여 서로 다른 열에 라이트하여 인터리빙을 수행할 수 있다.

[0249] 이에 따라, 제1 파트를 구성하는 행의 개수는 비트 그룹 하나에 포함된 비트 수(가령, 360)의 배수가 되고, 제2 파트를 구성하는 행의 개수는 비트 그룹 하나에 포함된 비트 수보다 작을 수 있다.

[0250] 또한, 제1 파트에 의해 인터리빙되는 모든 비트 그룹은 동일한 비트 그룹에 포함된 비트들이 제1 파트의 동일한 열에 라이트되어 인터리빙되고, 제2 파트에 의해 인터리빙되는 적어도 하나의 비트 그룹은 제2 파트를 구성하는 적어도 두 개의 열에 분할되어 라이트될 수 있다.

[0251] 이러한 인터리빙 방식에 대한 구체적인 내용은 후술하기로 한다.

[0252] 한편, 그룹 트위스트 인터리버(123)에서 수행되는 인터리빙은 비트 그룹 내에서 비트들의 순서를 변경하는 것일 뿐 인터리빙에 의해 비트 그룹 자체의 순서가 변경되지 않는다. 따라서, 블록 인터리버(124)에서 블록 인터리빙되는 비트 그룹의 순서는 그룹 인터리버(122)에 의해 결정될 수 있다. 예를 들어, 블록 인터리버(124)에 의해 블록 인터리빙되는 비트 그룹의 순서는 표 9 내지 표 20에서 정의되는 $\pi(j)$에 의해 결정될 수 있다.

[0253] 상술한 바와 같이, 블록 인터리버(124)는 복수의 행으로 이루어진 복수의 열을 이용하여 순서가 재정렬된 복수의 비트 그룹을 비트 그룹 단위로 인터리빙할 수 있다.

[0254] 이 경우, 블록 인터리버(124)는 복수의 열을 적어도 두 개의 파트로 구분하여 LDPC 부호어를 인터리빙할 수 있다. 예를 들어, 블록 인터리버(124)는 복수의 열 각각을 제1 파트 및 제2 파트로 구분하여 LDPC 부호어를 구성하는 복수의 비트 그룹을 인터리빙할 수 있다.

[0255] 이 경우, 블록 인터리버(124)는 LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 개수가 블록 인터리버(124)를 구성하는 열의 개수의 정수 배가 되는지 여부에 따라 복수의 열 각각을 N 개(N은 2 이상의 정수)의 파트로 구분하여 인터리빙을 수행할 수 있다.

[0256] 먼저, 블록 인터리버(124)는 LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 개수가 블록 인터리버(124)를 구성하는 열의 개수의 정수 배가 되는 경우, 복수의 열 각각을 파트를 구분하지 않고 LDPC 부호어를 구성하는 복수의 비트 그룹을 비트 그룹 단위로 인터리빙할 수 있다.

[0257] 구체적으로, 블록 인터리버(124)는 LDPC 부호어를 구성하는 복수의 비트 그룹을 비트 그룹 단위로 열 각각에 열 방향으로 라이트하고, 복수의 비트 그룹이 비트 그룹 단위로 라이트된 복수의 열의 각 행을 행 방향으로 리드(read)하여 인터리빙을 수행할 수 있다.

[0258] 이 경우, 블록 인터리버(124)는 LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 개수를 블록 인터리버(124)를 구성하는 열의 개수로 나눈 몫(quotient)만큼의 비트 그룹에 포함된 비트들을 복수의 열 각각에 열 방향으로 순차적으로 라이트하고, 비트들이 라이트된 복수의 열의 각 행을 행 방향으로 리드하여 인터리빙을 수행할 수 있다.

[0259] 이하에서는 설명의 편의를 위해, 그룹 인터리버(122)에서 인터리빙된 후 j 번째에 위치하는 비트 그룹을 비트 그룹 Y_j라 하도록 한다.

[0260] 예를 들어, 블록 인터리버(124)가 각각 R_1 개의 행을 포함하는 C 개의 열로 구성되는 경우를 가정한다. 그리고, LDPC 부호어가 N_{group} 개의 비트 그룹으로 구성되고, 비트 그룹의 개수인 N_{group}이 C의 배수가 되는 경우를 가정한다.

[0261] 이 경우, LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 개수 N_{group}를 블록 인터리버(124)를 구성하는 열의 개수 C로 나눈 몫이 $A(=N_{group}/C)$인 경우(A는 0보다 큰 정수), 블록 인터리버(124)는 각 열에 $A(=N_{group}/C)$ 개의 비트 그룹씩을 순차적으로 열 방향으로 라이트하고, 각 열에 라이트된 비트들을 행 방향으로 리드하여 인터리빙을 수행할 수 있다.

[0262] 예를 들어, 도 8과 같이, 블록 인터리버(124)는 제1 컬럼의 1 번째 행부터 R_1 번째 행에 비트 그룹(Y_0), 비트 그

룹(Y_1),..., 비트 그룹(Y_{A-1}) 각각에 포함된 비트들을 라이트하고, 제2 컬럼의 1 번째 행부터 R_1 번째 행에 비트 그룹(Y_A), 비트 그룹(Y_{A+1}),..., 비트 그룹(Y_{2A-1}) 각각에 포함된 비트들을 라이트하고,..., 제C 컬럼의 1 번째 행부터 R_1 번째 행에 비트 그룹(Y_{CA-A}), 비트 그룹(Y_{CA-A+1}),..., 비트 그룹(Y_{CA-1}) 각각에 포함된 비트들을 라이트하고, 복수의 열의 각 행에 라이트된 비트들을 행 방향으로 리드할 수 있다.

[0263] 이에 따라, 블록 인터리버(124)는 LDPC 부호어를 구성하는 모든 비트 그룹들을 비트 그룹 단위로 인터리빙하게 된다.

[0264] 다만, 블록 인터리버(124)는 LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 개수가 블록 인터리버(124)를 구성하는 열의 개수의 정수 배가 되지 않는 경우, 복수의 열 각각을 두 개의 파트로 구분하여 LDPC 부호어를 구성하는 복수의 비트 그룹 중 일부를 비트 그룹 단위로 인터리빙하고, 나머지 비트 그룹을 구성하는 비트들을 모아 서브 비트 그룹으로 분할하여 인터리빙할 수 있다. 이 경우, 나머지 비트 그룹에 포함된 비트들 즉, LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 개수를 열의 개수로 나눈 경우의 그 나머지(remainder)만큼의 비트 그룹에 포함된 비트들은 비트 그룹 단위로 인터리빙되는 것이 아니라, 열의 개수에 따라 각 열에 분할되어 인터리빙될 수 있다.

[0265] 구체적으로, 블록 인터리버(124)는 복수의 열 각각을 두 개의 파트로 구분하여 LDPC 부호어를 인터리빙할 수 있다.

[0266] 이 경우, 블록 인터리버(124)는 블록 인터리버(124)를 구성하는 열의 개수, LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 개수 및 복수의 비트 그룹 각각을 구성하는 비트 수에 기초하여 복수의 열을 제1 파트 및 제2 파트로 구분할 수 있다.

[0267] 여기에서, 복수의 비트 그룹 각각은 360 개의 비트로 구성될 수 있다. 그리고, LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 개수는 LDPC 부호어의 길이 및 각 비트 그룹에 포함된 비트 수에 따라 결정된다. 예를 들어, 길이가 16200인 LDPC 부호어를 각 비트 그룹이 360 개의 비트로 구성되도록 구분하면 LDPC 부호어는 45 개의 비트 그룹으로 구분되고, 길이가 64800인 LDPC 부호어를 각 비트 그룹이 360 개의 비트로 구성되도록 구분하면 LDPC 부호어는 180 개의 비트 그룹으로 구분될 수 있다. 또한, 블록 인터리버(124)를 구성하는 열의 개수는 변조 방식에 따라 결정될 수 있으며, 이와 관련된 구체적인 예는 후술하기로 한다.

[0268] 이에 따라, 제1 파트 및 제2 파트 각각을 구성하는 행의 개수는 블록 인터 리버(124)를 구성하는 열의 개수, LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 개수 및 복수의 비트 그룹 각각을 구성하는 비트 수에 기초하여 결정될 수 있다.

[0269] 구체적으로, 제1 파트는 복수의 열 각각에서, 블록 인터리버(124)를 구성하는 열의 개수, LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 개수 및 각 비트 그룹을 구성하는 비트 수에 따라 LDPC 부호어를 구성하는 복수의 비트 그룹 중 복수의 열 각각에 비트 그룹 단위로 라이트 가능한 적어도 하나의 비트 그룹에 포함된 비트 수만큼의 행으로 구성될 수 있다.

[0270] 그리고, 제2 파트는 복수의 열 각각에서, 복수의 열 각각을 구성하는 행에서 복수의 열 각각에 비트 그룹 단위로 라이트 가능한 적어도 일부의 비트 그룹에 포함된 비트 수만큼의 행을 제외한 행으로 구성될 수 있다. 구체적으로, 제2 파트의 행의 개수는 제1 파트에 대응되는 비트 그룹을 제외한 모든 비트 그룹에 포함된 비트의 수를 블록 인터리버(124)를 구성하는 열의 개수로 나눈 몫과 동일한 값을 가질 수 있다. 즉, 제2 파트의 행의 개수는 LDPC 부호어를 구성하는 그룹 중 제1 파트에 라이트되고 남은 비트 그룹들에 포함된 비트 수를 열의 개수로 나눈 몫과 동일한 값을 가질 수 있다.

[0271] 한편, 블록 인터리버(124)는 복수의 열 각각을, 각 열에 비트 그룹 단위로 라이트 가능한 그룹에 포함된 비트 수만큼의 행을 포함하는 제1 파트와 그 외의 나머지 행을 포함하는 제2 파트로 복수의 열 각각을 구분할 수 있다.

[0272] 이에 따라, 제1 파트는 비트 그룹에 포함된 비트 수 즉, M의 정수 배만큼의 행으로 구성될 수 있다. 다만, 상술한 바와 같이, 각 그룹을 구성하는 부호어 비트의 개수는 M의 약수가 될 수 있다는 점에서, 제1 파트는 각 비트 그룹을 구성하는 비트의 개수의 정수 배만큼의 행으로 구성될 수도 있다.

[0273] 이 경우, 블록 인터리버(124)는 제1 파트 및 제2 파트에서 LDPC 부호어를 동일한 방식으로 라이트 및 리드하여 인터리빙을 수행할 수 있다.

[0274] 구체적으로, 블록 인터리버(124)는 LDPC 부호어를 제1 파트 및 제2 파트 각각을 구성하는 복수의 열에 열 방향

으로 라이트하고, LDPC 부호어가 라이트된 제1 파트 및 제2 파트 각각을 구성하는 복수의 열을 행 방향으로 리드하여 인터리빙을 수행할 수 있다.

[0275] 즉, 블록 인터리버(124)는 복수의 열 각각에서 비트 그룹 단위로 라이트 가능한 적어도 일부의 비트 그룹에 포함된 비트들을 제1 파트를 구성하는 복수의 열 각각에 순차적으로 라이트하고, 복수의 비트 그룹에서 적어도 일부의 비트 그룹을 제외한 나머지 비트 그룹에 포함된 비트들을 분할하여 제2 파트를 구성하는 복수의 열 각각에 열 방향으로 라이트하고, 제1 파트 및 제2 파트 각 각을 구성하는 복수의 열 각각에 라이트된 비트들을 행 방향으로 리드하여 인터리빙을 수행할 수 있다.

[0276] 이 경우, 블록 인터리버(124)는 복수의 비트 그룹에서 적어도 일부의 그 비트 룹을 제외한 나머지 그룹을 블록 인터리버(124)를 구성하는 열의 개수에 기초하여 분할하여 인터리빙을 수행할 수 있다.

[0277] 구체적으로, 블록 인터리버(124)는 나머지 비트 그룹에 포함된 비트들을 복수의 열의 개수로 분할하고, 분할된 비트들 각각을 제2 파트를 구성하는 복수의 열 각각에 열 방향으로 라이트하고, 분할된 비트들이 라이트된 제2 파트를 구성하는 복수의 열을 행 방향으로 리드하여 인터리빙을 수행할 수 있다.

[0278] 즉, 블록 인터리버(124)는 LDPC 부호어를 구성하는 복수의 비트 그룹 중 제1 파트에 라이트되고 남은 비트 그룹 즉, LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 개수를 열의 개수로 나눈 경우의 그 나머지(remainder)만큼의 비트 그룹에 포함된 비트들을 열의 개수로 분할하고, 분할된 비트들을 제2 파트의 각 열에 순차적으로 열 방향으로 라이트할 수 있다.

[0279] 예를 들어, 블록 인터리버(124)가 각각 R_1 개의 행을 포함하는 C 개의 열로 구성되는 경우를 가정한다. 그리고, LDPC 부호어가 N_{group} 개의 비트 그룹으로 구성되고, 비트 그룹의 개수인 N_{group}이 C의 배수가 되지 않으며, $A\times C+1=N_{group}$인 경우를 가정한다(A는 0보다 큰 정수). 즉, LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 개수를 열의 개수로 나눈 경우, 몫이 A이고 나머지가 1인 경우를 가정한다.

[0280] 이 경우, 블록 인터리버(124)는 도 9 및 도 10과 같이 각 열이 R_1 개의 행을 포함하는 제1 파트와 R_2 개의 행을 포함하는 제2 파트로 구분할 수 있다. 이 경우, R_1은 각 열에 비트 그룹 단위로 라이트 가능한 비트 그룹에 포함된 비트 수만큼이 될 수 있으며, R2는 각 열을 구성하는 행의 개수에서 R_1을 제외한 값이 될 수 있다.

[0281] 즉, 상술한 예에서 각 열에 비트 그룹 단위로 라이트 가능한 그룹의 수는 A 개이고, 각 열의 제1 파트는 A 개의 그룹에 포함된 비트 수 즉, $A\times M$ 개만큼의 행으로 구성될 수 있다.

[0282] 이 경우, 블록 인터리버(124)는 각 열에 그룹 단위로 라이트 가능한 비트 그룹 즉, A 개의 비트 그룹에 포함된 비트들을 열 방향으로 각 열의 제1 파트에 라이트한다.

[0283] 즉, 블록 인터리버(124)는 도 9 및 도 10과 같이 제1 컬럼의 제1 파트를 구성하는 1 번째 행부터 R1 번째 행에 비트 그룹(Y_0), 비트 그룹(Y_1),..., 비트 그룹(Y_{A-1}) 각각에 포함된 비트들을 라이트하고, 제2 컬럼의 제1 파트를 구성하는 1 번째 행부터 R_1 번째 행에 비트 그룹(Y_A), 비트 그룹(Y_{A+1}),... , 비트 그룹(Y_{2A-1}) 각각에 포함된 비트들을 라이트하고,..., 제C 컬럼의 제1 파트를 구성하는 1 번째 행부터 R_1 번째 행에 비트 그룹(Y_{CA-A}), 비트 그룹(Y_{CA-A+1}),... , 비트 그룹(Y_{CA-1}) 각각에 포함된 비트들을 라이트한다.

[0284] 이와 같이, 블록 인터리버(124)는 각 열에 비트 그룹 단위로 라이트 가능한 비트 그룹에 포함된 비트들을 각 열의 제1 파트에 비트 그룹 단위로 라이트한다.

[0285] 즉, 상술한 예에서, 비트 그룹(Y_0), 비트 그룹(Y_1),..., 비트 그룹(Y_{A-1}) 각각에 포함된 비트들은 분할되지 않고 모두 제1 컬럼에 라이트되고, 비트 그룹(Y_A), 비트 그룹(Y_{A+1}),..., 비트 그룹(Y_{2A-1}) 각각에 포함된 비트들은 분할되지 않고 모두 제2 컬럼에 라이트되고,..., 비트 그룹(Y_{CA-A}), 비트 그룹(Y_{CA-A+1}),..., 비트 그룹(Y_{CA-1}) 각각에 포함된 비트들은 분할되지 않고 모두 제C 컬럼에 라이트될 수 있다. 이와 같이, 제1 파트에 의해 인터리빙되는 모든 비트 그룹은 동일한 비트 그룹에 포함된 비트들이 제1 파트의 동일한 열에 라이트되는 것으로 볼 수 있다.

[0286] 이후, 블록 인터리버(124)는 복수의 비트 그룹 중에서 각 열의 제1 파트에 라이트된 비트 그룹을 제외한 나머지 비트 그룹에 포함된 비트들을 분할하여 각 열의 제2 파트에 열 방향으로 라이트할 수 있다. 이때, 블록 인터리버(124)는 동일한 개수의 비트가 각 열의 제2 파트에 라이트되도록, 각 열의 제1 파트에 라이트된 비트 그룹을

제외한 나머지 비트 그룹에 포함된 비트들을 열의 개수로 분할하고, 분할된 각 비트를 제2 파트의 각 열에 열 방향으로 라이트할 수 있다.

[0287] 상술한 예에서 $A \times C+1=N_{group}$를 만족하므로, LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹을 순차적으로 제1 파트에 라이트할 때, LDPC 부호어의 마지막 비트 그룹인 비트 그룹($Y_{N_{group}-1}$)가 제1 파트에 라이트되지 못하고 남게 된다. 이에 따라, 블록 인터리버(124)는 도 9와 같이 비트 그룹($Y_{N_{group}-1}$)에 포함된 비트들을 C 개로 분할하고, 분할된 각 비트들(즉, 마지막 비트 그룹($Y_{N_{group}-1}$)에 포함된 비트들 C로 나눈 몫만큼의 비트들)을 각 열의 제2 파트에 순차적으로 라이트할 수 있다.

[0288] 여기에서, 열의 개수에 기초하여 분할된 비트들 각각을 서브 비트 그룹이라 명명할 수 있으며, 이 경우, 서브 비트 그룹 각각이 제2 파트의 각 열에 라이트되는 것으로 볼 수 있다. 즉, 비트 그룹에 포함된 비트들이 분할되어 서브 비트 그룹을 형성할 수 있다.

[0289] 즉, 블록 인터리버(124)는 제1 컬럼의 제2 파트를 구성하는 1 번째 행부터 R2 번째 행까지 비트를 라이트하고, 제2 컬럼의 제2 파트를 구성하는 1 번째 행부터 R2 번째 행까지 비트를 라이트하고,..., 제C 컬럼의 제2 파트를 구성하는 1 번째 행에서 R2 번째 행까지 비트를 라이트할 수 있다. 이때, 블록 인터리버(124)는 도 9와 같이 비트들을 각 열의 제2 파트에 열 방향으로 라이트할 수 있다.

[0290] 즉, 제2 파트에서는 비트 그룹을 구성하는 비트들이 동일한 열에 라이트되지 않고, 복수의 열에 라이트될 수 있다. 즉, 상술한 예에서, 마지막 비트 그룹($Y_{N_{group}-1}$)은 M 개의 비트들로 구성되므로, 마지막 비트 그룹($Y_{N_{group}-1}$)에 포함된 비트들은 M/C 개씩 분할되어 각 컬럼에 라이트될 수 있다. 즉, 마지막 비트 그룹($Y_{N_{group}-1}$)에 포함된 비트들은 M/C 개씩 분할되고, 분할된 M/C 개씩 서브 비트 그룹을 형성하며, 서브 비트 그룹 각각이 제2 파트의 각 열에 라이트될 수 있다.

[0291] 이에 따라, 제2 파트에 의해 인터리빙되는 적어도 하나의 비트 그룹은 적어도 하나의 비트 그룹에 포함된 비트들이 제2 파트를 구성하는 적어도 두 개의 열에 분할되어 라이트되는 것으로 볼 수 있다.

[0292] 한편, 상술한 예에서 블록 인터리버(124)는 제2 파트에 열 방향으로 비트들을 라이트하는 것으로 설명하였으나 이는 일 예에 불과하다. 즉, 블록 인터리버(124)는 제2 파트의 복수의 열에 비트들을 행 방향으로 라이트할 수도 있다. 이 경우, 블록 인터리버(124)는 제1 파트에 대해서는 상술한 방식과 동일한 방식으로 비트들을 라이트할 수 있다.

[0293] 구체적으로, 도 10을 참조하면 블록 인터리버(124)는 제 1 컬럼에서 제2 파트를 구성하는 1 번째 행부터 제C 컬럼에서 제2 파트를 구성하는 1 번째 행까지 비트들을 라이트하고, 제1 컬럼에서 제2 파트를 구성하는 2 번째 행부터 제C 컬럼에서 제2 파트를 구성하는 2 번째 행까지 비트들을 라이트하고,..., 제1 컬럼에서 제2 파트를 구성하는 R_2 번째 행부터 제C 컬럼에서 제2 파트를 구성하는 R_2 번째 행까지 비트들을 라이트할 수 있다.

[0294] 한편, 블록 인터리버(124)는 각 파트의 각 행에 라이트된 비트들을 행 방향으로 순차적으로 리드하게 된다. 즉, 블록 인터리버(124)는 도 9 및 도 10과 같이 복수의 열의 제1 파트의 각 행에 라이트된 비트들을 행 방향으로 순차적으로 리드하고, 복수의 열의 제2 파트의 각 행에 라이트된 비트들을 행 방향으로 순차적으로 리드할 수 있다.

[0295] 이에 따라, 블록 인터리버(124)는 LDPC 부호어를 구성하는 복수의 비트 그룹 중 일부를 비트 그룹 단위로 인터리빙하고, 나머지 일부는 분할하여 인터리빙을 수행할 수 있다. 즉, 블록 인터리버(124)는 복수의 비트 그룹 중 기설정된 개수의 비트 그룹을 구성하는 LDPC 부호어를 제1 파트를 구성하는 복수의 열에 그룹 단위로 라이트하고, 나머지 비트 그룹을 구성하는 비트들을 모아서 제2 파트를 구성하는 열 각각에 분할하여 라이트하고, 제1

및 제2 파트를 구성하는 복수의 열을 행 방향으로 리드하여 인터리빙을 수행할 수 있다.

[0296] 이와 같이, 블록 인터리버(124)는 도 8 내지 도 10에서 설명한 방식을 이용하여 복수의 비트 그룹을 인터리빙할 수 있다.

[0297] 특히, 도 9의 경우 제1 파트에 속하지 않는 비트 그룹에 포함된 비트들은 제2 파트에 열 방향으로 라이트되고 행 방향으로 리드된다는 점에서, 제1 파트에 속하지 않는 비트 그룹에 포함된 비트들의 순서가 재정될 수 있다. 이와 같이, 제1 파트에 속하지 않는 그 비트 룹에 포함된 비트들은 인터리빙된다는 점에서 인터리빙이 수행되지 않았을 경우에 비해, BER(bit error rate)/FER(frame error rate) 성능이 향상 될 수 있다.

[0298] 다만, 도 10과 같이 제1 파트에 속하지 않는 비트 그룹은 인터리빙되지 않을 수도 있다. 즉, 도 10과 같이 블록 인터리버(124)는 제1 파트에 속하지 않는 비트 그룹에 포함된 비트들을 제2 파트에 행 방향으로 라이트 및 리드한다는 점에서, 제1 파트에 속하지 않는 비트 그룹에 포함된 비트들은 순서가 변경되지 않고 순차적으로 변조부(130)로 출력될 수 있다. 이 경우, 제1 파트에 속하지 않은 비트 그룹에 포함된 비트들은 순차적으로 출력되어 변조 심볼에 맵핑될 수 있다.

[0299] 한편, 도 9 및 도 10에서는 복수의 비트 그룹 중 마지막 하나의 비트 그룹이 제2 파트에 라이트되는 것으로 설명하였으나 이는 일 예에 불과하며, 제2 파트에 라이트되는 비트 그룹의 개수는 LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 전체 개수, 열 및 행의 개수, 전송 안테나 개수 등에 따라 다양하게 변경될 수 있음은 물론이다.

[0300] 한편, 블록 인터리버(124)는 하기의 표 21 및 표 22와 같은 구조를 가질 수 있다.

표 21

[0301]

	N_{ldpc}= 64800					
	QPSK	16 QAM	64 QAM	256 QAM	1024 QAM	4096 QAM
C	2	4	6	8	10	12
R_1	32400	16200	10800	7920	6480	5400
R_2	0	0	0	180	0	0

표 22

[0302]

	N_{ldpc}= 16200					
	QPSK	16 QAM	64 QAM	256 QAM	1024 QAM	4096 QAM
C	2	4	6	8	10	12
R_1	7920	3960	2520	1800	1440	1080
R_2	180	90	180	225	180	270

[0303] 여기에서, C(또는, N_c)는 블록 인터리버(124)를 구성하는 열의 개수이고, R_1은 각 열에서 제1 파트를 구성하는 행의 개수, R_2는 각 열에서 제2 파트를 구성하는 행의 개수이다.

[0304] 표 21 및 표 22를 참조하면, 열의 개수는 변조 방식에 따른 변조 차수와 동일한 값을 가지며, 복수의 열 각각은 LDPC 부호어를 구성하는 비트 수를 복수의 열의 개수로 나눈 값만큼의 행으로 구성되는 것을 알 수 있다.

[0305] 예를 들어, LDPC 부호어의 길이 N_{ldpc}=64800이고, 1024-QAM 방식으로 변조를 수행하는 경우, 1024-QAM의 경우 변조 차수는 10이므로 블록 인터리버(124)는 10 개의 열로 구성되며, 각 열은 R_1+R_2=6480(=64800/10) 개의 행으로 구성됨을 알 수 있다.

[0306] 한편, 표 21 및 표 22를 참조하면, LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 개수가 열의 개수의 정수 배인 경우, 블록 인터리버(124)는 각 열을 구분하지 않고 인터리빙을 수행한다는 점에서 R_1이 각 열을 구성하는 행의 개수가 되고, R_2=0이 된다. 또한, LDPC 부호어를 구성하는 그룹의 개수가 열의 개 수의 정수 배가 되지 않는 경우, 블

록 인터리버(124)는 각 열을 R_1 개의 행으로 구성되는 제1 파트와 R_2 개의 행으로 구성되는 제2 파트로 구분하여 인터리빙을 수행한다.

[0307] 한편, 표 21 및 표 22와 같이, 블록 인터리버(124)의 열의 개수가 변조 심볼을 구성하는 비트의 수와 동일한 경우, 동일한 비트 그룹에 포함된 비트들은 변조 심볼에서 하나의 비트에 맵핑될 수 있다.

[0308] 예를 들어, N_{ldpc}=64800이고, 변조 방식이 1024-QAM인 경우, 블록 인터리버(124)는 각각 6480 개의 행을 포함하는 10 개의 열로 구성될 수 있다. 이 경우, 복수의 비트 그룹 각각에 포함된 비트들은 10 개의 열에 라이트되고, 각 열에서 동일한 행에 라이트되었던 비트들이 순차적으로 출력된다. 이때, 변조 방식이 1024-QAM인 경우 10 비트가 하나의 변조 심볼을 구성한다는 점에서, 동일한 비트 그룹에 포함된 비트들 즉, 하나의 열에서 출력되는 비트들은 변조 심볼에서 하나의 비트에 맵핑될 수 있다. 예를 들어, 제1 컬럼에 라이트되는 비트 그룹에 포함된 비트들은 각 변조 심볼의 첫 번째 비트에 맵핑될 수 있다.

[0309] 한편, 표 21 및 표 22를 참조하면, 블록 인터리버(124)의 전체 행(row)의 개수 즉, R_1+R_2는 N_{ldpc}/C임을 알 수 있다.

[0310] 그리고, 제1 파트의 행의 개수인 R_1은 각 그룹에 포함된 비트들의 개수인 M(예를 들어, M=360)의 정수 배로 $\lfloor N_{group}/C \rfloor xM$ 이고, 제2 파트의 행의 개수인 R_2는 $N_{ldpc}/C-R_1$이 될 수 있다. 여기에서, $\lfloor N_{group}/C \rfloor$는 N_{group}/C 이하의 가장 큰 정수를 나타낸다. 이와 같이, R_1은 각 비트 그룹에 포함된 비트의 개수인 M의 정수 배가 된다는 점에서, R_1에는 비트 그룹 단위의 비트들이 라이트될 수 있다.

[0311] 또한, 표 21 및 표 22를 참조하면, LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 개수가 열의 개수의 배수가 아닌 경우, 블록 인터리버(124)는 각 열을 2 개의 파트로 구분하여 인터리빙을 수행하는 것을 알 수 있다.

[0312] 구체적으로, LDPC 부호어의 길이를 열의 개수로 나눈 값이 각 열에 포함된 전체 행의 개수가 된다. 이때, LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 개수가 열의 개수의 배수인 경우, 각 열은 2 개의 파트로 구분되지 않는다. 다만, LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 개수가 열의 개수의 배수가 되지 않는 경우, 각 열은 2 개의 파트로 구분될 수 있다.

[0313] 예를 들어, 표 21과 같이 블록 인터리버(124)의 열의 개수가 변조 심볼을 구성하는 비트의 개수와 동일하고, LDPC 부호어가 64800 개의 비트로 구성되는 경우를 가정한다. 이때, LDPC 부호어를 구성하는 각 비트 그룹은 360 개의 비트로 구성되며, LDPC 부호어는 64800/360=180 개의 비트 그룹으로 구성된다.

[0314] 한편, 변조 방식이 1024-QAM인 경우, 블록 인터리버(124)는 10 개의 열로 구성되며, 각 열은 64800/10=6480 개의 행으로 구성될 수 있다.

[0315] 이때, LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 개수를 열의 개수로 나눈 값은 180/10=18이 되므로, 각 열을 2 개의 파트로 구분하지 않아도 각 열에 비트 그룹 단위로 비트들이 라이트될 수 있다. 즉, 각 열에는 LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 개수를 열의 개수로 나눈 몫인 18 개의 비트 그룹에 포함된 비트들 즉, 18×360=6480 개의 비트들이 라이트될 수 있다.

[0316] 다만, 변조 방식이 256-QAM인 경우, 블록 인터리버(124)는 8 개의 열로 구성되며, 각 열은 64800/8=8100 개의 행으로 구성될 수 있다.

[0317] 이때, LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 개수를 열의 개수로 나눈 값은 180/8=22.5가 되므로, LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 개수는 열의 개수의 정수 배가 되지 않는다. 이에 따라, 블록 인터리버(124)는 비트 그룹 단위로 인터리빙을 수행하기 위해, 8 개의 열 각각을 2 개의 파트로 구분하게 된다.

[0318] 이때, 각 열의 제1 파트에는 비트 그룹 단위로 비트들이 라이트되어야 하므로, 각 열의 제1 파트에 비트 그룹 단위로 라이트될 수 있는 비트 그룹의 개수는 LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 개수를 열의 개수로 나눈 몫인 22 개가 되며, 이에 따라, 각 열의 제1 파트는 22×360=7920 개의 행으로 구성될 수 있다. 이에 따라, 각 열의 제1 파트에는 22 개의 비트 그룹에 포함된 7920 개의 비트들이 라이트될 수 있다.

[0319] 한편, 각 열의 제2 파트는 각 열의 전체 행에서 제1 파트를 구성하는 행을 제외한 행으로 구성된다. 따라서, 각 열의 제2 파트는 8100-7920=180 개의 행으로 구성될 수 있다.

[0320] 이때, 각 열의 제2 파트에는 제1 파트에 라이트되지 못한 나머지 비트 그룹에 포함되는 비트들이 분할되어 라이트될 수 있다.

[0321] 구체적으로, 제1 파트에는 22×8=176 개의 비트 그룹이 라이트되므로, 제2 파트에 라이트되는 비트 그룹의 개수는 180-176=4 개이다(가령, LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹(Y_0), 비트 그룹(Y_1), 비트 그룹(Y_2),..., 비트 그룹(Y_{178}), 비트 그룹(Y_{179}) 중 비트 그룹 (Y_{176}), 비트 그룹 (Y_{177}), 비트 그룹 (Y_{178}), 비트 그룹 (Y_{179})가 될 수 있다).

[0322] 이에 따라, 블록 인터리버(124)는 블록 인터리버(124)는 LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹 중 제1 파트에 라이트되고 남은 4 개의 비트 그룹을 각 열의 제2 파트에 순차적으로 라이트할 수 있다.

[0323] 즉, 블록 인터리버(124)는 비트 그룹(Y_{176})에 포함된 360 개의 비트 중 180 개의 비트를 제1 열의 제2 파트의 1 번째 행부터 180 번째 행까지 열 방향으로 라이트하고, 남은 180 개의 비트를 제2 열의 제2 파트의 1 번째 행부터 180 번째 행까지 열 방향으로 라이트할 수 있다. 그리고, 블록 인터리버(124)는 비트 그룹(Y_{177})에 포함된 360 개의 비트 중 180 개의 비트를 제3 열의 제2 파트의 1 번째 행부터 180 번째 행까지 열 방향으로 라이트하고, 남은 180 개의 비트를 제4 열의 제2 파트의 1 번째 행부터 180 번째 행까지 열 방향으로 라이트할 수 있다. 그리고, 블록 인터리버(124)는 비트 그룹(Y_{178})에 포함된 360 개의 비트 중 180 개의 비트를 제5 열의 제2 파트의 1 번째 행부터 180 번째 행까지 열 방향으로 라이트하고, 남은 180 개의 비트를 제6 열의 제2 파트의 1 번째 행부터 180 번째 행까지 열 방향으로 라이트할 수 있다. 그리고, 블록 인터리버(124)는 비트 그룹(Y_{179})에 포함된 360 개의 비트 중 180 개의 비트를 제7 열의 제2 파트의 1 번째 행부터 180 번째 행까지 열 방향으로 라이트하고, 남은 180 개의 비트를 제8 열의 제2 파트의 1 번째 행부터 180 번째 행까지 열 방향으로 라이트할 수 있다.

[0324] 이에 따라, 제1 파트에 라이트되고 남은 비트 그룹에 포함된 비트들은 제2 파트에서 동일한 열에 라이트되지 않고, 복수의 열에 나누어져 라이트될 수 있다.

[0325] 이하에서는 도 11을 참조하여 도 4의 블록 인터리버(124)의 구체적인 일 예에 대해 보다 구체적으로 설명한다.

[0326] 그룹 인터리빙된 LDPC 부호어 ($v_0, v_1, \ldots, v_{N_{ldpc}-1}$)는 $V=\{Y_0, Y_1, \ldots, Y_{N_{group}-1}\}$과 같이 Y_j가 연속적으로 배치될 수 있다.

[0327] 그룹 인터리빙 이후, LDPC 부호어는 도 11과 같은 블록 인터리버(124)에 의해 인터리빙될 수 있다. 이 경우, 블록 인터리버(124)는 블록 인터리버(124)를 구성하는 열의 개수 및 비트 그룹의 비트 수에 기초하여 복수의 열을 제1 파트와 제2 파트로 구분할 수있다. 이 경우, 제1 파트에서는 비트 그룹을 구성하는 비트들이 동일한 열에 라이트되고, 제2 파트에서는 비트 그룹을 구성하는 비트들이 복수의 열에 라이트될 수 있다.

[0328] 구체적으로, 입력 비트 v_i는 제1 파트부터 시작하여 제2 파트까지 순차적(serially)으로 열 방향(column wise)으로 라이트되고, 제1 파트부터 제2 파트까지 순차적으로 행 방향(row wise)으로 리드된다. 이에 따라, 제1 파트에서 동일한 비트 그룹에 포함된 비트들은 각 변조 심볼에서 하나의 비트에 맵핑될 수 있다.

[0329] 이 경우, 변조 방식 및 LDPC 부호어의 길이(즉, code length)에 따른 블록 인터리버(124)의 제1 파트와 제2 파트의 열의 개수와 행의 개수는 하기의 표 23과 같을 수 있다. 여기에서, 블록 인터리버(124)의 열의 개수는 변조 심볼을 구성하는 비트의 수와 같을 수 있다. 그리고, 제1 파트의 행의 개수인 N_{r1}과 제2 파트의 행의 개수인 N_{r2}의 합은 N_{ldpc}/N_c와 동일하다(여기에서, N_c는 열의 개수). 그리고, $N_{r1}(=\lfloor N_{group}/N_c \rfloor \times 360)$은 360의 배수이므로, 복수의 비트 그룹이 제1 파트에 라이트될 수 있다.

표 23

Modulation	Rows in Part 1 N_{r1}		Rows in Part 2 N_{r2}		Columns N_c
	N_{ldpc} =64800	N_{ldpc} =16200	N_{ldpc} =64800	N_{ldpc} =16200	
QPSK	32400	7920	0	180	2
16-QAM	16200	3960	0	90	4
64-QAM	10800	2520	0	180	6
256-QAM	7920	1800	180	225	8
1024-QAM	6480	1440	0	180	10
4096-QAM	5400	1080	0	270	12

[0330]

[0331] 이하에서는 블록 인터리버(124)의 동작에 대해 보다 구체적으로 설명하도록 한다.

[0332] 구체적으로, 도 11과 같이 입력 비트 $v_i(0 \le i < N_c \times N_{r1})$는 블록 인터리버(124)의 제1 파트의 c_i 열의 r_i 행에 라이트된다. 여기에서, c_i와 r_i는 각각 $c_i = \left\lfloor \frac{i}{N_{r1}} \right\rfloor$, $r_i = (i \bmod N_{r1})$와 같다.

[0333] 그리고, 입력 비트 $v_i(N_c \times N_{r1} \le i < N_{ldpc})$는 블록 인터리버(124)의 제2 파트의 c_i 열의 r_i 행에 라이트된다. 여기에서, c_i와 r_i는 각각 $c_i = \left\lfloor \frac{(i - N_c \times N_{r1})}{N_{r2}} \right\rfloor$, $r_i = N_{r1} + \{(i - N_c \times N_{r1}) \bmod N_{r2}\}$와 같다.

[0334] 한편, 출력 비트 $q_j(0 \le j < N_{ldpc})$는 r_j 행의 c_j 열에서 리드된다. 여기에서, c_j와 r_j는 각각 $r_j = \left\lfloor \frac{j}{N_c} \right\rfloor$, $c_j = (j \bmod N_c)$와 같다.

[0335] 예를 들어, LDPC 부호어의 길이 N_{ldpc}가 64800이고, 변조 방식이 256-QAM인 경우, 블록 인터리버(124)에서 출력되는 비트의 순서는 $(q_0, q_1, q_2, \ldots, q_{63357}, q_{63358}, q_{63359}, q_{63360}, q_{63361}, \ldots, q_{64799}) = (v_0, v_{7920}, v_{15840}, \ldots, v_{47519}, v_{55439}, v_{63359}, v_{63360}, v_{63540}, \ldots, v_{64799})$와 같을 수 있다. 여기에서, 우측 항에서의 인덱스를 모든 8 개의 열에 대해 보다 자세히 나타내면 0, 7920, 15840, 23760, 31680, 39600, 47520, 55440, 1, 7921, 15841, 23761, 31681, 39601, 47521, 55441, …… , 7919, 15839, 23759, 31679, 39599, 47519, 55439, 63359, 63360, 63540, 63720, 63900, 64080, 64260, 64440, 64620, …… , 63539, 63719, 63899, 64079, 64259, 64439, 64619, 64799와 같다.

[0336] 이하에서는 구체적인 예를 들어 블록 인터리버(124)의 인터리빙 동작을 설명하도록 한다.

[0337] 블록 인터리버(124)는 복수의 비트 그룹을 비트 그룹 단위로 복수의 열 각각에 열 방향으로 라이트하고, 복수의 비트 그룹이 비트 그룹 단위로 라이트된 복수의 열의 각 행을 행 방향으로 리드하여 인터리빙을 수행할 수 있다.

[0338] 이 경우, 블록 인터리버(124)를 구성하는 열의 개수는 변조 방식에 따라 달라질 수 있으며, 행의 개수는 LDPC 부호어의 길이/열의 개수가 될 수 있다. 예를 들어, 변조 방식이 1024-QAM인 경우 블록 인터리버(124)는 10 개의 열로 구성될 수 있다. 이때, LDPC 부호어의 길이 N_{ldpc}가 64800인 경우 행의 개수는 64800/10=6480이 될 수 있다.

[0339] 이하에서는 블록 인터리버(124)가 복수의 비트 그룹을 비트 그룹 단위로 인터리빙하는 방법에 대해 구체적으로 설명하도록 한다.

[0340] 블록 인터리버(124)는 LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 개수가 열의 개수의 정수 배인 경우, 비트 그룹의 개수를 열의 개수로 나눈 값만큼의 비트 그룹을 각 열에 순차적으로 비트 그룹 단위로 라이트하여 인터리빙을

수행할 수 있다.

[0341] 예를 들어, 변조 방식이 1024-QAM이고 LDPC 부호어의 길이 N_{ldpc}가 64800인 경우, 블록 인터리버(124)는 각각 6480 개의 행을 포함하는 10 개의 열로 구성될 수 있다. 여기에서, LDPC 부호어의 길이 N_{ldpc}가 64800인 경우 LDPC 부호어는 64800/360=180 개의 비트 그룹으로 구분되므로, 변조 방식이 1024-QAM인 경우 LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 개수(=180)는 열의 개수(=10)의 정수 배가 된다. 즉, LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 개수를 열의 개수로 나눈 경우 나머지가 발생하지 않게 된다.

[0342] 이와 같이, LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 개수가 블록 인터리버(124)를 구성하는 열의 개수의 정수 배가 되는 경우, 블록 인터리버(124)는 각 열을 파트를 구분하지 않고, LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 개수를 블록 인터리버(124)를 구성하는 열의 개수로 나눈 몫만큼의 비트 그룹에 포함된 비트들을 복수의 열 각각에 열 방향으로 순차적으로 라이트하고, 비트들이 라이트된 복수의 열의 각 행을 행 방향으로 리드하여 인터리빙을 수행할 수 있다.

[0343] 예를 들어, 도 12와 같이 블록 인터리버(124)는 제1 컬럼의 1 번째 행부터 6480 번째 행에 비트 그룹 (Y_0), 비트 그룹(Y_1),..., 비트 그룹(Y_{17}) 각각에 포함된 비트들을 라이트하고, 제2 컬럼의 1 번째 행부터 6480 번째 행에 비트 그룹(Y_{18}), 비트 그룹(Y_{19}),..., 비트 그룹(Y_{35}) 각각에 포함된 비트들을 라이트하고,..., 제10 컬럼의 1 번째 행부터 6480 번째 행에 비트 그룹(Y_{162}), 비트 그룹(Y_{163}),..., 비트 그룹(Y_{179}) 각각에 포함된 비트들을 라이트한다. 그리고, 블록 인터리버(124)는 10 개의 열의 각 행에 라이트된 비트들을 행 방향으로 순차적으로 리드할 수 있다.

[0344] 이와 같이, 블록 인터리버(124)는 도 8 내지 도 12에서 설명한 방식을 이용하여 LDPC 부호어를 구성하는 복수의 그룹을 인터리빙할 수 있다.

[0345] 한편, 상술한 예와 같이 블록 인터리버(124)를 구성하는 열의 개수가 변조 차수와 동일한 값을 가지는 경우, 동일한 비트 그룹에 포함된 비트들이 변조 심볼에서 하나의 비트에 맵핑될 수 있다.

[0346] 하지만, 이는 일 예일 뿐이고, 동일한 비트 그룹에 포함된 비트들이 변조 심볼에서 두 개의 비트에 맵핑될 수도 있으며, 이 경우 블록 인터리버(124)를 하기의 표 24 및 표 25와 같은 구조를 가질 수 있다. 이 경우, 표 24 및 표 25와 같이, 블록 인터리버(124)를 구성하는 열의 개수는 변조 차수의 절반일 수 있다.

표 24

[0347]

	N_{ldpc}=64800					
	QPSK	16 QAM	64 QAM	256QAM	1024 QAM	4096 QAM
C	1	2	3	4	5	6
R_1	64800	32400	21600	16200	12960	10800
R_2	0	0	0	0	0	0

표 25

[0348]

	N_{ldpc}= 16200					
	QPSK	16 QAM	64 QAM	256 QAM	1024 QAM	4096 QAM
C	1	2	3	4	5	6
R_1	16200	7920	5400	3960	3240	2520
R_2	0	180	0	90	0	180

[0349] 여기에서, C(또는, N_c)는 블록 인터리버(124)를 구성하는 열의 개수이고, R_1은 각 컬럼에서 제1 파트를 구성하는 행의 개수, R_2는 각 컬럼에서 제2 파트를 구성하는 행의 개수이다.

[0350] 표 24 및 표 25를 참조하면, LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 개수가 열의 개수의 정수 배인 경우 블록 인터리버(124)는 각 열을 구분하지 않고 인터리빙을 수행한다는 점에서 R_1이 각 열을 구성하는 행의 개수가 되고, R_2=0이 된다. 또한, LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 개수가 열의 개수의 정수 배가 되지 않는 경우, 블록 인터리버(124)는 각 열을 R_1 개의 행으로 구성되는 제1 파트와 R_2 개의 행으로 구성되는 제2 파트로 구분하여 인터리빙을 수행한다.

[0351] 표 24 및 표 25와 같이, 블록 인터리버(124)의 열의 개수가 변조 심볼을 구성하는 비트의 수의 절반인 경우, 동일한 비트 그룹에 포함된 비트들은 변조 심볼에서 두 개의 비트에 맵핑될 수 있다.

[0352] 예를 들어, N_{ldpc}=64800이고, 변조 방식이 1024-QAM인 경우, 블록 인터리버(124)는 각각 12960 개의 행을 포함하는 5 개의 열로 구성될 수 있다. 이 경우, 복수의 비트 그룹은 비트 그룹 단위로 5 개의 열에 라이트되고, 각 열에서 동일한 행에 라이트되었던 비트들이 순차적으로 출력된다. 한편, 변조 방식이 1024-QAM인 경우 10 비트가 하나의 변조 심볼을 구성한다는 점에서, 2 개의 행에서 출력되는 비트들이 하나의 변조 심볼을 구성하게 된다. 따라서, 동일한 비트 그룹에 포함된 비트들 즉, 하나의 열에서 출력되는 비트들은 변조 심볼에서 두 개의 비트에 맵핑될 수 있다. 예를 들어, 제1 컬럼에 라이트되는 비트 그룹에 포함된 비트들은 변조 심볼에서 임의의 두 개의 위치에 존재하는 비트들에 맵핑될 수 있다.

[0353] 도 1로 돌아가서, 변조부(130)는 인터리빙된 LDPC 부호어를 변조 심볼에 맵핑한다. 구체적으로, 변조부(130)는 인터리빙된 LDPC 부호어를 디멀티플렉싱하고, 디멀티플렉싱된 LDPC 부호어를 변조하여 성상도에 맵핑할 수 있다.

[0354] 이 경우, 변조부(130)는 복수의 비트 그룹 각각에 포함된 비트들을 이용하여 변조 심볼을 생성할 수 있다.

[0355] 즉, 상술한 바와 같이, 블록 인터리버(124)의 각 열에는 서로 다른 비트 그룹에 포함된 비트들이 라이트되고, 블록 인터리버(124)는 각 열에 라이트된 비트들을 행 방향으로 리드하게 된다. 이 경우, 변조부(130)는 블록 인터리버(124)의 각 열에서 리드된 비트들을 변조 심볼의 각 비트에 맵핑시켜 변조 심볼을 생성하게 된다. 이에 따라, 변조 심볼의 각 비트는 서로 다른 그룹에 포함된 비트가 될 수 있다.

[0356] 예를 들어, 변조 심볼이 C 개의 비트로 구성된 경우를 가정한다. 이 경우, 블록 인터리버(124)의 C 개의 열의 각 행에서 리드된 비트들이 변조 심볼의 각 비트에 맵핑될 수 있다는 점에서, 결국, C 개의 비트로 구성된 변조 심볼의 각 비트들은 C 개의 서로 다른 그룹에 포함된 비트들이 될 수 있다.

[0357] 이하에서는 이를 보다 구체적으로 설명하도록 한다.

[0358] 먼저, 변조부(130)는 인터리빙된 LDPC 부호어를 디멀티플렉싱할 수 있다. 이를 위해, 변조부(130)는 인터리빙된 LDPC 부호어를 디멀티플렉싱하기 위한 디멀티플렉서(미도시)를 포함할 수 있다.

[0359] 디멀티플렉서(미도시)는 인터리빙된 LDPC 부호어를 디멀티플렉싱한다. 구체적으로, 디멀티플렉서(미도시)는 인터리빙된 LDPC 부호어에 대해 시리얼-투-패러렐(serial-to-parallel) 변환을 수행하여, 인터리빙된 LDPC 부호어를 일정한 개수의 비트를 갖는 셀(cell)(또는, 데이터 셀(data cell))로 디멀플렉싱할 수 있다.

[0360] 예를 들어, 도 13에 도시된 바와 같이, 디멀티플렉서(미도시)는 인터리버(120)에서 출력되는 LDPC 부호어 $Q=(q_0,q_1,q_2,...)$를 입력받고, 입력된 LDPC 부호어 비트들을 순차적으로 복수의 서브 스트림 중 하나에 출력하여 입력된 LDPC 부호어 비트들을 셀로 변환하여 출력할 수 있다.

[0361] 여기에서, 서브 스트림의 개수 $N_{substreams}$는 변조 심볼을 구성하는 비트의 개수 η_{MOD}와 동일하다. 이에 따라, 각 셀을 구성하는 비트의 개수는 변조 심볼을 구성하는 비트의 개수(즉, 변조 차수)와 동일할 수있다.

[0362] 한편, 변조 방식에 따른 η_{MOD} 및 LDPC 부호어의 길이 N_{ldpc}에 따라 생성되는 셀의 개수는 하기의 표 26과 같을 수 있다.

표 26

Modulation mode	η_{MOD}	Number of output data cells for N_{ldpc} = 64 800	Number of output data cells for N_{ldpc} = 16 200
QPSK	2	32 400	8 100
16-QAM	4	16 200	4 050
64-QAM	6	10 800	2 700
256-QAM	8	8 100	2 025
1024-QAM	10	6 480	1 620

[0363]

[0364] 한편, 복수의 서브 스트림 각각에서 동일한 인덱스를 갖는 비트들이 동일한 셀을 구성할 수 있다. 이에 따라, 각 셀들은 $(y_{0,0},y_{1,0},\ldots,y_{\eta_{MOD}-1,0})=(q_0,q_1,\ldots,q_{\eta_{MOD}-1})$, $(y_{0,1},y_{1,1},\ldots,y_{\eta_{MOD}-1,1})=(q_{\eta_{MOD}},q_{\eta_{MOD}+1},\ldots,q_{2\times\eta_{MOD}-1})$,... 와 같이 구성될 수 있다.

[0365] 상술한 바와 같이, 서브 스트림의 개수 $N_{substreams}$는 변조 심볼을 구성하는 비트의 개수 η_{MOD}와 동일하며, 각 셀을 구성하는 비트의 개수는 변조 심볼을 구성하는 비트의 개수와 동일할 수 있다.

[0366] 한편, 디멀티플렉서(미도시)가 입력되는 LDPC 부호어 비트들을 디멀티플렉싱하는 방법은 다양할 수 있다. 즉, 디멀티플렉서(미도시)는 LDPC 부호어 비트들의 순서를 변경하여 복수의 서브 스트림 각각에 출력하거나, LDPC 부호어 비트들의 순서를 변경하지 않고 순차적으로 복수의 서브 스트림 각각에 출력할 수 있다. 이러한 동작은 블록 인터리버(124)에서 인터리빙에 사용된 열의 개수에 따라 결정될 수 있다.

[0367] 구체적으로, 블록 인터리버(124)가 변조 심볼을 구성하는 비트의 개수의 절반만큼의 열을 포함하는 경우, 디멀티플렉서(미도시)는 입력되는 LDPC 부호어 비트들의 순서를 변경하여 복수의 서브 스트림 각각에 출력할 수 있으며, 순서를 변경하는 방법에 대한 일 예는 하기의 표 27과 같다.

표 27

[0368]

Modulation format	QPSK											
Input bit di mod Nsubstreams	0	1										
Output bit-number e	0	1										
Modulation format	16 QAM											
Input bit di mod Nsubstreams	0	1	2	3								
Output bit-number e	0	2	1	3								
Modulation format	64 QAM											
Input bit di mod Nsubstreams	0	1	2	3	4	5						
Output bit-number e	0	3	1	4	2	5						
Modulation format	256 QAM											
Input bit di mod Nsubstreams	0	1	2	3	4	5	6	7				
Output bit-number e	0	4	1	5	2	6	3	7				
Modulation format	1024 QAM											
Input bit di mod Nsubstreams	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Output bit-number e	0	5	1	6	2	7	3	8	4	9		
Modulation format	4096 QAM											
Input bit di mod Nsubstreams	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Output bit-number e	0	6	1	7	2	8	3	9	4	10	5	11

[0369] 상기와 같은 표 27에서 변조 방식이 1024-QAM인 경우를 예로 들면, 1024-QAM의 경우 변조 심볼을 구성하는 비트

의 개수는 10 개이므로 서브 스트림의 개수는 10 개가 된다. 이 경우, 디멀티플렉서(미도시)는 순차적으로 입력되는 비트들 중에서 인덱스 i가 i mod 10=0을 만족하는 비트들은 제0 서브 스트림으로 출력하고, 인덱스 i가 i mod 10=1을 만족하는 비트들을 제5 서브 스트림으로 출력하고, 인덱스 i가 i mod 10=2를 만족하는 비트들을 제1 서브 스트림으로 출력하고, 인덱스 i가 i mod 10=3을 만족하는 비트들을 제6 서브 스트림으로 출력하고, 인덱스 i가 i mod 10=4를 만족하는 비트들은 제2 서브 스트림으로 출력하고, 인덱스 i가 i mod 10=5를 만족하는 비트들을 제7 서브 스트림으로 출력하고, 인덱스 i가 i mod 10=6을 만족하는 비트들을 제3 서브 스트림으로 출력하고, 인덱스 i가 i mod 10=7을 만족하는 비트들을 제8 서브 스트림으로 출력하고, 인덱스 i가 i mod 10=8을 만족하는 비트들을 제4 서브 스트림으로 출력하고, 인덱스 i가 i mod 10=9를 만족하는 비트들을 제9 서브 스트림으로 출력할 수 있다.

[0370] 이에 따라, 디멀티플렉서(미도시)로 입력된 LDPC 부호어 비트들 $(q_0,q_1,q_2,\ q_3,q_4,q_5,q_6,q_7,q_8,q_9,\ldots)$은 $(y_{0,0},y_{1,0},y_{2,0},y_{3,0},y_{4,0},y_{5,0},y_{6,0},y_{7,0},y_{8,0},y_{9,0})=(q_0,q_5,q_1,q_6,q_2,q_7,q_3,q_8,q_4,q_9)$, $(y_{0,1},y_{1,1},y_{2,1},y_{3,1},y_{4,1},y_{5,1},y_{6,1},y_{7,1},y_{8,1},y_{9,1})=(q_{10},q_{15},q_{11},q_{16},q_{12},q_{17},q_{13},q_{18},q_{14},q_{19}),\ldots$ 와 같은 셀들로 출력될 수 있다.

[0371] 한편, 블록 인터리버(124)가 변조 심볼을 구성하는 비트의 개수와 동일한 개수의 열을 포함하는 경우, 디멀티플렉서(미도시)는 입력되는 LDPC 부호어 비트들의 순서를 변경하지 않고 순차적으로 복수의 스트림 각각에 출력할 수 있다. 즉, 도 13에 도시된 바와 같이, 디멀티플렉서(미도시)는 입력되는 LDPC 부호어 비트들 $(q_0,q_1,q_2,\ldots)$를 각 서브 스트림에 순차적으로 출력하며, 이에 따라, 각 셀들은 $(y_{0,0},y_{1,0},\ldots,y_{\eta_{MOD}-1,0})=(q_0,q_1,\ldots,q_{\eta_{MOD}-1})$, $(y_{0,1},y_{1,1},\ldots,y_{\eta_{MOD}-1,1})=(q_{\eta_{MOD}},q_{\eta_{MOD}+1},\ldots,q_{2\times\eta_{MOD}-1}),\ldots$ 와 같이 구성될 수 있다.

[0372] 구체적인 예로, 변조 방식이 1024-QAM인 경우, 변조 심볼을 구성하는 비트의 개수 $\eta_{MOD}=10$이므로, 서브 스트림의 개수 $N_{substreams}=10$이 될 수 있고, 각 셀들은 $(y_{0,0},y_{1,0},y_{2,0},y_{3,0},y_{4,0},y_{5,0},y_{6,0},y_{7,0},y_{8,0},y_{9,0})=(q_0,q_1,q_2,q_3,q_4,q_5,q_6,q_7,q_8,q_9)$, $(y_{0,1},y_{1,1},y_{2,1},y_{3,1},y_{4,1},y_{5,1},y_{6,1},y_{7,1},y_{8,1},y_{9,1})=(q_{10},q_{11},q_{12},q_{13},q_{14},q_{15},q_{16},q_{17},q_{18},q_{19})$, $(y_{0,2},y_{1,2},y_{2,2},y_{3,2},y_{4,2},y_{5,2},y_{6,2},y_{7,2},y_{8,2},y_{9,2})=(q_{20},q_{21},q_{22},q_{23},q_{24},q_{25},q_{26},q_{27},q_{28},q_{29}),\ldots$와 같이 구성될 수 있다.

[0373] 한편, 상술한 예에서는, 디멀티플렉서(미도시)가 입력되는 LDPC 부호어 비트들의 순서를 변경하지 않고 순차적으로 복수의 서브 스트림 각각에 출력하는 것으로 설명하였으나 이는 일 예에 불과하다. 즉, 본 발명의 일 실시예에 따르면 블록 인터리버(124)가 변조 심볼을 구성하는 비트의 개수와 동일한 개수의 열을 포함하는 경우, 디멀티플렉서(미도시)는 생략될 수 있다.

[0374] 한편, 변조부(130)는 디멀티플렉싱된 LDPC 부호어를 변조 심볼에 맵핑할 수 있다. 다만, 상술한 바와 같이 디멀티플렉서(미도시)가 생략된 경우, 변조부(130)는 인터리버(120)에서 출력되는 LDPC 부호어 비트들 즉, 블록 인터리빙된 LDPC 부호어 비트들을 변조 심볼에 맵핑할 수도 있다.

[0375] 구체적으로, 변조부(130)는 디멀티플렉서(미도시)에서 출력되는 비트들(즉, 셀들)을 QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM, 1024-QAM, 4096-QAM 등의 다양한 변조 방식을 이용하여 변조할 수 있다. 여기에서, 변조 방식이 각각 QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM, 1024-QAM, 4096-QAM인 경우, 변조 심볼을 구성하는 비트의 개수 η_{MOD}는 각각 2,4,6,8,10,12 개가 될 수 있다.

[0376] 이 경우, 디멀티플렉서(미도시)에서 출력되는 각 셀은 변조 심볼을 구성하는 개수만큼의 비트로 이루어진다는 점에서, 변조부(130)는 디멀티플렉서(미도시)에서 출력되는 셀 각각을 순차적으로 성상점(constellation point)에 맵핑하여 변조 심볼을 생성할 수 있다. 여기에서, 변조 심볼은 성상도(constellation)에서의 성상점에 대응된다.

[0377] 다만, 디멀티플렉서(미도시)가 생략되는 경우, 변조부(130)는 인터리빙된 비트들을 순차적으로 일정한 개수의 비트만큼 구분하고 이를 성상점에 맵핑하여 변조 심볼을 생성할 수 있다. 이 경우, 변조부(130)는 변조 방식에 따라 η_{MOD} 개의 비트씩 순차적으로 성상점에 맵핑하여 변조 심볼을 생성할 수 있다.

[0378] 한편, 변조부(130)는 non-uniform constellation(NUC) 방식을 이용하여 디멀티플렉서(미도시)에서 출력되는 셀들을 성성점에 맵핑하여 변조를 수행할 수 있다. 예를 들어, 변조부(130)는 디멀티플렉서(미도시)에서 출력되는

비트들을 non-uniform 16-QAM, non-uniform 64-QAM, non-uniform 256-QAM, non-uniform 1024-QAM, non-uniform 4096-QAM 등의 다양한 변조 방식을 이용하여 변조할 수 있다.

[0379] non uniform constellation 방식에서는 1 사분면의 성상점을 정의하면 다른 3 개의 사분면에 대한 성상점은 하기와 같은 방법에 의해 결정될 수 있다. 예를 들어, 1 사분면에 대해 정의한 성상점들의 집합을 X라고 할 때 2 사분면의 경우에는 -conj(X), 3 사분면의 경우에는 conj(X), 4사분면의 경우는 -(X)가 된다.

[0380] 즉, 1 사분면을 정의하면 다른 사분면은 하기와 같이 표현될 수 있다.

[0381] 1 Quarter(1 사분면) = X

[0382] 2 Quarter(2 사분면) = -conj(X)

[0383] 3 Quarter(3 사분면) = conj(X)

[0384] 4 Quarter(4 사분면) = -X

[0385] 구체적으로, non-uniform M-QAM을 사용한다고 할 경우, M개의 성상점을 $z=\{z_0, z_1, \ldots, z_{M-1}\}$으로 정의할 수 있다. 이때, 1 사분면에 존재하는 성상점을 $\{x_0, x_1, x_2, \ldots, x_{M/4-1}\}$로 정의할 때, z는 하기와 같이 정의할 수 있다.

[0386] z_0부터 $z_{M/4-1}$= x_0 부터 $x_{M/4}$

[0387] $z_{M/4}$부터 $z_{2\times M/4-1}$= -conj(x_0 부터 $x_{M/4}$)

[0388] $z_{2\times M/4}$부터 $z_{3\times M/4-1}$= conj(x_0 부터 $x_{M/4}$)

[0389] $z_{3\times M/4}$부터 $z_{4\times M/4-1}$= -(x_0 부터 $x_{M/4}$)

[0390] 따라서, 변조부(130)는 디멀티플렉서(미도시)에서 출력되는 출력 비트인 $[y_0,\ldots,y_{m-1}]$을 $L=\sum_{i=0}^{m-1}(y_i x 2^{m-1})$ 을 인덱스로 하는 z_L로 매핑하여, 출력 비트들을 non-uniform constellation 방식으로 성성점에 맵핑할 수 있다.

[0391] 한편, non-uniform 1024-QAM 방식에 따라 정의되는 성상도의 일 예는 부호율이 6/15, 8/15, 10/15, 12/15인 경우 하기의 표 28과 같이 나타낼 수 있다. 이 경우, 표 28을 통해 1 사분면에 존재하는 성상점이 정의되고 상술한 방법에 의해 나머지 사분면에 존재하는 성상점이 정의될 수 있다.

표 28

	CR 6/15	CR 8/15	CR 10/15	CR 12/15
Label (int.)	Constellation	Constellation	Constellation	Constellation
0	1.5031 + 1.5031i	1.4800 + 1.4800i	1.4377 + 1.4377i	1.3675 + 1.3675i
1	1.5031 + 1.2286i	1.4800 + 1.2281i	1.4377 + 1.2232i	1.3675 + 1.1917i
2	1.2286 + 1.5031i	1.2281 + 1.4800i	1.2232 + 1.4377i	1.1917 + 1.3675i
3	1.2286 + 1.2286i	1.2281 + 1.2281i	1.2232 + 1.2232i	1.1917 + 1.1917i
4	1.5031 + 0.9418i	1.4800 + 0.9212i	1.4377 + 0.9302i	1.3675 + 0.9386i
5	1.5031 + 1.0048i	1.4800 + 1.0349i	1.4377 + 1.0579i	1.3675 + 1.0529i
6	1.2286 + 0.9418i	1.2281 + 0.9212i	1.2232 + 0.9302i	1.1917 + 0.9386i
7	1.2286 + 1.0048i	1.2281 + 1.0349i	1.2232 + 1.0579i	1.1917 + 1.0529i
8	0.9418 + 1.5031i	0.9212 + 1.4800i	0.9302 + 1.4377i	0.9386 + 1.3675i
9	0.9418 + 1.2286i	0.9212 + 1.2281i	0.9302 + 1.2232i	0.9386 + 1.1917i
10	1.0048 + 1.5031i	1.0349 + 1.4800i	1.0579 + 1.4377i	1.0529 + 1.3675i
11	1.0048 + 1.2286i	1.0349 + 1.2281i	1.0579 + 1.2232i	1.0529 + 1.1917i
12	0.9418 + 0.9418i	0.9212 + 0.9212i	0.9302 + 0.9302i	0.9386 + 0.9386i
13	0.9418 + 1.0048i	0.9212 + 1.0349i	0.9302 + 1.0579i	0.9386 + 1.0529i
14	1.0048 + 0.9418i	1.0349 + 0.9212i	1.0579 + 0.9302i	1.0529 + 0.9386i
15	1.0048 + 1.0048i	1.0349 + 1.0349i	1.0579 + 1.0579i	1.0529 + 1.0529i
16	1.5031 + 0.6097i	1.4800 + 0.5810i	1.4377 + 0.5505i	1.3675 + 0.5763i
17	1.5031 + 0.6072i	1.4800 + 0.5872i	1.4377 + 0.6150i	1.3675 + 0.6531i
18	1.2286 + 0.6097i	1.2281 + 0.5810i	1.2232 + 0.5505i	1.1917 + 0.5763i
19	1.2286 + 0.6072i	1.2281 + 0.5872i	1.2232 + 0.6150i	1.1917 + 0.6531i
20	1.5031 + 0.7196i	1.4800 + 0.7604i	1.4377 + 0.8066i	1.3675 + 0.8324i
21	1.5031 + 0.7113i	1.4800 + 0.7213i	1.4377 + 0.7158i	1.3675 + 0.7417i
22	1.2286 + 0.7196i	1.2281 + 0.7604i	1.2232 + 0.8066i	1.1917 + 0.8324i
23	1.2286 + 0.7113i	1.2281 + 0.7213i	1.2232 + 0.7158i	1.1917 + 0.7417i
24	0.9418 + 0.6097i	0.9212 + 0.5810i	0.9302 + 0.5505i	0.9386 + 0.5763i
25	0.9418 + 0.6072i	0.9212 + 0.5872i	0.9302 + 0.6150i	0.9386 + 0.6531i
26	1.0048 + 0.6097i	1.0349 + 0.5810i	1.0579 + 0.5505i	1.0529 + 0.5763i
27	1.0048 + 0.6072i	1.0349 + 0.5872i	1.0579 + 0.6150i	1.0529 + 0.6531i
28	0.9418 + 0.7196i	0.9212 + 0.7604i	0.9302 + 0.8066i	0.9386 + 0.8324i
29	0.9418 + 0.7113i	0.9212 + 0.7213i	0.9302 + 0.7158i	0.9386 + 0.7417i
30	1.0048 + 0.7196i	1.0349 + 0.7604i	1.0579 + 0.8066i	1.0529 + 0.8324i
31	1.0048 + 0.7113i	1.0349 + 0.7213i	1.0579 + 0.7158i	1.0529 + 0.7417i
32	0.6097 + 1.5031i	0.5810 + 1.4800i	0.5505 + 1.4377i	0.5763 + 1.3675i
33	0.6097 + 1.2286i	0.5810 + 1.2281i	0.5505 + 1.2232i	0.5763 + 1.1917i
34	0.6072 + 1.5031i	0.5872 + 1.4800i	0.6150 + 1.4377i	0.6531 + 1.3675i
35	0.6072 + 1.2286i	0.5872 + 1.2281i	0.6150 + 1.2232i	0.6531 + 1.1917i
36	0.6097 + 0.9418i	0.5810 + 0.9212i	0.5505 + 0.9302i	0.5763 + 0.9386i
37	0.6097 + 1.0048i	0.5810 + 1.0349i	0.5505 + 1.0579i	0.5763 + 1.0529i
38	0.6072 + 0.9418i	0.5872 + 0.9212i	0.6150 + 0.9302i	0.6531 + 0.9386i

[0392]

39	0.6072 + 1.0048i	0.5872 + 1.0349i	0.6150 + 1.0579i	0.6531 + 1.0529i
40	0.7196 + 1.5031i	0.7604 + 1.4800i	0.8066 + 1.4377i	0.8324 + 1.3675i
41	0.7196 + 1.2286i	0.7604 + 1.2281i	0.8066 + 1.2232i	0.8324 + 1.1917i
42	0.7113 + 1.5031i	0.7213 + 1.4800i	0.7158 + 1.4377i	0.7417 + 1.3675i
43	0.7113 + 1.2286i	0.7213 + 1.2281i	0.7158 + 1.2232i	0.7417 + 1.1917i
44	0.7196 + 0.9418i	0.7604 + 0.9212i	0.8066 + 0.9302i	0.8324 + 0.9386i
45	0.7196 + 1.0048i	0.7604 + 1.0349i	0.8066 + 1.0579i	0.8324 + 1.0529i
46	0.7113 + 0.9418i	0.7213 + 0.9212i	0.7158 + 0.9302i	0.7417 + 0.9386i
47	0.7113 + 1.0048i	0.7213 + 1.0349i	0.7158 + 1.0579i	0.7417 + 1.0529i
48	0.6097 + 0.6097i	0.5810 + 0.5810i	0.5505 + 0.5505i	0.5763 + 0.5763i
49	0.6097 + 0.6072i	0.5810 + 0.5872i	0.5505 + 0.6150i	0.5763 + 0.6531i
50	0.6072 + 0.6097i	0.5872 + 0.5810i	0.6150 + 0.5505i	0.6531 + 0.5763i
51	0.6072 + 0.6072i	0.5872 + 0.5872i	0.6150 + 0.6150i	0.6531 + 0.6531i
52	0.6097 + 0.7196i	0.5810 + 0.7604i	0.5505 + 0.8066i	0.5763 + 0.8324i
53	0.6097 + 0.7113i	0.5810 + 0.7213i	0.5505 + 0.7158i	0.5763 + 0.7417i
54	0.6072 + 0.7196i	0.5872 + 0.7604i	0.6150 + 0.8066i	0.6531 + 0.8324i
55	0.6072 + 0.7113i	0.5872 + 0.7213i	0.6150 + 0.7158i	0.6531 + 0.7417i
56	0.7196 + 0.6097i	0.7604 + 0.5810i	0.8066 + 0.5505i	0.8324 + 0.5763i
57	0.7196 + 0.6072i	0.7604 + 0.5872i	0.8066 + 0.6150i	0.8324 + 0.6531i
58	0.7113 + 0.6097i	0.7213 + 0.5810i	0.7158 + 0.5505i	0.7417 + 0.5763i
59	0.7113 + 0.6072i	0.7213 + 0.5872i	0.7158 + 0.6150i	0.7417 + 0.6531i
60	0.7196 + 0.7196i	0.7604 + 0.7604i	0.8066 + 0.8066i	0.8324 + 0.8324i
61	0.7196 + 0.7113i	0.7604 + 0.7213i	0.8066 + 0.7158i	0.8324 + 0.7417i
62	0.7113 + 0.7196i	0.7213 + 0.7604i	0.7158 + 0.8066i	0.7417 + 0.8324i
63	0.7113 + 0.7113i	0.7213 + 0.7213i	0.7158 + 0.7158i	0.7417 + 0.7417i
64	1.5031 + 0.1275i	1.4800 + 0.0773i	1.4377 + 0.0596i	1.3675 + 0.0354i
65	1.5031 + 0.1276i	1.4800 + 0.0773i	1.4377 + 0.0642i	1.3675 + 0.0921i
66	1.2286 + 0.1275i	1.2281 + 0.0773i	1.2232 + 0.0596i	1.1917 + 0.0354i
67	1.2286 + 0.1276i	1.2281 + 0.0773i	1.2232 + 0.0642i	1.1917 + 0.0921i
68	1.5031 + 0.1295i	1.4800 + 0.1614i	1.4377 + 0.1766i	1.3675 + 0.2185i
69	1.5031 + 0.1294i	1.4800 + 0.1614i	1.4377 + 0.1669i	1.3675 + 0.1602i
70	1.2286 + 0.1295i	1.2281 + 0.1614i	1.2232 + 0.1766i	1.1917 + 0.2185i
71	1.2286 + 0.1294i	1.2281 + 0.1614i	1.2232 + 0.1669i	1.1917 + 0.1602i
72	0.9418 + 0.1275i	0.9212 + 0.0773i	0.9302 + 0.0596i	0.9386 + 0.0354i
73	0.9418 + 0.1276i	0.9212 + 0.0773i	0.9302 + 0.0642i	0.9386 + 0.0921i
74	1.0048 + 0.1275i	1.0349 + 0.0773i	1.0579 + 0.0596i	1.0529 + 0.0354i
75	1.0048 + 0.1276i	1.0349 + 0.0773i	1.0579 + 0.0642i	1.0529 + 0.0921i
76	0.9418 + 0.1295i	0.9212 + 0.1614i	0.9302 + 0.1766i	0.9386 + 0.2185i
77	0.9418 + 0.1294i	0.9212 + 0.1614i	0.9302 + 0.1669i	0.9386 + 0.1602i
78	1.0048 + 0.1295i	1.0349 + 0.1614i	1.0579 + 0.1766i	1.0529 + 0.2185i
79	1.0048 + 0.1294i	1.0349 + 0.1614i	1.0579 + 0.1669i	1.0529 + 0.1602i
80	1.5031 + 0.3666i	1.4800 + 0.4163i	1.4377 + 0.4471i	1.3675 + 0.4947i
81	1.5031 + 0.3675i	1.4800 + 0.4159i	1.4377 + 0.4043i	1.3675 + 0.4264i
82	1.2286 + 0.3666i	1.2281 + 0.4163i	1.2232 + 0.4471i	1.1917 + 0.4947i

[0393]

83	1.2286 + 0.3675i	1.2281 + 0.4159i	1.2232 + 0.4043i	1.1917 + 0.4264i
84	1.5031 + 0.3424i	1.4800 + 0.3086i	1.4377 + 0.2868i	1.3675 + 0.2910i
85	1.5031 + 0.3431i	1.4800 + 0.3085i	1.4377 + 0.3091i	1.3675 + 0.3530i
86	1.2286 + 0.3424i	1.2281 + 0.3086i	1.2232 + 0.2868i	1.1917 + 0.2910i
87	1.2286 + 0.3431i	1.2281 + 0.3085i	1.2232 + 0.3091i	1.1917 + 0.3530i
88	0.9418 + 0.3666i	0.9212 + 0.4163i	0.9302 + 0.4471i	0.9386 + 0.4947i
89	0.9418 + 0.3675i	0.9212 + 0.4159i	0.9302 + 0.4043i	0.9386 + 0.4264i
90	1.0048 + 0.3666i	1.0349 + 0.4163i	1.0579 + 0.4471i	1.0529 + 0.4947i
91	1.0048 + 0.3675i	1.0349 + 0.4159i	1.0579 + 0.4043i	1.0529 + 0.4264i
92	0.9418 + 0.3424i	0.9212 + 0.3086i	0.9302 + 0.2868i	0.9386 + 0.2910i
93	0.9418 + 0.3431i	0.9212 + 0.3085i	0.9302 + 0.3091i	0.9386 + 0.3530i
94	1.0048 + 0.3424i	1.0349 + 0.3086i	1.0579 + 0.2868i	1.0529 + 0.2910i
95	1.0048 + 0.3431i	1.0349 + 0.3085i	1.0579 + 0.3091i	1.0529 + 0.3530i
96	0.6097 + 0.1275i	0.5810 + 0.0773i	0.5505 + 0.0596i	0.5763 + 0.0354i
97	0.6097 + 0.1276i	0.5810 + 0.0773i	0.5505 + 0.0642i	0.5763 + 0.0921i
98	0.6072 + 0.1275i	0.5872 + 0.0773i	0.6150 + 0.0596i	0.6531 + 0.0354i
99	0.6072 + 0.1276i	0.5872 + 0.0773i	0.6150 + 0.0642i	0.6531 + 0.0921i
100	0.6097 + 0.1295i	0.5810 + 0.1614i	0.5505 + 0.1766i	0.5763 + 0.2185i
101	0.6097 + 0.1294i	0.5810 + 0.1614i	0.5505 + 0.1669i	0.5763 + 0.1602i
102	0.6072 + 0.1295i	0.5872 + 0.1614i	0.6150 + 0.1766i	0.6531 + 0.2185i
103	0.6072 + 0.1294i	0.5872 + 0.1614i	0.6150 + 0.1669i	0.6531 + 0.1602i
104	0.7196 + 0.1275i	0.7604 + 0.0773i	0.8066 + 0.0596i	0.8324 + 0.0354i
105	0.7196 + 0.1276i	0.7604 + 0.0773i	0.8066 + 0.0642i	0.8324 + 0.0921i
106	0.7113 + 0.1275i	0.7213 + 0.0773i	0.7158 + 0.0596i	0.7417 + 0.0354i
107	0.7113 + 0.1276i	0.7213 + 0.0773i	0.7158 + 0.0642i	0.7417 + 0.0921i
108	0.7196 + 0.1295i	0.7604 + 0.1614i	0.8066 + 0.1766i	0.8324 + 0.2185i
109	0.7196 + 0.1294i	0.7604 + 0.1614i	0.8066 + 0.1669i	0.8324 + 0.1602i
110	0.7113 + 0.1295i	0.7213 + 0.1614i	0.7158 + 0.1766i	0.7417 + 0.2185i
111	0.7113 + 0.1294i	0.7213 + 0.1614i	0.7158 + 0.1669i	0.7417 + 0.1602i
112	0.6097 + 0.3666i	0.5810 + 0.4163i	0.5505 + 0.4471i	0.5763 + 0.4947i
113	0.6097 + 0.3675i	0.5810 + 0.4159i	0.5505 + 0.4043i	0.5763 + 0.4264i
114	0.6072 + 0.3666i	0.5872 + 0.4163i	0.6150 + 0.4471i	0.6531 + 0.4947i
115	0.6072 + 0.3675i	0.5872 + 0.4159i	0.6150 + 0.4043i	0.6531 + 0.4264i
116	0.6097 + 0.3424i	0.5810 + 0.3086i	0.5505 + 0.2868i	0.5763 + 0.2910i
117	0.6097 + 0.3431i	0.5810 + 0.3085i	0.5505 + 0.3091i	0.5763 + 0.3530i
118	0.6072 + 0.3424i	0.5872 + 0.3086i	0.6150 + 0.2868i	0.6531 + 0.2910i
119	0.6072 + 0.3431i	0.5872 + 0.3085i	0.6150 + 0.3091i	0.6531 + 0.3530i
120	0.7196 + 0.3666i	0.7604 + 0.4163i	0.8066 + 0.4471i	0.8324 + 0.4947i
121	0.7196 + 0.3675i	0.7604 + 0.4159i	0.8066 + 0.4043i	0.8324 + 0.4264i
122	0.7113 + 0.3666i	0.7213 + 0.4163i	0.7158 + 0.4471i	0.7417 + 0.4947i
123	0.7113 + 0.3675i	0.7213 + 0.4159i	0.7158 + 0.4043i	0.7417 + 0.4264i
124	0.7196 + 0.3424i	0.7604 + 0.3086i	0.8066 + 0.2868i	0.8324 + 0.2910i
125	0.7196 + 0.3431i	0.7604 + 0.3085i	0.8066 + 0.3091i	0.8324 + 0.3530i
126	0.7113 + 0.3424i	0.7213 + 0.3086i	0.7158 + 0.2868i	0.7417 + 0.2910i

[0394]

127	0.7113 + 0.3431i	0.7213 + 0.3085i	0.7158 + 0.3091i	0.7417 + 0.3530i
128	0.1275 + 1.5031i	0.0773 + 1.4800i	0.0596 + 1.4377i	0.0354 + 1.3675i
129	0.1275 + 1.2286i	0.0773 + 1.2281i	0.0596 + 1.2232i	0.0354 + 1.1917i
130	0.1276 + 1.5031i	0.0773 + 1.4800i	0.0642 + 1.4377i	0.0921 + 1.3675i
131	0.1276 + 1.2286i	0.0773 + 1.2281i	0.0642 + 1.2232i	0.0921 + 1.1917i
132	0.1275 + 0.9418i	0.0773 + 0.9212i	0.0596 + 0.9302i	0.0354 + 0.9386i
133	0.1275 + 1.0048i	0.0773 + 1.0349i	0.0596 + 1.0579i	0.0354 + 1.0529i
134	0.1276 + 0.9418i	0.0773 + 0.9212i	0.0642 + 0.9302i	0.0921 + 0.9386i
135	0.1276 + 1.0048i	0.0773 + 1.0349i	0.0642 + 1.0579i	0.0921 + 1.0529i
136	0.1295 + 1.5031i	0.1614 + 1.4800i	0.1766 + 1.4377i	0.2185 + 1.3675i
137	0.1295 + 1.2286i	0.1614 + 1.2281i	0.1766 + 1.2232i	0.2185 + 1.1917i
138	0.1294 + 1.5031i	0.1614 + 1.4800i	0.1669 + 1.4377i	0.1602 + 1.3675i
139	0.1294 + 1.2286i	0.1614 + 1.2281i	0.1669 + 1.2232i	0.1602 + 1.1917i
140	0.1295 + 0.9418i	0.1614 + 0.9212i	0.1766 + 0.9302i	0.2185 + 0.9386i
141	0.1295 + 1.0048i	0.1614 + 1.0349i	0.1766 + 1.0579i	0.2185 + 1.0529i
142	0.1294 + 0.9418i	0.1614 + 0.9212i	0.1669 + 0.9302i	0.1602 + 0.9386i
143	0.1294 + 1.0048i	0.1614 + 1.0349i	0.1669 + 1.0579i	0.1602 + 1.0529i
144	0.1275 + 0.6097i	0.0773 + 0.5810i	0.0596 + 0.5505i	0.0354 + 0.5763i
145	0.1275 + 0.6072i	0.0773 + 0.5872i	0.0596 + 0.6150i	0.0354 + 0.6531i
146	0.1276 + 0.6097i	0.0773 + 0.5810i	0.0642 + 0.5505i	0.0921 + 0.5763i
147	0.1276 + 0.6072i	0.0773 + 0.5872i	0.0642 + 0.6150i	0.0921 + 0.6531i
148	0.1275 + 0.7196i	0.0773 + 0.7604i	0.0596 + 0.8066i	0.0354 + 0.8324i
149	0.1275 + 0.7113i	0.0773 + 0.7213i	0.0596 + 0.7158i	0.0354 + 0.7417i
150	0.1276 + 0.7196i	0.0773 + 0.7604i	0.0642 + 0.8066i	0.0921 + 0.8324i
151	0.1276 + 0.7113i	0.0773 + 0.7213i	0.0642 + 0.7158i	0.0921 + 0.7417i
152	0.1295 + 0.6097i	0.1614 + 0.5810i	0.1766 + 0.5505i	0.2185 + 0.5763i
153	0.1295 + 0.6072i	0.1614 + 0.5872i	0.1766 + 0.6150i	0.2185 + 0.6531i
154	0.1294 + 0.6097i	0.1614 + 0.5810i	0.1669 + 0.5505i	0.1602 + 0.5763i
155	0.1294 + 0.6072i	0.1614 + 0.5872i	0.1669 + 0.6150i	0.1602 + 0.6531i
156	0.1295 + 0.7196i	0.1614 + 0.7604i	0.1766 + 0.8066i	0.2185 + 0.8324i
157	0.1295 + 0.7113i	0.1614 + 0.7213i	0.1766 + 0.7158i	0.2185 + 0.7417i
158	0.1294 + 0.7196i	0.1614 + 0.7604i	0.1669 + 0.8066i	0.1602 + 0.8324i
159	0.1294 + 0.7113i	0.1614 + 0.7213i	0.1669 + 0.7158i	0.1602 + 0.7417i
160	0.3666 + 1.5031i	0.4163 + 1.4800i	0.4471 + 1.4377i	0.4947 + 1.3675i
161	0.3666 + 1.2286i	0.4163 + 1.2281i	0.4471 + 1.2232i	0.4947 + 1.1917i
162	0.3675 + 1.5031i	0.4159 + 1.4800i	0.4043 + 1.4377i	0.4264 + 1.3675i
163	0.3675 + 1.2286i	0.4159 + 1.2281i	0.4043 + 1.2232i	0.4264 + 1.1917i
164	0.3666 + 0.9418i	0.4163 + 0.9212i	0.4471 + 0.9302i	0.4947 + 0.9386i
165	0.3666 + 1.0048i	0.4163 + 1.0349i	0.4471 + 1.0579i	0.4947 + 1.0529i
166	0.3675 + 0.9418i	0.4159 + 0.9212i	0.4043 + 0.9302i	0.4264 + 0.9386i
167	0.3675 + 1.0048i	0.4159 + 1.0349i	0.4043 + 1.0579i	0.4264 + 1.0529i
168	0.3424 + 1.5031i	0.3086 + 1.4800i	0.2868 + 1.4377i	0.2910 + 1.3675i
169	0.3424 + 1.2286i	0.3086 + 1.2281i	0.2868 + 1.2232i	0.2910 + 1.1917i
170	0.3431 + 1.5031i	0.3085 + 1.4800i	0.3091 + 1.4377i	0.3530 + 1.3675i

[0395]

171	0.3431 + 1.2286i	0.3085 + 1.2281i	0.3091 + 1.2232i	0.3530 + 1.1917i
172	0.3424 + 0.9418i	0.3086 + 0.9212i	0.2868 + 0.9302i	0.2910 + 0.9386i
173	0.3424 + 1.0048i	0.3086 + 1.0349i	0.2868 + 1.0579i	0.2910 + 1.0529i
174	0.3431 + 0.9418i	0.3085 + 0.9212i	0.3091 + 0.9302i	0.3530 + 0.9386i
175	0.3431 + 1.0048i	0.3085 + 1.0349i	0.3091 + 1.0579i	0.3530 + 1.0529i
176	0.3666 + 0.6097i	0.4163 + 0.5810i	0.4471 + 0.5505i	0.4947 + 0.5763i
177	0.3666 + 0.6072i	0.4163 + 0.5872i	0.4471 + 0.6150i	0.4947 + 0.6531i
178	0.3675 + 0.6097i	0.4159 + 0.5810i	0.4043 + 0.5505i	0.4264 + 0.5763i
179	0.3675 + 0.6072i	0.4159 + 0.5872i	0.4043 + 0.6150i	0.4264 + 0.6531i
180	0.3666 + 0.7196i	0.4163 + 0.7604i	0.4471 + 0.8066i	0.4947 + 0.8324i
181	0.3666 + 0.7113i	0.4163 + 0.7213i	0.4471 + 0.7158i	0.4947 + 0.7417i
182	0.3675 + 0.7196i	0.4159 + 0.7604i	0.4043 + 0.8066i	0.4264 + 0.8324i
183	0.3675 + 0.7113i	0.4159 + 0.7213i	0.4043 + 0.7158i	0.4264 + 0.7417i
184	0.3424 + 0.6097i	0.3086 + 0.5810i	0.2868 + 0.5505i	0.2910 + 0.5763i
185	0.3424 + 0.6072i	0.3086 + 0.5872i	0.2868 + 0.6150i	0.2910 + 0.6531i
186	0.3431 + 0.6097i	0.3085 + 0.5810i	0.3091 + 0.5505i	0.3530 + 0.5763i
187	0.3431 + 0.6072i	0.3085 + 0.5872i	0.3091 + 0.6150i	0.3530 + 0.6531i
188	0.3424 + 0.7196i	0.3086 + 0.7604i	0.2868 + 0.8066i	0.2910 + 0.8324i
189	0.3424 + 0.7113i	0.3086 + 0.7213i	0.2868 + 0.7158i	0.2910 + 0.7417i
190	0.3431 + 0.7196i	0.3085 + 0.7604i	0.3091 + 0.8066i	0.3530 + 0.8324i
191	0.3431 + 0.7113i	0.3085 + 0.7213i	0.3091 + 0.7158i	0.3530 + 0.7417i
192	0.1275 + 0.1275i	0.0773 + 0.0773i	0.0596 + 0.0596i	0.0354 + 0.0354i
193	0.1275 + 0.1276i	0.0773 + 0.0773i	0.0596 + 0.0642i	0.0354 + 0.0921i
194	0.1276 + 0.1275i	0.0773 + 0.0773i	0.0642 + 0.0596i	0.0921 + 0.0354i
195	0.1276 + 0.1276i	0.0773 + 0.0773i	0.0642 + 0.0642i	0.0921 + 0.0921i
196	0.1275 + 0.1295i	0.0773 + 0.1614i	0.0596 + 0.1766i	0.0354 + 0.2185i
197	0.1275 + 0.1294i	0.0773 + 0.1614i	0.0596 + 0.1669i	0.0354 + 0.1602i
198	0.1276 + 0.1295i	0.0773 + 0.1614i	0.0642 + 0.1766i	0.0921 + 0.2185i
199	0.1276 + 0.1294i	0.0773 + 0.1614i	0.0642 + 0.1669i	0.0921 + 0.1602i
200	0.1295 + 0.1275i	0.1614 + 0.0773i	0.1766 + 0.0596i	0.2185 + 0.0354i
201	0.1295 + 0.1276i	0.1614 + 0.0773i	0.1766 + 0.0642i	0.2185 + 0.0921i
202	0.1294 + 0.1275i	0.1614 + 0.0773i	0.1669 + 0.0596i	0.1602 + 0.0354i
203	0.1294 + 0.1276i	0.1614 + 0.0773i	0.1669 + 0.0642i	0.1602 + 0.0921i
204	0.1295 + 0.1295i	0.1614 + 0.1614i	0.1766 + 0.1766i	0.2185 + 0.2185i
205	0.1295 + 0.1294i	0.1614 + 0.1614i	0.1766 + 0.1669i	0.2185 + 0.1602i
206	0.1294 + 0.1295i	0.1614 + 0.1614i	0.1669 + 0.1766i	0.1602 + 0.2185i
207	0.1294 + 0.1294i	0.1614 + 0.1614i	0.1669 + 0.1669i	0.1602 + 0.1602i
208	0.1275 + 0.3666i	0.0773 + 0.4163i	0.0596 + 0.4471i	0.0354 + 0.4947i
209	0.1275 + 0.3675i	0.0773 + 0.4159i	0.0596 + 0.4043i	0.0354 + 0.4264i
210	0.1276 + 0.3666i	0.0773 + 0.4163i	0.0642 + 0.4471i	0.0921 + 0.4947i
211	0.1276 + 0.3675i	0.0773 + 0.4159i	0.0642 + 0.4043i	0.0921 + 0.4264i
212	0.1275 + 0.3424i	0.0773 + 0.3086i	0.0596 + 0.2868i	0.0354 + 0.2910i
213	0.1275 + 0.3431i	0.0773 + 0.3085i	0.0596 + 0.3091i	0.0354 + 0.3530i
214	0.1276 + 0.3424i	0.0773 + 0.3086i	0.0642 + 0.2868i	0.0921 + 0.2910i

[0396]

215	0.1276 + 0.3431i	0.0773 + 0.3085i	0.0642 + 0.3091i	0.0921 + 0.3530i
216	0.1295 + 0.3666i	0.1614 + 0.4163i	0.1766 + 0.4471i	0.2185 + 0.4947i
217	0.1295 + 0.3675i	0.1614 + 0.4159i	0.1766 + 0.4043i	0.2185 + 0.4264i
218	0.1294 + 0.3666i	0.1614 + 0.4163i	0.1669 + 0.4471i	0.1602 + 0.4947i
219	0.1294 + 0.3675i	0.1614 + 0.4159i	0.1669 + 0.4043i	0.1602 + 0.4264i
220	0.1295 + 0.3424i	0.1614 + 0.3086i	0.1766 + 0.2868i	0.2185 + 0.2910i
221	0.1295 + 0.3431i	0.1614 + 0.3085i	0.1766 + 0.3091i	0.2185 + 0.3530i
222	0.1294 + 0.3424i	0.1614 + 0.3086i	0.1669 + 0.2868i	0.1602 + 0.2910i
223	0.1294 + 0.3431i	0.1614 + 0.3085i	0.1669 + 0.3091i	0.1602 + 0.3530i
224	0.3666 + 0.1275i	0.4163 + 0.0773i	0.4471 + 0.0596i	0.4947 + 0.0354i
225	0.3666 + 0.1276i	0.4163 + 0.0773i	0.4471 + 0.0642i	0.4947 + 0.0921i
226	0.3675 + 0.1275i	0.4159 + 0.0773i	0.4043 + 0.0596i	0.4264 + 0.0354i
227	0.3675 + 0.1276i	0.4159 + 0.0773i	0.4043 + 0.0642i	0.4264 + 0.0921i
228	0.3666 + 0.1295i	0.4163 + 0.1614i	0.4471 + 0.1766i	0.4947 + 0.2185i
229	0.3666 + 0.1294i	0.4163 + 0.1614i	0.4471 + 0.1669i	0.4947 + 0.1602i
230	0.3675 + 0.1295i	0.4159 + 0.1614i	0.4043 + 0.1766i	0.4264 + 0.2185i
231	0.3675 + 0.1294i	0.4159 + 0.1614i	0.4043 + 0.1669i	0.4264 + 0.1602i
232	0.3424 + 0.1275i	0.3086 + 0.0773i	0.2868 + 0.0596i	0.2910 + 0.0354i
233	0.3424 + 0.1276i	0.3086 + 0.0773i	0.2868 + 0.0642i	0.2910 + 0.0921i
234	0.3431 + 0.1275i	0.3085 + 0.0773i	0.3091 + 0.0596i	0.3530 + 0.0354i
235	0.3431 + 0.1276i	0.3085 + 0.0773i	0.3091 + 0.0642i	0.3530 + 0.0921i
236	0.3424 + 0.1295i	0.3086 + 0.1614i	0.2868 + 0.1766i	0.2910 + 0.2185i
237	0.3424 + 0.1294i	0.3086 + 0.1614i	0.2868 + 0.1669i	0.2910 + 0.1602i
238	0.3431 + 0.1295i	0.3085 + 0.1614i	0.3091 + 0.1766i	0.3530 + 0.2185i
239	0.3431 + 0.1294i	0.3085 + 0.1614i	0.3091 + 0.1669i	0.3530 + 0.1602i
240	0.3666 + 0.3666i	0.4163 + 0.4163i	0.4471 + 0.4471i	0.4947 + 0.4947i
241	0.3666 + 0.3675i	0.4163 + 0.4159i	0.4471 + 0.4043i	0.4947 + 0.4264i
242	0.3675 + 0.3666i	0.4159 + 0.4163i	0.4043 + 0.4471i	0.4264 + 0.4947i
243	0.3675 + 0.3675i	0.4159 + 0.4159i	0.4043 + 0.4043i	0.4264 + 0.4264i
244	0.3666 + 0.3424i	0.4163 + 0.3086i	0.4471 + 0.2868i	0.4947 + 0.2910i
245	0.3666 + 0.3431i	0.4163 + 0.3085i	0.4471 + 0.3091i	0.4947 + 0.3530i
246	0.3675 + 0.3424i	0.4159 + 0.3086i	0.4043 + 0.2868i	0.4264 + 0.2910i
247	0.3675 + 0.3431i	0.4159 + 0.3085i	0.4043 + 0.3091i	0.4264 + 0.3530i
248	0.3424 + 0.3666i	0.3086 + 0.4163i	0.2868 + 0.4471i	0.2910 + 0.4947i
249	0.3424 + 0.3675i	0.3086 + 0.4159i	0.2868 + 0.4043i	0.2910 + 0.4264i
250	0.3431 + 0.3666i	0.3085 + 0.4163i	0.3091 + 0.4471i	0.3530 + 0.4947i
251	0.3431 + 0.3675i	0.3085 + 0.4159i	0.3091 + 0.4043i	0.3530 + 0.4264i
252	0.3424 + 0.3424i	0.3086 + 0.3086i	0.2868 + 0.2868i	0.2910 + 0.2910i
253	0.3424 + 0.3431i	0.3086 + 0.3085i	0.2868 + 0.3091i	0.2910 + 0.3530i
254	0.3431 + 0.3424i	0.3085 + 0.3086i	0.3091 + 0.2868i	0.3530 + 0.2910i
255	0.3431 + 0.3431i	0.3085 + 0.3085i	0.3091 + 0.3091i	0.3530 + 0.3530i

[0397]

[0398] 한편, 표 28에서는 non-uniform 1024-QAM 방식에 따라 정의되는 성상도의 일 예는 나타내었으나 이는 일 예에 불과하다. 성상점은 non-uniform 1024-QAM 방식에서 다양하게 정의될 수 있으며, 또한, 성상점은 non-uniform 16-QAM, non-uniform 64-QAM, non-uniform 256-QAM, non-uniform 4096-QAM 등와 같은 다른 변조 방식에서도 다양하게 정의될 수 있다.

[0399] 한편, 본 발명에서 상술한 방식으로 인터리빙을 수행하는 이유는 다음과 같다.

[0400] 구체적으로, LDPC 부호어 비트들이 변조 심볼에 맵핑되는 경우, 이들은 변조 심볼 내에서 맵핑되는 위치에 따라 서로 다른 신뢰도(즉, 수신 성능 또는 수신 확률)를 가지게 된다. 한편, 패리티 검사 행렬의 구조에 따라 LDPC 부호어 비트들은 서로 다른 부호어 특성을 가질 수 있다. 즉, 패리티 검사 행렬의 열에 존재하는 1의 개수 즉, 열 차수에 따라 LDPC 부호어 비트들은 서로 다른 부호어 특성을 가질 수 있다.

[0401] 따라서, 본 발명에서 인터리버(120)는 LDPC 부호어 비트들의 부호어 특성 및 변조 심볼을 구성하는 비트들의 신뢰도를 모두 고려하여 특정한 부호어 특성을 갖는 LDPC 부호어 비트가 변조 심볼 내의 특정한 비트에 맵핑되도록 인터리빙을 수행하게 된다.

[0402] 예를 들어, 부호화부(110)에서 6/15의 부호율로 LDPC 부호화를 수행하여 64800 개의 비트로 구성된 LDPC 부호어(N_{ldpc}=64800)를 생성하고, 변조부(130)에서는 표 28을 기반으로 6/15의 부호율에 대응되는 non-uniform 1024-QAM 변조 방식을 사용하는 경우를 가정한다.

[0403] 이 경우, 그룹 인터리버(122)는 수학식 15 및 하기의 표 9(또는, 수학식 16 및 표 15)을 이용하여 그룹 인터리

빙을 수행할 수 있다. 이에 따라, 비트 그룹 X_0 내지 X_{179}로 구성된 LDPC 부호어는 그룹 인터리버(122)에 의해 인터리빙되고, 그룹 인터리버(122)는 비트 그룹 X_{66}, 비트 그룹 X_{21}, 비트 그룹 X_{51},..., 비트 그룹 X_{116}, 비트 그룹 X_{123} 순으로 출력할 수 있다.

[0404] 이 경우, 블록 인터리버(124)를 구성하는 열의 개수는 10 개이며, 각 열은 6480(=360x18) 개의 행으로 구성될 수 있다. 즉, 제 1 파트의 행의 개수는 6480 개이며 제 2 파트의 행의 개수는 0 개일 수 있다.

[0405] 이에 따라, LDPC 부호어를 구성하는 180 개의 그룹 중 18개 비트 그룹 (X_{66}, X_{21}, X_{51}, X_{55}, X_{54}, X_{24}, X_{33}, X_{12}, X_{70}, X_{63}, X_{47}, X_{65}, X_{145}, X_8, X_0, X_{57}, X_{23}, X_{71})이 블록 인터리버(124)의 첫 번째 열의 제 1 파트에 입력되고, 18개 비트 그룹 (X_{59}, X_{14}, X_{40}, X_{42}, X_{62}, X_{56}, X_2, X_{43}, X_{64}, X_{58}, X_{67}, X_{53}, X_{68}, X_{61}, X_{39}, X_{52}, X_{69}, X_1)이 블록 인터리버(124)의 두 번째 열의 제 1 파트에 입력되며, 18개 비트 그룹 (X_{22}, X_{31}, X_{161}, X_{38}, X_{30}, X_{19}, X_{17}, X_{18}, X_4, X_{41}, X_{25}, X_{44}, X_{136}, X_{29}, X_{36}, X_{26}, X_{126}, X_{177})이 블록 인터리버(124)의 세 번째 열의 제 1 파트에 입력되며, 18개 비트 그룹 (X_{15}, X_{37}, X_{148}, X_9, X_{13}, X_{45}, X_{46}, X_{152}, X_{50}, X_{49}, X_{27}, X_{77}, X_{60}, X_{35}, X_{48}, X_{178}, X_{28}, X_{34})이 블록 인터리버(124)의 네 번째 열의 제 1 파트에 입력되며, 18개 비트 그룹 (X_{106}, X_{127}, X_{76}, X_{131}, X_{105}, X_{138}, X_{75}, X_{130}, X_{101}, X_{167}, X_{117}, X_{173}, X_{113}, X_{108}, X_{92}, X_{135}, X_{124}, X_{121})이 블록 인터리버(124)의 다섯 번째 열의 제 1 파트에 입력되며, 18개 비트 그룹 (X_{97}, X_{149}, X_{143}, X_{81}, X_{32}, X_{96}, X_3, X_{78}, X_{107}, X_{86}, X_{98}, X_{16}, X_{162}, X_{150}, X_{111}, X_{158}, X_{172}, X_{139})이 블록 인터리버(124)의 여섯 번째 열의 제 1 파트에 입력되며, 18개 비트 그룹 (X_{74}, X_{142}, X_{166}, X_7, X_5, X_{119}, X_{20}, X_{144}, X_{151}, X_{90}, X_{11}, X_{156}, X_{100}, X_{175}, X_{83}, X_{155}, X_{159}, X_{128})이 일곱 번째 열의 제 1파트에 입력되며, 18개 비트 그룹 (X_{88}, X_{87}, X_{93}, X_{103}, X_{94}, X_{140}, X_{165}, X_6, X_{137}, X_{157}, X_{10}, X_{85}, X_{141}, X_{129}, X_{146}, X_{122}, X_{73}, X_{112}) 여덟 번째 열의 제1 파트에 입력되며, 18개의 비트 그룹 (X_{132}, X_{125}, X_{174}, X_{169}, X_{168}, X_{79}, X_{84}, X_{118}, X_{179}, X_{147}, X_{91}, X_{160}, X_{163}, X_{115}, X_{89}, X_{80}, X_{102}, X_{104})이 아홉 번째 열의 제1 파트에 입력되며, 18개의 비트 그룹(X_{134}, X_{82}, X_{95}, X_{133}, X_{164}, X_{154}, X_{120}, X_{110}, X_{170}, X_{114}, X_{153}, X_{72}, X_{109}, X_{171}, X_{176}, X_{99}, X_{116}, X_{123})이 열 번째 열의 제1 파트에 입력된다.

[0406] 그리고, 블록 인터리버(124)는 각 열의 첫 번째 행부터 마지막 행에 입력된 비트들을 순차적으로 출력할 수 있으며, 블록 인터리버(124)에서 출력되는 비트들은 변조부(13)에 순차적으로 입력될 수 있다. 이 경우, 디멀티플렉서(미도시)는 생략되거나, 디멀티플렉서(미도시)는 입력되는 비트들의 순서를 변경함이 없이 순차적으로 출력할 수 있다.

[0407] 이에 따라, 비트 그룹 X_{66}, 비트 그룹 X_{59}, 비트 그룹 X_{22}, 비트 그룹 X_{15}, 비트 그룹 X_{106}, 비트 그룹 X_{97}, 비트 그룹 X_{74}, 비트 그룹 X_{88}, 비트 그룹 X_{132} 및 비트 그룹 X_{134} 각각에 포함된 하나의 비트씩이 하나의 변조 심볼을 구성하게 된다.

[0408] 이와 같이, 본 발명에서는 인터리빙을 통해 특정한 비트가 변조 심볼 내의 특정한 비트에 맵핑된다는 점에서, 수신 측에서 우수한 수신 성능 및 복호화 성능 모두를 달성할 수 있게 된다.

[0409] 즉, 복호화 성능이 우수한 LDPC 부호어 비트들을 변조 심볼을 구성하는 비트들 중에서 신뢰도가 우수한 비트들에 맵핑하는 경우, 수신 측에서 복호화 성능이 우수하게 될 수 있으나 복호화 성능이 우수한 LDPC 부호어 비트들이 수신되지 못하는 문제점이 발생할 수 있다. 그리고, 복호화 성능이 우수한 LDPC 부호어 비트들을 변조 심볼을 구성하는 비트들 중에서 신뢰도가 우수하지 못한 비트들에 맵핑하는 경우, 초기 수신 성능이 우수하여 전체적인 성능이 우수할 수도 있으나 복호가 잘되지 않는 비트들이 많이 수신될 경우 에러 전파(error propagation)가 발생할 수도 있다.

[0410] 따라서, 본 발명에서는 LDPC 부호어 비트를 변조 심볼에 맵핑할 때, LDPC 부호어 비트들의 부호어 특성 및 변조 심볼을 구성하는 비트들의 신뢰도를 모두 고려하여, 특정한 부호어 특성을 갖는 LDPC 부호어 비트를 변조 심볼 내의 특정한 비트에 맵핑시켜 수신 측으로 전송하게 된다. 이에 따라, 수신 측에서 우수한 수신 성능 및 복호화 성능 모두를 달성할 수 있도록 한다.

[0411] 한편, 상술한 그룹 인터리빙 및 블록 인터리빙은 일 예일 뿐이며, 상술한 방법 외에도 비트 그룹 X_{66}, 비트 그룹 X_{59}, 비트 그룹 X_{22}, 비트 그룹 X_{15}, 비트 그룹 X_{106}, 비트 그룹 X_{97}, 비트 그룹 X_{74}, 비트 그룹 X_{88}, 비트 그룹 X_{132}

및 비트 그룹 X_{134} 각각에 포함된 하나의 비트씩이 하나의 변조 심볼을 구성하게 되는 다른 방법들도 본 발명의 범위 내에 포함될 수 있다.

[0412] 한편, 이하에서는 본 발명의 다양한 실시 예에서 그룹 인터리빙에 이용되는 파라미터인 $\pi(j)$를 결정하는 방법에 대해 설명하도록 한다. 먼저, 고려해야 할 criteria는 이하와 같다.

[0413] criteria 1) 변조 방식과 부호율에 따라 다른 인터리빙 순서를 사용한다.

[0414] criteria 2) LDPC 부호어의 각 비트 그룹별 성능 특성과 변조 신호를 구성하는 각 비트들의 성능 특성을 동시에 고려하도록 한다.

[0415] 일 예로, LDPC 부호어의 경우 성능이 우수한 비트들이 leftmost bit들이며, 변조 심볼을 구성하는 비트 leftmost bit들이 성능이 우수할 수 있다. 즉, non-uniform 1024-QAM을 구성하는 10 개의 비트들 y_0, y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8, y_9에 대하여 각 비트들의 수신 성능 $P(y_i)$의 상대적인 크기는 $P(y_0)=P(y_1)\geq P(y_2)=P(y_3)\geq P(y_4)=P(y_5)\geq P(y_6)=P(y_7)\geq P(y_8)=P(y_9)$와 같다.

[0416] 그러므로, LDPC 부호어의 길이가 64800이고 non-uniform 1024-QAM(또는, 1024-NUC)을 사용할 경우, 부호와 변조 방식의 특성을 동시에 고려하여 180 개의 LDPC 비트 그룹을 non-uniform 1024-QAM를 구성하는 10 개의 비트들 중 어떤 비트로 매핑할지를 결정하게 된다. 이 경우, Density evolution이라는 방법을 사용하여 예상 성능이 가장 우수하게 나오는 경우를 결정하도록 한다.

[0417] 즉, 180 개의 비트 그룹들을 10 개의 비트로 매핑할 수 있는 여러 가지 경우를 고려하고, 각각의 경우에 대하여 Density evolution 방법을 적용하여 이론적으로 예상할 수 있는 threshold 값을 구할 수 있다. 여기에서, threshold는 SNR 값으로 LDPC 부호를 전송할 경우 threshold 값 보다 높은 SNR영역에서는 error 확률이 '0'가 된다는 것을 의미한다. 그러므로, 여러 가지 매핑 가능한 경우 중에서 threshold 값이 작은 경우의 방법대로 LDPC 부호를 전송할 경우 우수한 성능을 보장할 수 있다. 다만, density evolution을 기반으로 인터리버(120)를 설계하는 것은 이론적인 접근 방법이다. 그러므로, density evolution이라는 이론적 접근 방법뿐만 아니라 실제 설계된 패리티 검사 행렬을 기반으로 한 부호 성능을 검증 및 사이클 분포를 기반으로 인터리버(120)를 설계하도록 한다.

[0418] 한편, 180 개의 비트 그룹들을 10 개의 비트로 맵핑할 때, 패리티 검사 행렬에서 디그리가 같은 행에 연관된 비트 그룹들을 동일한 그룹으로 그룹핑하고, 그룹핑된 각 그룹 내에서 몇 개의 그룹을 10 개의 1024-QAM 비트들 중 어떠한 비트들에 맵핑할지를 결정하도록 한다.

[0419] 예를 들어, LDPC 부호의 패리티 검사 행렬이 디그리가 26, 3, 2인 행을 포함하며, 디그리가 26, 3, 2인 행 각각에 연관된 비트 그룹들의 개수가 각각 14, 118, 36인 경우를 가정하도록 한다.

[0420] 한편, non-uniform 1024-QAM 방식의 경우, 두 비트씩 동일한 수신 성능(즉, 수신 확률)을 가지므로(즉, $P(y_0)=P(y_1)$, $P(y_2)=P(y_3)$, $P(y_4)=P(y_5)$, $P(y_6)=P(y_7)$, $P(y_8)=P(y_9)$), 비트 그룹들이 5 개의 비트에 맵핑되는 것으로 볼 수 있고, 따라서, 비트 그룹들이 5 개의 비트에 맵핑되는 경우의 수는 하기와 같이 나타낼 수 있다.

modulated bits	degree	mapping되는 경우의 수
y_0,y_1	26	${}_{14}C_{x1}$
	3	${}_{118}C_{w1}$
	2	${}_{36}C_{z1}$
y_2,y_3	26	${}_{14}C_{x2}$
	3	${}_{118}C_{w2}$
	2	${}_{36}C_{z2}$
y_4,y_5	26	${}_{14}C_{x3}$
	3	${}_{118}C_{w3}$
	2	${}_{36}C_{z3}$
y_6,y_7	26	${}_{14}C_{x4}$
	3	${}_{118}C_{w4}$
	2	${}_{36}C_{z4}$
y_8,y_9	26	${}_{14}C_{x5}$
	3	${}_{118}C_{w5}$
	2	${}_{36}C_{z5}$
sum		180

[0421]

[0422] 즉, y_0와 y_1에 매핑되는 비트 그룹들을 디그리가 26인 행과 연관된 비트 그룹들 중에서 x_1 개 선택하고, 디그리가 3인 행과 연관된 비트 그룹들 중에서 w_1 개 선택하고, 디그리가 2인 행과 연관된 비트 그룹들 중에서 z_1 개 선택하는 경우, 그 경우의 수는 ${}_{14}C_{x1}+{}_{118}C_{w1}+{}_{36}C_{z1}$이 될 수 있다.

[0423] 그리고, y_2와 y_3에 매핑되는 비트 그룹들을 디그리가 26인 행과 연관된 비트 그룹들 중에서 x_2 개 선택하고, 디그리가 3인 행과 연관된 비트 그룹들 중에서 w_2 개 선택하고, 디그리가 2인 행과 연관된 비트 그룹들 중에서 z_2 개 선택하는 경우, 그 경우의 수는 ${}_{14}C_{x2}+{}_{118}C_{w2}+{}_{36}C_{z2}$이 될 수 있다.

[0424] 또한, y_4와 y_5에 매핑되는 비트 그룹들을 디그리가 26인 행과 연관된 비트 그룹들 중에서 x_3 개 선택하고, 디그리가 3인 행과 연관된 비트 그룹들 중에서 w_3 개 선택하고, 디그리가 2인 행과 연관된 비트 그룹들 중에서 z_3 개 선택하는 경우, 그 경우의 수는 ${}_{14}C_{x3}+{}_{118}C_{w3}+{}_{36}C_{z3}$이 될 수 있다.

[0425] 또한, y_6와 y_7에 매핑되는 비트 그룹들을 디그리가 26인 행과 연관된 비트 그룹들 중에서 x_4 개 선택하고, 디그리가 3인 행과 연관된 비트 그룹들 중에서 w_4 개 선택하고, 디그리가 2인 행과 연관된 비트 그룹들 중에서 z_4 개 선택하는 경우, 그 경우의 수는 ${}_{14}C_{x4}+{}_{118}C_{w4}+{}_{36}C_{z4}$이 될 수 있다.

[0426] 또한, y_8와 y_9에 매핑되는 비트 그룹들을 디그리가 26인 행과 연관된 비트 그룹들 중에서 x_5 개 선택하고, 디그리가 3인 행과 연관된 비트 그룹들 중에서 w_5 개 선택하고, 디그리가 2인 행과 연관된 비트 그룹들 중에서 z_5 개 선택하는 경우, 그 경우의 수는 ${}_{14}C_{x5}+{}_{118}C_{w5}+{}_{36}C_{z5}$이 될 수 있다.

[0427] 이때, $x_1+x_2+x_3+x_4+x_5=14$, $w_1+w_2+w_3+w_4+w_5=118$, $z_1+z_2+z_3+z_4+z_5=36$이다.

[0428] 다만, 상기의 경우 많은 경우의 수가 발생하기 때문에, 각 경우마다 Density evolution을 통해 성능을 추정하는 것은 다소 어려움이 따를 수 있다.

[0429] 따라서, 수신 성능의 가지 수를 줄여 경우의 수를 산출한 후, 각 경우에 대해 Density evolution을 통해 성능을 추정하도록 한다.

[0430] 예를 들어, 하기와 같이 y_0, y_1, y_2, y_3의 수신 확률이 동일하고 y_4, y_5, y_6, y_7, y_8, y_9의 수신 확률이 동일한 것으로 가정한 후, 비트 그룹들이 3 개의 비트에 맵핑되는 경우의 수를 산출할 수 있다.

modulated bits	degree	mapping되는 경우의 수
y_0, y_1, y_2, y_3	26	$_{14}C_{x1}$
	3	$_{118}C_{w1}$
	2	$_{36}C_{z1}$
$y_4\ y_5, y_6, y_7, y_8, y_9$	26	$_{14}C_{x2}$
	3	$_{118}C_{w2}$
	2	$_{36}C_{z2}$
sum		180

[0431]

[0432] 즉, y_0, y_1, y_2, y_3에 매핑되는 비트 그룹들을 디그리가 26인 행과 연관된 비트 그룹들 중에서 x_1 개 선택하고, 디그리가 3인 행과 연관된 비트 그룹들 중에서 w_1 개 선택하고, 디그리가 2인 행과 연관된 비트 그룹들 중에서 z_1 개 선택하는 경우, 그 경우의 수는 $_{14}C_{x1}+_{118}C_{w1}+_{36}C_{z1}$이 될 수 있다.

[0433] 그리고, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8, y_9에 매핑되는 비트 그룹들을 디그리가 26인 행과 연관된 비트 그룹들 중에서 x_2 개 선택하고, 디그리가 3인 행과 연관된 비트 그룹들 중에서 w_2 개 선택하고, 디그리가 2인 행과 연관된 비트 그룹들 중에서 z_2 개 선택하는 경우, 그 경우의 수는 $_{14}C_{x2}+_{118}C_{w2}+_{36}C_{z2}$이 될 수 있다.

[0434] 이때, $x_1+x_2=14$, $w_1+w_2=118$, $z_1+z_2=36$이다.

[0435] 이후, 각 경우마다 Density evolution을 통해 성능을 추정한 후, 성능이 가장 우수할 것으로 예상되는 경우를 선택한다. 즉, Density evolution을 통해 가장 우수한 성능을 갖기 위해 디그리가 26, 3, 2인 행과 연관된 비트 그룹들 각각에서 몇 개의 비트 그룹을 선택하여, y_0, y_1, y_2, y_3 및 y_4, y_5, y_6, y_7, y_8, y_9에 맵핑하여야 하는지를 판단하여, x_1, x_2, w_1, w_2, z_1, z_2을 결정하도록 한다.

[0436] 이후, 동일한 수신 성능을 갖는 것으로 가정했던 비트들이 모두 다른 수신 성능을 가는 것으로 하여, 상술한 과정을 반복하도록 한다.

[0437] 즉, 결정된 x_1, w_1, z_1에 기초하여, x_1, w_1, z_1 내에서 비트 그룹들이 y_0, y_1, y_2, y_3에 맵핑될 수 있는 경우의 수를 산출하고, 각 경우마다 Density evolution을 통해 성능을 추정하여 성능이 가장 우수할 것으로 예상되는 경우를 선택한다.

[0438] 또한, 결정된 x_2, w_2, z_2에 기초하여, x_2, w_2, z_2 내에서 비트 그룹들이 y_4, y_5, y_6, y_7, y_8, y_9에 맵핑될 수 있는 경우의 수를 산출하고, 각 경우마다 Density evolution을 통해 성능을 추정하여 성능이 가장 우수할 것으로 예상되는 경우를 선택한다.

[0439] 이에 따라, 각 디그리 값을 갖는 행과 연관된 비트 그룹들이 각각 몇 개씩 1024-QAM 비트들에 맵핑되는 것이 가장 우수한 성능을 갖는 경우인지를 결정할 수 있으며, 이 경우를 만족하도록 LDPC 부호어의 특정 그룹을 변조 심조 내의 특정 비트에 맵핑시킬 수 있는 인터리버(120)를 설계하도록 한다

[0440] 결국, 이와 같은 방식에 따라 본 발명에서 제안하는 그룹 인터리빙 방법을 설계할 수 있게 된다.

[0441] 한편, 송신 장치(200)는 성상도에 맵핑된 신호를 변조하여 수신 장치(가령, 도 18의 2700)로 전송할 수 있다. 예를 들어, 송신 장치(200)는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 방식을 이용하여 성상도에 맵핑된 신호를 OFMD 프레임에 맵핑하고, 할당된 채널을 통해 수신 장치(2700)로 전송할 수 있다.

[0442] **실시 예 2: 블록-로우 인터리버를 사용하는 경우**

[0443] 본 발명의 다른 실시 예로, 인터리버(120)는 실시 예 1에서 설명한 방법 외에 다른 방법을 통해 LDPC 부호어를 인터리빙하여, 인터리빙된 LDPC 부호어를 구성하는 복수의 비트 그룹 중 기설정된 비트 그룹에 포함된 비트가 변조 심볼 내의 기설정된 비트에 맵핑되도록 할 수 있다. 구체적인 설명을 위해 도 14를 참조하도록 한다.

[0444] 도 14에 따르면, 인터리버(120)는 패리티 인터리버(121), 그룹 인터리버(또는, 그룹-와이즈(group-wise) 인터리버, 122), 그룹 트위스트 인터리버(123) 및 블록-로우 인터리버(125)를 포함한다. 여기에서, 패리티 인터리버(121) 및 그룹 트위스트 인터리버(123)는 실시 예 1에서 상술한 바와 동일한 기능을 수행한다는 점에서, 이들 구성요소에 대한 구체적인 설명은 생략하도록 한다.

[0445] 그룹 인터리버(122)는 패리티 인터리빙된 LDPC 부호어를 복수의 비트 그룹으로 구분하고, 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0446] 이 경우, 패리티 인터리빙된 LDPC 부호어를 복수의 비트 그룹으로 구분하는 동작을 실시 예에서와 동일하다는 점에서, 구체적인 설명은 생략하도록 한다.

[0447] 한편, 그룹 인터리버(122)는 LDPC 부호어를 비트 그룹 단위로 인터리빙한다. 구체적으로, 그룹 인터리버(122)는 LDPC 부호어를 복수의 비트 그룹으로 그룹핑하고, 복수의 비트 그룹을 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다. 즉, 그룹 인터리버(122)는 LDPC 부호어를 구성하는 복수의 비트 그룹의 위치를 서로 변경하여 LDPC 부호어 내에서 복수의 비트 그룹의 순서를 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0448] 여기에서, 그룹 인터리버(122)는 복수의 비트 그룹 중 동일한 변조 심볼에 맵핑되는 비트들을 포함하는 비트 그룹이 순차적으로 배치되도록 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0449] 이 경우, 그룹 인터리버(122)는 블록-로우 인터리버(124)를 구성하는 행 및 열의 개수, LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 개수 및 각 비트 그룹에 포함된 비트 수 등을 고려하여 동일한 변조 심볼에 맵핑되는 비트들을 포함하는 그룹들이 순차적으로 배치되도록 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0450] 이를 위해, 그룹 인터리버(122)는 하기의 수학식 17을 이용하여 LDPC 부호어를 비트 그룹 단위로 인터리빙할 수 있다.

수학식 17

[0451] $$Y_j = X_{\pi(j)} \ (0 \le j < N_{group})$$

[0452] 여기에서, X_j는 그룹 인터리빙 전의 j 번째 비트 그룹을 나타내고, Y_j는 그룹 인터리빙 후의 j 번째 비트 그룹을 나타낸다. 그리고, $\pi(j)$는 인터리빙 순서를 나타내는 파라미터로, LDPC 부호어의 길이, 부호율 및 변조 방식 중 적어도 하나에 의해 결정될 수 있다.

[0453] 따라서, $X_{\pi(j)}$는 그룹 인터리빙 전 $\pi(j)$ 번째 비트 그룹을 나타내며, 수학식 17은 인터리빙 전 $\pi(j)$ 번째 비트 그룹이 인터리빙에 의해 j 번째 비트 그룹에 배치되는 것을 의미하게 된다.

[0454] 한편, 본 발명의 일 실시 예에 따른 $\pi(j)$의 구체적인 일 예는 하기의 표 29 내지 표 33과 같이 정의될 수 있다.

[0455] 이 경우, $\pi(j)$은 LDPC 부호어의 길이 및 부호율에 따라 정의되며, 패리티 검사 행렬 또한, LDPC 부호어의 길이 및 부호율에 따라 정의된다. 따라서, LDPC 부호어의 길이 및 부호율에 따라 특정 패리티 검사 행렬에 기초하여 LDPC 부호화가 수행된 경우, 해당 LDPC 부호어의 길이 및 부호율을 만족하는 $\pi(j)$에 기초하여 LDPC 부호어가 그룹 단위로 인터리빙될 수 있다.

[0456] 예를 들어, 부호화부(110)가 64800의 길이를 갖는 LDPC 부호어를 생성하기 위해 6/15의 부호율로 LDPC 부호화를 수행한 경우, 그룹 인터리버(122)는 하기의 표 29 내지 표 33 중에서 LDPC 부호어의 길이가 64800이고 부호율이 6/15에서 정의되는 $\pi(j)$ 즉, 예를 들어 표 29와 같이 정의되는 $\pi(j)$를 이용하여 인터리빙을 수행할 수 있다.

[0457] 일 예로, LDPC 부호어의 길이 N_{ldpc}가 64800이고 부호율이 6/15이며 변조 방식이 1024-QAM인 경우, $\pi(j)$는 하기의 표 29와 같이 정의될 수 있다.

표 29

	Order of bits group to be block interleaved π(j) (0 ≤ j < 180)																						
j-th block of Group-wise interleaver output	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
π(j)-th block of Group-wise interleaver input	66	59	22	15	106	97	74	88	132	134	21	14	31	37	127	149	142	87	125	82	51	40	161
	148	76	143	166	93	174	95	55	42	38	9	131	81	7	103	169	133	54	62	30	13	105	32
	5	94	168	164	24	56	19	45	138	96	119	140	79	154	33	2	17	46	75	3	20	165	84
	120	12	43	18	152	130	78	144	6	118	110	70	64	4	50	101	107	151	137	179	170	63	58
	41	49	167	86	90	157	147	114	47	67	25	27	117	98	11	10	91	153	65	53	44	77	173
	16	156	85	160	72	145	68	136	60	113	162	100	141	163	109	8	61	29	35	108	150	175	129
	115	171	0	39	36	48	92	111	83	146	89	176	57	52	26	178	135	158	155	122	80	99	23
	69	126	28	124	172	159	73	102	116	71	1	177	34	121	139	128	112	104	123				

[0458]

[0459] 표 29의 경우, 수학식 17은 $Y_0=X_{\pi(0)}=X_{66}$, $Y_1=X_{\pi(1)}=X_{59}$, $Y_2=X_{\pi(2)}=X_{22}$,..., $Y_{178}=X_{\pi(178)}=X_{104}$, $Y_{179}=X_{\pi(179)}=X_{123}$과 같이 나타낼 수 있다. 이에 따라, 그룹 인터리버(122)는 66 번째 비트 그룹을 0 번째로, 59 번째 비트 그룹을 1 번째로, 22 번째 비트 그룹을 2 번째로,..., 104 번째 비트 그룹을 178 번째로, 123 번째 비트 그룹을 179 번째로 순서를 변경하여 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0460] 다른 예로, LDPC 부호어의 길이 N_{ldpc}가 64800이고 부호율이 8/15이며 변조 방식이 1024-QAM인 경우, π(j)는 하기의 표 30과 같이 정의될 수 있다.

표 30

	Order of bits group to be block interleaved π(j) (0 ≤ j < 180)																						
j-th block of Group-wise interleaver output	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
π(j)-th block of Group-wise interleaver input	77	39	3	175	102	62	119	0	171	104	48	13	72	91	30	125	173	109	8	115	82	79	2
	68	112	28	168	167	106	135	51	75	54	85	122	26	118	128	144	121	57	41	52	94	110	45
	120	107	150	100	69	18	145	15	29	24	114	117	169	12	65	38	19	43	20	23	149	147	108
	170	6	89	78	74	105	21	159	177	162	156	71	49	80	60	138	157	155	96	143	126	90	93
	63	66	101	98	179	164	111	5	84	36	87	37	174	35	160	152	141	127	81	64	67	92	33
	95	161	11	133	154	50	47	86	4	137	22	130	148	178	97	88	40	10	9	136	32	123	158
	134	140	61	42	1	16	131	103	172	129	146	116	55	76	58	83	166	27	139	163	99	165	53
	70	17	46	59	113	124	176	132	7	73	56	14	44	34	31	153	151	142	25				

[0461]

[0462] 표 30의 경우, 수학식 17은 $Y_0=X_{\pi(0)}=X_{77}$, $Y_1=X_{\pi(1)}=X_{39}$, $Y_2=X_{\pi(2)}=X_3$,..., $Y_{178}=X_{\pi(178)}=X_{142}$, $Y_{179}=X_{\pi(179)}=X_{25}$과 같이 나타낼 수 있다. 이에 따라, 그룹 인터리버(122)는 77 번째 비트 그룹을 0 번째로, 39 번째 비트 그룹을 1 번째로, 3 번째 비트 그룹을 2 번째로,..., 142 번째 비트 그룹을 178 번째로, 25 번째 비트 그룹을 179 번째로 순서를 변경하여 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0463] 다른 예로, LDPC 부호어의 길이 N_{ldpc}가 64800이고 부호율이 10/15이며 변조 방식이 1024-QAM인 경우, π(j)는

하기의 표 31과 같이 정의될 수 있다.

표 31

	Order of bits group to be block interleaved π(j) (0 ≤ j < 180)																						
j-th block of Group-wise interleaver output	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
π(j)-th block of Group-wise interleaver input	7	87	5	66	23	42	149	43	148	16	58	9	82	102	79	12	163	135	147	172	108	93	10
	25	35	41	173	123	167	3	59	81	116	39	72	97	159	178	136	155	1	94	109	78	33	2
	132	130	164	169	14	71	75	53	98	21	170	127	146	142	54	106	91	118	40	61	179	145	153
	156	115	50	47	112	38	117	69	157	138	120	57	44	80	0	24	70	139	176	161	122	29	15
	99	83	63	62	133	177	6	19	64	52	103	22	73	34	154	140	143	144	65	4	30	36	20
	11	160	151	124	158	8	100	105	51	48	67	128	134	17	13	101	90	76	55	27	37	168	126
	174	152	113	111	107	85	96	49	84	18	131	141	60	77	88	86	68	114	171	129	175	166	46
	89	95	45	26	56	162	137	165	125	104	92	28	119	110	32	31	74	150	121				

[0464]

[0465] 표 31의 경우, 수학식 17은 $Y_0=X_{\pi(0)}=X_7$, $Y_1=X_{\pi(1)}=X_{87}$, $Y_2=X_{\pi(2)}=X_5$,..., $Y_{178}=X_{\pi(178)}=X_{150}$, $Y_{179}=X_{\pi(179)}=X_{121}$과 같이 나타낼 수 있다. 이에 따라, 그룹 인터리버(122)는 7 번째 비트 그룹을 0 번째로, 87 번째 비트 그룹을 1 번째로, 5 번째 비트 그룹을 2 번째로,..., 150 번째 비트 그룹을 178 번째로, 121 번째 비트 그룹을 179 번째로 순서를 변경하여 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0466] 다른 예로, LDPC 부호어의 길이 N_{ldpc}가 64800이고 부호율이 10/15이며 변조 방식이 1024-QAM인 경우, π(j)는 하기의 표 32와 같이 정의될 수 있다.

표 32

	Order of bits group to be block interleaved π(j) (0 ≤ j < 180)																						
j-th block of Group-wise interleaver output	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
π(j)-th block of Group-wise interleaver input	111	32	70	77	54	93	122	65	165	144	45	101	95	2	38	7	126	13	156	128	78	82	57
	117	60	42	131	177	148	11	97	23	10	20	114	51	160	166	179	175	75	79	50	74	59	40
	154	139	163	134	63	68	99	106	105	119	6	167	3	124	35	98	118	83	67	8	22	172	133
	130	15	31	73	102	103	21	142	176	143	146	9	107	27	109	0	81	141	153	121	161	25	19
	12	113	80	76	136	89	132	145	39	110	1	72	64	112	157	152	169	120	94	48	17	88	4
	28	162	168	147	129	24	58	61	115	91	34	123	135	173	164	84	71	55	37	66	36	159	52
	155	125	100	87	90	30	46	86	150	170	149	5	49	43	56	116	108	69	171	138	178	151	44
	62	14	29	33	92	174	127	158	18	41	85	47	26	104	53	137	96	16	140				

[0467]

[0468] 표 32의 경우, 수학식 17은 $Y_0=X_{\pi(0)}=X_{111}$, $Y_1=X_{\pi(1)}=X_{32}$, $Y_2=X_{\pi(2)}=X_{70}$,..., $Y_{178}=X_{\pi(178)}=X_{16}$, $Y_{179}=X_{\pi(179)}=X_{140}$와 같이 나타낼 수 있다. 이에 따라, 그룹 인터리버(122)는 111 번째 비트 그룹을 0 번째로, 32 번째 비트 그룹을 1 번째로, 70 번째 비트 그룹을 2 번째로,..., 16 번째 비트 그룹을 178 번째로, 140 번째 비트 그룹을 179 번째로 순서를 변경하여 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0469] 다른 예로, LDPC 부호어의 길이 N_{ldpc}가 64800이고 부호율이 12/15이며 변조 방식이 1024-QAM인 경우, π(j)는 하기의 표 33과 같이 정의될 수 있다.

표 33

	Order of bits group to be block interleaved π(j) (0 ≤ j < 180)																							
j-th block of Group-wise interleaver output	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
π(j)-th block of Group-wise interleaver input	91	88	112	102	26	27	120	103	17	15	19	136	60	83	116	89	115	72	147	148	11	52	33
	64	98	29	126	164	167	5	106	121	73	86	37	62	143	93	174	146	14	1	53	100	55	50
	149	54	179	163	40	133	92	39	44	139	74	166	3	172	20	4	75	49	70	56	41	43	173
	175	67	2	48	125	25	109	178	123	160	151	32	21	47	108	7	77	129	113	155	169	22	122
	110	119	34	59	18	0	161	176	31	38	80	6	114	127	131	154	152	150	23	12	76	118	135
	142	42	10	156	153	78	69	138	35	128	96	165	63	177	171	68	111	87	61	137	105	101	107
	24	158	79	81	85	71	84	99	134	162	170	168	141	82	65	30	51	90	36	157	9	144	117
	58	130	45	28	13	140	66	159	8	95	46	57	94	97	124	132	104	16	145				

[0470]

[0471] 표 33의 경우, 수학식 17은 $Y_0=X_{\pi(0)}=X_{91}$, $Y_1=X_{\pi(1)}=X_{88}$, $Y_2=X_{\pi(2)}=X_{112}$,..., $Y_{178}=X_{\pi(178)}=X_{16}$, $Y_{179}=X_{\pi(179)}=X_{145}$와 같이 나타낼 수 있다. 이에 따라, 그룹 인터리버(122)는 91 번째 비트 그룹을 0 번째로, 88 번째 비트 그룹을 1 번째로, 112 번째 비트 그룹을 2 번째로,..., 16 번째 비트 그룹을 178 번째로, 145 번째 비트 그룹을 179 번째로 순서를 변경하여 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0472] 한편, 상술한 예에서는 LDPC 부호어의 길이가 64800이고 부호율이 6/15, 8/15, 10/15, 12/15 경우만을 설명하였으나 이는 일 예에 불과하고, LDPC 부호어의 길이가 16200인 경우이거나 다른 부호율을 갖는 경우에도 인터리빙 패턴은 다양하게 정의될 수 있다.

[0473] 이와 같이, 그룹 인터리버(122)는 수학식 17 및 표 29 내지 표 33을 이용하여 복수의 그룹의 순서를 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0474] 한편, 표 29 내지 표 33에서 "j-th block of Group-wise Interleaver output"는 인터리빙 후 그룹 인터리버(122)에서 j 번째로 출력되는 비트 그룹을 나타내고, "π(j)-th block of Group-wise Interleaver input"은 그룹 인터리버(122)에 π(j) 번째로 입력되는 비트 그룹을 나타낸다.

[0475] 또한, LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹들은 그룹 인터리버(122)에 의해 비트 그룹 단위로 순서가 재정렬된 후, 후술할 블록 인터리버(124)에 의해 블록 인터리빙된다는 점에서, 표 29 내지 표 33에서 π(j)와 관련하여 "Order of bits group to be block interleaved"와 같이 기재하였다.

[0476] 한편, 표 29 내지 표 33과 같이 정의되는 π(j)를 부호율(CR)에 따라 정리하면 하기의 표 34와 같이 나타낼 수 있다.

표 34

[0477]

	(CR 6/15)	(CR 8/15)	(CR 10/15)	(CR 10/15)	(CR 12/15)
j-th block of Group-wise Interleaver output	π(j)-th block of Group-wise Interleaver input	π(j)-th block of Group-wise Interleaver input	π(j)-th block of Group-wise Interleaver input	π(j)-th block of Group-wise Interleaver input	π(j)-th block of Group-wise Interleaver input
0	66	77	7	111	91
1	59	39	87	32	88
2	22	3	5	70	112
3	15	175	66	77	102
4	106	102	23	54	26
5	97	62	42	93	27
6	74	119	149	122	120
7	88	0	43	65	103
8	132	171	148	165	17
9	134	104	16	144	15
10	21	48	58	45	19
11	14	13	9	101	136
12	31	72	82	95	60
13	37	91	102	2	83
14	127	30	79	38	116
15	149	125	12	7	89
16	142	173	163	126	115
17	87	109	135	13	72
18	125	8	147	156	147
19	82	115	172	128	148
20	51	82	108	78	11
21	40	79	93	82	52
22	161	2	10	57	33
23	148	68	25	117	64
24	76	112	35	60	98
25	143	28	41	42	29
26	166	168	173	131	126
27	93	167	123	177	164
28	174	106	167	148	167
29	95	135	3	11	5
30	55	51	59	97	106
31	42	75	81	23	121
32	38	54	116	10	73
33	9	85	39	20	86
34	131	122	72	114	37
35	81	26	97	51	62

36	7	118	159	160	143
37	103	128	178	166	93
38	169	144	136	179	174
39	133	121	155	175	146
40	54	57	1	75	14
41	62	41	94	79	1
42	30	52	109	50	53
43	13	94	78	74	100
44	105	110	33	59	55
45	32	45	2	40	50
46	5	120	132	154	149
47	94	107	130	139	54
48	168	150	164	163	179
49	164	100	169	134	163
50	24	69	14	63	40
51	56	18	71	68	133
52	19	145	75	99	92
53	45	15	53	106	39
54	138	29	98	105	44
55	96	24	21	119	139
56	119	114	170	6	74
57	140	117	127	167	166
58	79	169	146	3	3
59	154	12	142	124	172
60	33	65	54	35	20
61	2	38	106	98	4
62	17	19	91	118	75
63	46	43	118	83	49
64	75	20	40	67	70
65	3	23	61	8	56
66	20	149	179	22	41
67	165	147	145	172	43
68	84	108	153	133	173
69	120	170	156	130	175
70	12	6	115	15	67
71	43	89	50	31	2
72	18	78	47	73	48
73	152	74	112	102	125
74	130	105	38	103	25
75	78	21	117	21	109
76	144	159	69	142	178
77	6	177	157	176	123
78	118	162	138	143	160
79	110	156	120	146	151

[0478]

80	70	71	57	9	32
81	64	49	44	107	21
82	4	80	80	27	47
83	50	60	0	109	108
84	101	138	24	0	7
85	107	157	70	81	77
86	151	155	139	141	129
87	137	96	176	153	113
88	179	143	161	121	155
89	170	126	122	161	169
90	63	90	29	25	22
91	58	93	15	19	122
92	41	63	99	12	110
93	49	66	83	113	119
94	167	101	63	80	34
95	86	98	62	76	59
96	90	179	133	136	18
97	157	164	177	89	0
98	147	111	6	132	161
99	114	5	19	145	176
100	47	84	64	39	31
101	67	36	52	110	38
102	25	87	103	1	80
103	27	37	22	72	6
104	117	174	73	64	114
105	98	35	34	112	127
106	11	160	154	157	131
107	10	152	140	152	154
108	91	141	143	169	152
109	153	127	144	120	150
110	65	81	65	94	23
111	53	64	4	48	12
112	44	67	30	17	76
113	77	92	36	88	118
114	173	33	20	4	135
115	16	95	11	28	142
116	156	161	160	162	42
117	85	11	151	168	10
118	160	133	124	147	156
119	72	154	158	129	153
120	145	50	8	24	78
121	68	47	100	58	69
122	136	86	105	61	138
123	60	4	51	115	35

[0479]

124	113	137	48	91	128
125	162	22	67	34	96
126	100	130	128	123	165
127	141	148	134	135	63
128	163	178	17	173	177
129	109	97	13	164	171
130	8	88	101	84	68
131	61	40	90	71	111
132	29	10	76	55	87
133	35	9	55	37	61
134	108	136	27	66	137
135	150	32	37	36	105
136	175	123	168	159	101
137	129	158	126	52	107
138	115	134	174	155	24
139	171	140	152	125	158
140	0	61	113	100	79
141	39	42	111	87	81
142	36	1	107	90	85
143	48	16	85	30	71
144	92	131	96	46	84
145	111	103	49	86	99
146	83	172	84	150	134
147	146	129	18	170	162
148	89	146	131	149	170
149	176	116	141	5	168
150	57	55	60	49	141
151	52	76	77	43	82
152	26	58	88	56	65
153	178	83	86	116	30
154	135	166	68	108	51
155	158	27	114	69	90
156	155	139	171	171	36
157	122	163	129	138	157
158	80	99	175	178	9
159	99	165	166	151	144
160	23	53	46	44	117
161	69	70	89	62	58
162	126	17	95	14	130
163	28	46	45	29	45
164	124	59	26	33	28
165	172	113	56	92	13
166	159	124	162	174	140
167	73	176	137	127	66

[0480]

168	102	132	165	158	159
169	116	7	125	18	8
170	71	73	104	41	95
171	1	56	92	85	46
172	177	14	28	47	57
173	34	44	119	26	94
174	121	34	110	104	97
175	139	31	32	53	124
176	128	153	31	137	132
177	112	151	74	96	104
178	104	142	150	16	16
179	123	25	121	140	145

[0481]

[0482] 표 34에서 “j-th block of Group-wise Interleaver output”는 인터리빙 후 그룹 인터리버(122)에서 출력되는 j 번째 비트 그룹을 나타내고, “π(j)-th block of Group-wise Interleaver input”는 그룹 인터리버(122)에 입력되는 π(j) 번째 비트 그룹을 나타낸다. 한편, 표 34를 참조하면, 표 34는 표 29 내지 표 33에서 상술한 내용을 부호율에 따라 정리한 것임을 알 수 있다.

[0483] 한편, 그룹 인터리버(122)는 하기의 수학식 18을 이용하여 LDPC 부호어를 비트 그룹 단위로 인터리빙할 수도 있

다.

수학식 18

[0484] $$Y_{\pi(j)} = X_j \quad (0 \le j < N_{group})$$

[0485] 여기에서, X_j는 그룹 인터리빙 전의 j 번째 비트 그룹을 나타내고, Y_j는 그룹 인터리빙 후의 j 번째 비트 그룹을 나타낸다. 그리고, π(j)는 인터리빙 순서를 나타내는 파라미터로, LDPC 부호어의 길이, 부호율 및 변조 방식 중 적어도 하나에 의해 결정될 수 있다.

[0486] 따라서, X_j는 그룹 인터리빙 전 j 번째 비트 그룹을 나타내며, 수학식 18은 인터리빙 전 j 번째 비트 그룹이 인터리빙에 의해 π(j) 번째 비트 그룹에 배치되는 것을 의미하게 된다.

[0487] 한편, 본 발명의 일 실시 예에 따른 π(j)의 구체적인 일 예는 하기의 표 35 내지 표 39와 같이 정의될 수 있다.

[0488] 이 경우, π(j)은 LDPC 부호어의 길이 및 부호율에 따라 정의되며, 패리티 검사 행렬 또한, LDPC 부호어의 길이 및 부호율에 따라 정의된다. 따라서, LDPC 부호어의 길이 및 부호율에 따라 특정 패리티 검사 행렬에 기초하여 LDPC 부호화가 수행된 경우, 해당 LDPC 부호어의 길이 및 부호율을 만족하는 π(j)에 기초하여 LDPC 부호어가 그룹 단위로 인터리빙될 수 있다.

[0489] 예를 들어, 부호화부(110)가 64800의 길이를 갖는 LDPC 부호어를 생성하기 위해 6/15의 부호율로 LDPC 부호화를 수행한 경우, 그룹 인터리버(122)는 하기의 표 35 내지 표 39 중에서 LDPC 부호어의 길이가 64800이고 부호율이 6/15에서 정의되는 π(j) 즉, 예를 들어 표 35와 같이 정의되는 π(j)를 이용하여 인터리빙을 수행할 수 있다.

[0490] 일 예로, LDPC 부호어의 길이 Nldpc가 64800이고 부호율이 6/15이며 변조 방식이 1024-QAM인 경우, π(j)는 하기의 표 35와 같이 정의될 수 있다.

표 35

[0491]

	Order of bits group to be block interleaved π(j) (0 ≤ j < 180)																						
j-th block of Group-wise interleaver input	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
π(j)-th block of Group-wise interleaver output	140	171	61	65	82	46	77	36	130	33	107	106	70	43	11	3	115	62	72	52	66	10	2
	160	50	102	152	103	163	132	42	12	45	60	173	133	142	143	32	141	21	92	31	71	112	53
	63	100	143	93	83	20	151	111	40	30	51	150	91	1	123	131	41	90	81	110	0	101	121
	161	80	170	119	167	6	64	24	113	75	58	158	35	19	146	68	117	95	17	7	148	96	108
	144	27	47	29	55	5	105	159	126	84	168	37	178	44	4	85	134	129	79	145	177	124	99
	138	169	104	78	56	69	174	157	179	164	18	162	14	176	137	74	34	8	39	9	154	122	87
	54	175	57	127	16	25	76	120	147	98	23	15	135	86	73	109	59	156	116	97	155	166	118
	22	125	128	49	67	26	94	48	38	89	139	165	114	28	136	149	172	153	88				

[0492] 표 35의 경우, 수학식 18 은 $X_0=Y_{\pi(0)}=Y_{140}$, $X_1=Y_{\pi(1)}=Y_{171}$, $X_2=Y_{\pi(2)}=Y_{61}$,..., $X_{178}=Y_{\pi(178)}=Y_{153}$, $X_{179}=Y_{\pi(179)}=Y_{88}$와 같이 나타낼 수 있다. 이에 따라, 그룹 인터리버(122)는 0 번째 비트 그룹을 140 번째로, 1 번째 비트 그룹을 171 번째로, 2 번째 비트 그룹을 61 번째로,..., 178 번째 비트 그룹을 153 번째로, 179 번째 비트 그룹을 88 번째로 순서를 변경하여 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0493] 다른 예로, LDPC 부호어의 길이 Nldpc가 64800이고 부호율이 8/15이며 변조 방식이 1024-QAM인 경우, π(j)는

하기의 표 36과 같이 정의될 수 있다.

표 36

	Order of bits group to be block interleaved π(j) (0 ≤ j < 180)																						
j-th block of Group-wise interleaver input	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
π(j)-th block of Group-wise interleaver output	7	142	22	2	123	99	70	169	18	133	132	117	59	11	172	53	143	162	51	62	64	75	125
	65	55	179	35	155	25	54	14	175	135	114	174	105	101	103	61	1	131	41	141	63	173	45
	163	121	10	81	120	30	42	160	32	150	171	40	152	164	83	140	5	92	111	60	93	112	23
	50	161	80	12	170	73	31	151	0	72	21	82	110	20	153	100	33	122	102	130	71	90	13
	113	91	43	115	87	129	95	158	49	94	4	145	9	74	28	47	68	17	44	98	24	165	56
	19	149	57	36	6	46	39	34	136	166	15	89	109	37	147	126	144	168	118	138	29	134	124
	84	156	139	108	178	88	38	52	148	67	127	66	48	177	107	176	119	86	79	85	137	76	106
	116	78	157	97	159	154	27	26	58	69	8	146	16	104	3	167	77	128	98				

[0494]

[0495] 표 36의 경우, 수학식 17은 $X_0=Y_{\pi(0)}=Y_7$, $X_1=Y_{\pi(1)}=Y_{142}$, $X_2=Y_{\pi(2)}=Y_{22}$,..., $X_{178}=Y_{\pi(178)}=Y_{128}$, $X_{179}=Y_{\pi(179)}=Y_{98}$와 같이 나타낼 수 있다. 이에 따라, 그룹 인터리버(122)는 0 번째 비트 그룹을 7 번째로, 1 번째 비트 그룹을 142 번째로, 2 번째 비트 그룹을 22 번째로,..., 178 번째 비트 그룹을 128 번째로, 179 번째 비트 그룹을 98 번째로 순서를 변경하여 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0496] 다른 예로, LDPC 부호어의 길이 N_{ldpc}가 64800이고 부호율이 10/15이며 변조 방식이 1024-QAM인 경우, π(j)는 하기의 표 37과 같이 정의될 수 있다.

표 37

	Order of bits group to be block interleaved π(j) (0 ≤ j < 180)																						
j-th block of Group-wise interleaver input	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
π(j)-th block of Group-wise interleaver output	83	40	45	29	111	2	98	0	120	11	22	115	15	129	50	91	9	128	147	99	114	55	103
	4	84	23	164	134	172	90	112	176	175	44	105	24	113	135	74	33	64	25	5	7	81	163
	160	72	124	145	71	123	101	53	60	133	165	80	10	30	150	65	95	94	100	110	3	125	154
	76	85	51	34	104	177	52	132	151	43	14	82	31	12	93	146	143	153	1	152	161	131	62
	171	21	41	162	144	35	54	92	121	130	13	102	170	122	61	142	20	42	174	141	73	140	155
	70	32	75	63	173	79	179	89	27	118	169	137	57	126	157	47	148	46	96	127	17	38	167
	78	86	107	149	59	108	109	67	58	18	8	6	178	117	139	68	106	39	69	77	119	36	116
	88	166	16	48	168	159	28	136	49	56	156	19	26	138	158	87	97	37	66				

[0497]

[0498] 표 37의 경우, 수학식 18은 $X_0=Y_{\pi(0)}=Y_{83}$, $X_1=Y_{\pi(1)}=Y_{40}$, $X_2=Y_{\pi(2)}=Y_{45}$,..., $X_{178}=Y_{\pi(178)}=Y_{37}$, $X_{179}=Y_{\pi(179)}=Y_{66}$과 같이 나타낼 수 있다. 이에 따라, 그룹 터리버(122)는 0 번째 비트 그룹을 83 번째로, 1 번째 비트 그룹을 40 번째로, 2 번째 비트 그룹을 45 번째로,..., 178 번째 비트 그룹을 37 번째로, 179 번째 비트 그룹을 66 번째로 순서를 변경하여 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0499] 다른 예로, LDPC 부호어의 길이 N_{ldpc}가 64800이고 부호율이 10/15이며 변조 방식이 1024-QAM인 경우, π(j)는 하기의 표 38과 같이 정의될 수 있다.

표 38

	Order of bits group to be block interleaved π(j) (0 ≤ j < 180)																						
j-th block of Group-wise interleaver input	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
π(j)-th block of Group-wise interleaver output	84	102	13	58	114	149	56	15	65	80	32	29	92	17	162	70	178	112	169	91	33	75	66
	31	120	90	173	82	115	163	143	71	1	164	125	60	135	133	14	100	45	170	25	151	160	10
	144	172	111	150	42	35	137	175	4	132	152	22	121	44	24	122	161	50	104	7	134	64	51
	155	2	131	103	72	43	40	95	3	20	41	94	85	21	63	130	171	145	141	113	97	142	124
	165	5	110	12	177	30	61	52	140	11	73	74	174	54	53	81	154	83	101	0	105	93	34
	123	153	23	62	55	109	88	6	126	59	139	16	167	19	119	69	26	98	68	49	127	96	176
	157	47	179	86	76	78	9	99	79	118	28	148	146	159	107	87	46	138	18	106	168	136	36
	89	116	48	129	8	37	57	117	108	147	156	67	128	166	39	77	27	158	38				

[0500]

[0501] 표 38의 경우, 수학식 18은 $X_0=Y_{\pi(0)}=Y_{84}$, $X_1=Y_{\pi(1)}=Y_{102}$, $X_2=Y_{\pi(2)}=Y_{13}$,..., $X_{178}=Y_{\pi(178)}=Y_{158}$, $X_{179}=Y_{\pi(179)}=Y_{38}$와 같이 나타낼 수 있다. 이에 따라, 그룹 인터리버(122)는 0 번째 비트 그룹을 84 번째로, 1 번째 비트 그룹을 102 번째로, 2 번째 비트 그룹을 13 번째로,..., 178 번째 비트 그룹을 158 번째로, 179 번째 비트 그룹을 38 번째로 순서를 변경하여 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0502] 다른 예로, LDPC 부호어의 길이 N_{ldpc}가 64800이고 부호율이 12/15이며 변조 방식이 1024-QAM인 경우, π(j)는 하기의 표 39와 같이 정의될 수 있다.

표 39

	Order of bits group to be block interleaved π(j) (0 ≤ j < 180)																						
j-th block of Group-wise interleaver input	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179				
π(j)-th block of Group-wise interleaver output	97	41	71	58	61	29	103	84	169	158	117	20	111	165	40	9	178	8	96	10	60	81	90
	110	138	74	4	5	164	25	153	100	80	22	94	123	156	34	101	53	50	66	116	67	54	163
	171	82	72	63	45	154	21	42	47	44	65	172	161	95	12	133	35	127	23	152	167	70	130
	121	64	143	17	32	56	62	112	85	120	140	102	141	151	13	144	142	33	132	1	15	155	0
	52	37	173	170	125	174	24	145	43	136	3	7	177	135	30	137	83	75	92	131	2	87	104
	16	14	160	113	93	6	31	91	77	175	73	26	105	124	86	162	106	176	51	146	114	11	134
	122	55	166	150	115	36	159	179	39	18	19	46	109	79	108	119	107	88	118	157	139	168	78
	98	147	49	27	126	57	28	149	89	148	129	59	68	38	69	99	128	76	48				

[0503]

[0504] 표 39의 경우, 수학식 18은 $X_0=Y_{\pi(0)}=Y_{97}$, $X_1=Y_{\pi(1)}=Y_{41}$, $X_2=Y_{\pi(2)}=Y_{71}$,..., $X_{178}=Y_{\pi(178)}=Y_{76}$, $X_{179}=Y_{\pi(179)}=Y_{48}$와 같이 나타낼 수 있다. 이에 따라, 그룹 인터리버(122)는 0 번째 비트 그룹을 97 번째로, 1 번째 비트 그룹을 41 번째로, 2 번째 비트 그룹을 71 번째로,..., 178 번째 비트 그룹을 76 번째로, 179 번째 비트 그룹을 48 번째로

순서를 변경하여 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0505] 한편, 상술한 예에서는 LDPC 부호어의 길이가 64800이고 부호율이 6/15, 8/15, 10/15, 12/15 경우만을 설명하였으나 이는 일 예에 불과하고, LDPC 부호어의 길이가 16200인 경우이거나 다른 부호율을 갖는 경우에도 인터리빙 패턴은 다양하게 정의될 수 있다.

[0506] 이와 같이, 그룹 인터리버(12)는 상기의 수학식 18 및 표 35 내지 표 39를 이용하여 복수의 그룹의 순서를 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0507] 한편, 표 35 내지 표 39에서 "j-th block of Group-wise Interleaver input"는 인터리빙 전 그룹 인터리버(122)로 j 번째로 입력되는 비트 그룹을 나타내고, "π(j)-th block of Group-wise Interleaver output"은 그룹 인터리버(122)에서 인터리빙 후 π(j) 번째로 출력되는 비트 그룹을 나타낸다.

[0508] 또한, LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹들은 그룹 인터리버(122)에 의해 비트 그룹 단위로 순서가 재정렬된 후, 후술할 블록 인터리버(124)에 의해 블록 인터리빙된다는 점에서, 표 35 내지 표 39에서 π(j)와 관련하여 "Order of bits group to be block interleaved"와 같이 기재하였다.

[0509] 한편, 표 35 내지 표 39와 같이 정의되는 π(j)를 부호율(CR)에 따라 정리하면 하기의 표 40과 같이 나타낼 수 있다.

표 40

	(CR 6/15)	(CR 8/15)	(CR 10/15)	(CR 10/15)	(CR 12/15)
j-th block of Group-wise Interleaver input	□ (j)-th block of Group-wise Interleaver output	□ (j)-th block of Group-wise Interleaver output	□ (j)-th block of Group-wise Interleaver output	□ (j)-th block of Group-wise Interleaver output	□ (j)-th block of Group-wise Interleaver output
0	140	7	83	84	97
1	171	142	40	102	41
2	61	22	45	13	71
3	65	2	29	58	58
4	82	123	111	114	61
5	46	99	2	149	29
6	77	70	98	56	103
7	36	169	0	15	84
8	130	18	120	65	169
9	33	133	11	80	158
10	107	132	22	32	117
11	106	117	115	29	20
12	70	59	15	92	111
13	43	11	129	17	165
14	11	172	50	162	40
15	3	53	91	70	9
16	115	143	9	178	178
17	62	162	128	112	8
18	72	51	147	169	96
19	52	62	99	91	10
20	66	64	114	33	60
21	10	75	55	75	81
22	2	125	103	66	90
23	160	65	4	31	110
24	50	55	84	120	138
25	102	179	23	90	74
26	152	35	164	173	4
27	103	155	134	82	5
28	163	25	172	115	164
29	132	54	90	163	25
30	42	14	112	143	153
31	12	175	176	71	100
32	45	135	175	1	80
33	60	114	44	164	22
34	173	174	105	125	94
35	133	105	24	60	123

[0510]

[0511]

36	142	101	113	135	156
37	13	103	135	133	34
38	32	61	74	14	101
39	141	1	33	100	53
40	21	131	64	45	50
41	92	41	25	170	66
42	31	141	5	25	116
43	71	63	7	151	67
44	112	173	81	160	54
45	53	45	163	10	163
46	63	163	160	144	171
47	100	121	72	172	82
48	143	10	124	111	72
49	93	81	145	150	63
50	83	120	71	42	45
51	20	30	123	35	154
52	151	42	101	137	21
53	111	160	53	175	42
54	40	32	60	4	47
55	30	150	133	132	44
56	51	171	165	152	65
57	150	40	80	22	172
58	91	152	10	121	161
59	1	164	30	44	95
60	123	83	150	24	12
61	131	140	65	122	133
62	41	5	95	161	35
63	90	92	94	50	127
64	81	111	100	104	23
65	110	60	110	7	152
66	0	93	3	134	167
67	101	112	125	64	70
68	121	23	154	51	130
69	161	50	76	155	121
70	80	161	85	2	64
71	170	80	51	131	143
72	119	12	34	103	17
73	167	170	104	72	32
74	6	73	177	43	56
75	64	31	52	40	62
76	24	151	132	95	112
77	113	0	151	3	85
78	75	72	43	20	120
79	58	21	14	41	140

[0512]

80	158	82	82	94	102
81	35	110	31	85	141
82	19	20	12	21	151
83	146	153	93	63	13
84	68	100	146	130	144
85	117	33	143	171	142
86	95	122	153	145	33
87	17	102	1	141	132
88	7	130	152	113	1
89	148	71	161	97	15
90	96	90	131	142	155
91	108	13	62	124	0
92	144	113	171	165	52
93	27	91	21	5	37
94	47	43	41	110	173
95	29	115	162	12	170
96	55	87	144	177	125
97	5	129	35	30	174
98	105	95	54	61	24
99	159	158	92	52	145
100	126	49	121	140	43
101	84	94	130	11	136
102	168	4	13	73	3
103	37	145	102	74	7
104	178	9	170	174	177
105	44	74	122	54	135
106	4	28	61	53	30
107	85	47	142	81	137
108	134	68	20	154	83
109	129	17	42	83	75
110	79	44	174	101	92
111	145	98	141	0	131
112	177	24	73	105	2
113	124	165	140	93	87
114	99	56	155	34	104
115	138	19	70	123	16
116	169	149	32	153	14
117	104	57	75	23	160
118	78	36	63	62	113
119	56	6	173	55	93
120	69	46	79	109	6
121	174	39	179	88	31
122	157	34	89	6	91
123	179	136	27	126	77

124	164	166	118	59	175
125	18	15	169	139	73
126	162	89	137	16	26
127	14	109	57	167	105
128	176	37	126	19	124
129	137	147	157	119	86
130	74	126	47	69	162
131	34	144	148	26	106
132	8	168	46	98	176
133	39	118	96	68	51
134	9	138	127	49	146
135	154	29	17	127	114
136	122	134	38	96	11
137	87	124	167	176	134
138	54	84	78	157	122
139	175	156	86	47	55
140	57	139	107	179	166
141	127	108	149	86	150
142	16	178	59	76	115
143	25	88	108	78	36
144	76	38	109	9	159
145	120	52	67	99	179
146	147	148	58	79	39
147	98	67	18	118	18
148	23	127	8	28	19
149	15	66	6	148	46
150	135	48	178	146	109
151	86	177	117	159	79
152	73	107	139	107	108
153	109	176	68	87	119
154	59	119	106	46	107
155	156	86	39	138	88
156	116	79	69	18	118
157	97	85	77	106	157
158	155	137	119	168	139
159	166	76	36	136	168
160	118	106	116	36	78
161	22	116	88	89	98
162	125	78	166	116	147
163	128	157	16	48	49
164	49	97	48	129	27
165	67	159	168	8	126
166	26	154	159	37	57
167	94	27	28	57	28

[0513]

168	48	26	136	117	149
169	38	58	49	108	89
170	89	69	56	147	148
171	139	8	156	156	129
172	165	146	19	67	59
173	114	16	26	128	68
174	28	104	138	166	38
175	136	3	158	39	69
176	149	167	87	77	99
177	172	77	97	27	128
178	153	128	37	158	76
179	88	96	66	38	48

[0514]

[0515] 한편, 표 34는 수학식 17를 이용하여 그룹 인터리빙을 수행하는 경우로 $\pi(j)$가 입력 비트 그룹의 인데스로 적용되고, 표 40은 수학식 18을 이용하여 그룹 인터리빙을 수행하는 경우로 $\pi(j)$가 출력 비트 그룹의 인덱스로 적용된다는 점에서, 표 34 및 표 40은 서로 인버스 관계에 있음을 알 수 있다.

[0516] 이와 같이, 그룹 인터리버(122)는 수학식 18 및 표 35 내지 표 39을 이용하여 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0517] 한편, 이와 같은 방식으로 그룹 인터리빙을 수행하는 경우, 그룹 인터리빙된 LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 순서는 표 9 내지 표 20에 기초하여 그룹 인터리빙된 LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹과 다르게 된다.

[0518] 이는 본 실시 예에서는 블록 인터리버(124)가 아닌 블록-로우 인터리버(125)를 사용하기 때문이다. 즉, 블록 인터리버(124)에서 사용하는 인터리빙 방식과 블록-로우 인터리버(125)에서 사용하는 인터리빙 방식이 서로 다르기 때문에, 본 실시 예에서의 그룹 인터리버(122)는 표 29 내지 표 40에 기초하여 LDPC 부호어를 구성하는 복수의 비트 그룹의 순서를 재정렬하게 된다.

[0519] 구체적으로, 그룹 인터리버(122)는 동일한 변조 심볼에 맵핑되는 비트들을 포함하는 적어도 하나의 비트 그룹이 비트 그룹 단위로 순차적으로 배열된 배열 단위가 반복되도록 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0520] 즉, 그룹 인터리버(122)는 변조 심볼의 특정한 제1 위치에 맵핑되는 비트를 포함하는 복수의 제1 비트 그룹 중 하나, 변조 심볼의 특정한 제2 위치에 맵핑되는 비트를 포함하는 복수의 제2 비트 그룹 중 하나,..., 변조 심볼의 특정한 제n 위치에 맵핑되는 비트를 포함하는 복수의 제n 비트 그룹 중 하나를 순차적으로 배치하고, 나머지 비트 그룹들을 동일한 방식으로 반복하여 배치할 수 있다.

[0521] 블록-로우 인터리버(125)는 순서가 재정렬된 복수의 비트 그룹을 인터리빙한다. 이 경우, 블록-로우 인터리버(125)는 복수의 열(column)로 이루어진 적어도 하나의 행(row)을 이용하여 순서가 재정렬된 복수의 비트 그룹을 비트 그룹 단위로 인터리빙할 수 있다. 보다 구체적인 설명을 위해 도 15 내지 도 17을 참조하도록 한다.

[0522] 도 15 내지 도 17은 본 발명의 일 실시 예에 따른 블록-로우 인터리버의 구조 및 인터리빙 수행 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0523] 먼저, N_{group}/m이 정수인 경우, 블록-로우 인터리버(125)는 도 15와 같이 각각 M 개의 열을 포함하는 m 개의 행으로 구성되는 인터리버(125-1)를 포함하며, 블록-로우 인터리버(125)는 도 15와 같은 구조를 갖는 N_{group}/m 개의 인터리버(125-1)를 이용하여 인터리빙을 수행할 수 있다.

[0524] 여기에서, N_{group}은 LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 전체 개수이다. 그리고, M은 하나의 비트 그룹에 포함된 비트의 개수로, 일 예로 360이 될 수 있으며, m은 변조 심볼을 구성하는 비트의 개수와 동일하거나 변조 심볼을 구성하는 비트의 개수의 1/2일 수 있다. 예를 들어, non-uniform QAM을 사용할 경우, 변조 심볼을 구성하는 비트들의 성능이 모두 다르므로, m 값을 변조 심볼을 구성하는 비트의 개수와 동일하게 구성하여, 하나의 비트 그룹이 변조 심볼을 구성하는 하나의 비트에 매핑될 수 있도록 한다.

[0525] 구체적으로, 블록-로우 인터리버(125)는 LDPC 부호어를 구성하는 복수의 비트 그룹 각각을 비트 그룹 단위로 각 행에 행 방향으로 라이트하고, 복수의 비트 그룹이 비트 그룹 단위로 라이트된 복수의 행의 각 열을 열 방향으로 리드하여 인터리빙을 수행할 수 있다.

[0526] 예를 들어, 도 15와 같이, 블록-로우 인터리버(125)는 복수의 비트 그룹 중에서 연속된 m 개의 비트 그룹을 인터리버(125-1)를 구성하는 m 개의 행 각각에 행 방향으로 라이트하고, 비트들이 라이트된 m 개의 행의 각 열을 열 방향으로 리드할 수 있다. 이 경우, 그룹의 개수를 행의 개수로 나눈 수 즉, N_{group}/m 개만큼의 인터리버(125-1)가 이용될 수 있다.

[0527] 이와 같이, 블록-로우 인터리버(125)는 LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 개수가 행의 개수의 정수 배인 경우, 복수의 그룹 중 행의 개수만큼의 비트 그룹을 순차적으로 라이트하여 인터리빙을 수행할 수 있다.

[0528] 한편, LDPC 부호어를 구성하는 비트 그룹의 개수가 행의 개수의 정수 배가 되지 않는 경우, 블록-로우 인터리버(125)는 서로 다른 개수의 열을 포함하는 N 개(N은 2 이상의 정수)의 인터리버를 이용하여 인터리빙을 수행할 수 있다.

[0529] 예를 들어, 도 16 및 도 17과 같이 블록-로우 인터리버(125)는 각각 M 개의 열을 포함하는 m 개의 행으로 구성된 제1 인터리버(125-2)와 각각 a×M/m 개의 열을 포함하는 m 개의 행으로 구성된 제2 인터리버(125-3)를 이용하여 인터리빙을 수행할 수 있다. 여기에서, a는 $N_{group}-\left\lfloor N_{group}/m \right\rfloor \times m$이고, $\left\lfloor N_{group}/m \right\rfloor$는 N_{group}/m 이하의 가장 큰 정수를 나타낸다.

[0530] 이 경우, 제1 인터리버(125-2)는 $\lfloor N_{group}/m \rfloor$ 개가 이용될 수 있고, 제2 인터리버(125-3)는 1 개가 이용될 수 있다.

[0531] 구체적으로, 블록-로우 인터리버(125)는 LDPC 부호어를 구성하는 복수의 비트 그룹 중 $\lfloor N_{group}/m \rfloor$×m 개 비트 그룹 각각을 비트 그룹 단위로 각 행에 행 방향으로 라이트하고, $\lfloor N_{group}/m \rfloor$ ×m 개 비트 그룹이 비트 그룹 단위로 라이트된 복수의 행의 각 열을 열 방향으로 리드하여 인터리빙을 수행할 수 있다.

[0532] 예를 들어, 도 16 및 도 17과 같이, 블록-로우 인터리버(125)는 $\lfloor N_{group}/m \rfloor$ ×m 개 비트 그룹 중에서 행의 개수와 동일한 개수의 연속된 m 개의 비트 그룹을 제1 인터리버(125-2)의 각 행에 행 방향으로 라이트하고, m 개의 비트 그룹이 라이트된 제1 인터리버(125-2)의 복수의 행의 각 열을 열 방향으로 리드할 수 있다. 이 경우, 도 16 및 도 17과 같은 구조를 갖는 제1 인터리버(125-2)가 $\lfloor N_{group}/m \rfloor$ 개만큼 이용될 수 있다.

[0533] 이후, 블록-로우 인터리버(125)는 제1 인터리버(125-2)에 라이트된 비트 그룹을 제외한 나머지 비트 그룹에 포함된 비트들을 분할하여 제2 인터리버(125-3)의 각 행에 행 방향으로 라이트할 수 있다. 이때, 제2 인터리버(125-3)의 각 행에는 동일한 개수의 비트가 라이트될 수 있다.

[0534] 예를 들어, 도 16과 같이, 블록-로우 인터리버(125)는 제1 인터리버(125-2)에 라이트된 비트 그룹을 제외한 나머지 비트 그룹에 포함된 비트들을 제2 인터리버(125-3)을 구성하는 m 개의 행 각각에 a×M/m 개씩 행 방향으로 라이트하고, 비트들이 라이트된 제2 인터리버(125-3)의 m 개의 행의 각 열을 열 방향으로 리드할 수 있다. 이 경우, 도 16과 같은 구조를 갖는 제2 인터리버(125-3)이 1개 이용될 수 있다.

[0535] 다만, 본 발명의 다른 실시 예에 따르면, 도 17에 도시한 바와 같이, 블록-로우 인터리버(125)는 제1 인터리버(125-2)에 대해서는 도 16에서 설명한 방식과 동일한 방식으로 비트들을 라이트하지만, 제2 인터리버(125-3)에 대해서는 도 16에서 설명한 방식과는 다른 방식으로 비트들을 라이트할 수도 있다.

[0536] 즉, 블록-로우 인터리버(125)는 제2 인터리버(125-3)에 비트들을 열 방향으로 라이트할 수 있다.

[0537] 예를 들어, 도 17과 같이, 블록-로우 인터리버(125)는 제1 인터리버(125-2)에 라이트된 비트 그룹을 제외한 나머지 비트 그룹에 포함된 비트들을 제2 인터리버(125-3)을 구성하는 각각 a×M/m 개의 열로 구성된 m 개의 행의 각 열에 비트들을 열 방향으로 라이트하고, 비트들이 라이트된 제2 인터리버(125-3)의 m 개의 행의 각 열을 열 방향으로 리드할 수 있다. 이 경우, 도 17과 같은 구조를 갖는 제2 인터리버(125-3)이 1개 이용될 수 있다.

[0538] 한편, 도 17과 같은 방식의 경우, 블록-로우 인터리버(125)는 비트들을 제2 인터리버에 열 방향으로 라이트한 후 열 방향으로 리드하여 인터리빙을 수행한다. 이에 따라, 제2 인터리버에 의해 인터리빙되는 비트 그룹에 포함된 비트들은 라이트된 순서대로 리딩되어 변조부(130)로 출력된다. 따라서, 제2 인터리버에 속하는 비트 그룹에 포함된 비트들은 블록-로우 인터리버(125)에 의해 순서가 재정렬되지 않고 순차적으로 변조 심볼에 맵핑될 수 있다.

[0539] 이와 같이, 블록-로우 인터리버(125)는 도 15 내지 도 17에서 설명한 방식을 이용하여 복수의 비트 그룹을 인터리빙할 수 있다.

[0540] 이와 같은 방식에 따를 경우, 블록-로우 인터리버(125)의 출력은 블록 인터리버(124)의 출력과 동일할 수 있다. 구체적으로, 블록-로우 인터리버(125)가 도 15과 같이 인터리빙을 수행하는 경우 도 8과 같이 인터리빙을 수행하는 블록 인터리버(124)와 동일한 값을 출력하고, 블록-로우 인터리버(125)가 도 16과 같이 인터리빙을 수행하는 경우 도 9와 같이 인터리빙을 수행하는 블록 인터리버(124)와 동일한 값을 출력하며, 블록-로우 인터리버(125)가 도 17과 같이 인터리빙을 수행하는 경우 도 10과 같이 인터리빙을 수행하는 블록 인터리버(124)와 동일한 값을 출력할 수 있다.

[0541] 구체적으로, 수학식 15을 기반으로 그룹 인터리버(122)를 사용하고 블록 인터리버(124)를 사용할 경우 그룹 인터리버(122)의 출력 비트 그룹들을 $Y_i(0 \le i < N_{group})$라 하고, 수학식 17을 기반으로 그룹 인터리버(122)를 사용하

고 블록-로우 인터리버(125)를 사용할 경우 그룹 인터러버(122)의 출력 비트 그룹들을 $Z_i(0 \le i < N_{group})$라 할 경우, 그룹 인터리빙 후의 출력 비트 그룹들 Zi와 Yi의 사이의 관계는 하기의 수학식 19 및 수학식 20과 같이 표현될 수 있으며, 결국, 블록 인터리버(124)에서 동일한 값이 출력될 수 있다.

수학식 19

$$Z_{i+mxj} = Y_{\alpha xi+j} \quad (0 \le i < m, 0 \le j < \alpha)$$

[0542]

수학식 20

$$Z_i = Y_i \quad (\alpha x m \le i < N_{group})$$

[0543]

[0544] 여기서, $\alpha = \lfloor N_{group}/m \rfloor$로, 블록 인터리버(124)를 사용할 경우 제 1 파트의 하나의 열에 입력되는 비트 그룹의 개수를 의미하며, $\lfloor N_{group}/m \rfloor$는 N_{group}/m 이하의 가장 큰 정수이다. 그리고, m은 변조 심볼을 구성하는 비트의 개수와 동일하거나, 변조 심볼을 구성하는 비트의 절반일 수 있다. 또한, m은 블록 인터리버(124)의 열의 개수를 의미하고, m은 블록-로우 인터리버(125)의 행의 개수를 의미한다.

[0545] 따라서, 수학식 15를 기반으로 그룹 인터리버(122)에 의한 그룹 인터리빙 후 블록 인터리버(124)에 의한 블록 인터리빙을 수행하는 경우와 수학식 16을 기반으로 그룹 인터리버(122)에 의한 그룹 인터리빙 후 블록 인터리버(124)에 의한 블록 인터리빙을 수행하는 경우는 인버스 관계에 있을 수 있다.

[0546] 또한, 수학식 17을 기반으로 그룹 인터리버(122)에 의한 그룹 인터리빙 후 블록 로우-인터리버(125)에 의한 블록-로우 인터리빙을 수행하는 경우와 수학식 18을 기반으로 그룹 인터리버(122)에 의한 그룹 인터리빙 후 블록 로우-인터리버(125)에 의한 블록-로우 인터리빙을 수행하는 경우는 인버스 관계에 있을 수 있다.

[0547] 따라서, 변조부(130)는 블록 인터리버(124)를 이용하는 경우와 동일한 방식으로 블록-로우 인터리버(125)에서 출력되는 비트들을 변조 심볼에 맵핑할 수 있다.

[0548] 한편, 본 발명에서 제안하는 비트 인터리빙 방식은 도 4에서 도시한 바와 같이 패리티 인터리버(121), 그룹 인터리버(122), 그룹 트위스트 인터리버(123) 및 블록 인터리버(124)로 구성되어 있으나(경우에 따라, 그룹 트위스트 인터리버 (123) 생략 가능함), 이는 일 예일 뿐 상기와 같은 3 개의 모듈 또는 4 개의 모듈로 구성되는 것으로 한정할 필요는 없다.

[0549] 예를 들어, 본 발명에서 블록 인터리버를 사용하고 수학식 11과 같이 표현되는 그룹 인터리빙 방식을 사용할 경우, 수학식 9 및 수학식 10과 같이 정의되는 비트 그룹들 $X_j(0 \le j < N_{group})$에 대하여, m개의 비트 그룹들 가령, $\{X_{\pi(i)}, X_{\pi(\alpha+i)}, \ldots, X_{\pi((m-1)\times\alpha+i)}\}$ $(0 \le i < \alpha)$에 속하는 비트들이 하나의 변조 심볼을 구성하도록 한다.

[0550] 여기서, α는 블록 인터리버의 제1 파트를 구성하는 비트 그룹의 개수로 $\alpha = \lfloor N_{group}/m \rfloor$이다. 그리고, m은 블록 인터리버의 열의 개수를 의미하며, 이는 변조 심볼을 구성하는 비트의 개수 또는 변조 심볼을 구성하는 비트의 개수의 절반일 수 있다.

[0551] 그러므로, 일 예로, 패리티 인터리빙된 비트들 u_i에 대하여, $\{u_{\pi(i)+j}, u_{\pi(\alpha+i)+j}, \ldots, u_{\pi((m-1)\times\alpha+i)+j}\}$ $(0 < i \le m, 0 < j \le M)$는 하나의 변조 심볼을 구성할 수 있다. 이와 같이, 하나의 변조 심볼을 구성하도록 하는 방법은 다양하게 존재할 수 있다.

[0552] 또한, 본 발명에서 제안하는 비트 인터리빙 방식은 도 14에서 도시한 바와 같이 패리티 인터리버(121), 그룹 인터리버(122) 및 그룹 트위스트 인터리버(123) 블록-로우 인터리버(125)로 구성되어 있으나(경우에 따라, 그룹 트위스트 인터리버 (123) 생략 가능함), 이는 일 예일 뿐 상기와 같은 3 개의 모듈 또는 4 개의 모듈로 구성되는 것으로 한정할 필요는 없다.

[0553] 예를 들어, 본 발명에서 블록-로우 인터리버를 사용하고 수학식 17과 같이 표현되는 그룹 인터리빙 방식을 사용할 경우, 수학식 13 및 수학식 14와 같이 정의 되는 비트 그룹들 $X_j(0 \le j < N_{group})$에 대하여, m개의 비트 그룹들 가령, $\{X_{\pi(m\times i)}, X_{\pi(m\times i+1)},\ldots,X_{\pi(m\times i+(m-1))}\}$ $(0 \le i < \alpha)$에 속하는 비트들이 하나의 변조 심볼을 구성하도록 한다.

[0554] 여기에서, α는 블록 인터리버의 제1 파트를 구성하는 비트 그룹의 개수로 $\alpha = \lfloor N_{group}/m \rfloor$이다. 그리고, m은 블록 인터리버의 열의 개수를 의미하며, 이는 변조 심볼을 구성하는 비트의 개수 또는 변조 심볼을 구성하는 비트의 개수의 절반일 수 있다.

[0555] 그러므로, 일 예로, 패리티 인터리빙된 비트들 u_i에 대하여, $\{u_{\pi(m\times i)+j}, u_{\pi(m\times i+1)+j},\ldots,u_{\pi(m\times i+(m-1))+j}\}$ $(0 < i \le m, 0 < j \le M)$는 하나의 변조 심볼을 구성할 수 있다. 이와 같이, 하나의 변조 심볼을 구성하도록 하는 방법은 다양하게 존재할 수 있다.

[0556] 한편, 송신 장치(100)는 성상도에 맵핑된 신호를 변조하여 수신 장치(2700)로 전송할 수 있다. 예를 들어, 송신 장치(100)는 OFDM 방식을 이용하여 성상도에 맵핑된 신호를 OFMD 프레임에 맵핑하고, 할당된 채널을 통해 수신 장치(2700)로 전송할 수 있다

[0557] 도 18은 본 발명의 일 실시 예에 따른 수신 장치의 구성을 설명하기 위한 블록도이다. 도 18을 참조하면, 수신 장치(2700)는 복조부(2710), 멀티플렉서(2720), 디인터리버(2730) 및 복호화부(2740)를 포함한다.

[0558] 복조부(2710)는 송신 장치(100)에서 전송한 신호를 수신하여 복조한다. 구체적으로, 복조부(2710)는 수신된 신호를 복조하여 LDPC 부호어에 대응되는 값을 생성하고, 이를 멀티플렉서(2720)로 출력한다. 이 경우, 복조부(2710)는 송신 장치(100)에서 사용된 변조 방식에 대응되도록 복조를 수행할 수 있다. 이를 위해, 송신 장치(100)는 변조 방식에 대한 정보를 수신 장치(2700)로 전송할 수 있으며, 또는, 송신 장치(100)는 수신 장치(2700)와의 사이에서 기정의된 변조 방식을 이용하여 변조를 수행할 수 있다.

[0559] 여기에서, LDPC 부호어에 대응되는 값은 수신된 신호에 대한 채널 값으로 표현될 수 있다. 채널 값을 결정하는 방법은 다양하게 존재할 수 있으며, 일 예로, LLR(Log Likelihood Ratio) 값을 결정하는 방법이 될 수 있다.

[0560] LLR 값은 송신 장치(100)에서 전송한 비트가 0일 확률과 1일 확률의 비율에 Log를 취한 값으로 나타낼 수 있다. 또는, LLR 값은 경판정(hard decision)에 따라 결정된 비트 값 자체가 될 수 있으며, 또한, LLR 값은 송신 장치(100)에서 전송한 비트가 0 또는 1일 확률이 속하는 구간에 따라 결정된 대표 값이 될 수도 있다.

[0561] 멀티플렉서(2720)는 복조부(2710)의 출력 값을 멀티플렉싱하여 디인터리버(2730)로 출력한다.

[0562] 구체적으로, 멀티플렉서(2720)는 송신 장치(100)에 구비된 디멀티플렉서(미도시)에 대응되는 구성요소로, 디멀티플렉서(미도시)에 대응되는 동작을 수행한다. 다만, 송신 장치(100)에서 디멀티플렉서(미도시)가 생략되는 경우, 수신 장치(2700)의 멀티플렉서(2720)는 생략될 수 있다.

[0563] 즉, 멀티플렉서(2720)는 디멀티플렉서(미도시)에서 수행된 동작을 역으로 수행하여, 복조부(2710)의 출력 값을 셀-투-비트(cell-to-bit) 변환하여 비트 단위의 LLR 값을 출력할 수 있다.

[0564] 이 경우, 디멀티플렉서(미도시)가 LDPC 부호어 비트들의 순서를 변경하지 않은 경우, 멀티플렉서(2720)는 셀을 구성하는 비트들에 대응되는 LLR 값의 순서를 변경하지 않고 비트 단위의 LLR 값을 순차적으로 출력할 수 있다. 또는, 멀티플렉서(2720)는 표 27에 기초하여 디멀티플렉서(미도시)에서 수행된 디멀티플렉싱 동작의 역이 되도록 셀을 구성하는 비트들에 대응되는 LLR 값의 순서를 재정렬할 수도 있다.

[0565] 한편, 디멀티플렉싱 동작의 수행 여부에 대한 정보는 송신 장치(100)로부터 제공되거나, 송신 장치(100)와 수신 장치(2700) 사이에 기저장되어 있을 수 있다.

[0566] 디인터리버(2730)는 멀티플렉서(2720)의 출력 값을 디인터리빙하고, 이를 복호화부(2740)으로 출력한다.

[0567] 구체적으로, 디인터리버(2730)는 송신 장치(100)의 인터리버(120)에 대응되는 구성요소로, 인터리버(120)에 대

응되는 동작을 수행한다. 즉, 디인터리버(2730)는 인터리버(120)에서 수행된 인터리빙 동작을 역으로 수행하여 LLR 값을 디인터리빙한다.

[0568] 이 경우, 디인터리버(2730)는 도 19 또는 도 21과 같은 구성요소를 포함할 수 있다.

[0569] 먼저, 도 19와 같이, 디인터리버(2730)는 블록 디인터리버(2731), 그룹 트위스트 디인터리버(2732), 그룹 디인터리버(2733) 및 패리티 디인터리버(2734)를 포함할 수 있다.

[0570] 블록 디인터리버(2731)는 멀티플렉서(2720)의 출력을 디인터리빙하고, 이를 그룹 트위스트 디인터리버(2732)로 출력한다.

[0571] 구체적으로, 블록 디인터리버(2731)는 송신 장치(100)에 구비된 블록 인터리버(124)에 대응되는 구성요소로, 블록 인터리버(124)에서 수행된 인터리빙 동작을 역으로 수행할 수 있다.

[0572] 즉, 블록 디인터리버(2731)는 복수의 열로 이루어진 적어도 하나의 행을 이용하여, 멀티플렉서(2720)에서 출력된 LLR 값을 각 행에 행 방향으로 라이트하고, LLR 값이 라이트된 복수의 행의 각 열을 열 방향으로 리드하여 디인터리빙을 수행할 수 있다.

[0573] 이 경우, 블록 인터리버(124)에서 열을 2 개의 파트로 구분하여 인터리빙을 수행한 경우, 블록 디인터리버(2731)는 행을 2 개의 파트로 구분하여 디인터리빙을 수행할 수 있다.

[0574] 또한, 블록 인터리버(124)에서 제1 파트에 속하지 않은 비트 그룹에 대해 행 방향으로 라이트 및 리드한 경우, 블록 디인터리버(2731)는 제1 파트에 속하지 않은 그룹에 대응되는 값은 행 방향으로 라이트 및 리드하여 디인터리빙을 수행할 수도 있다.

[0575] 이하에서는 도 20을 참조하여 블록 디인터리버(1531)에 대해 설명하도록 한다. 다만, 이는 일 예일 뿐이며, 블록 디인터리버(1531)는 다른 방법으로 구현될 수 있음은 물론이다.

[0576] 입력 LLR $v_i(0 \le i < N_{ldpc})$는 블록 디인터리버(1531)의 r_i 행, c_i 열에 라이트된다. 여기에서, $c_i = (i \bmod N_c)$, $r_i = \left\lfloor \frac{i}{N_c} \right\rfloor$ 이다.

[0577] 한편, 출력 LLR $q_i(0 \le i < N_c \times N_{r1})$는 블록 디인터리버(1531)의 제1 파트의 c_i 열, r_i 행으로부터 리드된다. 여기에서, $c_i = \left\lfloor \frac{i}{Nr_1} \right\rfloor$, $r_i = (i \bmod N_{r1})$ 이다.

[0578] 그리고, 출력 LLR $q_i(N_c \times N_{r1} \le i < N_{ldpc})$는 블록 디인터리버(1531)의 제2 파트의 c_i 열, r_i 행으로부터 리드된다. 여기에서, $c_i = \left\lfloor \frac{(i - N_c \times N_{r1})}{Nr_2} \right\rfloor$, $r_i = N_{r1} + \{(i - N_c \times N_{r1}) \bmod N_{r2}\}$ 이다.

[0579] 그룹 트위스트 디인터리버(2732)는 블록 디인터리버(2731)의 출력 값을 디인터리빙하고 이를 그룹 디인터리버(2733)으로 출력한다.

[0580] 구체적으로, 그룹 트위스트 디인터리버(2732)는 송신 장치(100)에 구비된 그룹 트위스트 인터리버(123)에 대응되는 구성요소로, 그룹 트위스트 인터리버(123)에서 수행된 인터리빙 동작을 역으로 수행할 수 있다.

[0581] 즉, 그룹 트위스트 디인터리버(2732)는 동일한 그룹 내에 존재하는 LLR 값의 순서를 변경하여 동일한 그룹 내의 LLR 값을 재정렬할 수 있다. 한편, 송신 장치(100)에서 그룹 트위스트 동작이 수행되지 않는 경우 그룹 트위스트 디인터리버(2732)는 생략될 수 있다.

[0582] 그룹 디인터리버(2733, 혹은 그룹-와이즈 디인터리버)는 그룹 트위스트 디인터리버(2732)의 출력 값을 디인터리빙하고 이를 패리티 디인터리버(2734)로 출력한다.

[0583] 구체적으로, 그룹 디인터리버(2733)는 송신 장치(100)에 구비된 그룹 인터리버(122)에 대응되는 구성요소로, 그룹 인터리버(122)에서 수행된 인터리빙 동작을 역으로 수행할 수 있다.

[0584] 즉, 그룹 디인터리버(2733)는 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다. 이 경우, 그룹

디인터리버(2733)는 LDPC 부호어의 길이, 변조 방식 및 부호율에 따라 표 9 내지 표 20의 인터리빙 방식을 역으로 적용하여 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0585] 패리티 디인터리버(2734)는 그룹 디인터리버(2733)의 출력 값에 대해 패리티 디인터리빙을 수행하고, 이를 복호화부(2740)으로 출력한다.

[0586] 구체적으로, 패리티 디인터리버(2734)는 송신 장치(100)에 구비된 패리티 인터리버(121)에 대응되는 구성요소로, 패리티 인터리버(121)에서 수행된 인터리빙 동작을 역으로 수행할 수 있다. 즉, 패리티 디인터리버(2734)는 그룹 디인터리버(2733)에서 출력되는 LLR 값들 중 패리티 비트들에 대응되는 LLR 값을 디인터리빙할 수 있다. 이 경우, 패리티 디인터리버(2734)는 수학식 8의 패리티 인터리빙 방식의 역으로 패리티 비트들에 대응되는 LLR 값을 디인터리빙할 수 있다.

[0587] 다만, 패리티 디인터리버(1234)는 복호화부(1240)의 복호 방법 및 구현에 따라 생략될 수 있다.

[0588] 한편, 도 21과 같이 디인터리버(2730)는 블록-로우 디인터리버(2735), 그룹 트위스트 디인터리버(2732), 그룹 디인터리버(2733) 및 패리티 디인터리버(2734)를 포함할 수 있다. 이 경우, 그룹 트위스트 디인터리버(2732) 및 패리티 디인터리버(2734)는 도 19와 동일한 기능을 수행한다는 점에서, 중복되는 부분에 대한 구체적인 설명은 생략한다.

[0589] 블록-로우 디인터리버(2735)는 멀티플렉서(2720)의 출력 값을 디인터리빙하고, 이를 그룹 트위스트 디인터리버(2732)로 출력한다.

[0590] 구체적으로, 블록-로우 디인터리버(2735)는 송신 장치(100)에 구비된 블록-로우 인터리버(125)에 대응되는 구성요소로, 블록-로우 인터리버(125)에서 수행된 인터리빙 동작을 역으로 수행할 수 있다.

[0591] 즉, 블록-로우 디인터리버(2735)는 복수의 행으로 이루어진 적어도 하나의 열을 이용하여, 멀티플렉서(2720)에서 출력되는 LLR 값을 각 열에 열 방향으로 라이트하고, LLR 값이 라이트된 복수의 열의 각 행을 열 방향으로 리드하여 디인터리빙을 수행할 수 있다.

[0592] 다만, 블록-로우 인터리버(125)에서 제1 파트에 속하지 않은 비트 그룹에 대해 열 방향으로 라이트 및 리드한 경우, 블록-로우 디인터리버(2735)는 제1 파트에 속하지 않은 그룹에 대응되는 값은 열 방향으로 라이트 및 리드하여 디인터리빙을 수행할 수도 있다.

[0593] 그룹 디인터리버(2733)는 그룹 트위스트 디인터리버(2732)의 출력 값을 디인터리빙하고, 이를 패리티 디인터리버(2734)로 출력한다.

[0594] 구체적으로, 그룹 디인터리버(2733)는 송신 장치(100)에 구비된 그룹 인터리버(122)에 대응되는 구성요소로, 그룹 인터리버(122)에서 수행된 인터리빙 동작을 역으로 수행할 수 있다.

[0595] 즉, 그룹 디인터리버(2733)는 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다. 이 경우, 그룹 디인터리버(2733)는 LDPC 부호어의 길이, 변조 방식 및 부호율에 따라 표 29 내지 표 40의 인터리빙 방식을 역으로 적용하여 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0596] 한편, 도 18의 디인터리버(2730)는 도 19 또는 도 21과 같이 3개 또는 4개의 구성요소로 구성될 수도 있지만, 구성요소들의 동작을 하나의 구성요소로 수행될 수도 있다. 예를 들어, 비트 그룹들 X_a, X_b, X_c, X_d, X_e, X_f, X_g, X_h, X_i, X_j에 대하여 각각의 비트 그룹들에 속하는 하나의 비트들이 하나의 변조 심볼을 구성할 경우, 디인터리버(2730)에서는 수신된 하나의 변조 심볼을 기반으로 비트 그룹들에 대응되는 위치로 디인터리빙할 수 있다.

[0597] 예를 들어, 부호율이 6/15이며 변조 방식이 1024-QAM인 경우, 그룹 디인터리버(2733)는 표 9에 기초하여 디인터리빙을 수행할 수 있다.

[0598] 이 경우, 비트 그룹 X_{66}, X_{59}, X_{22}, X_{15}, X_{106}, X_{97}, X_{74}, X_{88}, X_{132}, X_{134} 각각에 포함된 하나의 비트씩이 하나의 변조 심볼을 구성하게 된다. 비트 그룹 X_{66}, X_{59}, X_{22}, X_{15}, X_{106}, X_{97}, X_{74}, X_{88}, X_{132}, X_{134}에서 각각 한 비트씩이 하나의 변조 심볼을 구성하게 되므로, 디인터리버(2730)는 수신된 하나의 변조 심볼을 기반으로 비트 그룹 X_{66}, X_{59}, X_{22}, X_{15}, X_{106}, X_{97}, X_{74}, X_{88}, X_{132}, X_{134}에 대응되는 복호화 초기 값으로 매핑할 수 있다.

[0599] 복호화부(2740)는 디인터리버(2730)의 출력 값을 이용하여 LDPC 복호화를 수행할 수 있다. 이를 위해, 복호화부(2740)는 LDPC 복호화를 수행하기 위한 LDPC 디코더(미도시)를 포함할 수 있다.

[0600] 구체적으로, 복호화부(2740)는 송신 장치(200)의 부호화부(110)에 대응되는 구성요소로, 디인터리버(2730)에서 출력되는 LLR 값을 이용하여 LDPC 복호화를 수행하여 에러를 정정할 수 있다

[0601] 예를 들어, 복호화부(2740)는 합곱 알고리즘(sum-product algorithm)에 기반한 반복 복호 방식(iterative decoding)으로 LDPC 복호화를 수행할 수 있다. 여기에서, 합곱 알고리즘은 메시지 패싱 알고리즘(message passing algorithm)의 일종이며, 메시지 패싱 알고리즘이라 함은 bipartite 그래프 상에서 에지를 통해 메시지들(가령, LLR 값)을 교환하고, 변수 노드들 혹은 검사 노드들로 입력되는 메시지들로부터 출력 메시지를 계산하여 업데이트하는 알고리즘을 나타낸다.

[0602] 한편, 복호화부(2740)는 LDPC 복호화 시 패리티 검사 행렬을 이용할 수 있다. 이 경우, 부호율 및 LDPC 부호어의 길이 등에 따라 패리티 검사 행렬에서 정보어 부분 행렬은 표 4 내지 표 8과 같이 정의되며 패리티 부분 행렬은 이중 대각 구조를 가질 수 있다.

[0603] 또한, LDPC 복호화 시 이용되는 패리티 검사 행렬에 대한 정보 및 부호율 등에 대한 정보는 수신 장치(2700)에 기저장되어 있거나, 송신 장치(100)로부터 제공될 수 있다.

[0604] 도 22는 본 발명의 일 실시 예에 따른 송신 장치의 인터리빙 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0605] 먼저, 패리티 검사 행렬에 기초하여 LDPC 부호화를 수행하여 LDPC 부호어를 생성한다(S3010). 이 경우, LDPC 부호화 시, 정보어 부분 행렬이 표 4 내지 표 8에 의해 정의되고 패리티 부분 행렬이 이중 대각 구조를 갖는 패리티 검사 행렬(즉, 도 2와 같은 패리티 검사 행렬)이 이용되거나, 도 2와 같은 패리티 검사 행렬이 수학식 4 및 수학식 5에 기초하여 로우 및 컬럼 퍼뮤테이션된 패리티 검사 행렬(즉, 도 3과 같은 구조)이 이용될 수 있다.

[0606] 이후, LDPC 부호어를 인터리빙한다(S3020).

[0607] 그리고, 인터리빙된 LDPC 부호어를 변조 심볼에 맵핑한다(S3030). 이 경우, LDPC 부호어를 구성하는 복수의 비트 그룹 중 기설정된 비트 그룹에 포함된 비트를 변조 심볼 내의 기설정된 비트에 맵핑할 수 있다.

[0608] 이 경우, 복수의 비트 그룹 각각은 M 개의 비트로 구성되며, M은 N_{ldpc}와 K_{ldpc}의 공약수이며, $Q_{ldpc}=(N_{ldpc}-K_{ldpc})/M$이 성립하도록 결정될 수 있다. 여기에서, Q_{ldpc}는 패리티 검사 행렬을 구성하는 정보어 부분 행렬의 열 그룹 내에서 열들에 대한 시클릭 쉬프트 파리미터 값, N_{ldpc}는 LDPC 부호어의 길이, K_{ldpc}는 LDPC 부호어를 구성하는 정보어 비트들의 길이이다.

[0609] 한편, S3020 단계는 LDPC 부호어를 구성하는 패리티 비트들을 인터리빙하고, 패리티 인터리빙된 LDPC 부호어를 상기 복수의 비트 그룹으로 구분하고, 복수의 비트 그룹의 순서를 그룹 단위로 재정렬하고, 순서가 재정렬된 복수의 비트 그룹을 인터리빙할 수 있다.

[0610] 구체적으로, 상술한 수학식 15에 기초하여 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다. 이 경우, 수학식 15에서 π(j)는 LDPC 부호어의 길이, 변조 방식 및 부호율 중 적어도 하나에 기초하여 결정될 수 있다.

[0611] 구체적인 일 예로, π(j)는 LDPC 부호어의 길이가 64800이고 변조 방식이 1024-QAM이고 부호율이 6/15인 경우, 상술한 표 9와 같이 정의될 수 있다.

[0612] 다른 예로, π(j)는 LDPC 부호어의 길이가 64800이고 변조 방식이 1024-QAM이고 상기 부호율이 8/15인 경우, 상술한 표 10과 같이 정의될 수 있다.

[0613] 또 다른 예로, π(j)는 LDPC 부호어의 길이가 64800이고 변조 방식이 1024-QAM이고 부호율이 12/15인 경우, 상술한 표 13과 같이 정의될 수 있다.

[0614] 다만, 이는 일 예일 뿐이며, π(j)는 상술한 표 11 또는 표 12와 같이 정의될 수 있다.

[0615] 또한, 복수의 그룹의 순서를 그룹 단위로 재정렬함에 있어 수학식 16이 이용될 수도 있으며, 이 경우 π(j)는 상술한 표 15 내지 표 20과 같이 정의될 수도 있다.

[0616] 한편, 순서가 재정렬된 복수의 비트 그룹을 인터리빙하는 경우, 복수의 비트 그룹을 비트 그룹 단위로 복수의 열 각각에 열 방향으로 라이트하고, 복수의 비트 그룹이 비트 그룹 단위로 라이트된 복수의 열의 각 행을 행 방향으로 리드하여 인터리빙을 수행할 수 있다.

[0617] 이 경우, 복수의 비트 그룹 중 복수의 열 각각에 비트 그룹 단위로 라이트 가능한 적어도 일부의 비트 그룹을

복수의 열 각각에 순차적으로 라이트한 후, 복수의 열 각각에서 적어도 일부의 비트 그룹이 비트 그룹 단위로 라이트 되고 남은 나머지 영역에 나머지 비트 그룹을 분할하여 라이트할 수 있다.

[0618] 한편, S3020 단계는 상술한 방법 외에도 다른 방식에 의해 인터리빙을 수행할 수도 있다.

[0619] 구체적으로, 상술한 수학식 17 및 표 29 내지 표 34를 이용하여 인터리빙을 수행하거나, 상술한 수학식 18 및 표 35 내지 표 40을 이용하여 인터리빙을 수행할 수 있다.

[0620] 이 경우에서, 동일한 변조 심볼에 맵핑되는 비트를 포함하는 적어도 하나의 비트 그룹이 비트 그룹 단위로 순차적으로 배열된 배열 단위가 반복되도록 복수의 비트 그룹의 순서를 비트 그룹 단위로 재정렬할 수 있다.

[0621] 여기에서, 복수의 비트 그룹을 인터리빙하는 경우 순서가 재정렬된 복수의 비트 그룹 중 동일한 변조 심볼에 맵핑되는 비트를 포함하는 적어도 하나의 비트 그룹을 각 행에 행 방향으로 라이트하고, 적어도 하나의 비트 그룹이 라이트된 행의 각 열을 열 방향으로 리드하여 인터리빙을 수행할 수 있다.

[0622] 한편, 본 발명에 따른 인터리빙 방법을 순차적으로 수행하는 프로그램이 저장된 비일시적 판독 가능 매체(non-transitory computer readable medium)가 제공될 수 있다.

[0623] 비일시적 판독 가능 매체란 레지스터, 캐쉬, 메모리 등과 같이 짧은 순간 동안 데이터를 저장하는 매체가 아니라 반영구적으로 데이터를 저장하며, 기기에 의해 판독(reading)이 가능한 매체를 의미한다. 구체적으로는, 다양한 어플리케이션 또는 프로그램들은 CD, DVD, 하드 디스크, 블루레이 디스크, USB, 메모리카드, ROM 등과 같은 비일시적 판독 가능 매체에 저장되어 제공될 수 있다.

[0624] 또한, 송신 장치 및 수신 장치에 대해 도시한 상술한 블록도에서는 버스(bus)를 미도시하였으나, 각 장치에서 각 구성요소 간의 통신은 버스를 통해 이루어질 수도 있다. 또한, 각 장치에는 상술한 다양한 단계를 수행하는 CPU, 마이크로 프로세서 등과 같은 프로세서가 더 포함될 수도 있다.

[0625] 또한, 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시 예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 본 발명은 상술한 특정의 실시 예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진자에 의해 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형실시들은 본 발명의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해되어져서는 안될 것이다.

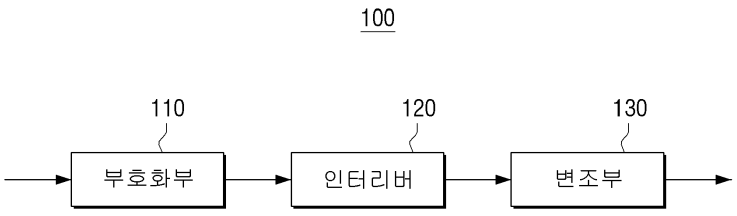
부호의 설명

[0626] 100 : 송신 장치 110 : 부호화부

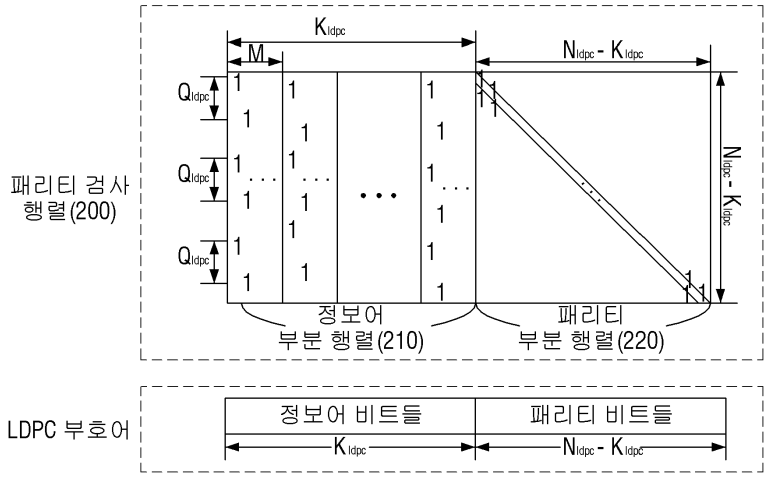
120 : 인터리버 130 : 변조부

도면

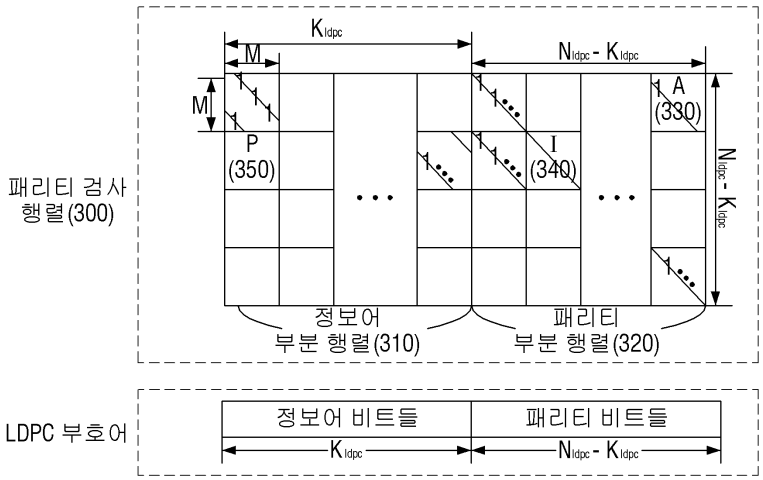
도면1



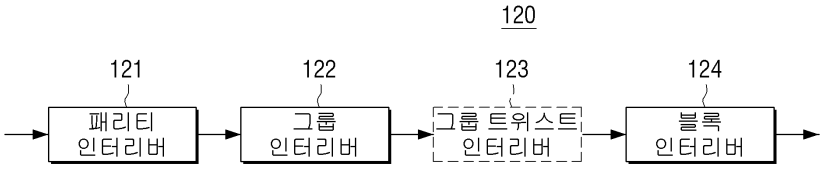
도면2



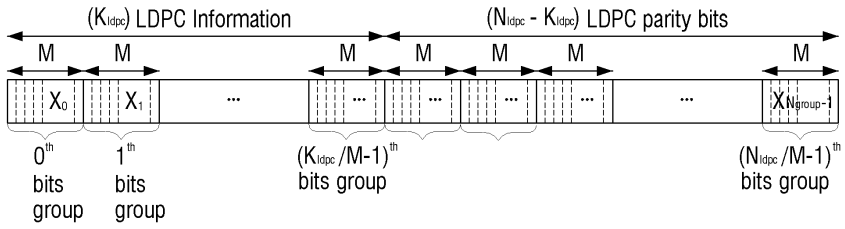
도면3



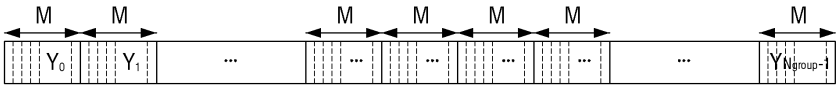
도면4



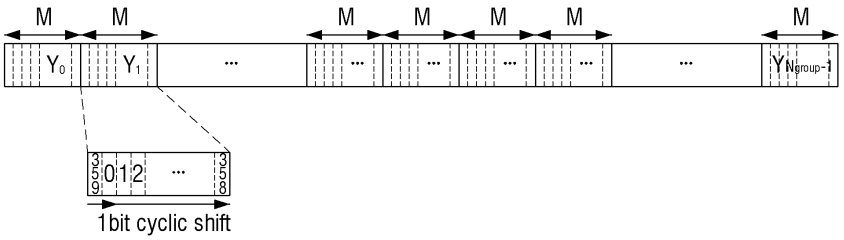
도면5



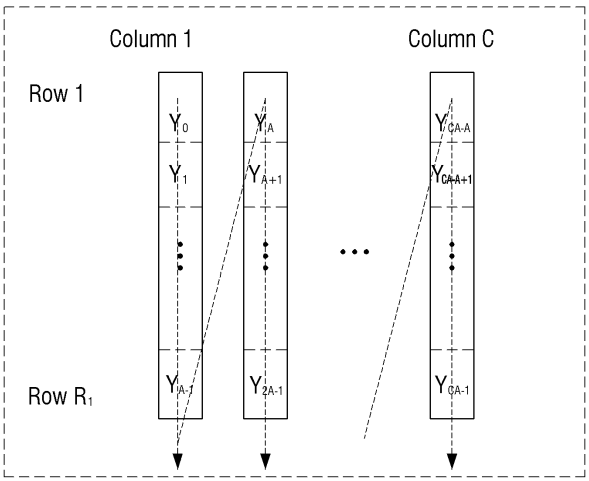
도면6

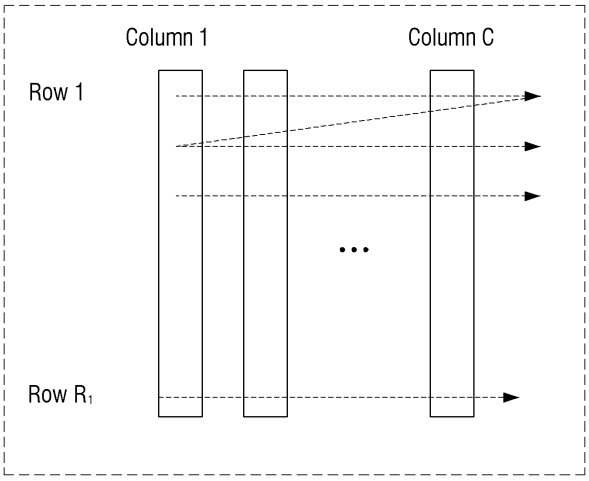

M
M
M
M
M
M
M
Y_0
Y_1
...
$Y_{Ngroup-1}$

도면7

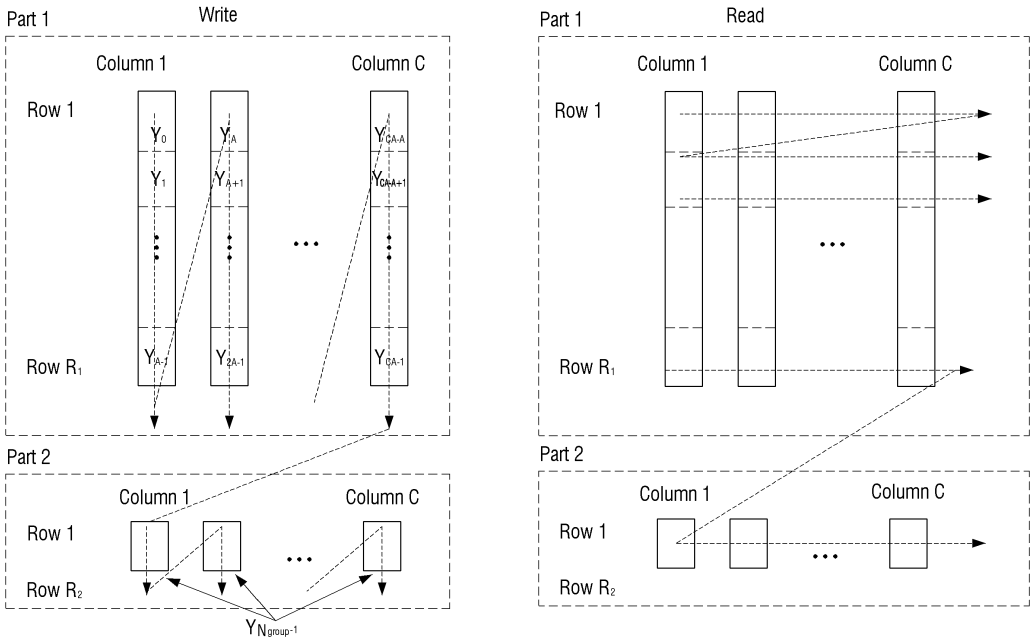

M
M
M
M
M
M
M
Y_0
Y_1
...
$Y_{Ngroup-1}$
0 1 2 ...
1bit cyclic shift

도면8

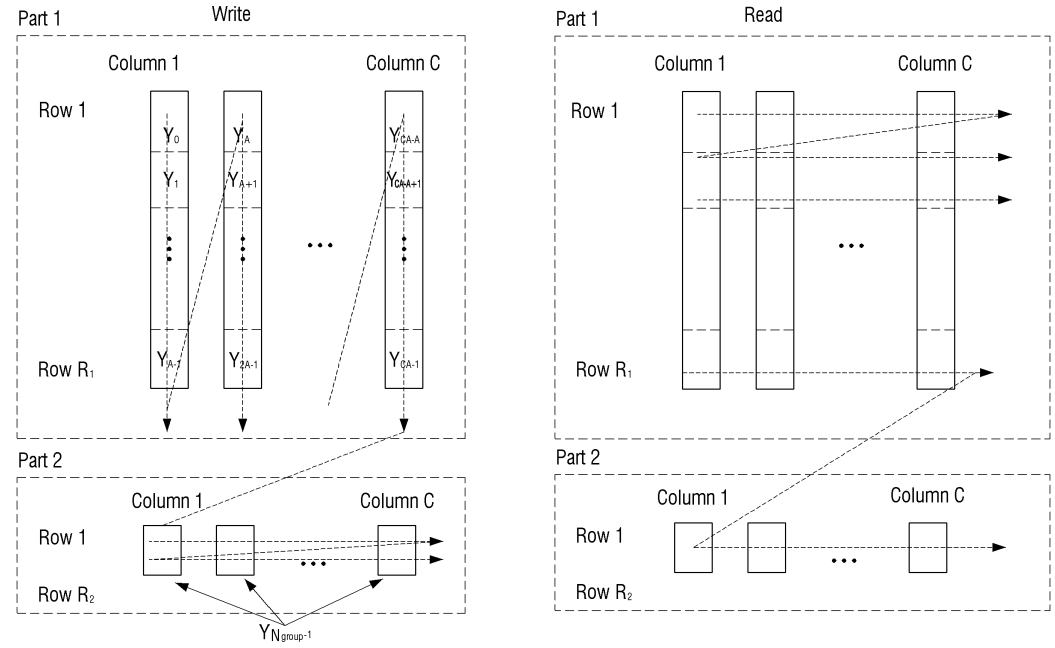

Column 1
Column C
Row 1
Row R_1
Y_0
Y_1
Y_{A-1}
Y_A
Y_{A+1}
Y_{2A-1}
Y_{CA-A}
Y_{CA-A+1}
Y_{CA-1}


Column 1
Column C
Row 1
Row R_1

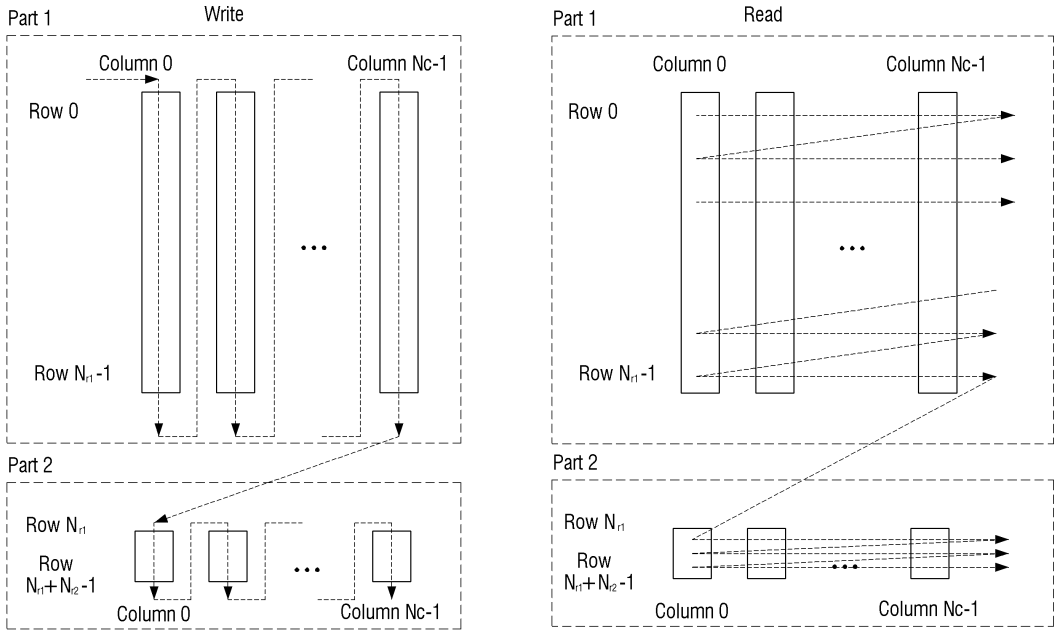
도면9


Part 1
Write
Column 1
Column C
Row 1
Row R1
Part 2
Column 1
Column C
Row 1
Row R2
Part 1
Read
Column 1
Column C
Row 1
Row R1
Part 2
Column 1
Column C
Row 1
Row R2

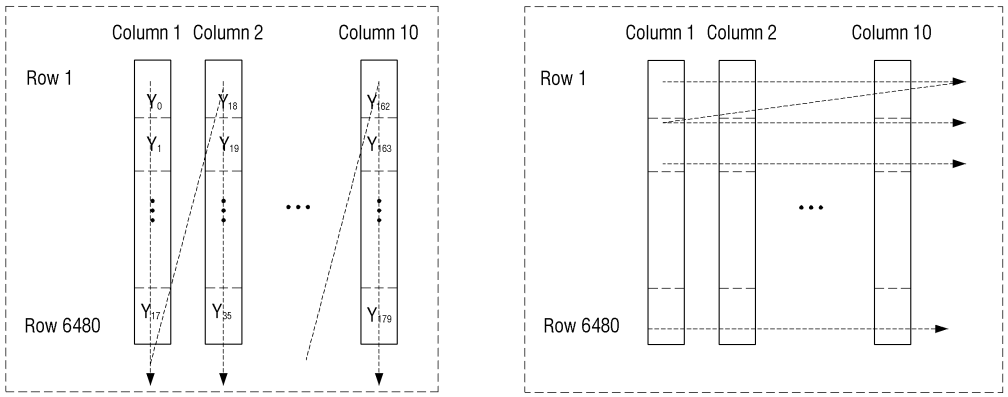
도면10


Part 1
Write
Column 1
Column C
Row 1
Row R1
Part 2
Column 1
Column C
Row 1
Row R2
Part 1
Read
Column 1
Column C
Row 1
Row R1
Part 2
Column 1
Column C
Row 1
Row R2

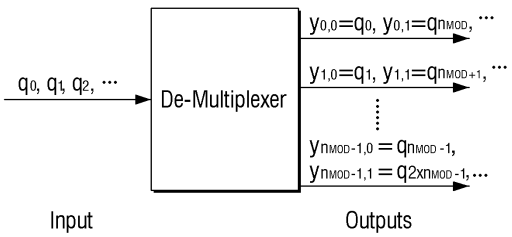
도면11



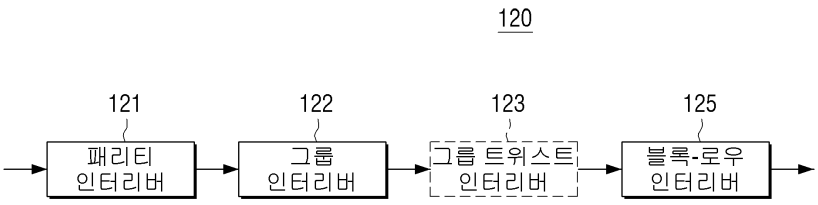
도면12



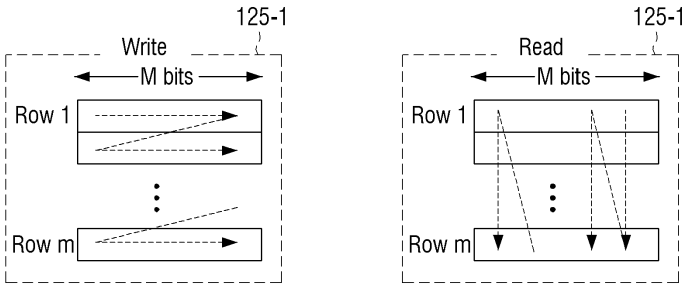
도면13



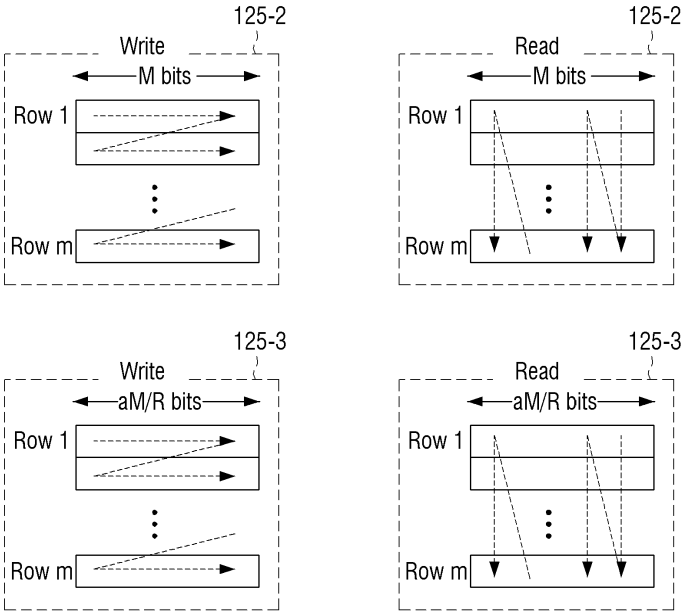
도면14



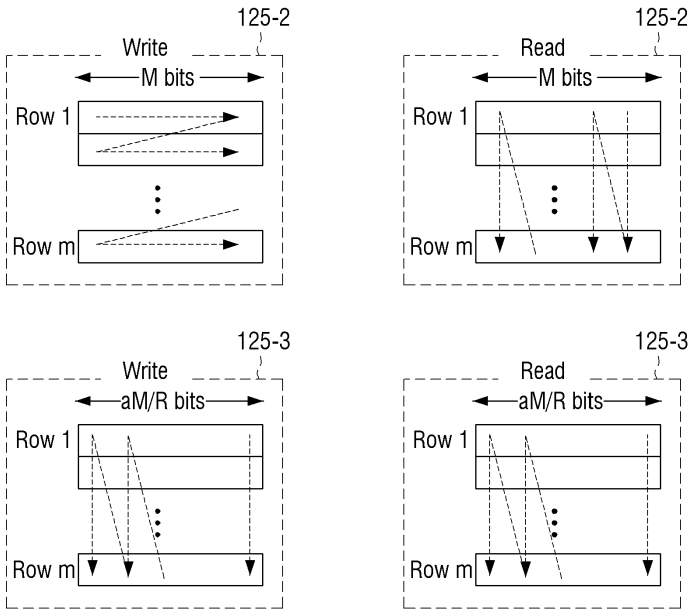
도면15



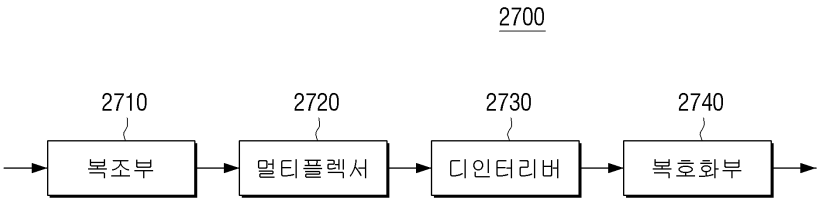
도면16



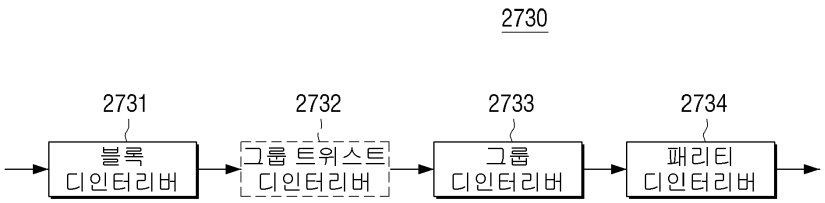
도면17



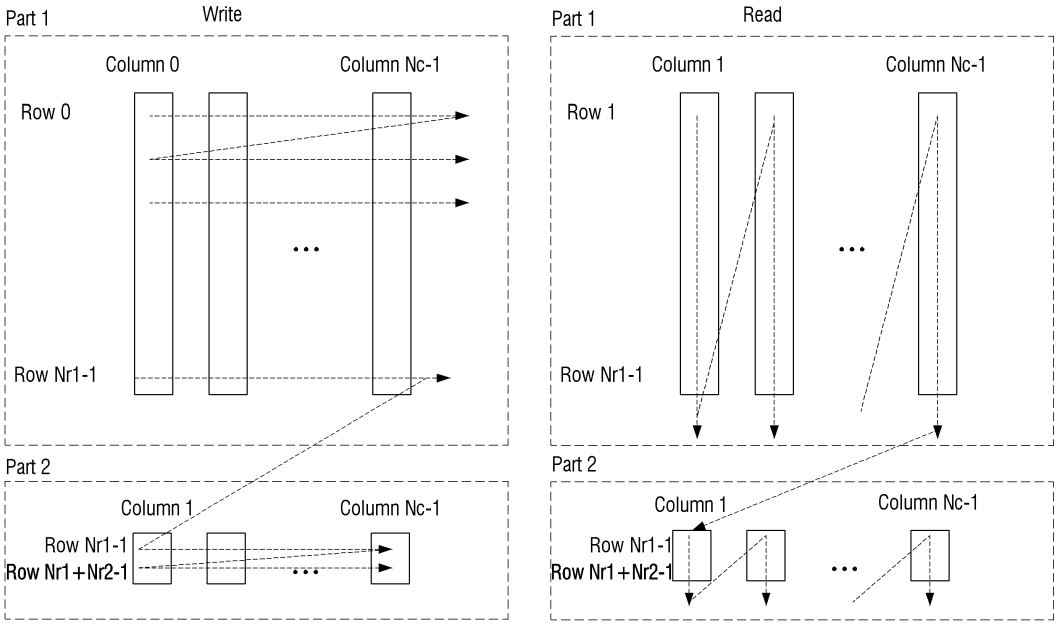
도면18



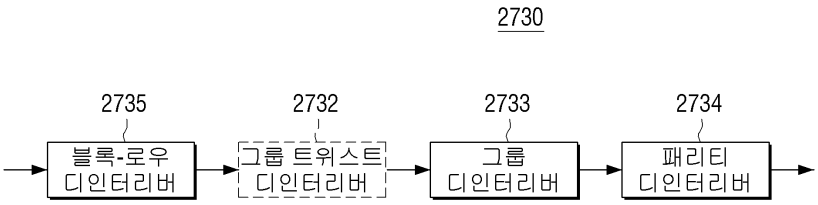
도면19



도면20



도면21



도면22

