

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-155195
(P2014-155195A)

(43) 公開日 平成26年8月25日(2014.8.25)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
 HO3M 13/19 (2006.01) HO3M 13/19 5J065
 HO3M 13/29 (2006.01) HO3M 13/29

審査請求 未請求 請求項の数 19 O L (全 62 頁)

(21) 出願番号 特願2013-26098 (P2013-26098)
 (22) 出願日 平成25年2月13日 (2013.2.13)

(71) 出願人 00004352
 日本放送協会
 東京都渋谷区神南2丁目2番1号
 (74) 代理人 100143568
 弁理士 英 貢
 (72) 発明者 鈴木 陽一
 東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日
 本放送協会放送技術研究所内
 (72) 発明者 橋本 明記
 東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日
 本放送協会放送技術研究所内
 (72) 発明者 松▲崎▼ 敬文
 東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日
 本放送協会放送技術研究所内

最終頁に続く

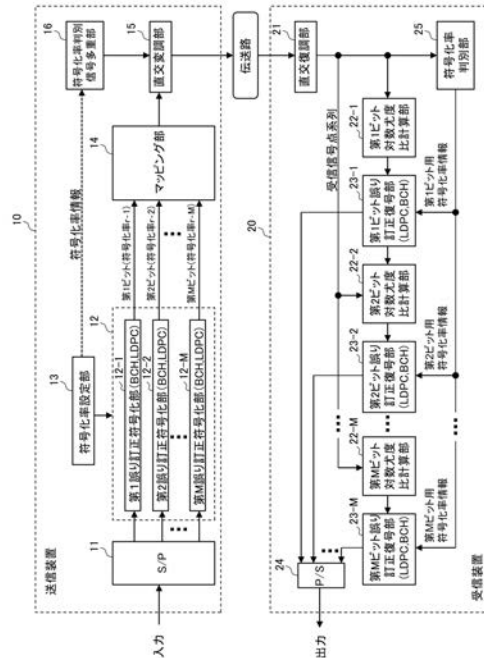
(54) 【発明の名称】 送信装置及び受信装置

(57) 【要約】

【課題】耐雑音性に優れたデジタルデータの送信装置及び受信装置を提供する。

【解決手段】本発明の送信装置10は、シンボル構成ビットの各ビットに対して個別に符号化率を設定されたLDPC符号及びBCH符号により連接符号化を行う誤り訂正符号化部12と、集合分割法のシンボル構成ビットを信号点系列に変換するマッピング部14と、信号点系列を直交変調する直交変調部15とを備える。LDPC符号はビット毎の訂正能力に応じて定められた所定数の符号化率を有し、シンボル構成ビットの各ビットに設定される符号化率は、シンボル構成ビットの第2ビット以降について訂正能力が第1ビットの所要C/N相当となる符号化率を設定する。本発明の受信装置20は、本発明の送信装置10で送信した変調波信号を受信して、集合分割法におけるシンボル構成ビットの各ビットに対して個別に設定されたLDPC符号の符号化率に基づいて復号する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

デジタルデータの伝送を行う送信装置であって、

L D P C 符号及び B C H 符号から構成される接続符号化手段と、

複数の符号語系列を入力シンボル系列とし、該入力シンボル系列のシンボル構成ビットを、一様に信号点間の最小ユークリッド距離が拡大するように分割する集合分割により得られたシンボルと信号点との対応関係に基づいて、信号点系列に変換するシンボル / 信号点変換手段と、

前記シンボル / 信号点変換手段により生成された信号点系列を直交変調する直交変調手段とを備え、

前記接続符号化手段はビット毎の訂正能力に応じて定められた所定数の符号化率を有し、

当該シンボル構成ビットのうち第 1 ビットについては所要 C / N に対応する訂正能力の符号化率で符号化し、第 2 ビット以降については前記所定数の符号化率のうち所要 C / N が前記所要 C / N に対して所定範囲内の C / N となる最も高い符号化率で符号化することを特徴とする送信装置。

【請求項 2】

前記 L D P C 符号の符号長が 4 4 8 8 0 であることを特徴とする、請求項 1 に記載の送信装置。

【請求項 3】

前記 B C H 符号が B C H (6 5 5 3 5 , 6 5 1 6 7) 短縮化符号及び B C H (6 5 5 3 5 , 6 5 3 4 3) 短縮化符号のうちいずれか一方であることを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の送信装置。

【請求項 4】

前記 L D P C 符号は、前記所定数の符号化率として $47/120$ 、 $53/120$ 、 $60/120$ 、 $112/120$ 、 $114/120$ 、 $115/120$ 及び $120/120$ (L D P C パリティなし) のうち 3 以上を有することを特徴とする、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の送信装置。

【請求項 5】

前記シンボル構成ビットが 3 ビットの際に、各ビットに適用する符号化率をそれぞれ (r_1 , r_2 , r_3) としたとき、ビット毎の符号化率組み合わせとして、($47/120$, $112/120$, $120/120$)、($53/120$, $114/120$, $120/120$)、($60/120$, $115/120$, $120/120$) のうちのいずれかであることを特徴とする、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の送信装置。

【請求項 6】

前記 L D P C 符号は、前記所定数の符号化率として $0.39 \pm 10\%$, $0.44 \pm 10\%$, $0.50 \pm 10\%$, $0.93 \pm 10\%$, $0.95 \pm 10\%$, $0.96 \pm 10\%$ 及び 1.00 (L D P C パリティなし) のうち 3 以上を有することを特徴とする、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の送信装置。

【請求項 7】

前記シンボル構成ビットが 3 ビットの際に、各ビットに適用する符号化率をそれぞれ (r_1 , r_2 , r_3) としたとき、ビット毎の符号化率組み合わせとして、($0.39 \pm 10\%$, $0.93 \pm 10\%$, 1.00)、($0.44 \pm 10\%$, $0.95 \pm 10\%$, 1.00)、($0.50 \pm 10\%$, $0.96 \pm 10\%$, 1.00) のうちのいずれかであることを特徴とする、請求項 1 から 3 および 6 のいずれか一項に記載の送信装置。

【請求項 8】

前記直交変調手段は、前記 L D P C 符号及び B C H 符号のうち 1 以上の符号化率に関する情報を、伝送多重制御信号により伝送する符号化率判別信号多重手段を備えることを特徴とする、請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の送信装置。

【請求項 9】

10

20

30

40

50

前記連接符号化手段は、符号化率毎に固有の検査行列を用いて当該デジタルデータを L D P C 符号化する符号化器を備え、

前記符号化器は、44880ビットからなる符号長で符号化率毎に予め定めた検査行列初期値テーブルを初期値として、符号化率47/120に応じた情報長に対応する部分行列の1の要素を、列方向に374列毎の周期で配置して構成した検査行列を用いて L D P C 符号化を行う手段を有し、

前記符号化率47/120の検査行列初期値テーブルは、

【表1】

符号化率47/120の検査行列初期値テーブル

2047	6883	10324	11812	13393	14416	14602	15625	15811	16555	25018	26785
2512	3628	4744	12778	10789	11347	11533	13951	15997	21205	25204	26041
280	5581	9580	10975	15346	17299	18508	18973	21391	21670	23251	25762
4093	5767	7534	9673	10882	12370	13114	16648	18880	23995	24181	26878
1	1861	4000	6697	8675	7441	14881	16276	20554	20926	24088	24739
1582	6908	5674	10603	12928	14044	23466	19345	19717	24399	25297	26413
652	1675	2698	5209	9394	11068	18019	14788	17206	19066	21763	25948
3798	1210	4837	7906	8278	8557	9115	10696	15253	17578	19252	19438
466	2977	9070	6232	6418	8743	14265	13300	19810	21949	22228	22507
3247	4465	8382	7348	7813	13395	13486	13579	24925	26320	26692	26971
5669	11604	9952	12277	18018	17020	19624	23560	20368	21298	21484	23623
811	1814	5796	10221	7255	12828	14668	16741	21856	23065	23902	26134
4693	3349	5214	4372	8865	15560	20901	19375	22693	27082	26227	26599
2140	2419	3070	3256	3721	9896	10138	17764	22297	23135	23344	24646
6373	8440	6171	8185	13223	15795	18551	18694	22717	27006	22321	24553
2233	10297	24202	17148	18925	23870	24257	24832	25483	26506	27064	
10090	5488	16291	14354	17879	18079	20788	21248	18229	19531	24460	
14817	19903	22879									
2605	10920	13672									
9766	18948	16834									
5953	11998	20182									
15276	15904	22786									
1396	5860	25855									
6139	16927	21112									
3442	17113	23716									
5395	22135	24367									
7060	10045	15160									
7162	11161	25669									
13481	16369	20833									
8503	12742	18415									
6325	17857	23809									
10417	14509	23530									
745	24742	25576									
931	5116	22972									
12452	12649	14323									
6604	11440	24274									
1954	3907	15067									
8929	16183	18043									
4332	20331	18787									
6556	14695	22600									
7720	17950	23437									
4039	7168	8464									
187	2326	17485									
11905	24516	21577									
10501	12556	18601									
2791	20740	22414									
2884	15439	25390									

10

20

30

40

からなることを特徴とする請求項1から8のいずれか一項に記載の送信装置。

【請求項10】

前記連接符号化手段は、符号化率毎に固有の検査行列を用いて当該デジタルデータを L

50

D P C 符号化する符号化器を備え、

前記符号化器は、44880ビットからなる符号長で符号化率毎に予め定めた検査行列初期値テーブルを初期値として、符号化率 $53/120$ に応じた情報長に対応する部分行列の1の要素を、列方向に374列毎の周期で配置して構成した検査行列を用いてL D P C 符号化を行う手段を有し、

前記符号化率 $53/120$ の検査行列初期値テーブルは、

【表 2】

符号化率53/120の検査行列初期値テーブル

4726	5326	7126	8851	9826	16501	18976	21001	21076	21151	21226	21751	22051	22426
1201	4501	7426	8626	9001	10051	10651	13840	11101	11926	13426	16651	19501	21526
3485	301	5111	2251	3076	3151	6053	9676	11851	12001	14476	14851	17851	19651
226	4276	9487	10620	12142	10801	12601	14522	19530	18085	17101	19876	23926	24826
1740	7049	8200	4201	10726	11326	12151	13276	15001	18589	16201	18826	24989	21976
376	4576	5551	5626	9226	13947	13951	14251	17476	20926	21451	21826	22351	22651
151	1726	2176	2626	4426	8326	10126	12676	14176	15162	15826	22815	22576	24301
7790	4456	3676	4051	8481	5401	10334	11493	11683	15997	12076	12976	18151	24226
5269	2945	2701	6901	10501	17762	15151	15526	16051	16935	17326	19576	20326	21376
13316	8401	14558	15386	15608	12826	19519	18961	19726	19951	22647	20626	23326	23626
10702	7443	11725	1951	3288	5203	7164	11512	9976	13351	19056	19808	18901	23551
5438	5889	13141	7057	14951	8701	12112	11176	13501	17797	23925	16576	22501	24376
1801	3751	4351	14952	9661	7876	10196	15007	18719	19464	21878	20227	20551	23026
10528	5752	8263	12031	7955	10064	9769	9854	11626	14326	18890	21665	20251	24076
1501	8385	8516	18854	9305	7951	17654	18014	19198	15545	1519	19276	19426	23251
11100	8537	18980	13502	12781	7726	8176	13596	17209	19567	22321	20851	21901	24976
1276	21601	24526											
4141	5251	10426											
9892	10576	12301											
6113	9351	8101											
10871	10951	13201											
6971	10125	17701											
5540	14101	16126											
2776	3001	24151											
17401	23101	24901											
22517	19051	22876											
10082	21181	20476											
21338	23401	23701											
3526	6076	18751											
11865	9451	22201											
10114	12376	24001											
8551	10876	15226											
16883	15451	18226											
7789	11551	22126											
15301	21301	22276											
14796	17551	23851											
3901	8026	18676											
19740	19126	23176											
14551	15194	15676											
4982	4876	9376											
20178	19201	24601											
9812	18701	17776											
2401	14426	20401											
7941	14906	23476											
2851	7351	20776											
13364	17548	25051											
9601	21030	22801											
8825	22366	24451											
5026	17926	24751											
7801	13051	23776											
901	9151	24676											
14830	21190	22951											
13772	18076	22726											

10

20

30

40

からなることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の送信装置。

【請求項 1 1】

前記接続符号化手段は、符号化率毎に固有の検査行列を用いて当該デジタルデータを L D P C 符号化する符号化器を備え、

前記符号化器は、44880ビットからなる符号長で符号化率毎に予め定めた検査行列

50

初期値テーブルを初期値として、符号化率60/120に応じた情報長に対応する部分行列の1の要素を、列方向に374列毎の周期で配置して構成した検査行列を用いてLDP符号化を行う手段を有し、

前記符号化率60/120の検査行列初期値テーブルは、

【表3】

符号化率60/120の検査行列初期値テーブル

119	2892	5429	7022	9028	10149	11506	13335	13866	14220	17819	19943	21123
1063	3449	1948	2243	6137	6963	14987	15282	15813	17111	17288	18586	188
3010	4898	5842	8851	9087	9677	10621	14733	13276	14043	14515	15459	15872
532	1712	4979	13142	11093	15989	13748	13807	19051	17487	16757	18645	19532
2847	4190	4957	13395	6668	8497	9618	14856	15808	13630	16802	17524	19176
2479	3541	6120	6113	6373	7848	11743	11512	17521	16226	16285	16403	19648
591	3305	4903	5606	8615	11719	10916	16126	16896	16344	18232	20779	20415
4122	4839	10260	9518	8792	11034	11565	11919	13055	14872	16875	16993	18704
2313	3324	2833	8349	5455	6712	7258	11086	11373	10208	11388	19117	20474
2276	4757	5294	8163	4780	6092	12674	12214	17579	19469	16698	17937	19058
2881	6925	5334	8025	6423	15032	12391	21403	15400	18009	17996	18291	19353
4793	2361	3616	6904	14199	13200	12450	16152	17156	783	18114	18881	20533
957	11756	9227	4721	8556	12145	14007	14654	14869	15695	21879	19471	19884
8815	3347	7961	13599	5196	5122	10562	11610	11097	15105	16424	15817	17347
12991	2420	12192	6786	12760	13040	17891	17465	18940	20015	20297	20710	21005
1665	8617	20491	8896	9431	10747	7317	7671	12923	14062	14301	18527	20002
13440	12366	13879	9114	13484	11104	18767	20558	4037	20307	19825	20651	4
2818	5810	2808	11206	8478	10790	9582	10452	16018	15518	21554	18409	20238
7612	12804	14633										
4055	3718	10031										
7189	15073	13689										
12320	10090	15341										
10835	14058	18055										
20983	19362	20356										
2010	8320	16108										
5475	13782	19766										
5134	9913	17878										
4384	7376	17170										
2066	8525	19589										
4431	8674	11211										
9441	16580	16816										
414	19370	20120										
5901	10975	20887										
3820	8469	7435										
1724	14574	20061										
5668	20586	21182										
11667	8298	12037										
6550	15863	17701										
5724	7460	12686										
17853	8939	14397										
10798	12764	14751										
7965	6314	19530										
7868	6145	9736										
7248	11602	13984										
7553	14810	19294										
4544	11724	15990										
5314	4797	9146										
709	6431	18468										
10035	16521	17052										
7789	8910	17642										
4662	5196	11683										
13439	13099	20769										
8903	11885	16639										
11681	12727	13925										
8461	11526	14928										
10126	14681	20946										
11489	11270	12745										
11329	17760	20592										
3967	16462	18173										
6878	7907	15754										

10

20

30

40

からなることを特徴とする請求項1から8のいずれか一項に記載の送信装置。

50

【請求項 1 2】

前記接続符号化手段は、符号化率毎に固有の検査行列を用いて当該デジタルデータを LDPC 符号化する符号化器を備え、

前記符号化器は、44880 ビットからなる符号長で符号化率毎に予め定めた検査行列初期値テーブルを初期値として、符号化率 112 / 120 に応じた情報長に対応する部分行列の 1 の要素を、列方向に 374 列毎の周期で配置して構成した検査行列を用いて LDPC 符号化を行う手段を有し、

前記符号化率 112 / 120 の検査行列初期値テーブルは、

【表 4 - 1】

符号化率112/120の検査行列初期値テーブル(前半)

1408	1429	1506	
701	883	1765	
610	1954	1961	
386	505	1058	
694	960	2108	
722	1142	1485	
15	708	1534	
64	1198	2332	
512	778	1779	
1387	1814	2275	10
288	302	1051	
50	645	1149	
463	2052	2283	
533	953	1009	
988	1345	1576	
337	904	1597	
568	2115	2192	
267	617	890	
435	631	2339	
22	211	1457	
162	1464	1709	
869	1254	1905	
1541	2043	2199	20
407	1471	1618	
322	1093	1163	
876	1821	2346	
761	2150	2297	
575	785	2276	
771	1058	1331	
358	659	1737	
351	1590	2220	
1695	2122	2164	
470	1842	2024	
484	981	1611	
589	1968	2176	
134	1170	1653	30
71	561	1415	
379	519	2017	
1359	1436	1478	
442	1226	2038	
414	911	1716	
1828	2157	2311	
624	1482	1870	
197	204	1520	
596	1615	1884	
218	1380	2269	
1030	1212	1996	
113	554	1289	
29	736	1758	40
169	491	1835	
148	1317	1625	
712	1443	1744	
750	799	2213	
141	1786	2255	
85	1800	1856	
421	582	1919	

【表 4 - 2】

符号化率112/120の検査行列初期値テーブル(後半)

281	988	1079
155	330	687
974	1975	2101
1086	2045	2185
923	1366	1674
456	1562	2178
1277	1296	2143
83	1646	2171
897	1016	1247
1065	1947	2304
1177	1219	1352
757	854	1268
92	498	2290
1051	1053	1114
1037	1555	1681
1	1877	2080
232	1121	1233
848	1989	2318
737	1492	2241
813	1216	2325
652	674	2094
621	547	2073
332	603	1688
36	1849	2031
850	1632	1667
1072	1275	2234
365	1135	1671
323	1548	2066
388	839	2262
106	855	1940
120	206	1569
433	1044	1604
428	841	862
176	183	1156
526	1100	1205
246	440	1401
1303	1372	1951
24	253	2059
295	1362	2095
349	433	2280
344	715	918
1282	1422	1849
449	1191	1772
947	1240	1891
127	239	1184
78	999	1660
564	1982	2206
1373	1499	2010
1310	1426	1513
1734	1730	1898
638	1936	1933
163	388	1847
185	852	948
1023	1723	1751
946	1131	1527
856	2006	2129

10

20

30

40

からなることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の送信装置。

【請求項 1 3】

前記接続符号化手段は、符号化率毎に固有の検査行列を用いて当該デジタルデータを L D P C 符号化する符号化器を備え、

50

前記符号化器は、44880ビットからなる符号長で符号化率毎に予め定めた検査行列初期値テーブルを初期値として、符号化率114/120に応じた情報長に対応する部分行列の1の要素を、列方向に374列毎の周期で配置して構成した検査行列を用いてLDPC符号化を行う手段を有し、

前記符号化率114/120の検査行列初期値テーブルは、

【表 5 - 1】

符号化率114/120の検査行列初期値テーブル(前半)

101	301	1541	
81	176	841	
396	861	1331	
426	821	972	
416	951	1066	
266	496	1321	
286	526	956	
736	856	1076	
148	566	851	
26	46	446	10
86	461	1506	
911	976	986	
671	1036	1251	
91	241	832	
276	586	601	
721	1241	1646	
421	1086	1446	
17	156	731	
181	306	451	
31	921	1371	
361	1006	1391	
436	949	1671	
805	1192	1606	20
146	651	1516	
338	1111	1681	
166	331	541	
641	1116	1406	
476	1026	1131	
161	871	1171	
1	316	1366	
626	916	1571	
386	1350	1596	
51	591	1591	
71	291	1566	
251	1401	1436	
596	926	1296	30
581	696	1246	
672	686	1621	
246	506	1496	
66	321	1561	
486	941	1096	
551	1336	1696	
230	487	1306	
810	1301	1341	
171	946	1276	
366	1211	1706	
1195	1351	1641	
406	1426	1676	
356	1081	1481	40
673	906	1221	
706	1001	1191	
766	1056	1491	
534	631	967	
196	576	1461	
711	1051	1346	
137	1043	1176	

【表 5 - 2】

符号化率114/120の検査行列初期値テーブル(後半)

1417	1586	1701	
236	761	831	
151	536	1034	
79	765	846	
806	1061	1656	
813	881	1531	
629	981	1651	
346	351	531	
1314	1362	1567	
48	756	1546	10
411	901	1151	
342	646	1136	
111	791	1181	
471	1045	1626	
1373	1421	1431	
523	721	1091	
983	1162	1616	
1201	1581	1631	
746	832	1256	
701	1026	1373	
580	1457	1643	
1184	1466	1482	
28	311	896	
51	221	606	20
313	668	1156	
388	1146	1281	
521	746	991	
74	699	942	
1011	1216	1611	
279	377	571	
201	1041	1386	
670	902	1226	
1006	1388	1471	
292	320	1231	
195	1374	1311	
108	281	546	
391	1046	1261	30
756	801	822	
471	1486	1556	
509	776	1137	
389	877	1381	
1284	1352	1686	
198	1528	1526	
277	682	1071	
431	1468	1416	
570	751	1118	
484	1618	1721	
126	216	891	
1245	1352	1661	
221	579	852	
59	1256	1636	40
283	501	1569	
479	645	1477	
286	393	1536	
878	1121	1521	
100	255	1291	
254	142	1690	
30	906	1553	

からなることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の送信装置。

【請求項 1 4】

前記接続符号化手段は、符号化率毎に固有の検査行列を用いて当該デジタルデータを LDPC 符号化する符号化器を備え、

前記符号化器は、44880ビットからなる符号長で符号化率毎に予め定めた検査行列初期値テーブルを初期値として、符号化率115/120に応じた情報長に対応する部分行列の1の要素を、列方向に374列毎の周期で配置して構成した検査行列を用いてLDPC符号化を行う手段を有し、

前記符号化率115/120の検査行列初期値テーブルは、

【表6-1】

符号化率115/120の検査行列初期値テーブル(前半)

273	811	1321
721	1087	1245
51	625	1149
577	817	1101
193	1045	1293
493	1285	1313
109	497	1253
5	413	1129
153	225	249
233	325	797
29	595	1057
517	625	1301
265	685	1189
65	917	1169
505	947	1161
596	665	997
201	217	361
357	706	941
161	461	974
777	1198	1205
653	1153	1265
967	897	1146
346	401	405
369	693	1017
445	745	1178
611	705	989
829	965	1113
691	1237	1325
185	321	1353
347	1041	1233
37	155	1257
237	353	901
111	337	629
533	765	1365
385	553	677
269	766	1073
257	689	865
469	933	1089
621	741	1109
117	97	793
375	533	1229
40	1086	1349
591	1093	1369
265	666	873
381	1013	1329
317	501	1053
589	949	1310
286	855	1177
146	253	805
469	787	849
104	71	597
31	383	473
73	136	945
83	834	813
77	205	769
100	447	853

10

20

30

40

50

【表 6 - 2】

符号化率115/120の検査行列初期値テーブル(後半)

132	957	1009	
427	578	601	
170	930	977	
648	725	1021	
137	593	1001	
335	333	1249	
281	1121	1209	
347	313	1277	
88	134	869	
194	209	1181	10
191	575	1373	
457	402	429	
148	486	778	
82	628	1213	
213	313	1309	
289	881	1221	
919	1247	1345	
18	149	1145	
550	1037	1241	
177	409	953	
174	228	529	
669	1137	1197	
629	634	632	
51	550	1269	20
95	349	961	
747	885	1361	
234	499	833	
9	457	1033	
531	1065	1110	
471	1185	1289	
296	825	1025	
749	877	1273	
295	718	1297	
409	507	893	
520	846	973	
524	889	1170	
478	572	781	
669	743	1010	30
207	670	1100	
1031	1135	1357	
139	652	993	
157	433	905	
747	941	1157	
128	1337	1382	
334	435	709	
69	753	785	
1025	1061	1341	
624	891	1059	
193	1127	1317	
336	809	1281	
698	1029	1225	40
150	560	1353	
345	736	1201	
136	408	929	
461	557	657	
140	734	821	
1109	1097	1261	
271	913	1133	
359	697	837	

からなることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の送信装置。

【請求項 1 5】

デジタルデータの受信装置であって、

L D P C 符号及び B C H 符号から構成される接続符号化を施した変調波信号を直交復調 50

し、受信信号点系列を出力する直交復調手段と、

複数の符号語系列を入力シンボル系列とし、該入力シンボル系列のシンボル構成ビットを、一様に信号点間の最小ユークリッド距離が拡大するように分割する集合分割法により得られる信号点とシンボルの対応関係に基づいて、当該シンボル構成ビットに対応する復号処理を行う復号手段とを備え、

前記復号手段は、LDPC符号及びBCH符号に関してビット毎の訂正能力に応じて定められた所定数の符号化率を有し、当該シンボル構成ビットのうち第1ビットについては送信側で符号化された所要C/Nに対応する訂正能力の符号化率で、第2ビット以降については送信側で符号化された前記所定数のLDPC符号復号器うち所要C/Nが前記所要C/Nに対して所定範囲内のC/Nとなる最も高い符号化率で、当該シンボル構成ビットに

10

【請求項16】

前記復号手段は、送信側で符号化に用いた符号化率のLDPC符号及びBCH符号に対応する復号を行うことを特徴とする、請求項15に記載の受信装置。

【請求項17】

前記復号手段は、前記LDPC符号及びBCH符号のうち1以上の符号化率情報について、伝送多重制御信号に基づいて判別する符号化率判別手段を備えることを特徴とする、請求項15又は16に記載の受信装置。

【請求項18】

請求項1から8のいずれか一項に記載の送信装置で送信した変調波信号を受信して、前記集合分割法におけるシンボル構成ビットの各ビットに対して個別に設定された前記LDPC符号の符号化率に基づいて復号することを特徴とする受信装置。

20

【請求項19】

請求項9から14のいずれか一項に記載の送信装置で送信した変調波信号を受信して、前記集合分割法におけるシンボル構成ビットの各ビットに対して個別に設定された前記LDPC符号の符号化率と前記検査行列に基づいて復号することを特徴とする受信装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、衛星放送及び地上放送並びに固定通信及び移動通信の技術分野に関するものであり、特に、デジタルデータの送信装置及び受信装置に関する。

30

【背景技術】

【0002】

白色雑音下での伝送性能を向上させる技法として、デジタル変調において、誤り訂正符号の強さと変調マッピングのビットとを適切に組み合わせることで、伝送性能の向上を可能とする符号化変調技術が提案されている（例えば、非特許文献1参照）。

【0003】

この非特許文献1等に記載される符号化変調技術は、日本の衛星デジタル放送規格ISDB-S（例えば、非特許文献2参照）でも採用されており、伝送性能の向上に寄与する技法として実績がある。

40

【0004】

非特許文献1に記載される技法の基本的な原理は、シンボルをマッピングした後の信号点間のユークリッド距離を考慮し、シンボルを構成するビット（以下、シンボル構成ビットと呼ぶ）のうち、ユークリッド距離が互いに短い信号点間で1/0が反転するビットに対しては強い誤り訂正を施し、ユークリッド距離が互いに長い信号点間で1/0が反転するビットに対しては逆に弱い誤り訂正を施す、又は符号化処理を施さないことによって、全体の情報効率を維持しつつ、雑音耐性を向上させる、というものである。

【0005】

また、非特許文献1においては、8PSKを例とした集合分割法とよばれる信号点へのシンボル割り当て方法が提案されている。一例として、集合分割法による8PSK信号点

50

へのシンボル割り当て方法の例を、図 1 4 を用いて説明する。

【 0 0 0 6 】

図 1 4 には、8 P S K の各信号点に割り当てる、3 ビットで構成されるシンボル (0 0 0、0 0 1、 \dots 、1 1 1) が既に記載されているが、これは以下の分割手順を使って信号点へのシンボルの割り当てを行った結果得られるものであり、集合分割を行っている時点においては未だ決定されていない。

【 0 0 0 7 】

最初の分割では 8 つの信号点のうち、隣接する信号点間のユークリッド距離が最大となる様に 4 つの信号点からなる 2 つの信号点群に分割する。ここで、2 つの信号点群のうち、一方の信号点群には、シンボル構成ビットの第 1 ビットに $a_1 = 0$ を割り当て、他方には $a_1 = 1$ を割り当てる。

10

【 0 0 0 8 】

次に、最初の分割で得られた 4 つの信号点で構成される 2 つの信号点群を、それぞれ、隣接する信号点間のユークリッド距離が最大となる様に 2 つの信号点からなる 4 つの信号点群に分割する。ここで、4 つの信号点で構成される信号点群を 2 つの信号点群に分割する際に、一方の信号点群には、シンボル構成ビットの第 2 ビットに $a_2 = 0$ を割り当て、他方には $a_2 = 1$ を割り当てる。

【 0 0 0 9 】

さらに、図 1 4 では省略したが、2 回目の分割で得られた 2 つの信号点で構成される 4 つの信号点群を、それぞれ、1 つの信号点からなる 8 つの信号点群に分割する。ここで、2 つの信号点で構成される信号点群を 1 つの信号点に分割する際に、一方の信号点群には、シンボル構成ビットの第 3 ビットに $a_3 = 0$ を割り当て、他方には $a_3 = 1$ を割り当てる。

20

【 0 0 1 0 】

以上の 3 段階の集合分割を行った結果、8 つの信号点それぞれに、3 ビットの固有のシンボルが割り当てられる。

【 0 0 1 1 】

こうした信号点へのシンボル割り当てを行うことで、8 P S K の場合、第 1 ビット (図 1 4 中、 a_1 に相当) は 8 P S K の隣接ユークリッド距離、第 2 ビット (図 1 4 中、 a_2 に相当) は Q P S K の隣接ユークリッド距離、第 3 ビット (図 1 4 中、 a_3 に相当) は B P S K のユークリッド距離の条件の下で各ビットの復号を行うことが可能となる。

30

【 0 0 1 2 】

予め送受間で集合分割法により得られた信号点へのシンボルの割り当てを共有し、送信側では、シンボルを構成する各ビットで伝送するデータについて、対応する信号点間のユークリッド距離に適した訂正能力の誤り訂正符号で符号化して変調し、受信側では、復調後に送信側の符号化に対応した復号を行うことで、雑音耐性の高い伝送システムが実現できる。

【 0 0 1 3 】

一方、集合分割法と同様によく利用されるシンボル割り当て方法として、グレイコードが挙げられる。一例として、グレイコードによる 8 P S K 信号点へのシンボルの割り当て例を図 1 5 に示す。グレイコードは、隣接する信号点のシンボル同士が必ず 1 ビット異なるようにシンボルを信号点に割り当てる技法であり、集合分割法におけるビット毎に異なる最小ユークリッド距離で伝送する特徴はないものの、8 P S K に割り当てられるシンボルにおける各ビットの最小ユークリッド距離の関係にある信号点の対の数は集合分割法に比べ少ない。例えば、図 1 4 及び図 1 5 において、第 1 ビットに着目すると、最小ユークリッド距離の関係にある信号点の対の数は、集合分割では 8 対あるのに対し、グレイコードでは 4 対のみである。従って、第 1 ビットに関する限り、グレイコードのほうが集合分割法よりも最小ユークリッド距離の信号点の対の数が少ないため、同一の雑音環境でビット誤り率 (B E R) がよい特性が得られる信号点配置となっている。一方、第 2 及び第 3 ビットに関して、集合分割法においては、信号点距離がそれぞれ Q P S K、B P S K 相当

40

50

となることから、グレイコードよりも同一の雑音環境でBERがよい特性が得られることになる。しかし、これは第1ビット目が正しく受信できることを前提とした性能であり、第1ビット目の復号性能が不十分な場合には、第2及び第3ビットの復号性能に悪影響を与え、結果的にシンボル構成ビット全体のBER特性は、グレイコードよりも悪い特性となる。

【0014】

よって、DVB-S2やARIB STD-B44に記載の高度広帯域衛星デジタル放送の伝送方式（以下、高度衛星放送方式と呼ぶ。例えば、非特許文献3参照）においては、信号点へのシンボルの割り当て技法としてグレイコードが採用されている。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0015】

【非特許文献1】G. Ungerboeck, "Channel coding with multilevel/phase signals", IEEE Transaction Information Theory, Vol.IT-28, No.1, 1982年1月, p.55 - 67

【非特許文献2】“衛星デジタル放送の伝送方式 標準規格 ARIB STD-B20 3.0版”、[online]、平成10年11月6日策定、ARIB、[平成23年6月21日検索]、インターネット URL: http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/2-STD-B20v3_0.pdf

【非特許文献3】“高度広帯域衛星デジタル放送の伝送方式 標準規格 ARIB STD-B44 1.0版”、[online]、平成21年7月29日策定、ARIB、[平成23年6月21日検索]、インターネット URL: http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/2-STD-B44v1_0.pdf

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0016】

前述したように、DVB-S2やARIB STD-B44に記載の高度衛星放送方式においては、集合分割法ではなく、グレイコードが採用されている。

【0017】

図16に、従来技法における、グレイコードと集合分割法を8PSKに適用した時の各シンボル構成ビットのC/N対BER特性を示す。尚、図16に特性を示した集合分割法は、図14に示すように、信号点の分割を3段階で行い、各分割に対し、シンボルを構成する3ビットのうちの1ビットを第1ビットから順次割り当てることで、各信号点へのシンボルの割り当てを決定している。送信側においては、こうして得られたシンボルと信号点の対応関係に基づいてマッピングし、受信側においては、各分割に割り当てられたビットを第1ビットから逐次復号することを想定しているが、ここでは、各分割に割り当てられたビットの雑音耐性を個別に評価するため、第2ビットの特性については第1ビットが、第3ビットの性能については第1ビット及び第2ビットが、正しく受信された事象のみ抽出した特性を示している。図16から、従来技法による集合分割法では、上位ビットになるにつれてユークリッド距離の増大に伴う性能向上が期待できる。一方、第1ビットについてグレイコード8PSKと集合分割8PSKのBERを比較すると、後者の性能が劣っていることから、集合分割においては、第1ビットに適用する誤り訂正符号を強力なものにしないと、それ以下のビットの復号に第1ビットのビット誤りが影響を与え、結果的にシンボル全体のBERがグレイコードよりも劣化する可能性があることが分かる。

【0018】

したがって、利用する誤り訂正符号の訂正能力や伝播路環境を考慮してシンボルを信号点に割り当てることが重要となる。

【0019】

また、周波数利用効率の向上の観点からは多値変調の適用が望ましい。また、LDPC (Low Density Parity Check) 符号やターボ符号は誤り訂正符号単体の性能としてはシャノン限界に近い性能を有するため有効である。

【0020】

10

20

30

40

50

また、図14に示す8PSKを例とした集合分割法にLDPC符号やターボ符号などの誤り訂正符号を適用する上で、シンボル構成ビットの各ビットに対して個別の符号化率を設定可能な集合分割法の性能を十分に引き出すためには、目標とする所要C/N付近において、第1ビット～第3ビットのすべての訂正能力が同一C/N環境で等しく訂正能力を発揮することが望ましい。即ち、図16の集合分割法において、所要C/Nを9dBに設定した場合、誤り訂正前の第1ビットBERは 1.2×10^{-1} 、第2ビットBERは 4.7×10^{-3} 、第3ビットBERは 3.3×10^{-5} であることから、シンボル構成ビットの各ビットの誤り訂正前のBERに関して大きな差があるため、十分エラーフリーが期待できる訂正能力を有する符号であり、且つ周波数利用効率の観点からパリティビット長ができるだけ短い符号を、シンボル構成ビットの各ビットに適用することが望ましい。

10

【0021】

従来技術である高度衛星放送方式（非特許文献3）では、内符号としてLDPC符号、外符号としてBCH符号（訂正能力12ビットのBCH（65535，65343）短縮化符号）を用いる接続符号を採用しており、特にLDPC符号においては、符号化率41/120，49/120，61/120，73/120，81/120，89/120，97/120，101/120，105/120，109/120の10種類の符号化率が利用可能である。ここで、集合分割法にこれらの符号化率を有するLDPC符号を適用することを考える。前述したように、集合分割法は、例えば3ビットからなるシンボル構成ビットの場合、第1ビットから第3ビットへと順に符号化するにあたりユークリッド距離が拡大してゆく性質を有することから（図14参照）、第1ビットには目標の所要C/Nとなる符号化率を割り当て、第2ビット以降には第1ビットに割り当てた符号化率よりも高い符号化率を割り当てることを考慮すると、代表的な例として、第1ビットに符号化率61/120、第2ビットに符号化率109/120、第3ビットに109/120を割り当てることが想定される。

20

【0022】

図17に、従来のLDPC符号における10種類の符号化率のうち、所要C/Nを9dBに設定して符号化率を割り当てる代表的な例として、第1ビットに符号化率61/120、第2ビットに符号化率109/120、第3ビットに109/120を割り当てた場合のC/N対BER特性を示す。ここで、8PSK変調方式における符号化率61/120のBER = 1.0×10^{-7} を満たす訂正前BERは 1.29×10^{-1} 、符号化率109/120のBER = 1.0×10^{-7} を満たす誤り訂正前BERは 1.5×10^{-2} である。図17を参照するに、集合分割法に上記の符号化率のLDPC符号を適用した8PSKにおけるC/N対BER特性は、第1ビットに割り当てた符号化率61/120の訂正能力と、第1ビットの誤り訂正前BER特性が交差するC/N付近（C/N = 8.9～9.0dB）を基準に急峻な特性が得られ、第1ビットに関しては誤り訂正限界（即ち、誤り訂正能力の限界）のBERと訂正前のBERとの間に大きな差が生じていない。一方、C/N = 9dB付近において、当該C/N対BER特性と交差する第2ビットの誤り訂正前のBERは 5.1×10^{-3} であり、符号率109/120の訂正能力と第2ビットの誤り訂正前BER特性が交差するC/Nは7.7dB付近であることから、第2ビットに関しては符号化率109/120が有する誤り訂正限界のBERと、訂正前のBERとの間に大きなかい離がみられる。同様に、第3ビットの誤り訂正前のBERは 3.2×10^{-5} であり、符号率109/120の訂正能力と第3ビットの誤り訂正前BER特性が交差するC/Nは7.5dBよりも小さい値（図示外）となることから、第3ビットに関しても符号化率109/120が有する誤り訂正限界のBERと、訂正前のBERとの間に大きなかい離が生じる。このかい離は符号化率109/120のLDPC符号における冗長なパリティビットに起因しており（即ち、設定した所要C/Nに対して必要以上の強度のLDPC符号化を施すこととなり）、周波数利用効率を十分に高めることができない要因となる。特に、第3ビットの誤り訂正前のBERは他のビットに比べ低く、内符号パリティそのものが過度に冗長なパリティビットとなってしまう。尚、図17に示す例では、所要C/Nを9dBに設定して、第1ビットに符号化率61/120、第2ビットに

30

40

50

符号化率 109 / 120、第3ビットに109 / 120を割り当てる例を代表的に説明したが、集合分割法におけるユークリッド距離が拡大してゆく性質を有することのみを考慮して、所要C / Nを設定し上述の10種類の符号化率のうちのいずれかを各ビットに割り当てる限り、第2ビット及び第3ビットで誤り訂正限界のBERと、訂正前のBERとの間に大きな乖離が生じることになる。

【0023】

よって、従来システムの符号化率セットの利用では、集合分割法のような各ビットの訂正能力が異なる場合において、十分な符号化率の分解能が得られず、また、符号化率の大小についてダイナミックレンジが不足するため、全体の周波数利用効率を高めることができない問題が発生する。

10

【0024】

本発明は、上述の問題を鑑みて為されたものであり、周波数利用効率を向上させるデジタルデータの送信装置及び受信装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0025】

上述の問題を解決するために、本発明は、集合分割法による符号化変調方式にて、シンボル構成ビットの各ビットに対して、ビット毎の訂正能力に応じて定められた符号化率（これは、ビット毎に適用する符号化率としては、従来よりも細かい分解能となることを意味する）を有するLDPC符号を適用し、好適には、より高い訂正能力のBCH符号を外符号として適用することで、周波数利用効率を向上させたデジタルデータの送信装置及び受信装置を構成する。より高い訂正能力のBCH符号を外符号として適用するために、44880ビットからなる符号長のスロットを新たな信号形式で構成する。つまり、図18(a)に示す従来からの高度衛星放送方式のスロット構成は176ビットのスロットヘッダ及び6ビットのスタッフビットがある。図18(b)に示す本発明に係るスロット構成では、目標とする所要C / Nにおいて、シンボル構成ビットの最上位ビットのビット誤りが、高度衛星放送方式におけるBCH(65535, 65343)短縮符号で十分に訂正できない場合には、スロットヘッダの176ビットについてはBCH符号のパリティに割り当て、従来より訂正能力12ビットのBCH(65535, 65343)短縮化符号から訂正能力23ビットのBCH(65535, 65167)短縮化符号に強化する。即ち、本発明に係るスロット構成は、目標とする所要C / Nが、十分に高い場合（即ち、BCH(65535, 65343)短縮符号によって定まる所要C / Nよりも高い目標値となる場合）は、図18(a)の構成を採用し、目標とする所要C / Nに応じて、図18(a)のスロット構成と図18(b)のスロット構成を採用する。図11にBCH(65535, 65167)短縮化符号の生成多項式を示す。図11より、BCH(65535, 65167)短縮化符号の生成多項式は、上から順に23セットの多項式を乗算することで得ることが可能である。また、BCH(65535, 65343)短縮化符号の生成多項式は、図11において上から順に12セットの多項式を乗算することで得ることが可能である。より具体的に、本発明の特徴事項について以下に述べる。

20

30

【0026】

一点目の特徴事項は、デジタルデータの伝送を行う送信装置において、LDPC符号及びBCH符号から構成される接続符号と、変調に用いる信号点へのシンボルの割り当てを行い、一様に信号点間の最小ユークリッド距離が拡大するように分割する集合分割法とを組み合わせる際に、当該接続符号は、シンボルを構成する各ビットの所要訂正能力に応じて定められた所定数の符号化率を有し、当該集合分割法におけるシンボル構成ビットの各ビットに対してLDPC符号の符号化をするにあたり、当該シンボル構成ビットのうち第1ビットについては所要C / Nに対応する訂正能力の符号化率で符号化し、第2ビット以降については前記所定数の符号化率のうち所要C / Nが前記所要C / Nに対して所定範囲内のC / N（好適には、所要C / Nの±10%以内）となる最も高い符号化率で符号化することを特徴とする。これにより、集合分割法における周波数利用効率を高めることが可能となる。

40

50

【0027】

二点目の特徴事項は、

前記LDPC符号において、LDPC符号の符号長が44880であることを特徴とする。これにより、MPEG-2 TSとの整合性の高い伝送が可能となる。

【0028】

三点目の特徴事項は、

前記LDPC符号及びBCH符号の接続符号において、BCH符号がBCH(65535, 65167)短縮化符号及びBCH(65535, 65343)短縮化符号のうちいずれか一方であることを特徴とする。これにより、周波数利用効率向上のために内符号パリティを付加しない場合においても十分なエラー耐性を得ることが可能となる。

10

【0029】

四点目の特徴事項は、

前記LDPC符号は、前記符号化率として及び $47/120$ 、 $53/120$ 、 $60/120$ 、 $112/120$ 、 $114/120$ 、 $115/120$ 及び $120/120$ (LDPCパリティなし)のうち3以上を有することを特徴とする。このようにビット毎の所要訂正能力に応じて定められた符号化率を有することにより、シンボル構成ビットのうち第1ビットについては所要C/Nに対応する訂正能力の符号化率を適用し、第2ビット以降については前記所定数の符号化率のうち訂正能力が前記所要C/Nに対して所定範囲内のC/N(好適には、所要C/Nの $\pm 10\%$ 以内)において十分確保される符号化率を適用することができるため、集合分割法における周波数利用効率を高めることが可能となる。

20

【0030】

五点目の特徴事項は、

シンボル構成ビットが3ビットの際に、シンボル構成ビットの各ビットに適用する符号化率をそれぞれ(r_1 , r_2 , r_3)としたとき、ビット毎の符号化率組み合わせを、($47/120$, $112/120$, $120/120$)、($53/120$, $114/120$, $120/120$)、($60/120$, $115/120$, $120/120$)のうちのいずれかとすることを特徴とする。これにより、それぞれの平均符号化率において、所要C/Nを最適に低減した伝送が可能となる。

【0031】

六点目の特徴事項は、

前記LDPC符号は、前記符号化率として $0.39 \pm 10\%$ 、 $0.44 \pm 10\%$ 、 $0.50 \pm 10\%$ 、 $0.93 \pm 10\%$ 、 $0.95 \pm 10\%$ 、 $0.96 \pm 10\%$ 及び 1.00 (LDPCパリティなし)のうち3以上を有することを特徴とする。このようにビット毎の所要訂正能力に応じて定められた符号化率を有することにより、シンボル構成ビットのうち第1ビットについては所要C/Nに対応する訂正能力の符号化率を適用し、第2ビット以降については前記所定数の符号化率のうち訂正能力が前記所要C/Nに対して所定範囲内のC/N(好適には、所要C/Nの $\pm 10\%$ 以内)において十分確保される符号化率を適用することができるため、集合分割法における周波数利用効率を高めることが可能となる。

30

【0032】

七点目の特徴事項は、

シンボル構成ビットが3ビットの際に、シンボル構成ビットの各ビットに適用する符号化率をそれぞれ(r_1 , r_2 , r_3)としたとき、ビット毎の符号化率組み合わせを、($0.39 \pm 10\%$, $0.93 \pm 10\%$, 1.00)、($0.44 \pm 10\%$, $0.95 \pm 10\%$, 1.00)、($0.50 \pm 10\%$, $0.96 \pm 10\%$, 1.00)のうちのいずれかとすることを特徴とする。これにより、それぞれの平均符号化率において、所要C/Nを最適に低減した伝送が可能となる。

40

【0033】

八点目の特徴事項は、

一点目~七点目の特徴より構成された送信装置において、送信装置側で用いるLDPC符

50

号及びBCH符号のうち1以上の符号化率に関する情報を、伝送多重制御信号によって伝送することにある。これにより用いる符号化率に応じて、符号化及び復号の整合がとれた送受信装置を提供することができる。

【0034】

九点目の特徴事項は、

一点目～八点目の特徴により構成された送信装置により送信された信号を受信する受信装置において、一様に信号点間の最小ユークリッド距離が拡大するように分割する集合分割により得られる信号点とシンボルの対応関係に基づいて、当該シンボル構成ビットのうち第1ビットについては送信側で符号化された符号化率で、第2ビット以降については送信側で設定された前記所定数の符号化率のうち所要C/Nが前記所要C/Nに対して所定範囲内のC/N（好適には、所要C/Nの±10%以内）となる最も高い符号化率で、各シンボル構成ビットに対応する復号処理を行うことにある。これにより、各分割に対応するシンボル構成ビットに対して、最適なビット誤り配分が可能となる。

10

【0035】

十点目の特徴事項は、

一点目～八点目の特徴により構成された送信装置により送信された信号を受信する受信装置において、送信側で符号化に用いた符号化率のLDPC符号及びBCH符号に対応する復号を行うことにある。これにより、効率の良い誤り訂正復号が可能となる。

【0036】

十一点目の特徴事項は、

八点目の特徴により構成された送信装置により送信された信号を受信する受信装置において、LDPC符号及びBCH符号のうち1以上の符号化率情報について、伝送多重制御信号に基づいて判別することにある。これにより用いる符号化率に応じて、符号化及び復号の整合がとれた送受信装置を提供することができる。

20

以上の技法を取り入れて送信装置及び受信装置を構成することで、集合分割法と誤り訂正符号を組み合わせる際の伝送性能を向上させることが可能となる。

【0037】

即ち、本発明の送信装置は、デジタルデータの伝送を行う送信装置であって、LDPC符号及びBCH符号から構成される接続符号化手段と、複数の符号語系列を入力シンボル系列とし、該入力シンボル系列のシンボル構成ビットを、一様に信号点間の最小ユークリッド距離が拡大するように分割する集合分割法により得られたシンボルと信号点との対応関係に基づいて、信号点系列に変換するシンボル/信号点変換手段と、前記シンボル/信号点変換手段により生成された信号点系列を直交変調する直交変調手段と、当該集合分割法におけるシンボル構成ビットの各ビットに対してLDPC符号の符号化率を個別に設定する符号化率設定手段とを備え、前記接続符号化手段はビット毎の訂正能力に応じて定められた所定数の符号化率を有し、当該シンボル構成ビットのうち第1ビットについては所要C/Nに対応する訂正能力の符号化率を設定し、第2ビット以降については前記所定数の符号化率のうち所要C/Nが前記所要C/Nに対して所定範囲内のC/N（好適には、所要C/Nの±10%以内）となる最も高い符号化率で符号化することを特徴とする。これにより、集合分割法における周波数利用効率を高めることが可能となる。また、この特徴を有効化させるために、本発明の送信装置において、LDPC符号の符号長を44880とするのが好適である。

30

40

【0038】

また、本発明の送信装置において、前記BCH符号がBCH(65535, 65167)短縮化符号及びBCH(65535, 65343)短縮化符号のうちいずれか一方であることを特徴とする。これにより、周波数利用効率向上のために内符号パリティを付加しない場合においても十分なエラー耐性を得ることが可能となる。

【0039】

また、本発明の送信装置において、前記LDPC符号は、前記所定数の符号化率として47/120、53/120、60/120、112/120、114/120、115

50

/120及び120/120(LDPCパリティなし)のうち3以上を有することを特徴とする。本符号化率を有するLDPC符号により、集合分割法における周波数利用効率を高めることが可能となる。

【0040】

また、本発明の送信装置において、前記シンボル構成ビットが3ビット際に、各ビットに適用する符号化率をそれぞれ(r_1 , r_2 , r_3)としたとき、前記符号化率設定手段は、ビット毎の符号化率組み合わせとして、(47/120, 112/120, 120/120)、(53/120, 114/120, 120/120)、(60/120, 115/120, 120/120)のうちのいずれかを設定することを特徴とする。

【0041】

また、本発明の送信装置において、前記LDPC符号は、前記所定数の符号化率として $0.39 \pm 10\%$, $0.44 \pm 10\%$, $0.50 \pm 10\%$, $0.93 \pm 10\%$, $0.95 \pm 10\%$, $0.96 \pm 10\%$ 及び1.00(LDPCパリティなし)のうち3以上を有することを特徴とする。本符号化率を有するLDPC符号により、集合分割法における周波数利用効率を高めることが可能となる。

【0042】

また、本発明の送信装置において、前記シンボル構成ビットが3ビット際に、各ビットに適用する符号化率をそれぞれ(r_1 , r_2 , r_3)としたとき、前記符号化率設定手段は、ビット毎の符号化率組み合わせとして、($0.39 \pm 10\%$, $0.93 \pm 10\%$, 1.00)、($0.44 \pm 10\%$, $0.95 \pm 10\%$, 1.00)、($0.50 \pm 10\%$, $0.96 \pm 10\%$, 1.00)のうちのいずれかを設定することを特徴とする。

【0043】

また、本発明の送信装置において、前記直交変調手段は、前記LDPC符号及びBCH符号のうち1以上の符号化率に関する情報を、伝送多重制御信号(即ち、TMCC信号)により伝送する符号化率判別信号多重手段を備えることを特徴とする。これにより用いる符号化率に応じて、符号化及び復号の整合がとれた送受信装置を提供することができる。

【0044】

また、本発明の送信装置において、前記接続符号化手段は、符号化率毎に固有の検査行列を用いて当該デジタルデータをLDPC符号化する符号化器を備え、前記符号化器は、44880ビットからなる符号長で符号化率毎に予め定めた検査行列初期値テーブルを初期値として、符号化率47/120に応じた情報長に対応する部分行列の1の要素を、列方向に374列毎の周期で配置して構成した検査行列を用いてLDPC符号化を行う手段を有し、前記符号化率47/120の検査行列初期値テーブル(表1)は、以下の表からなることを特徴とする。

【0045】

10

20

30

【表 1】

符号化率47/120の検査行列初期値テーブル

2047	6883	10324	11812	13393	14416	14602	15625	15811	16555	25018	26785
2512	3628	4744	12778	10789	11347	11533	13951	15997	21205	25204	26041
280	5581	9580	10975	15346	17299	18508	18973	21391	21670	23251	25762
4093	5767	7534	9673	10882	12370	13114	16648	18880	23995	24181	26878
1	1861	4000	6697	8675	7441	14881	16276	20554	20926	24088	24739
1582	6908	5674	10603	12928	14044	23466	19345	19717	24399	25297	26413
652	1675	2698	5209	9394	11068	18019	14788	17206	19066	21763	25948
3798	1210	4837	7906	8278	8557	9115	10696	15253	17578	19252	19438
466	2977	9070	6232	6418	8743	14265	13300	19810	21949	22228	22507
3247	4465	8382	7348	7813	13395	13486	13579	24925	26320	26692	26971
5669	11604	9952	12277	18018	17020	19624	23560	20368	21298	21484	23623
811	1814	5796	10221	7255	12828	14668	16741	21856	23065	23902	26134
4693	3349	5214	4372	8865	15560	20901	19375	22693	27082	26227	26599
2140	2419	3070	3256	3721	9896	10138	17764	22297	23135	23344	24646
6373	8440	6171	8185	13223	15795	18551	18694	22717	27006	22321	24553
2233	10297	24202	17148	18925	23870	24257	24832	25483	26506	27064	
10090	5488	16291	14354	17879	18079	20788	21248	18229	19531	24460	
14817	19903	22879									
2605	10920	13672									
9766	18948	16834									
5953	11998	20182									
15276	15904	22786									
1396	5860	25855									
6139	16927	21112									
3442	17113	23716									
5395	22135	24367									
7060	10045	15160									
7162	11161	25669									
13481	16369	20833									
8503	12742	18415									
6325	17857	23809									
10417	14509	23530									
745	24742	25576									
931	5116	22972									
12452	12649	14323									
6604	11440	24274									
1954	3907	15067									
8929	16183	18043									
4332	20331	18787									
6556	14695	22600									
7720	17950	23437									
4039	7168	8464									
187	2326	17485									
11905	24516	21577									
10501	12556	18601									
2791	20740	22414									
2884	15439	25390									

10

20

30

40

【 0 0 4 6 】

また、本発明の送信装置において、前記接続符号化手段は、符号化率毎に固有の検査行列を用いて当該デジタルデータをLDPC符号化する符号化器を備え、前記符号化器は、44880ビットからなる符号長で符号化率毎に予め定めた検査行列初期値テーブルを初期値として、符号化率53/120に応じた情報長に対応する部分行列の1の要素を、列方向に374列毎の周期で配置して構成した検査行列を用いてLDPC符号化を行う手段を有し、前記符号化率53/120の検査行列初期値テーブル(表2)は、以下の表からなることを特徴とする。

【 0 0 4 7 】

【表 2】

符号化率53/120の検査行列初期値テーブル

4726	5326	7126	8851	9826	16501	18976	21001	21076	21151	21226	21751	22051	22426
1201	4501	7426	8626	9001	10051	10651	13840	11101	11926	13426	16651	19501	21526
3485	301	5111	2251	3076	3151	6053	9676	11851	12001	14476	14851	17851	19651
226	4276	9487	10620	12142	10801	12601	14522	19530	18085	17101	19876	23926	24826
1740	7049	8200	4201	10726	11326	12151	13276	15001	18589	16201	18826	24989	21976
376	4576	5551	5626	9226	13947	13951	14251	17476	20926	21451	21826	22351	22651
151	1726	2176	2626	4426	8326	10126	12676	14176	15162	15826	22815	22576	24301
7790	4456	3676	4051	8481	5401	10334	11493	11683	15997	12076	12976	18151	24226
5269	2945	2701	6901	10501	17762	15151	15526	16051	16935	17326	19576	20326	21376
13316	8401	14558	15386	15608	12826	19519	18961	19726	19951	22647	20626	23326	23626
10702	7443	11725	1951	3288	5203	7164	11512	9976	13351	19056	19808	18901	23551
5438	5889	13141	7057	14951	8701	12112	11176	13501	17797	23925	16576	22501	24376
1801	3751	4351	14952	9661	7876	10196	15007	18719	19464	21878	20227	20551	23026
10528	5752	8263	12031	7955	10064	9769	9854	11626	14326	18890	21665	20251	24076
1501	8385	8516	18854	9305	7951	17654	18014	19198	15545	1519	19276	19426	23251
11100	8537	18980	13502	12781	7726	8176	13596	17209	19567	22321	20851	21901	24976
1276	21601	24526											
4141	5251	10426											
9892	10576	12301											
6113	9351	8101											
10871	10951	13201											
6971	10125	17701											
5540	14101	16126											
2776	3001	24151											
17401	23101	24901											
22517	19051	22876											
10082	21181	20476											
21338	23401	23701											
3526	6076	18751											
11865	9451	22201											
10114	12376	24001											
8551	10876	15226											
16883	15451	18226											
7789	11551	22126											
15301	21301	22276											
14796	17551	23851											
3901	8026	18676											
19740	19126	23176											
14551	15194	15676											
4982	4876	9376											
20178	19201	24601											
9812	18701	17776											
2401	14426	20401											
7941	14906	23476											
2851	7351	20776											
13364	17548	25051											
9601	21030	22801											
8825	22366	24451											
5026	17926	24751											
7801	13051	23776											
901	9151	24676											
14830	21190	22951											
13772	18076	22726											

10

20

30

40

50

【 0 0 4 8 】

また、本発明の送信装置において、前記接続符号化手段は、符号化率毎に固有の検査行列を用いて当該デジタルデータをLDPC符号化する符号化器を備え、前記符号化器は、44880ビットからなる符号長で符号化率毎に予め定めた検査行列初期値テーブルを初期値として、符号化率60/120に応じた情報長に対応する部分行列の1の要素を、列

方向に374列毎の周期で配置して構成した検査行列を用いてLDPC符号化を行う手段を有し、前記符号化率60/120の検査行列初期値テーブル(表3)は、以下の表からなることを特徴とする。

【0049】

【表3】

符号化率60/120の検査行列初期値テーブル

119	2892	5429	7022	9028	10149	11506	13335	13866	14220	17819	19943	21123
1063	3449	1948	2243	6137	6963	14987	15282	15813	17111	17288	18586	188
3010	4898	5842	8851	9087	9677	10621	14733	13276	14043	14515	15459	15872
532	1712	4979	13142	11093	15989	13748	13807	19051	17487	16757	18645	19532
2847	4190	4957	13395	6668	8497	9618	14856	15808	13630	16802	17524	19176
2479	3541	6120	6113	6373	7848	11743	11512	17521	16226	16285	16403	19648
591	3305	4903	5606	8615	11719	10916	16126	16896	16344	18232	20779	20415
4122	4839	10260	9518	8792	11034	11565	11919	13055	14872	16875	16993	18704
2313	3324	2833	8349	5455	6712	7258	11086	11373	10208	11388	19117	20474
2276	4757	5294	8163	4780	6092	12674	12214	17579	19469	16698	17937	19058
2881	6925	5334	8025	6423	15032	12391	21403	15400	18009	17996	18291	19353
4793	2361	3616	6904	14199	13200	12450	16152	17156	783	18114	18881	20533
957	11756	9227	4721	8556	12145	14007	14654	14869	15695	21879	19471	19884
8815	3347	7961	13599	5196	5122	10562	11610	11097	15105	16424	15817	17347
12991	2420	12192	6786	12760	13040	17891	17465	18940	20015	20297	20710	21005
1665	8617	20491	8896	9431	10747	7317	7671	12923	14062	14301	18527	20002
13440	12366	13879	9114	13484	11104	18767	20558	4037	20307	19825	20651	4
2818	5810	2808	11206	8478	10790	9582	10452	16018	15518	21554	18409	20238
7612	12804	14633										
4055	3718	10031										
7189	15073	13689										
12320	10090	15341										
10835	14058	18055										
20983	19362	20356										
2010	8320	16108										
5475	13782	19766										
5134	9913	17878										
4384	7376	17170										
2066	8525	19589										
4431	8674	11211										
9441	16580	16816										
414	19370	20120										
5901	10975	20887										
3820	8469	7435										
1724	14574	20061										
5668	20586	21182										
11667	8298	12037										
6550	15863	17701										
5724	7460	12686										
17853	8939	14397										
10798	12764	14751										
7965	6314	19530										
7868	6145	9736										
7248	11602	13984										
7553	14810	19294										
4544	11724	15990										
5314	4797	9146										
709	6431	18468										
10035	16521	17052										
7789	8910	17642										
4662	5196	11683										
13439	13099	20769										
8903	11885	16639										
11681	12727	13925										
8461	11526	14928										
10126	14681	20946										
11489	11270	12745										
11329	17760	20592										
3967	16462	18173										
6878	7907	15754										

10

20

30

40

【0050】

50

また、本発明の送信装置において、前記連接符号化手段は、符号化率毎に固有の検査行列を用いて当該デジタルデータをLDPC符号化する符号化器を備え、前記符号化器は、44880ビットからなる符号長で符号化率毎に予め定めた検査行列初期値テーブルを初期値として、符号化率112/120に応じた情報長に対応する部分行列の1の要素を、列方向に374列毎の周期で配置して構成した検査行列を用いてLDPC符号化を行う手段を有し、前記符号化率112/120の検査行列初期値テーブル(表4)は、以下の表からなることを特徴とする。

【0051】

【表 4 - 1】

符号化率112/120の検査行列初期値テーブル(前半)

1408	1429	1506
701	883	1765
610	1954	1961
386	505	1058
694	960	2108
722	1142	1485
15	708	1534
64	1198	2332
512	778	1779
1387	1814	2275
288	302	1051
50	645	1149
463	2052	2283
533	953	1009
988	1345	1576
337	904	1597
568	2115	2192
267	617	890
435	631	2339
22	211	1457
162	1464	1709
869	1254	1905
1541	2043	2199
407	1471	1618
322	1093	1163
876	1821	2346
761	2150	2297
575	785	2276
771	1058	1331
358	659	1737
351	1590	2220
1695	2122	2164
470	1842	2024
484	981	1611
589	1968	2176
134	1170	1653
71	561	1415
379	519	2017
1359	1436	1478
442	1226	2038
414	911	1716
1828	2157	2311
624	1482	1870
197	204	1520
596	1615	1884
218	1380	2269
1030	1212	1996
113	554	1289
29	736	1758
169	491	1835
148	1317	1625
712	1443	1744
750	799	2213
141	1786	2255
85	1800	1856
421	582	1919

10

20

30

40

【表 4 - 2】

符号化率112/120の検査行列初期値テーブル(後半)

281	988	1079
155	330	687
974	1975	2101
1086	2045	2185
923	1366	1674
456	1562	2178
1277	1296	2143
83	1646	2171
897	1016	1247
1065	1947	2304
1177	1219	1352
757	854	1268
92	498	2290
1051	1053	1114
1037	1555	1681
1	1877	2080
232	1121	1233
848	1989	2318
737	1492	2241
813	1216	2325
652	674	2094
621	547	2073
332	603	1688
36	1849	2031
850	1632	1667
1072	1275	2234
365	1135	1671
323	1548	2066
388	839	2262
106	855	1940
120	206	1569
433	1044	1604
428	841	862
176	183	1156
526	1100	1205
246	440	1401
1303	1372	1951
24	253	2059
295	1362	2095
349	433	2280
344	715	918
1282	1422	1849
449	1191	1772
947	1240	1891
127	239	1184
78	999	1660
564	1982	2206
1373	1499	2010
1310	1426	1513
1734	1730	1898
638	1936	1933
163	388	1847
185	852	948
1023	1723	1751
946	1131	1527
856	2006	2129

10

20

30

40

【 0 0 5 3 】

また、本発明の送信装置において、前記接続符号化手段は、符号化率毎に固有の検査行列を用いて当該デジタルデータをLDPC符号化する符号化器を備え、前記符号化器は、44880ビットからなる符号長で符号化率毎に予め定めた検査行列初期値テーブルを初

50

期値として、符号化率 $114/120$ に応じた情報長に対応する部分行列の 1 の要素を、列方向に 374 列毎の周期で配置して構成した検査行列を用いて LDPC 符号化を行う手段を有し、前記符号化率 $114/120$ の検査行列初期値テーブル(表 5)は、以下の表からなることを特徴とする。

【 0 0 5 4 】

【表 5 - 1】

符号化率114/120の検査行列初期値テーブル(前半)

101	301	1541	
81	176	841	
396	861	1331	
426	821	972	
416	951	1066	
266	496	1321	
286	526	956	
736	856	1076	
148	566	851	
26	46	446	10
86	461	1506	
911	976	986	
671	1036	1251	
91	241	832	
276	586	601	
721	1241	1646	
421	1086	1446	
17	156	731	
181	306	451	
31	921	1371	
361	1006	1391	
436	949	1671	20
805	1192	1606	
146	651	1516	
338	1111	1681	
166	331	541	
641	1116	1406	
476	1026	1131	
161	871	1171	
1	316	1366	
626	916	1571	
386	1350	1596	
51	591	1591	
71	291	1566	
251	1401	1436	30
596	926	1296	
581	696	1246	
672	686	1621	
246	506	1496	
66	321	1561	
486	941	1096	
551	1336	1696	
230	487	1306	
810	1301	1341	
171	946	1276	
366	1211	1706	
1195	1351	1641	
406	1426	1676	
356	1081	1481	40
673	906	1221	
706	1001	1191	
766	1056	1491	
534	631	967	
196	576	1461	
711	1051	1346	
137	1043	1176	

【 0 0 5 5 】

【表 5 - 2】

符号化率114/120の検査行列初期値テーブル(後半)

1417	1586	1701	
236	761	831	
151	536	1034	
79	765	846	
806	1061	1656	
813	881	1531	
629	981	1651	
346	351	531	
1314	1362	1567	
48	756	1546	10
411	901	1151	
342	646	1136	
111	791	1181	
471	1045	1626	
1373	1421	1431	
523	721	1091	
983	1162	1616	
1201	1581	1631	
746	832	1256	
701	1026	1373	
580	1457	1643	
1184	1466	1482	
28	311	896	
51	221	606	20
313	668	1156	
388	1146	1281	
521	746	991	
74	699	942	
1011	1216	1611	
279	377	571	
201	1041	1386	
670	902	1226	
1006	1388	1471	
292	320	1231	
195	1374	1311	
108	281	546	
391	1046	1261	30
756	801	822	
471	1486	1556	
509	776	1137	
389	877	1381	
1284	1352	1686	
198	1528	1526	
277	682	1071	
431	1468	1416	
570	751	1118	
484	1618	1721	
126	216	891	
1245	1352	1661	
221	579	852	
59	1256	1636	40
283	501	1569	
479	645	1477	
286	393	1536	
878	1121	1521	
100	255	1291	
254	142	1690	
30	906	1553	

【 0 0 5 6 】

また、本発明の送信装置において、前記接続符号化手段は、符号化率毎に固有の検査行列を用いて当該デジタルデータをLDPC符号化する符号化器を備え、前記符号化器は、44880ビットからなる符号長で符号化率毎に予め定めた検査行列初期値テーブルを初

期値として、符号化率 115 / 120 に応じた情報長に対応する部分行列の 1 の要素を、列方向に 374 列毎の周期で配置して構成した検査行列を用いて LDPC 符号化を行う手段を有し、前記符号化率 115 / 120 の検査行列初期値テーブル(表 6)は、以下の表からなることを特徴とする。

【 0 0 5 7 】

【表 6 - 1】

符号化率115/120の検査行列初期値テーブル(前半)

273	811	1321
721	1087	1245
51	625	1149
577	817	1101
193	1045	1293
493	1285	1313
109	497	1253
5	413	1129
153	225	249
233	325	797
29	595	1057
517	625	1301
265	685	1189
65	917	1169
505	947	1161
596	665	997
201	217	361
357	706	941
161	461	974
777	1198	1205
653	1153	1265
967	897	1146
346	401	405
369	693	1017
445	745	1178
611	705	989
829	965	1113
691	1237	1325
185	321	1353
347	1041	1233
37	155	1257
237	353	901
111	337	629
533	765	1365
385	553	677
269	766	1073
257	689	865
469	933	1089
621	741	1109
117	97	793
375	533	1229
40	1086	1349
591	1093	1369
265	666	873
381	1013	1329
317	501	1053
589	949	1310
286	855	1177
146	253	805
469	787	849
104	71	597
31	383	473
73	136	945
83	834	813
77	205	769
100	447	853

10

20

30

40

50

【 0 0 5 8 】

【 表 6 - 2 】

符号化率115/120の検査行列初期値テーブル(後半)

132	957	1009	
427	578	601	
170	930	977	
648	725	1021	
137	593	1001	
335	333	1249	
281	1121	1209	
347	313	1277	
88	134	869	10
194	209	1181	
191	575	1373	
457	402	429	
148	486	778	
82	628	1213	
213	313	1309	
289	881	1221	
919	1247	1345	
18	149	1145	
550	1037	1241	
177	409	953	
174	228	529	
669	1137	1197	20
629	634	632	
51	550	1269	
95	349	961	
747	885	1361	
234	499	833	
9	457	1033	
531	1065	1110	
471	1185	1289	
296	825	1025	
749	877	1273	
295	718	1297	
409	507	893	
520	846	973	
524	889	1170	30
478	572	781	
669	743	1010	
207	670	1100	
1031	1135	1357	
139	652	993	
157	433	905	
747	941	1157	
128	1337	1382	
334	435	709	
69	753	785	
1025	1061	1341	
624	891	1059	
193	1127	1317	
336	809	1281	40
698	1029	1225	
150	560	1353	
345	736	1201	
136	408	929	
461	557	657	
140	734	821	
1109	1097	1261	
271	913	1133	
359	697	837	

【 0 0 5 9 】

また、本発明の受信装置は、デジタルデータの受信装置であって、LDPC符号及びBCH符号から構成される接続符号化を施した変調波信号を直交復調し、受信信号点系列を

出力する直交復調手段と、複数の符号語系列を入力シンボル系列とし、該入力シンボル系列のシンボル構成ビットを、一様に信号点間の最小ユークリッド距離が拡大するように分割する集合分割法により得られる信号点とシンボルの対応関係に基づいて、当該シンボル構成ビットに対応する復号処理を行う復号手段とを備え、前記復号手段は、LDPC符号及びBCH符号に関してビット毎の訂正能力に応じて定められた所定数の符号化率を有し、当該シンボル構成ビットのうち第1ビットについては送信側で符号化された所要C/Nに対応する訂正能力の符号化率で、第2ビット以降については送信側で符号化された前記所定数の符号化率のうち訂正能力が前記所要C/Nに対して所定範囲内のC/N（好適には、所要C/Nの±10%以内）となる最も高い符号化率で、当該シンボル構成ビットに対応する復号処理を行うことを特徴とする。これにより、各分割に対応するシンボル構成ビットに対して、最適なビット誤り配分が可能となる。

【0060】

また、本発明の受信装置において、前記復号手段は、送信側で符号化に用いた符号化率のLDPC符号及びBCH符号に対応する復号を行うことを特徴とする。これにより、各分割段階に対応するシンボル構成ビットに対して、最適なBER特性が得られ雑音耐性に優れた伝送が可能となる。

【0061】

また、本発明の受信装置において、前記復号手段は、前記LDPC符号及びBCH符号のうち1以上の符号化率情報について、伝送多重制御信号に基づいて判別する符号化率判別手段を備えることを特徴とする。これにより用いる符号化率に応じて、符号化及び復号の整合がとれた送受信装置を提供することができる。これにより用いる符号化率に応じて、符号化及び復号の整合がとれた送受信装置を提供することができる。

【0062】

また、本発明の受信装置において、本発明の送信装置で送信した変調波信号を受信して、前記集合分割法におけるシンボル構成ビットの各ビットに対して個別に設定された前記LDPC符号の符号化率に基づいて復号することを特徴とする。

【0063】

また、本発明の受信装置において、本発明の送信装置で送信した変調波信号を受信して、前記集合分割法におけるシンボル構成ビットの各ビットに対して個別に設定された前記LDPC符号の符号化率と前記検査行列に基づいて復号することを特徴とする。

【発明の効果】

【0064】

本発明によれば、誤り訂正符号と多値変調の組み合わせにおける符号化変調の性能を向上させ、白色雑音下における伝送性能を向上させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0065】

【図1】本発明における一実施形態の送信装置及び受信装置の構成例を示す図である。

【図2】本発明における一実施例として8PSKを例とした送信装置及び受信装置の構成例を示す図である。

【図3】本発明に係るM=3、第1ビットLDPC符号化率47/120、第2ビットLDPC符号化率112/120、第3ビットLDPC符号化率120/120、BCH(65535, 65167)符号の場合のスロット構成例を示す図である。

【図4】本発明に係るケースA、ケースB、ケースCのC/N対BER特性（第2ビットの符号化率を可変とした場合）を示す図である。

【図5】本発明に係るM=3、第1ビットLDPC符号化率53/120、第2ビットLDPC符号化率114/120、第3ビットLDPC符号化率120/120、BCH(65535, 65167)符号の場合のスロット構成例を示す図である。

【図6】本発明に係るM=3、第1ビットLDPC符号化率60/120、第2ビットLDPC符号化率115/120、第3ビットLDPC符号化率120/120、BCH(65535, 65167)符号の場合のスロット構成例を示す図である。

【図 7】本発明に係る 8 P S K 変調適用時の全体符号化率 0.775 における C / N 対 B E R 特性を示す図である。

【図 8】本発明に係る 8 P S K 変調適用時の全体符号化率 0.797 における C / N 対 B E R 特性を示す図である。

【図 9】本発明に係る 8 P S K 変調適用時の全体符号化率 0.819 における C / N 対 B E R 特性を示す図である。

【図 10】本発明に係る 8 P S K 変調適用時の周波数利用効率対所要 C / N 特性を示す図である。

【図 11】本発明に係る B C H (6 5 5 3 5 , 6 5 1 7 6) 短縮化符号生成多項式を示す図である。

10

【図 12】本発明に係る M = 3 , 第 1 ビット L D P C 符号化率 5 3 / 1 2 0 、第 2 ビット L D P C 符号化率 1 1 4 / 1 2 0 、第 3 ビット L D P C 符号化率 1 2 0 / 1 2 0 、 B C H (6 5 5 3 5 , 6 5 3 4 3) 符号の場合のスロット構成例を示す図である。

【図 13】本発明に係る M = 3 , 第 1 ビット L D P C 符号化率 6 0 / 1 2 0 、第 2 ビット L D P C 符号化率 1 1 5 / 1 2 0 、第 3 ビット L D P C 符号化率 1 2 0 / 1 2 0 、 B C H (6 5 5 3 5 , 6 5 3 4 3) 符号の場合のスロット構成例を示す図である。

【図 14】従来からの 8 P S K における集合分割法の分割例を示す図である。

【図 15】8 P S K における従来からのグレイコードによる信号点へのシンボル割り当ての例を示す図である。

【図 16】8 P S K における従来からの集合分割法及びグレイコードの C / N 対 B E R 特性を示す図である。

20

【図 17】8 P S K の集合分割法と L D P C 符号の組み合わせ (a 1 : 符号化率 6 1 / 1 2 0 , a 2 : 符号化率 1 0 9 / 1 2 0 , a 3 : 符号化率 1 0 9 / 1 2 0) における C / N 対 B E R 特性を示す図である。

【図 18】(a) 高度衛星放送方式のスロット構成例と (b) 2 3 ビット訂正能力の B C H 符号適用時のスロット構成例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 6 6 】

以下、図面を参照して、本発明による一実施形態の送信装置及び受信装置を説明する。

図 1 は、本発明による一実施形態の送信装置 1 0 及び受信装置 2 0 のブロック図である。尚、実際の送信装置 1 0 は、誤り訂正符号の先頭を識別するために変調波信号に同期信号を多重する機能、I S D B - S 等に採用されている伝送方式の設定等の情報を受信機に予告するための伝送多重制御信号 (T M C C 信号とも呼ぶ) を変調波信号に多重する機能などを有する。また、実際の受信装置 2 0 には、変調波信号に多重された同期信号を検出し誤り訂正符号の先頭を検出する同期検出機能や、伝送多重制御信号から伝送方式の設定等の情報を検出して変調方式や符号化率等の設定を行う制御機能などを有するが、その詳細な図示を省略している。

30

【 0 0 6 7 】

(装置構成)

[送信装置]

40

図 1 を参照するに、本実施形態の送信装置 1 0 は、前方向誤り訂正方式の送信装置であり、シリアル / パラレル変換部 1 1 と、誤り訂正符号化部 1 2 と、符号化率設定部 1 3 と、マッピング部 1 4 と、直交変調部 1 5 と、符号化率判別信号多重部 1 6 とを備える。即ち、送信装置 1 0 の機能ブロック構成は、集合分割法による符号化変調送信装置と変わらないが、誤り訂正符号化部 1 2 の処理及び、付随する符号化率設定部 1 3 が従来技法と異なる。

【 0 0 6 8 】

シリアル / パラレル変換部 1 1 は、1 ビットの送信データ系列を、使用する変調方式の多値数を L とすると $M = \log_2 L$ ビットのデータ系列 (8 値変調の場合、 $M = \log_2 8 = 3$ ビットの系列) に変換し、誤り訂正符号化部 1 2 に送出する (M を以下、変調次数

50

と呼ぶ)。

【0069】

誤り訂正符号化部12は、第1誤り訂正符号化部12₁～第M誤り訂正符号化部12_Mから構成され、所定の誤り訂正符号(例えば、BCH符号及びLDPC符号)により符号化したM系統の符号語系列を生成する。

【0070】

符号化率設定部13は、当該集合分割法におけるシンボル構成ビットの各ビットに対してLDPC符号の符号化率を個別に設定する。特に、本発明に係るLDPC符号は、ビット毎の訂正能力に応じて定められた所定数の符号化率(47/120, 53/120, 60/120, 112/120, 114/120, 115/120及び120/120(LDPCパリティなし))を有し、符号化率設定部13は、当該シンボル構成ビットのうち第1ビットについては所要C/Nに対応する訂正能力の符号化率を設定し、第2ビット以降については当該所定数の符号化率のうち訂正能力が当該所要C/Nに対して所定範囲内のC/N(好適には、所要C/Nの±10%以内)となる最も高い符号化率を設定する。これにより、誤り訂正符号化部12は、一様に信号点間の最小ユークリッド距離が拡大するように分割する集合分割法によるシンボル構成ビットの訂正能力を考慮した符号化率が設定され、第2ビット以降では、第1ビットの訂正限界C/N近傍において、十分な訂正能力を有し、且つ最も高い符号化率でLDPC符号化を行うことができる。これにより、集合分割法における周波数利用効率を高めることが可能となる。

【0071】

マッピング部14は、当該3系統の符号語系列を入力シンボル系列とし、シンボルに対応した信号点のI軸及びQ軸の振幅値を変調信号点系列として出力する。尚、ここで、用いるシンボルと信号点との対応関係は、集合分割法により取得された関係を用いる。即ち、集合分割法では、分割毎に最小ユークリッド距離が一様に増大する様に、信号点を分割することで、シンボルと信号点の対応関係が取得される。したがって、マッピング部14は、上記対応関係に基づいて、複数の符号語系列からなる入力シンボル系列を信号点系列に変換するシンボル/信号点変換手段として機能する。この分割による最小ユークリッド距離の増大は、QAMの場合で2倍、ASKの場合で2倍、PSKの場合でQAMとASKの場合の値の間、すなわち2～2倍の値とするのが一般的である。

【0072】

直交変調部15は、マッピング部14により生成された変調信号系列に対して、ロールオフフィルタ処理を実行後、直交変調を施した変調波信号を、外部の伝送路に伝送する。

【0073】

符号化率判別信号多重部16は、符号化率設定部13により誤り訂正符号化部12に対して設定したシンボル構成ビットの各ビット用の符号化率情報を、符号化率設定部13から受け取り伝送多重制御信号(即ち、TMCC信号)によって伝送するよう直交変調部15における変調波信号に多重する機能を有する。

【0074】

〔受信装置〕

本実施形態の受信装置20は、前方向誤り訂正方式の受信装置であり、直交復調部21と、第1～第Mビット対数尤度比計算部22₁～22_Mと、第1～第Mビット誤り訂正復号部23₁～23_Mと、パラレル/シリアル変換部24と、符号化率判別部25とを備える。すなわち、受信装置20の機能ブロック構成は、集合分割法による符号化変調受信装置と変わらないが、第1～第Mビット誤り訂正復号部23₁～23_Mの処理が従来技法と異なる。

【0075】

直交復調部21は、前述した本発明に係る集合分割法により得られたシンボルと信号点の対応関係に基づいて変調信号系列を変調した変調波信号を、伝送路を介して送信装置10から受信して直交復調し、主信号のシンボルに対応する受信信号点系列を出力する。したがって、直交復調部21は、本発明による集合分割法により得られたシンボルと信号点

10

20

30

40

50

の対応関係に基づいて変調された変調信号点系列を直交復調することで復元し出力する、直交復調手段として機能する。

【0076】

第1ビット対数尤度比計算部22-1は、本発明に係る集合分割法により得られたシンボルと信号点の対応関係に基づいて、シンボルを構成する第1ビットについて当該ビットが1及び0である確率(尤度) P_{11} 及び P_{10} を求め、それらの比 P_{11} / P_{10} の自然対数($L L R$: 対数尤度比)を計算し、第1ビット誤り訂正復号部23-1に送出する。

【0077】

第1ビット誤り訂正復号部23-1は、第1ビット対数尤度比計算部22-1による第1ビットの対数尤度比を用いて、シンボルを構成する第1ビットに対して、符号化率判別部25から得られる第1ビット用符号化率情報にしたがって誤り訂正符号(例えば、LDPC符号とBCH符号の接続符号)の復号処理を実行し、第1ビットの復号結果を第2ビット対数尤度比計算部22-2及びパラレル/シリアル変換部24に送出する。

【0078】

第2ビット対数尤度比計算部22-2は、本発明による集合分割法により得られたシンボルと信号点の対応関係に基づいて、シンボルを構成する第2ビットについて第1ビット同様に対数尤度比を計算して第2ビット誤り訂正復号部22-2に送出する。

【0079】

第2ビット誤り訂正復号部23-2は、第2ビット対数尤度比計算部22-2による第2ビットの対数尤度比を用いて、シンボルを構成する第2ビットに対して、符号化率判別部25から得られる第2ビット用符号化率情報にしたがって誤り訂正符号(例えば、LDPC符号及びBCH符号の接続符号)の復号処理を実行し、第2ビットの復号結果を次段のビット対数尤度比計算部(例えば、第Mビット対数尤度比計算部22-M)及びパラレル/シリアル変換部24に送出する。第Mビット対数尤度比計算部22-M及び第Mビット誤り訂正復号部23-Mも同様に処理し、シンボルを構成する全てのビットを復号するまで逐次復号を行う。

【0080】

このようにして、第1~第Mビット対数尤度比計算部22-1~22-M及び第1~第Mビット誤り訂正復号部23-1~23-Mは、分割毎に最小ユークリッド距離が一樣に増大する様に信号点を分割する集合分割法により得られたシンボルと信号点の対応関係に基づいて、ビット毎に得られる復号結果と対数尤度比を用いて、逐次復号を行う。したがって、第1~第Mビット対数尤度比計算部22-1~22-M及び第1~第Mビット誤り訂正復号部23-1~23-Mは、上記集合分割を行い信号点へのシンボルの割り当てを行った信号点とシンボルの対応関係に基づいて各シンボル構成ビットの復号を行う復号手段として機能する。

【0081】

パラレル/シリアル変換部24は、第1~第Mビット誤り訂正復号部23-1~23-Mから得られるシンボルを構成するビットに対応するデータ系列の復号結果をパラレル/シリアル変換し、1ビットの受信データ系列を外部に送出する。

【0082】

符号化率判別部25は、直交復調部21より得られる、誤り訂正符号の先頭を識別するために変調波信号に同期信号を多重する機能や伝送方式の設定等の情報を受信装置20に予告するための伝送多重制御信号を入力し、第1~第Mビット誤り訂正復号部23-1~23-Mで使用する第1~第Mビット用符号化率情報を伝送多重制御信号から判別して、第1~第Mビット誤り訂正復号部23-1~23-Mにそれぞれ送出する。

【0083】

次に図2を用いて、より具体的に、変調方式を8PSKとした場合における、本発明による一実施例について説明する。

【0084】

10

20

30

40

50

(実施例)

図2は、本発明に係る表1から表6に示す、周期374、符号長44880ビットのLDPC符号(表1:符号化率47/120、表2:符号化率53/120、表3:符号化率60/120、表4:符号化率112/120、表5:符号化率114/120、表6:符号化率115/120)を符号化率情報とし、 $M=3$ として、第1ビットに、符号化率47/120、第2ビット符号化率112/120、第3ビットに120/120(LDPCパリティなし)を適用した送信装置10b及び受信装置20bの一実施例を示す図である。ここで、LDPC符号化率120/120は、送信側ではLDPC符号化を行わず、また、受信側ではLDPC復号を行わないことを意味する。従って、図2では第1~第3ビットについて、送信装置10bには誤り訂正符号化部(BCH, LDPC)を記載したが、第3ビットについては、LDPC符号化器は実際には不要である。同様に、受信装置20bに第1~第3ビットについて、対数尤度比計算部及び誤り訂正復号部(LDPC, BCH)を記載したが、第3ビットについては、対数尤度比計算部の代わりに、硬判定を行うデマッパを利用することも可能であり、また、LDPC符号復号器は実際には不要である。図2に示す送信装置10b及び受信装置20bは、図1に示した本発明による一実施形態の送信装置10及び受信装置20に対する $M=3$ とした一実施例である。このため、同様な構成要素には同様な参照番号を付して(「b」を付した参照番号)、送信装置10b及び受信装置20bの順に説明する。

10

【0085】

(一実施例の送信装置)

20

送信装置10bは、シリアル/パラレル変換部11bと、誤り訂正符号化部12bと、符号化率設定部13bと、マッピング部14bと、直交変調部15bと、符号化率判別信号多重部16bとを備える。

【0086】

ここで、図2に示す送信装置10bは、図1に示す送信装置10と対する一実施例として詳細に説明する。

【0087】

シリアル/パラレル変換部11bは、1ビットの送信データ系列をシンボル構成ビットとして3ビットのデータ系列に変換し、誤り訂正符号化部12bに送出する。

【0088】

30

誤り訂正符号化部12bは生成した符号語系列をマッピング部14bに送出する。本例の誤り訂正符号化部12bは、第1誤り訂正符号化部12b₁~第3誤り訂正符号化部12b₃から構成される。誤り訂正符号化部12bは、一様に信号点間の最小ユークリッド距離が拡大するように分割する集合分割法によるシンボル構成ビットの訂正能力を考慮し、第2ビット以降では、第1ビットの訂正限界 C/N 近傍において、十分な訂正能力を有し、且つ最も高い符号化率を選択する基準に基づき、符号化率設定部13bから第1誤り訂正符号化率 r_1 、第2誤り訂正符号化率 r_2 、第3誤り訂正符号化率 r_3 を取得する。この事例においては、 $r_1=47/120$ 、 $r_2=112/120$ 、 $r_3=120/120$ である。ここでは、第1誤り訂正符号化部16b₁~第3誤り訂正符号化部16b₃は、ともにBCH(65535, 65167)短縮化符号と上記LDPC符号を組み合わせた接続符号とし、符号語系列(a1)、(a2)、(a3)を生成する。生成された符号語系列の例を図3に示す。図3では、図18の(b)の構成を反映し、各符号語系列に相当するスロットのスロットヘッダは0ビットであり、BCH符号パリティ長は368ビットである。

40

【0089】

マッピング部14bは、本例では、誤り訂正符号化部12bで生成された3系統の符号語系列(a3, a2, a1)を入力シンボル系列とし、後述するシンボルと信号点の対応関係に従って変調信号点系列を生成する。以降、直交変調部15bは、図1における説明と同様に処理して、変調波信号を生成する。また、符号化率判別信号多重部16bは、符号化率設定部13bにより誤り訂正符号化部12に対して設定したシンボル構成ビットの

50

各ビット用の符号化率情報を、符号化率設定部 1 3 b から受け取り伝送多重制御信号（即ち、T M C C 信号）によって伝送するよう直交変調部 1 5 b における変調波信号に多重する。

【0090】

〔一実施例の受信装置〕

図 2 に示すように、受信装置 2 0 b は、直交復調部 2 1 b と、第 1 ~ 第 3 ビット対数尤度比計算部 2 2 b₁ ~ 2 2 b₃ と、第 1 ~ 第 3 ビット誤り訂正復号部 2 3 b₁ ~ 2 3 b₃ と、パラレル/シリアル変換部 2 4 b、符号化率判別部 2 5 b とを備える。

【0091】

ここで、図 2 に示す受信装置 2 1 b は、図 1 に示す受信装置 2 1 と対する一実施例として詳細に説明する。

10

【0092】

直交復調部 2 1 b は、前述した本発明に係る集合分割法により得られたシンボルと信号点の対応関係に基づいて変調信号系列を変調した変調波信号を、伝送路を介して送信装置 1 0 から受信して直交復調し、主信号のシンボルに対応する受信信号点系列を出力する。

【0093】

第 1 ~ 第 3 ビット対数尤度比計算部 2 2 b₁ ~ 2 2 b₃ 及び第 1 ~ 第 3 ビット誤り訂正復号部 2 3 b₁ ~ 2 3 b₃ は、直交復調部 2 1 b を経て得られる変調信号点系列について、シンボル構成ビット毎に得られる対数尤度比及び第 2 ビット以降の誤り訂正復号部については、その前段の復号結果を用いて、第 1 ビットから第 3 ビットまで逐次復号を行う。また、符号化率判別部 2 5 b では、直交復調部 2 1 b より得られる、誤り訂正符号の先頭を識別するために変調波信号に同期信号を多重する機能や伝送方式の設定等の情報を受信装置 2 0 に予告するための伝送多重制御信号を入力し、第 1 ~ 第 3 ビット誤り訂正復号部 2 3 b₁ ~ 2 3 b₃ で使用する第 1 ~ 第 3 ビット用符号化率情報を伝送多重制御信号から判別して、第 1 ~ 第 3 ビット誤り訂正復号部 2 3₁ ~ 2 3₃ にそれぞれ送出する。この事例においては、 $r_1 = 47 / 120$ 、 $r_2 = 112 / 120$ 、 $r_3 = 120 / 120$ である。

20

【0094】

パラレル/シリアル変換部 2 4 b は、第 1 ~ 第 3 ビット誤り訂正復号部 2 3 b₁ ~ 2 3 b₃ から得られるシンボルを構成するビットに対応するデータ系列の復号結果をパラレル/シリアル変換し、1 ビットの受信データ系列を外部に送出する。

30

【0095】

ここで、前述の通り、集合分割法において多段復号を行う場合、前段の復号誤りが後段に伝播することから、第 1 ビットの復号特性改善が重要であり、特に集合分割法においては、周波数効率を高めるために、誤り訂正部 1 2 b 及び符号化率情報 1 3 b における符号化率の選定基準が重要となる。

【0096】

つまり、本発明に係る L D P C 符号では、後述する符号化率の選定基準に基づいて符号化率の種類及び各ビットに適用する符号化率の組み合わせを選定しており、即ち、ビット毎の訂正能力に応じて定められた所定数の符号化率として、 $47 / 120$ 、 $53 / 120$ 、 $60 / 120$ 、 $112 / 120$ 、 $114 / 120$ 、 $115 / 120$ 及び $120 / 120$ （L D P C パリティなし）を採用するように構成し、符号化率設定部 1 3 は、当該シンボル構成ビットの各ビットに適用する L D P C 符号の符号化率の組み合わせとして、当該シンボル構成ビットのうち第 1 ビットについては所要 C / N に対応する訂正能力の符号化率を設定し、第 2 ビット以降については当該所定数の符号化率のうち訂正能力が当該所要 C / N に対して所定範囲内の C / N（好適には、所要 C / N の $\pm 10\%$ 以内）となる最も高い符号化率を設定する。これにより、誤り訂正符号化部 1 2 は、一様に信号点間の最小ユークリッド距離が拡大するように分割する集合分割法によるシンボル構成ビットの訂正能力を考慮した符号化率が設定され、第 2 ビット以降では、第 1 ビットの訂正限界 C / N 近傍において、十分な訂正能力を有し、且つ最も高い符号化率で L D P C 符号化を行うこ

40

50

とができる。

【0097】

そこで、第2ビット以降では、第1ビットの訂正限界 C/N 近傍において、十分な訂正能力を有し、且つ最も高い符号化率でLDPC符号化を行うのに最も適した符号化率の種類に関する選定基準について、伝送性能（シミュレーション結果）を基に説明する。伝送モデルは白色雑音を想定し、LDPC符号の復号反復回数は1段あたり最大50回に設定した。

【0098】

まず、当該シンボル構成ビットの各ビットに適用するLDPC符号の符号化率の組み合わせに関して説明するために、図4に、図3の構成（ケースA：第1ビット符号化率47/120、第2ビット符号化率112/120、第3ビット符号化率120/120）における C/N 対BER特性を示す。また、図4においては、上記例が最適な組み合わせであることを示す他の比較例として、第2ビットの符号化率を下げたケースB（第1ビット符号化率47/120、第2ビット符号化率111/120、第3ビット符号化率120/120）及び、第2ビットの符号化率を上げたケースC（第1ビット符号化率47/120、第2ビット符号化率113/120、第3ビット符号化率120/120）の特性も同様に示す。図4より、ケースAとケースBの特性は同一であり、ケースCはケースA、ケースBよりも劣ることが確認できる。更に、後述する図7に示すシミュレーション結果から、ケースAの符号化率組み合わせが最も良い性能を得られることが確認できる。

【0099】

ここで、図3に示すビット毎の符号化率組み合わせ（ケースA：第1ビット符号化率47/120、第2ビット符号化率112/120、第3ビット符号化率120/120）とは異なり、ビット毎の訂正能力に応じて定められた所定数の符号化率を用いて、LDPC符号における全体符号化率が異なるビット毎の符号化率組み合わせを示す別の例を図5、図6に示す。図5及び図6は、 BCH（65535、65167）符号を適用した場合のスロット構成に相当する。また、図5及び図6の事例においては、全体符号化率が図3より高いことから、 BCH（65535、65343）符号を外符号に適用しても、全体性能をほとんど劣化させず伝送できることが期待できる。 BCH（65535、65343）符号を適用した場合のスロット構成を図12、図13に示す。図5及び図12の場合、第1ビット符号化率53/120、第2ビット符号化率114/120、第3ビット符号化率120/120であり、図6及び図13の場合、第1ビット符号化率60/120、第2ビット符号化率115/120、第3ビット符号化率120/120である。また、情報ビットに着目した場合、（a1）～（a3）の合計情報ビット長が図3の構成では、103224ビット、図5及び図12の構成では106216ビット、図6及び図13の構成では109208ビットであり、すべて187×8ビットで割り切れることから、図3、図5、図6、図12及び図13に示すいずれの構成も MPEG-2 TSスロット伝送に好適な構成となる。そこで、図3の構成を実施例1のスロット構成と称し、図5の構成を実施例2のスロット構成と称し、図6の構成を実施例3のスロット構成と称することにする。

【0100】

実施例1（図3のスロット構成）、実施例2（図5のスロット構成）、実施例3（図6のスロット構成）の各構成が好適であることを示す例として、周波数利用効率一定の条件において、第1ビット、第2ビットの符号化率を変えた場合の C/N 対BER特性を図7（実施例1）、図8（実施例2）、図9（実施例3）に示す。LDPC符号化率は、実施例1（図3のスロット構成）では0.775、実施例2（図5のスロット構成）では0.797、実施例3（図6のスロット構成）では0.819に該当する。図7～図9の結果より、実施例1（図3のスロット構成）、実施例2（図5のスロット構成）、実施例3（図6のスロット構成）の各構成による符号化率の組み合わせが最も性能が良いことが確認できる。

【0101】

図10に、実施例1(図3のスロット構成)、実施例2(図5のスロット構成)、実施例3(図6のスロット構成)の各構成を用いた場合の周波数利用効率対所要C/N特性を示す。所要C/Nは、図7~図9の結果を線形外挿補間し、BER = 1×10^{-11} 点を所用C/Nと定義した。図10には従来方式である高度衛星放送方式の所要C/N特性も掲載した。図10より、本発明による構成は、高度衛星放送方式と比較した場合、実施例1(図3のスロット構成)では、0.24 dB, 実施例2(図5のスロット構成)では0.20 dB, 実施例3(図6のスロット構成)では0.22 dB, 性能が向上していることが確認できる。また、8PSK限界と比較した場合、図8の構成では、0.62 dB、実施例2(図5のスロット構成)では0.64 dB, 実施例3(図6のスロット構成)では0.62 dBのギャップであり、8PSK限界に近い特性であることが確認できる。

10

【0102】

また、本発明に係るLDPC符号の符号化器及び復号器は、特許第4688841号明細書又は特許第4856608号明細書等に開示されるものと同様に構成することができ、このLDPC符号の符号化・復号に用いる検査行列は、44880ビットからなる符号長で符号化率毎に予め定めた検査行列初期値テーブルを初期値として、各符号化率に応じた情報長に対応する部分行列の1の要素を、列方向に374列毎の周期で配置して構成され、LDPC符号の各符号化率47/120, 53/120, 60/120, 112/120, 114/120, 115/120に対応する各検査行列初期値テーブルは、それぞれ上述した表1~表6に示したものを利用する。これにより、本発明に係る集合分割法にLDPC符号を適用するにあたり、各分割段階に対応するシンボル構成ビットに対して、最適なBER特性が得られ雑音耐性に優れた伝送が可能となる。

20

【0103】

図2において、これら6種類のテーブルに基づくLDPC符号化器および復号器を、それぞれ送信装置10bおよび受信装置20bの誤り訂正符号化部12bおよび誤り訂正復号部23bに構成するのが好適である。すなわち、送信装置10bは、所望の符号化率を(47/120, 112/120, 120/120)、(53/120, 114/120, 120/120)、(60/120, 115/120, 120/120)から選択し、符号化率設定部13bで誤り訂正符号化部12bの符号化率を設定するとともに、シンボル構成ビットの各ビットに適用する符号化率に関する情報を符号化率判別信号多重部16bにより伝送制御信号を使って送信し、受信装置20bは、この情報を受信し、シンボル構成ビットの各ビットに適用する符号化率を誤り訂正復号部23b 1, 23b 2, 23b 3の各々に設定することで、所要C/Nおよび伝送可能な情報ビットレートの異なる3通りの伝送を自由に設定して伝送することが可能になる。

30

【0104】

また、(47/120, 112/120, 120/120)、(53/120, 114/120, 120/120)、(60/120, 115/120, 120/120)のうち一部の符号化率、例えば(47/120, 112/120, 120/120)のみを利用したい場合には、47/120, 112/120, 120/120の符号化率についてのみ、送信装置10bおよび受信装置20bの誤り訂正符号化部12bおよび誤り訂正復号部23bに構成すればよく、伝送制御信号による符号化率設定も行わずに固定して利用することも可能である。すなわち、送受信装置(送信装置10bおよび受信装置20b)の用途によって、47/120, 53/120, 60/120, 112/120, 114/120, 115/120, および120/120の符号化率のうち、3以上の所要数の符号化率のみに対応することで、最低限のコストで送受信装置を提供することも可能である。

40

【0105】

なお、符号化率の高い(53/120, 114/120, 120/120)、(60/120, 115/120, 120/120)については、前述したとおり、BCH符号として、BCH(65535, 65167)およびBCH(65535, 65343)のいずれも利用可能である。従って、これらも含めて、伝送制御信号により設定することも可

50

能である。また、符号化率(47/120, 112/120, 120/120)については、47/120および112/120についてのみ、BCH(65535, 65343)を利用しても、ほとんど性能を劣化させずに伝送することも可能であることから、シンボル構成ビットのビット毎に伝送制御信号によりBCH符号を設定することも可能である。これにより、スロットヘッダの伝送を優先するか、伝送性能を優先するかの選択も可能となる。

【0106】

上述の実施例では、3ビットのシンボル構成ビット(M=3)について説明したが、M=3の場合も同様の手法により雑音体制に優れた伝送を実現することが可能である。特にM=3においては、集合分割法にLDPC符号を適用する際に、ビット毎の訂正能力に応じて定められた所定数の符号化率として、47/120, 53/120, 60/120, 112/120, 114/120, 115/120及び120/120(LDPCパリティなし)を定めることにより、集合分割法における周波数利用効率を高めることが可能となる。

10

【0107】

また、主に高度衛星方式に適用する場合について説明したが、その他の符号長の異なる伝送方式にも適用することが可能である。すなわち、47/120, 53/120, 60/120, 112/120, 114/120, 115/120及び120/120の代わりに、 $0.39 \pm 10\%$, $0.44 \pm 10\%$, $0.50 \pm 10\%$, $0.93 \pm 10\%$, $0.95 \pm 10\%$, $0.96 \pm 10\%$ 及び1.00の符号化率を適用することで、その他の符号長の異なる伝送方式にも全く同様に適用することが可能である。ここで $\pm 10\%$ の範囲を持たせているのは、一般に誤り訂正符号の訂正能力は同一種類(例えばLDPC符号)の誤り訂正符号であれば、符号化率でほぼ決定されるものの、符号長や符号の完成度によってもわずかに訂正能力が異なり、一般にはより長い符号長で、なおかつ、サイクル2、4、6、・・・のより少ない符号の性能がより良くなることが知られており、こうした条件の違いによって生じる10%程度の差分を包含するためである。

20

【0108】

上述の実施形態では特定の例を基に説明したが、様々な応用が可能である。例えば、変調方式は8PSKを例に説明したが、上記符号化率の組み合わせは他の3ビットデジタル変調方式(8QAM等)にも適用可能である。また、衛星放送、地上放送、移動通信、固定通信などの他の伝送方式にも適用可能である。

30

【産業上の利用可能性】

【0109】

本発明によれば、誤り訂正符号と多値変調の組み合わせにおける符号化変調の性能を向上させ、白色雑音下における伝送性能を向上させることが可能となるので、誤り訂正符号と多値変調を利用する任意の用途に有用である。

【符号の説明】

【0110】

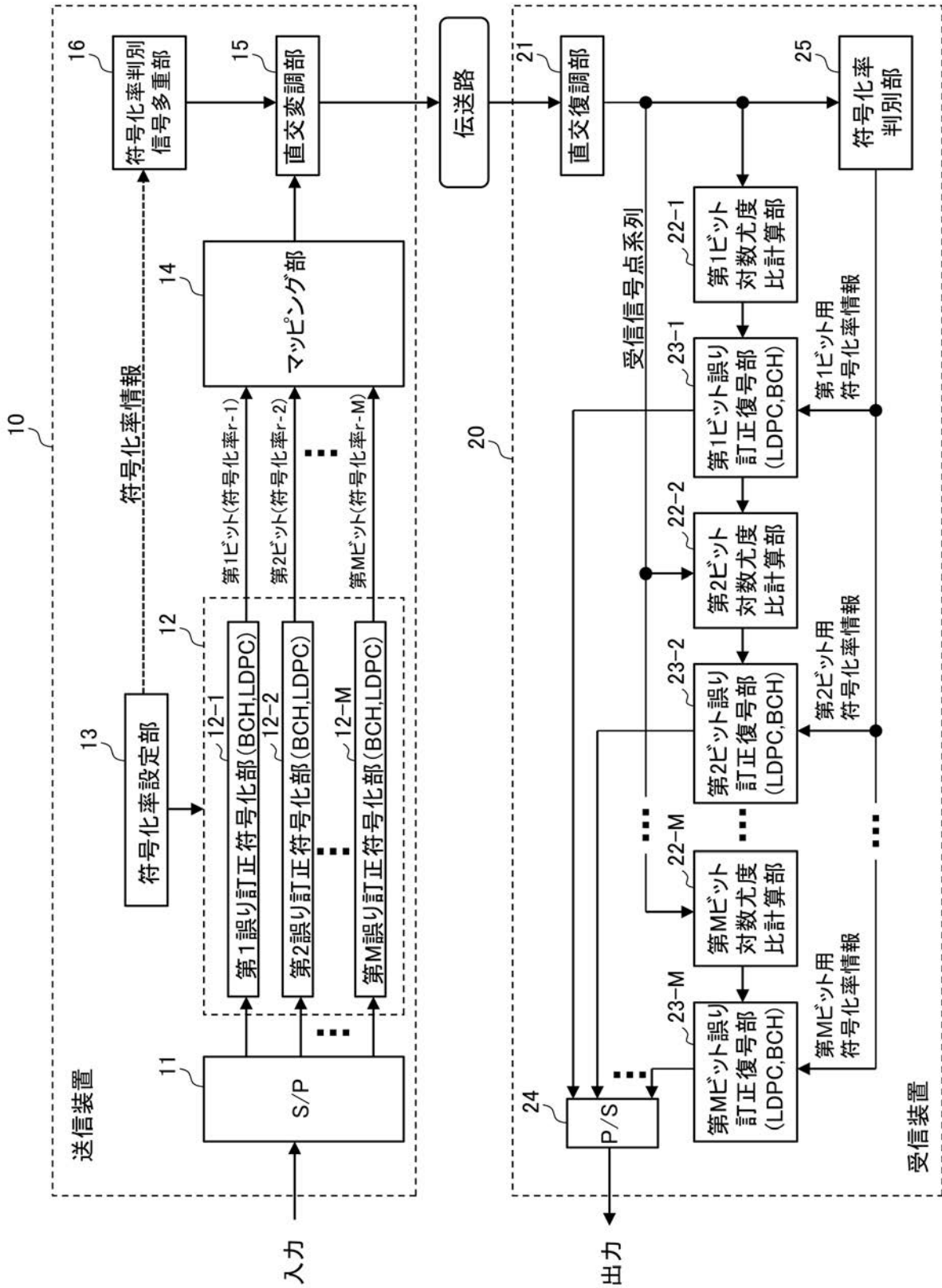
- 10, 10b 送信装置
- 11, 11b シリアル/パラレル変換部
- 12, 12b 誤り訂正符号化部
- 12 1, 12b 1 第1誤り訂正符号化部
- 12 2, 12b 2 第2誤り訂正符号化部
- 12 3, 12b 3 第3誤り訂正符号化部
- 12 M 第M誤り訂正符号化部
- 13, 13b 符号化率設定部
- 14, 14b マッピング部
- 15, 15b 直交変調部
- 16, 16b 符号化率判別信号多重部
- 20, 20b 受信装置

40

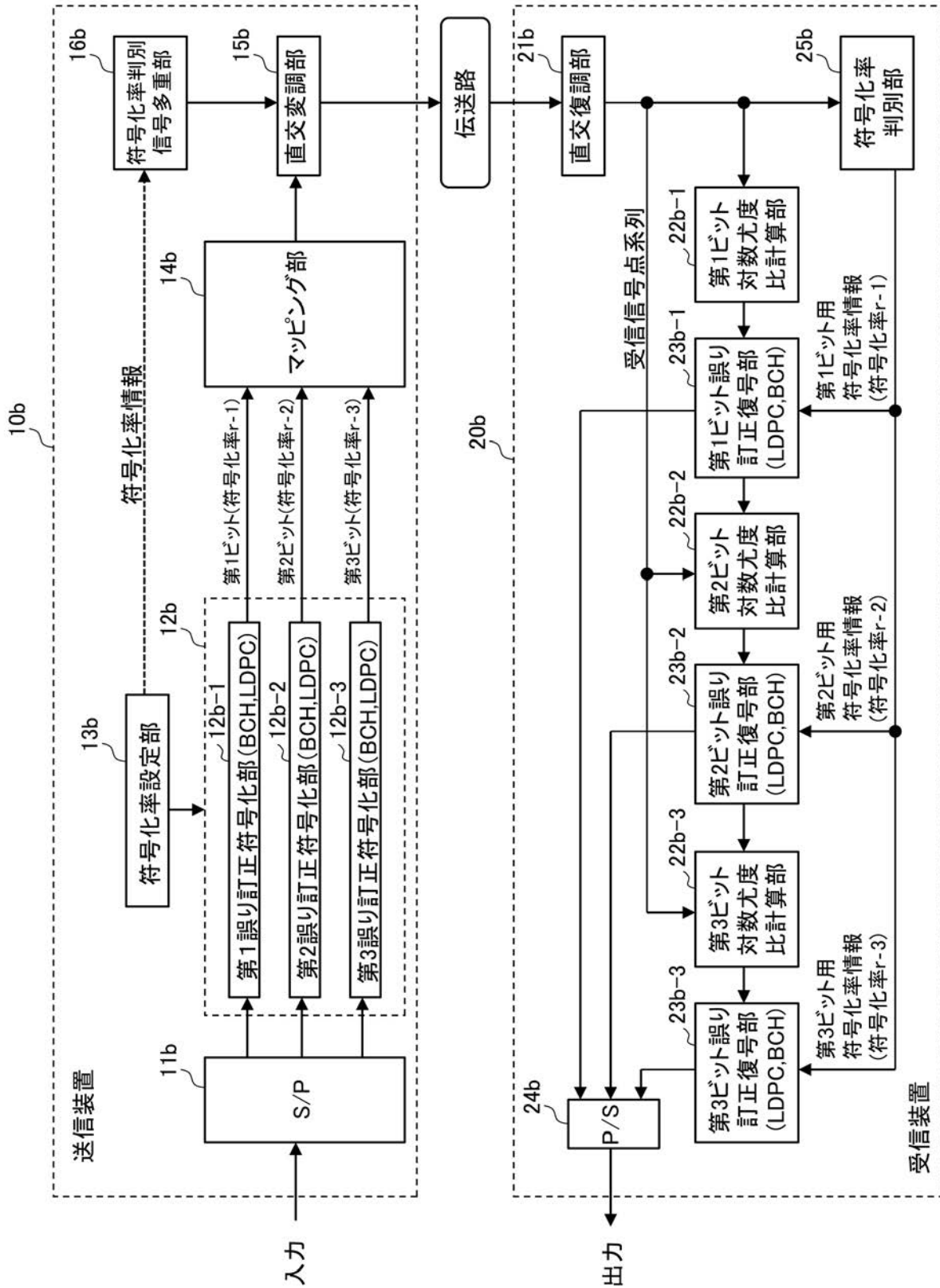
50

- 2 1 , 2 1 b 直交復調部
- 2 2 1 , 2 2 b 1 第1ビット対数尤度比計算部
- 2 2 2 , 2 2 b 2 第2ビット対数尤度比計算部
- 2 2 3 , 2 2 b 3 第3ビット対数尤度比計算部
- 2 2 M 第Mビット対数尤度比計算部
- 2 3 1 , 2 3 b 1 第1ビット誤り訂正復号部
- 2 3 2 , 2 3 b 2 第2ビット誤り訂正復号部
- 2 3 3 , 2 3 b 3 第3ビット誤り訂正復号部
- 2 3 M 第Mビット誤り訂正復号部
- 2 4 , 2 4 b 平行列/シリアル変換部
- 2 5 , 2 5 b 符号化率判別部

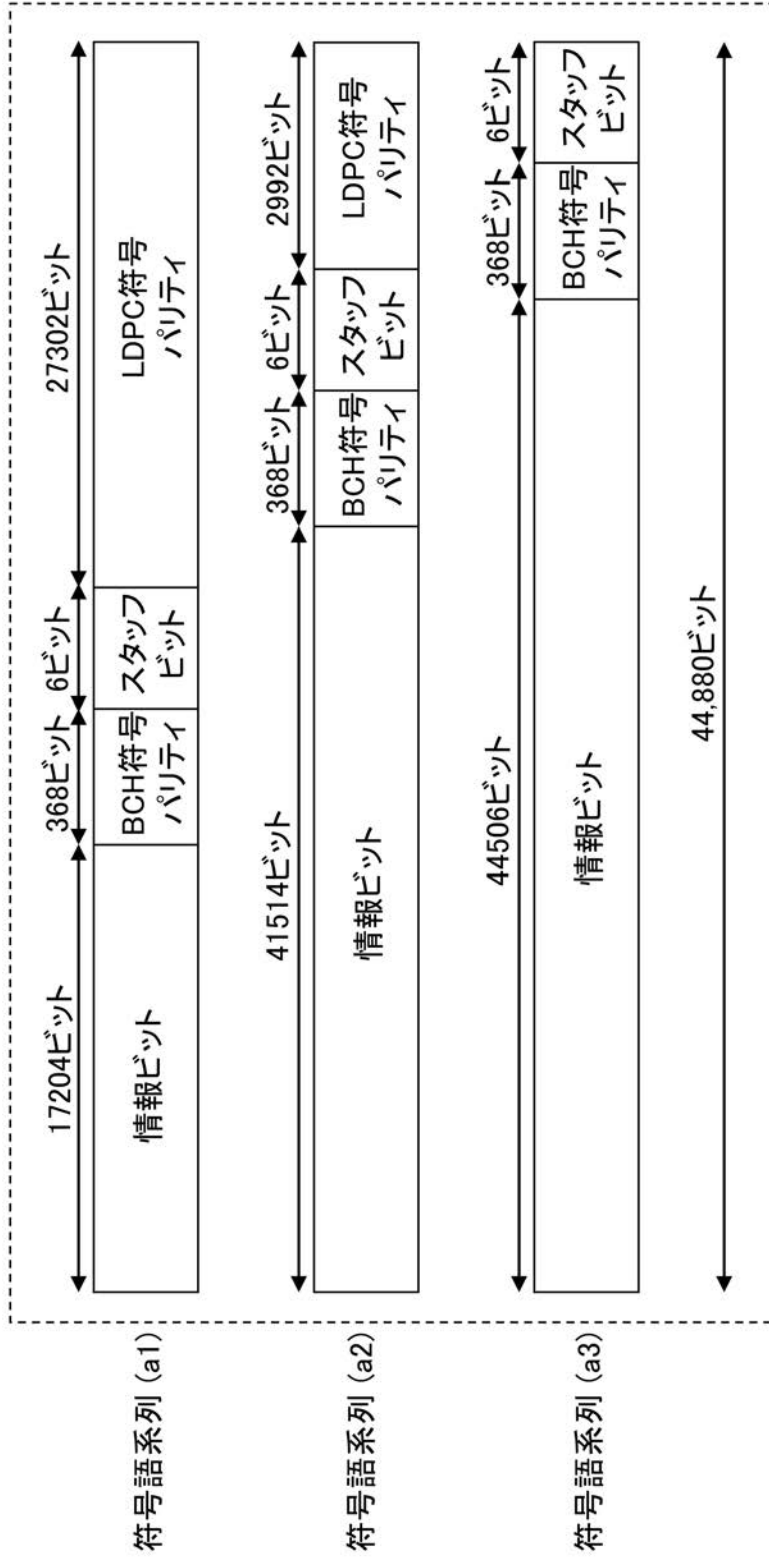
【図1】



【 図 2 】



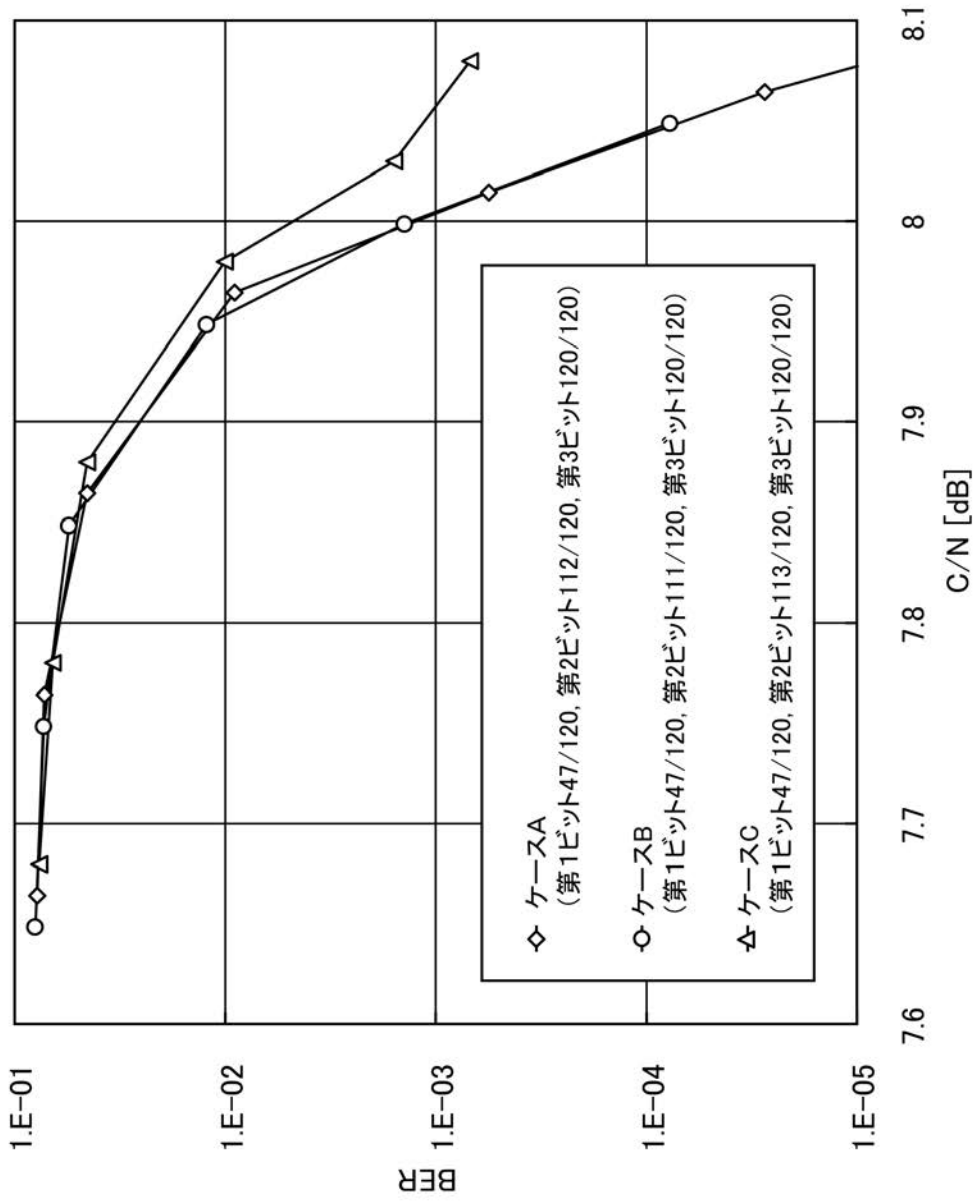
【 図 3 】



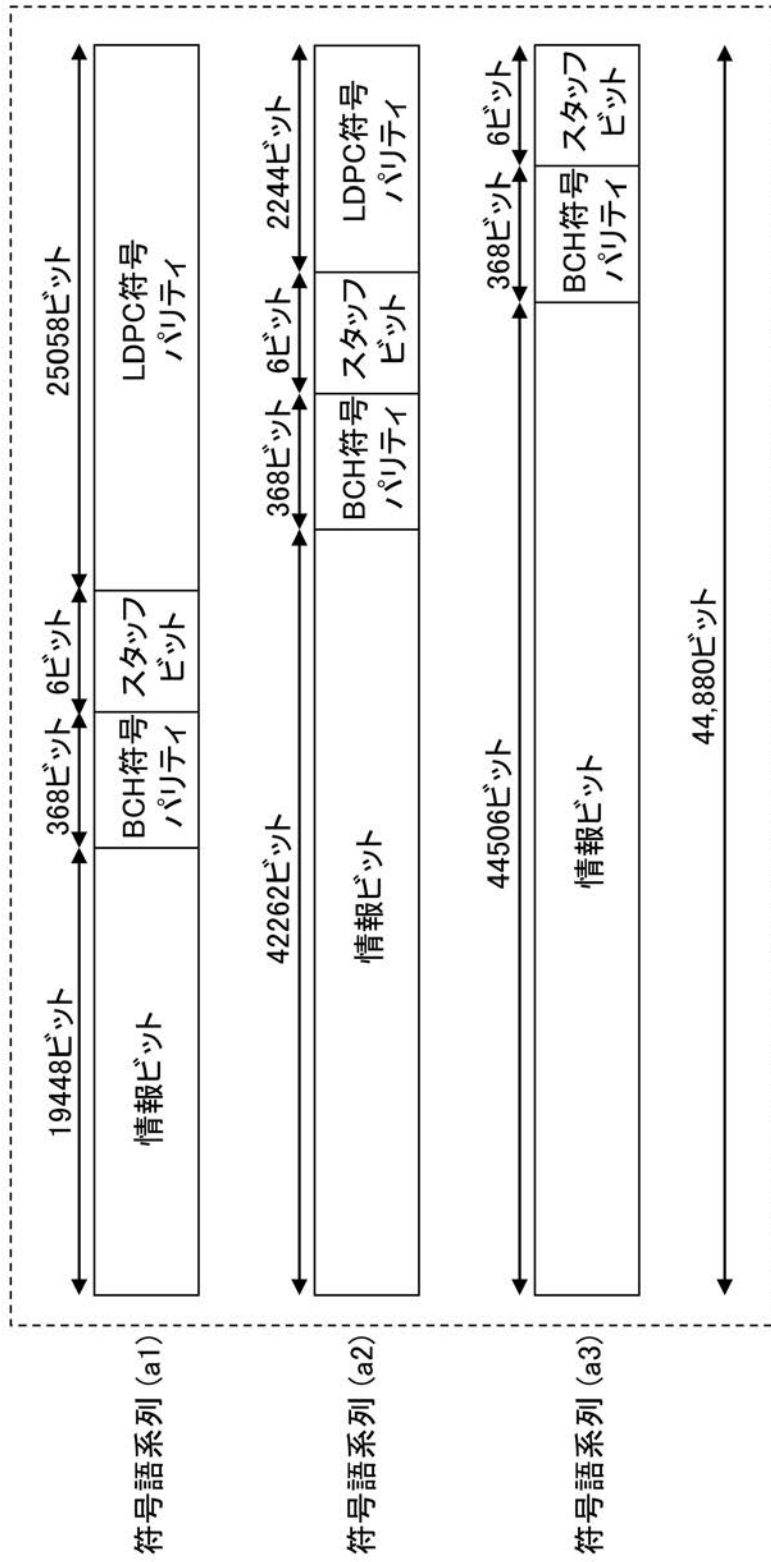
マッピング部への入カシンボル系列(M=3)

M=3における第1ビットLDPC符号化率47/120、
第2ビットLDPC符号化率112/120、第3ビットLDPC符号化率120/120、
BCH(65535, 65167)短縮符号の場合の構成例(実施例1)

【 図 4 】



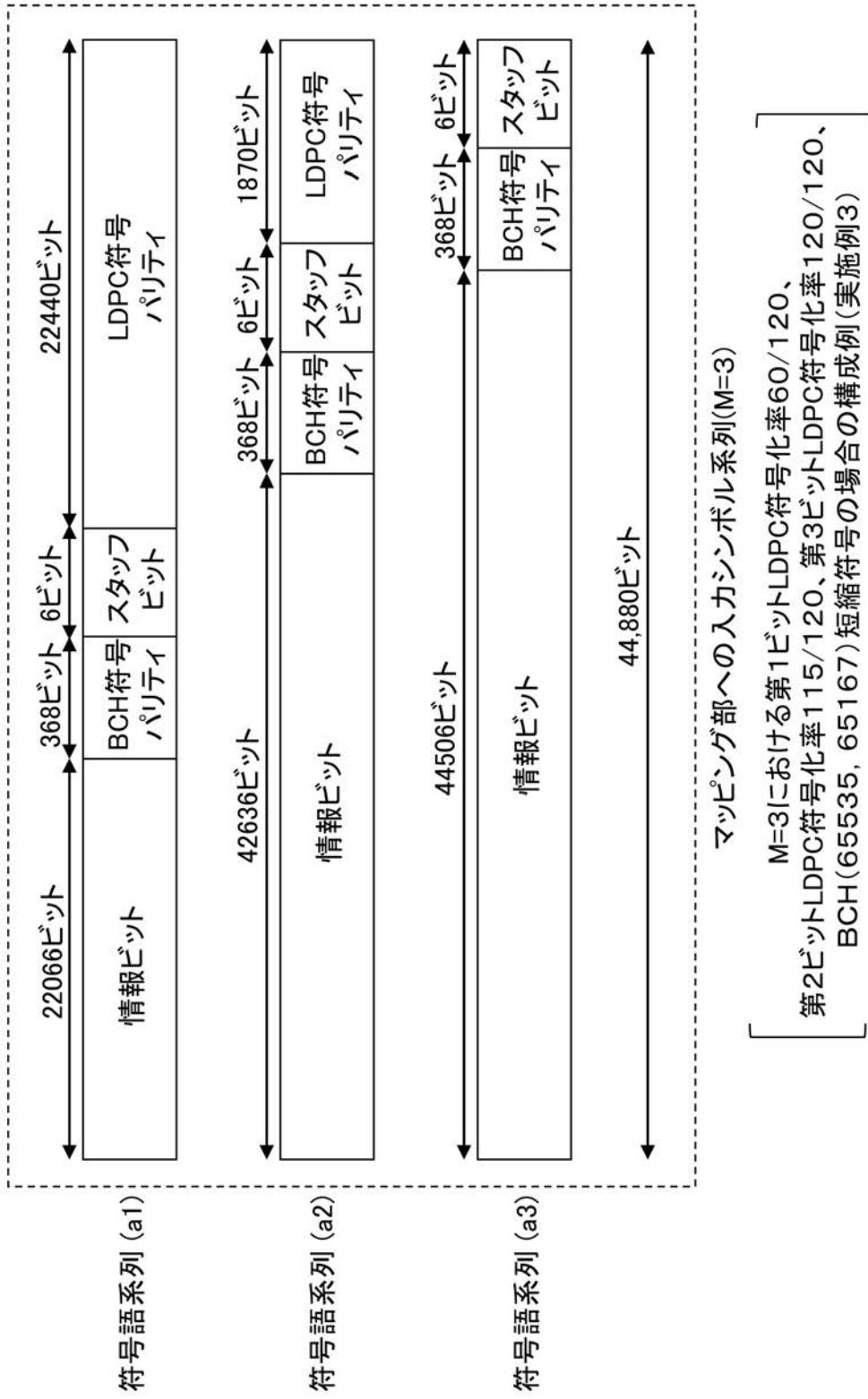
【 図 5 】



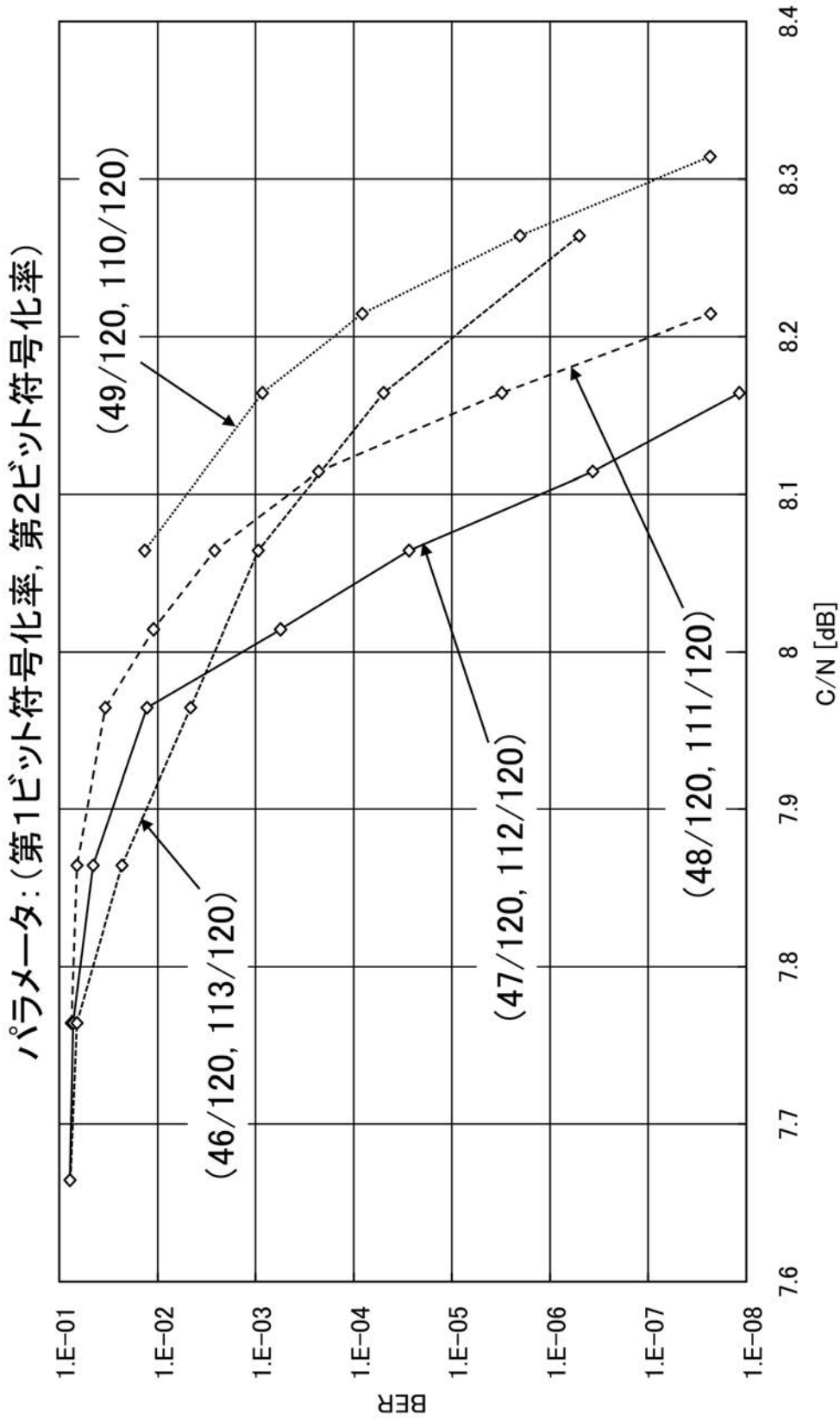
マッピング部への入カシンボル系列(M=3)

[M=3における第1ビットLDPC符号化率53/120、
第2ビットLDPC符号化率114/120、第3ビットLDPC符号化率120/120、
BCH(65535, 65167)短縮符号の場合の構成例(実施例2)]

【 図 6 】

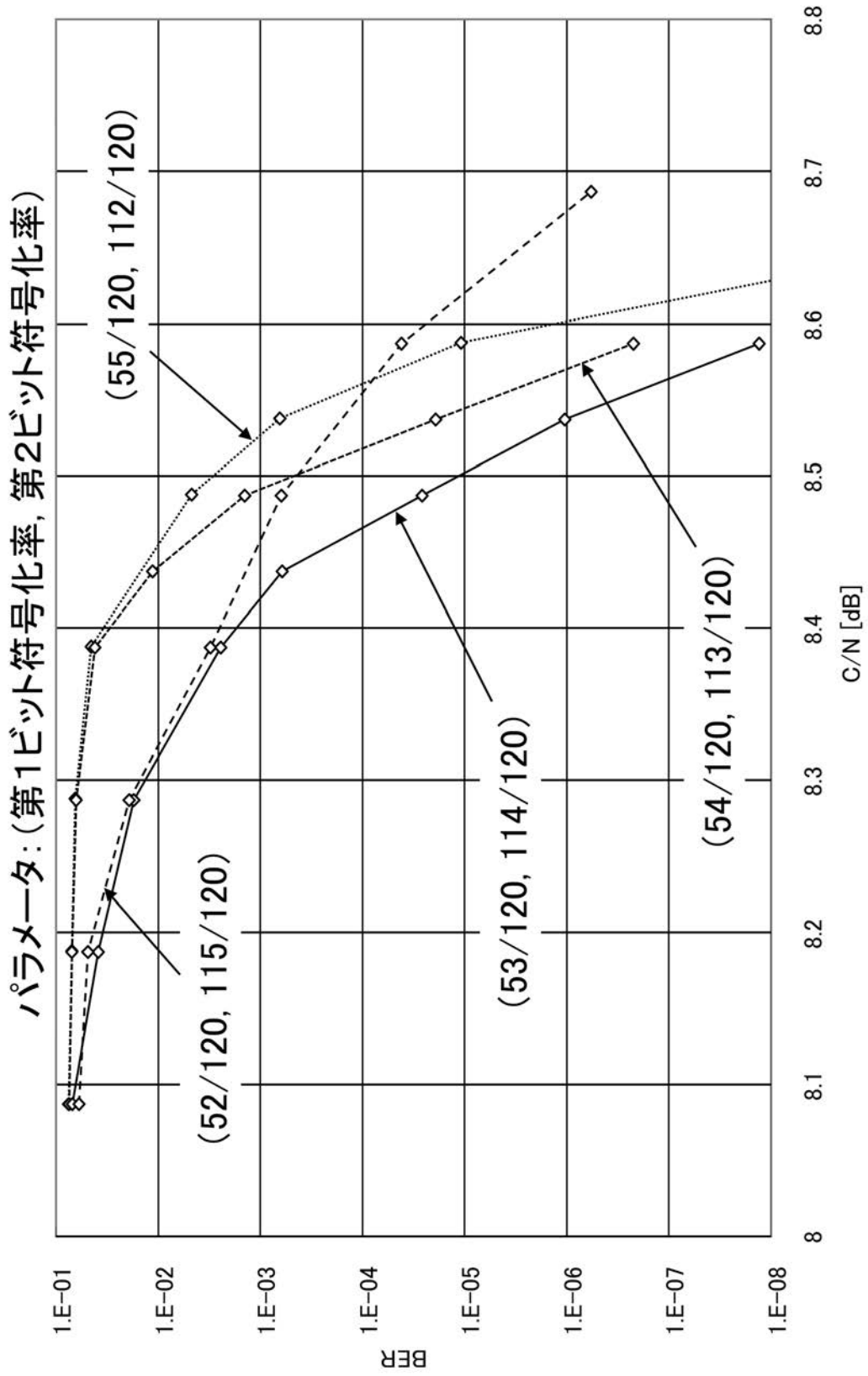


【図7】



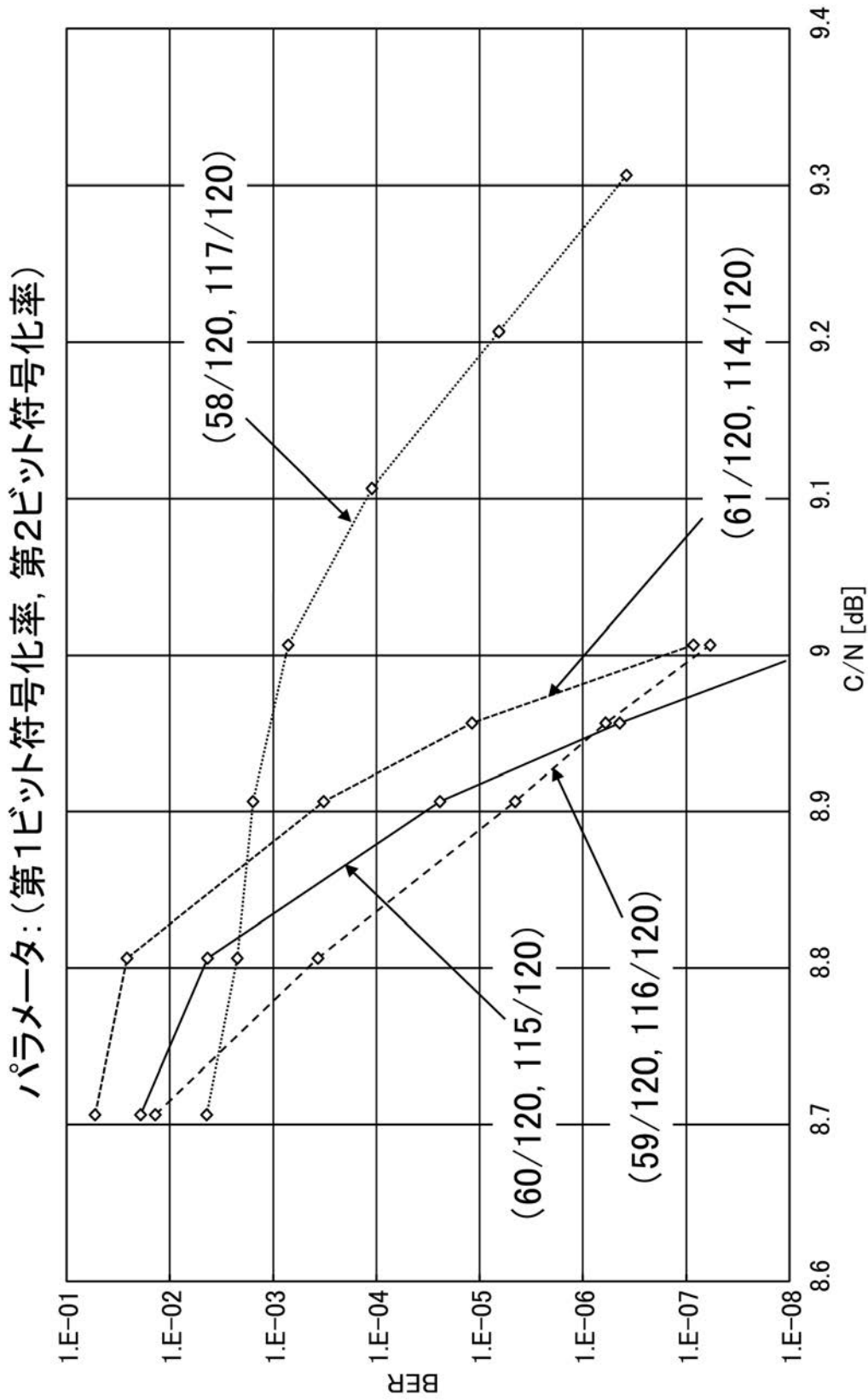
全体符号化率0.775におけるC/N対ビット誤り率特性

【図 8】



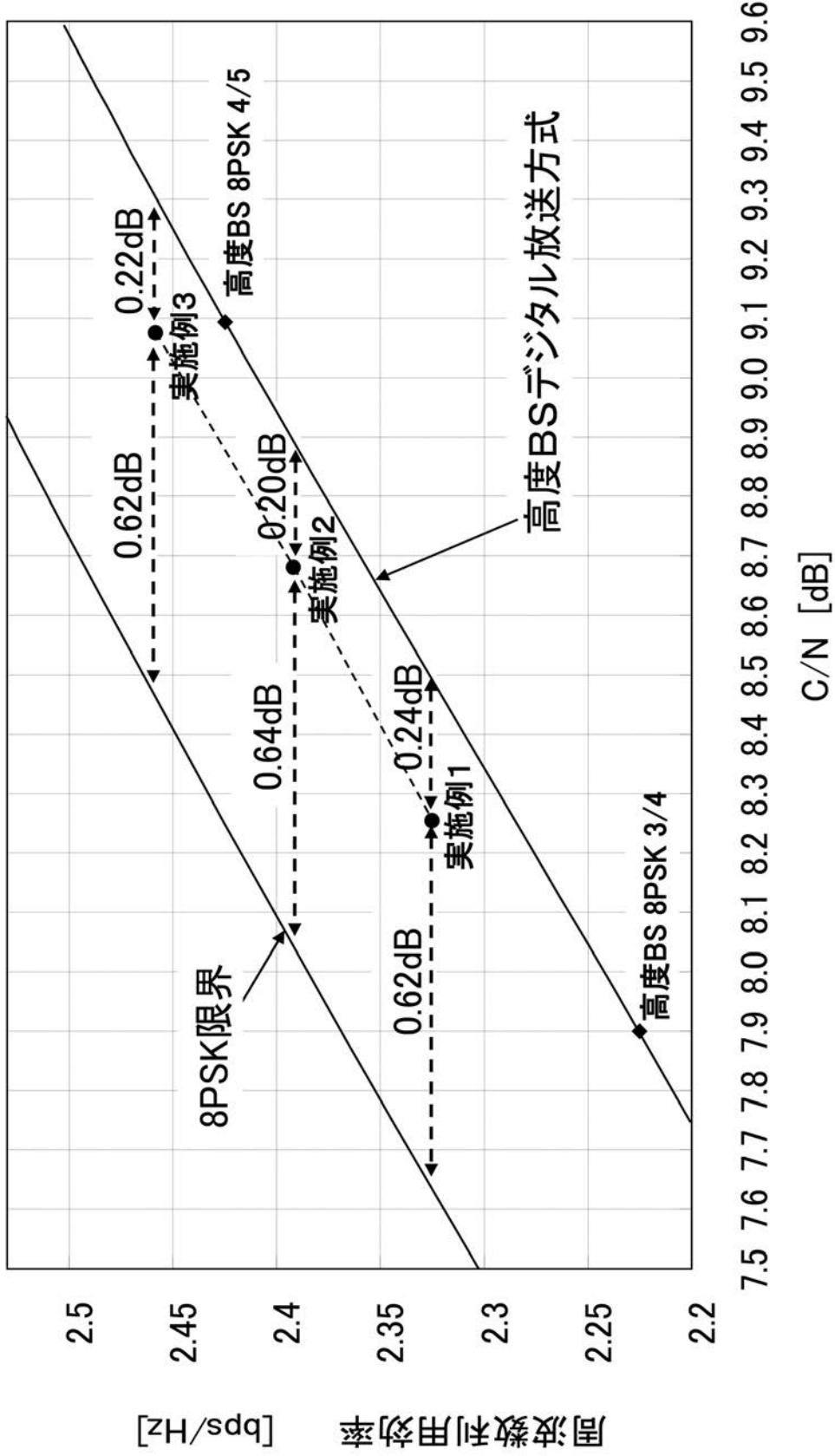
全体符号化率0.797におけるC/N対ビット誤り率特性

【図9】



全体符号化率0.819におけるC/N対ビット誤り率特性

【図 10】

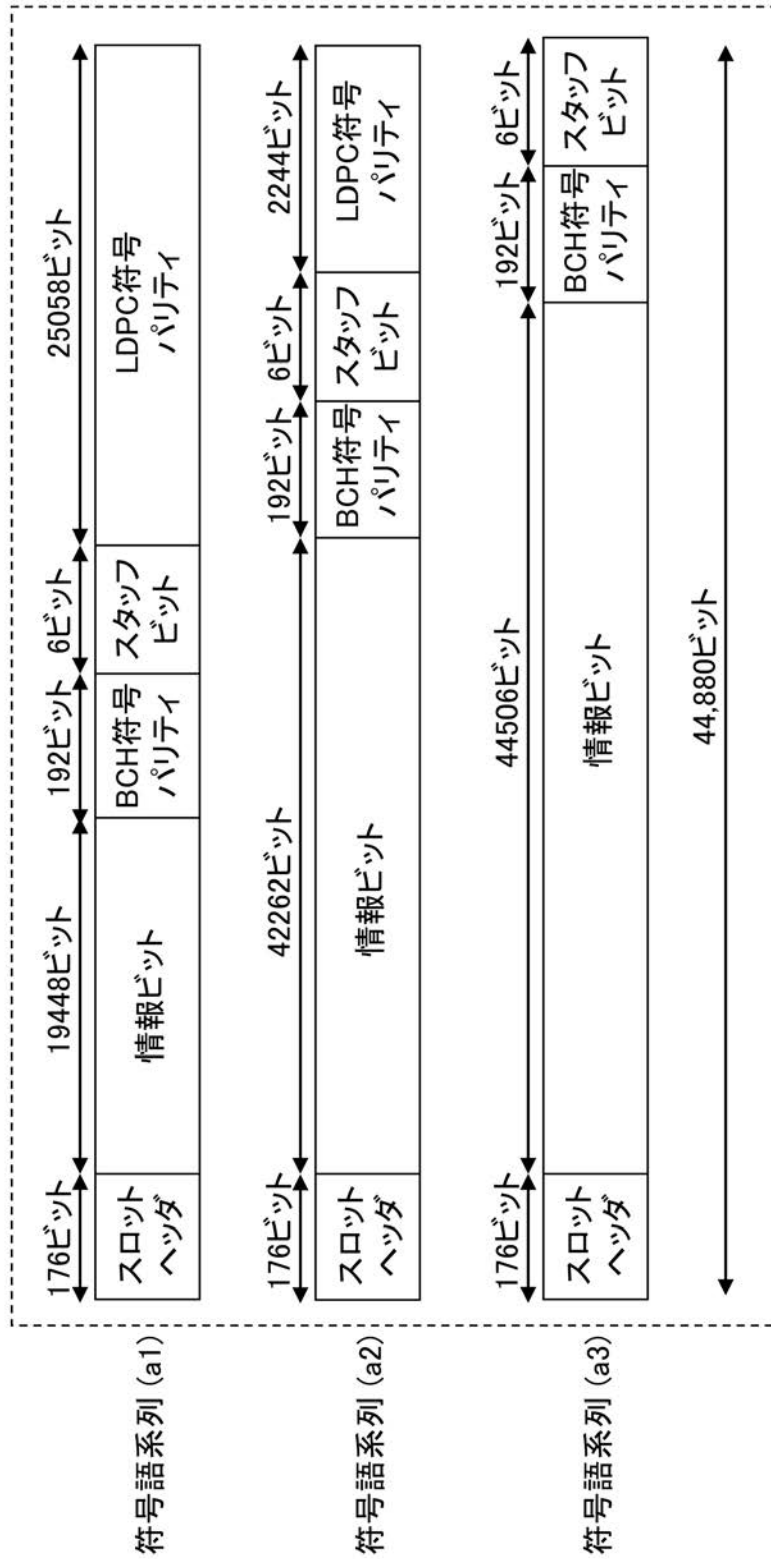


【 図 1 1 】

BCH(65535、65176)短縮化符号生成多項式

$$\begin{aligned}
 g1(x) &= 1 + X + X^3 + X^{12} + X^{16} \\
 g2(x) &= 1 + X^2 + X^3 + X^4 + X^8 + X^9 + X^{11} + X^{12} + X^{16} \\
 g3(x) &= 1 + X^2 + X^3 + X^7 + X^9 + X^{10} + X^{11} + X^{13} + X^{16} \\
 g4(x) &= 1 + X + X^3 + X^6 + X^7 + X^{11} + X^{12} + X^{13} + X^{16} \\
 g5(x) &= 1 + X + X^2 + X^3 + X^5 + X^7 + X^8 + X^9 + X^{11} + X^{13} + X^{16} \\
 g6(x) &= 1 + X + X^6 + X^7 + X^9 + X^{10} + X^{12} + X^{13} + X^{16} \\
 g7(x) &= 1 + X + X^2 + X^6 + X^9 + X^{10} + X^{11} + X^{15} + X^{16} \\
 g8(x) &= 1 + X + X^3 + X^6 + X^8 + X^9 + X^{12} + X^{15} + X^{16} \\
 g9(x) &= 1 + X + X^4 + X^6 + X^8 + X^{10} + X^{11} + X^{12} + X^{13} + X^{15} + X^{16} \\
 g10(x) &= 1 + X + X^2 + X^4 + X^6 + X^8 + X^9 + X^{10} + X^{11} + X^{15} + X^{16} \\
 g11(x) &= 1 + X^6 + X^8 + X^9 + X^{10} + X^{13} + X^{14} + X^{15} + X^{16} \\
 g12(x) &= 1 + X + X^2 + X^3 + X^5 + X^6 + X^7 + X^{10} + X^{11} + X^{15} + X^{16} \\
 g13(x) &= 1 + X + X^3 + X^4 + X^5 + X^6 + X^8 + X^9 + X^{10} + X^{12} + X^{14} + X^{15} + X^{16} \\
 g14(x) &= 1 + X + X^3 + X^4 + X^6 + X^7 + X^9 + X^{10} + X^{11} + X^{12} + X^{14} + X^{15} + X^{16} \\
 g15(x) &= 1 + X^2 + X^3 + X^4 + X^6 + X^7 + X^8 + X^9 + X^{16} \\
 g16(x) &= 1 + X^7 + X^{10} + X^{12} + X^{13} + X^{14} + X^{16} \\
 g17(x) &= 1 + X + X^2 + X^4 + X^6 + X^7 + X^{12} + X^{15} + X^{16} \\
 g18(x) &= 1 + X^5 + X^6 + X^7 + X^{11} + X^{15} + X^{16} \\
 g19(x) &= 1 + X + X^3 + X^8 + X^{10} + X^{14} + X^{16} \\
 g20(x) &= 1 + X^4 + X^6 + X^7 + X^8 + X^9 + X^{10} + X^{11} + X^{13} + X^{15} + X^{16} \\
 g21(x) &= 1 + X^2 + X^3 + X^5 + X^6 + X^{12} + X^{13} + X^{14} + X^{16} \\
 g22(x) &= 1 + X + X^2 + X^3 + X^5 + X^6 + X^{10} + X^{15} + X^{16} \\
 g23(x) &= 1 + X^3 + X^6 + X^{11} + X^{12} + X^{13} + X^{14} + X^{15} + X^{16}
 \end{aligned}$$

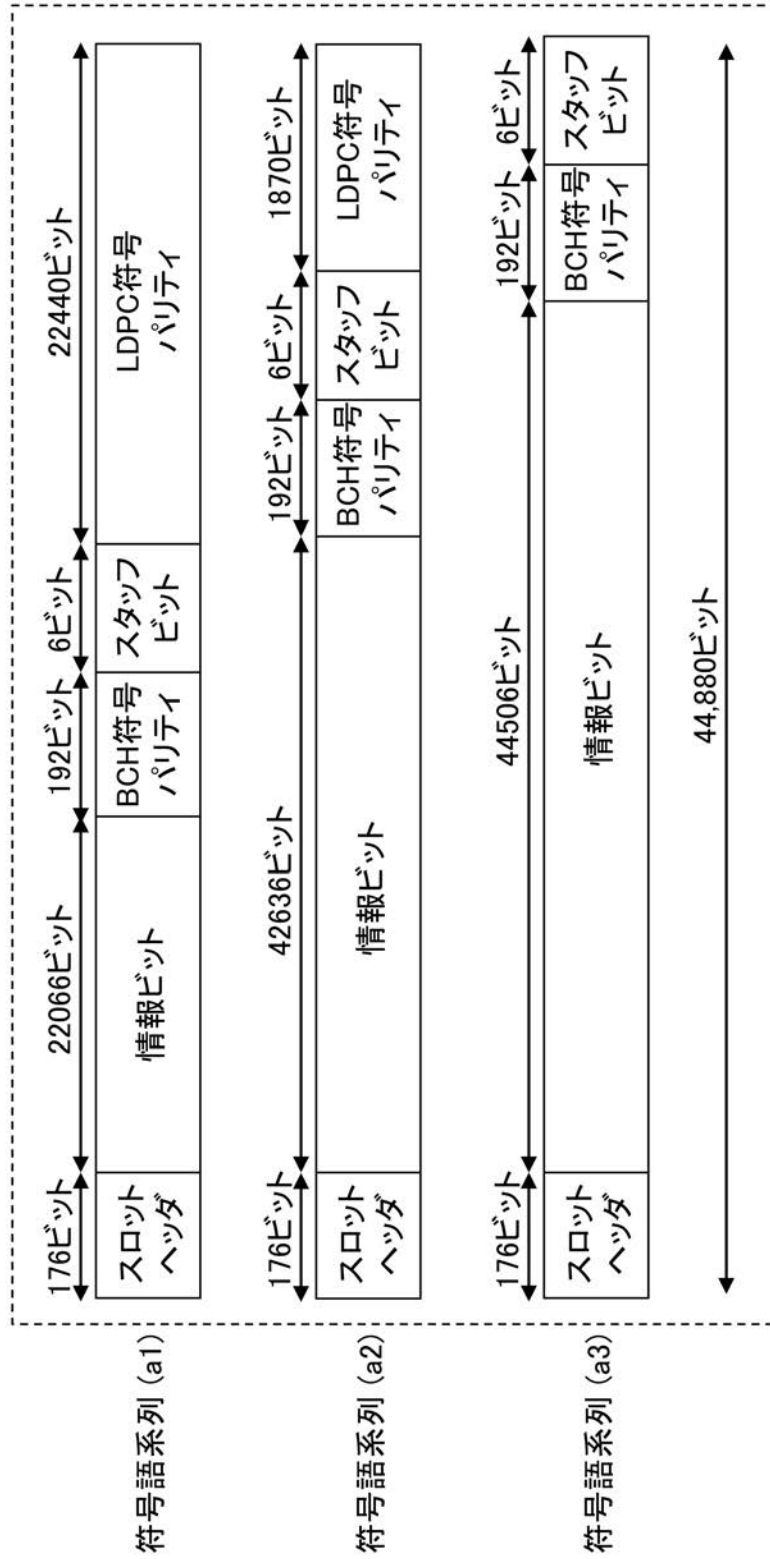
【 図 1 2 】



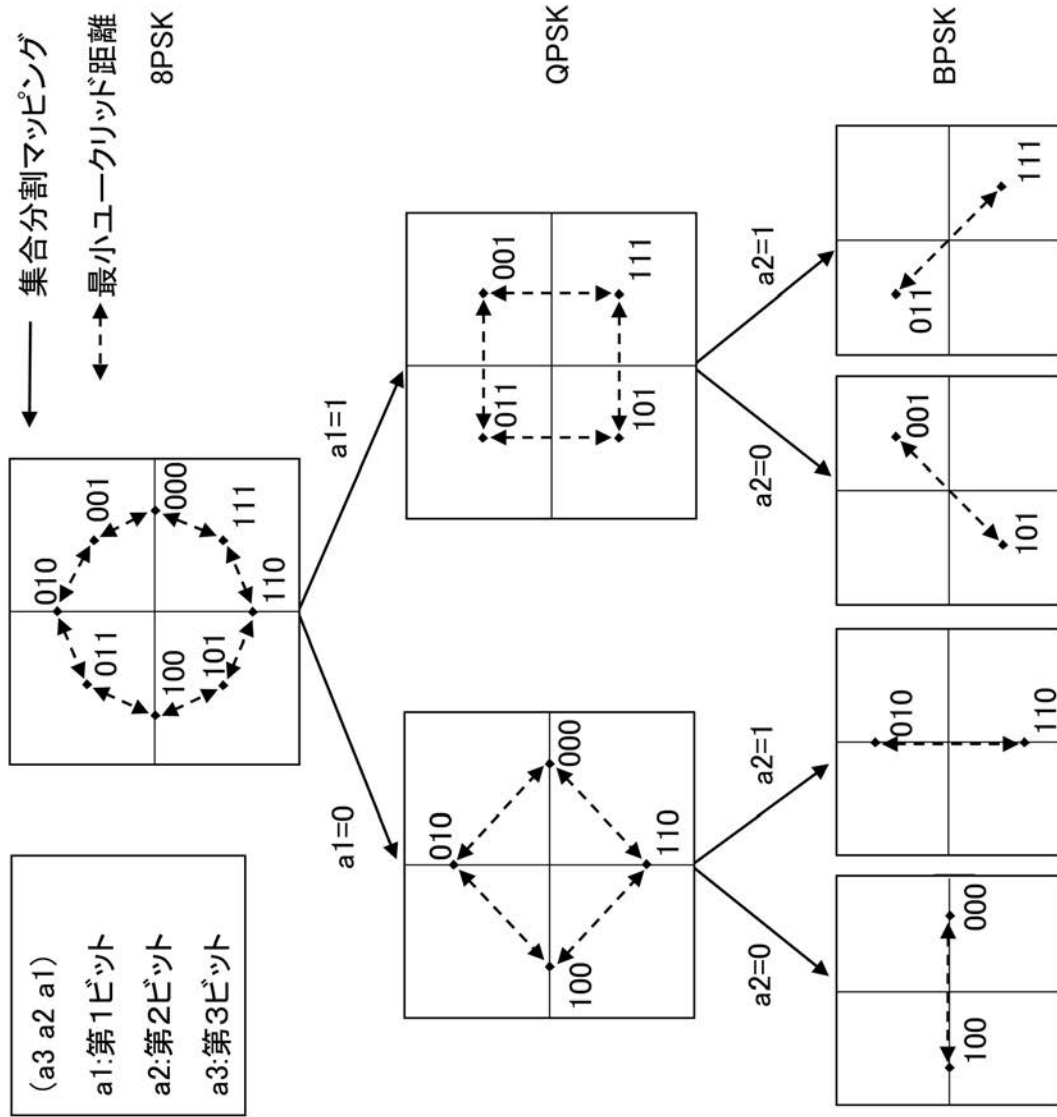
マッピング部への入カシンボル系列(M=3)

[M=3における第1ビットLDPC符号化率53/120、
第2ビットLDPC符号化率114/120、第3ビットLDPC符号化率120/120、
BCH(65535, 65343)短縮符号の場合の構成例]

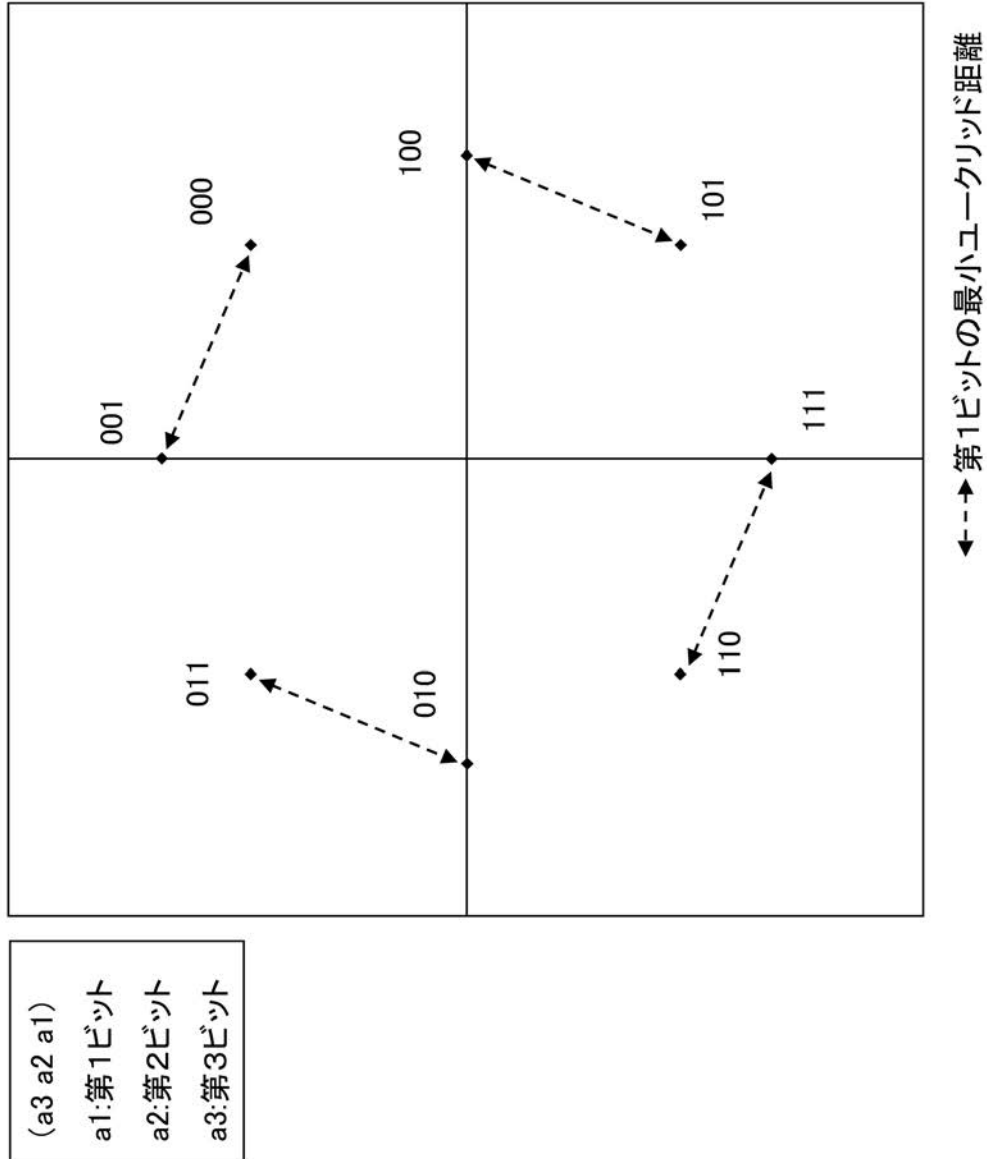
【図 13】



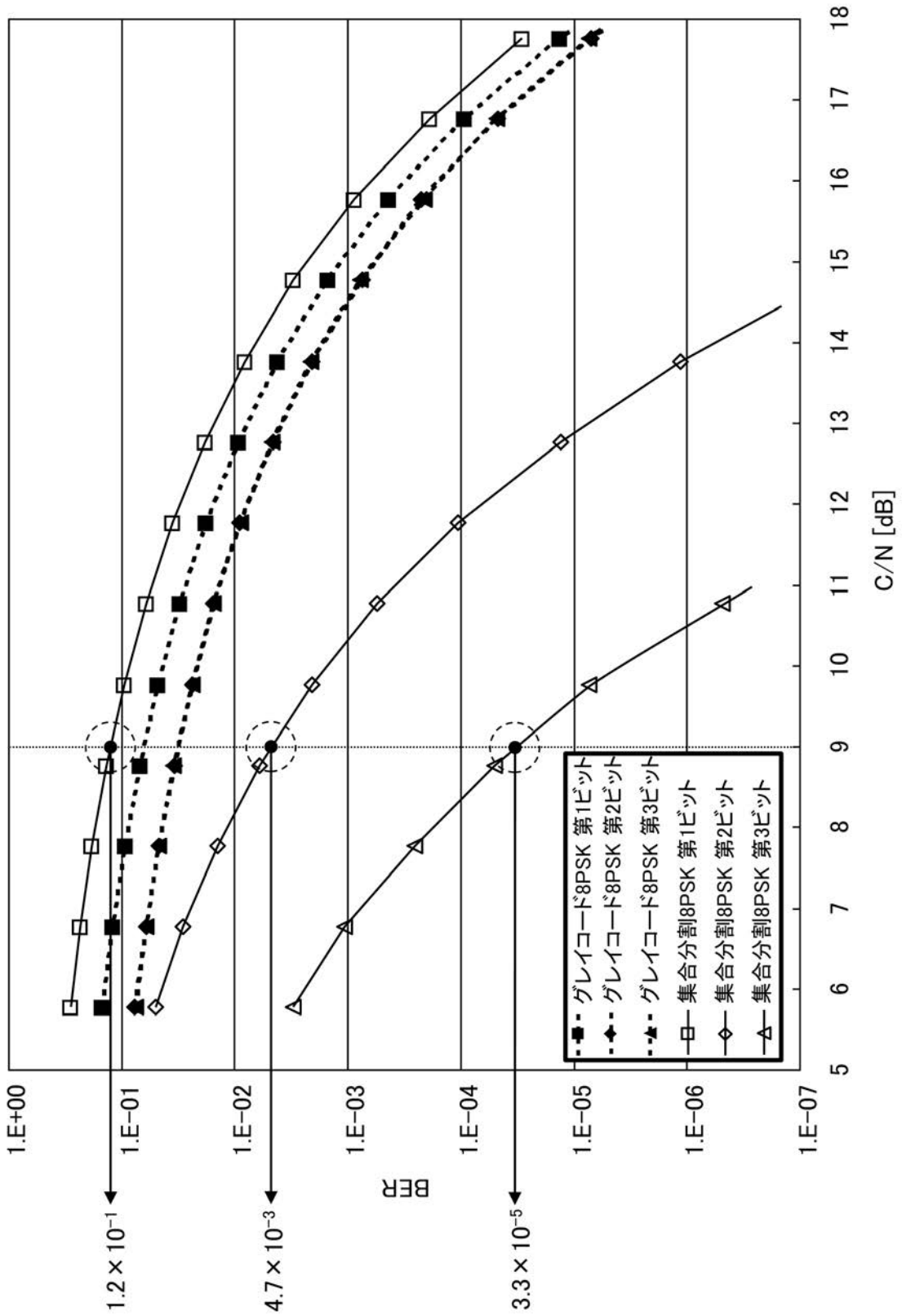
【 図 1 4 】



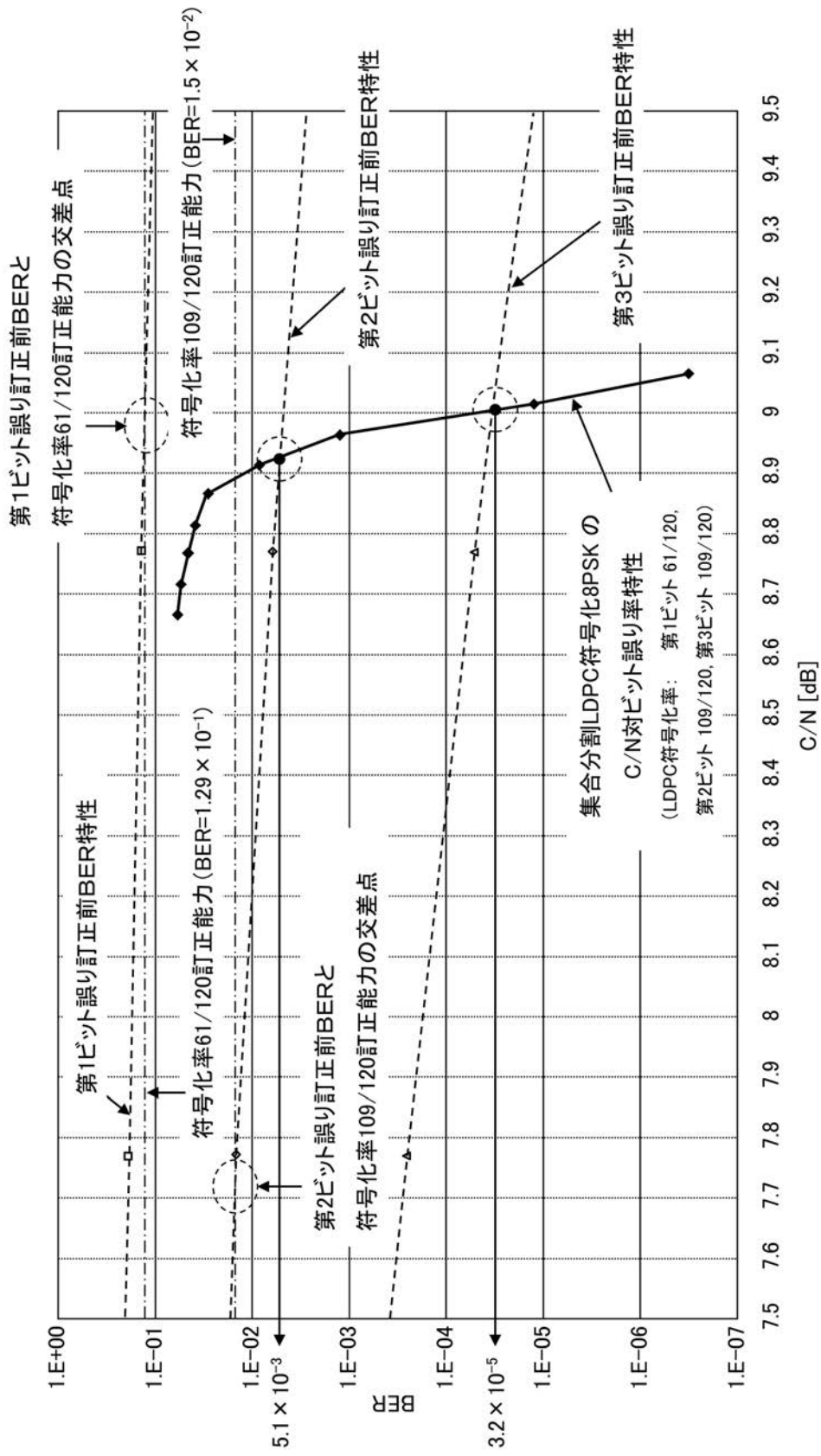
【 図 1 5 】



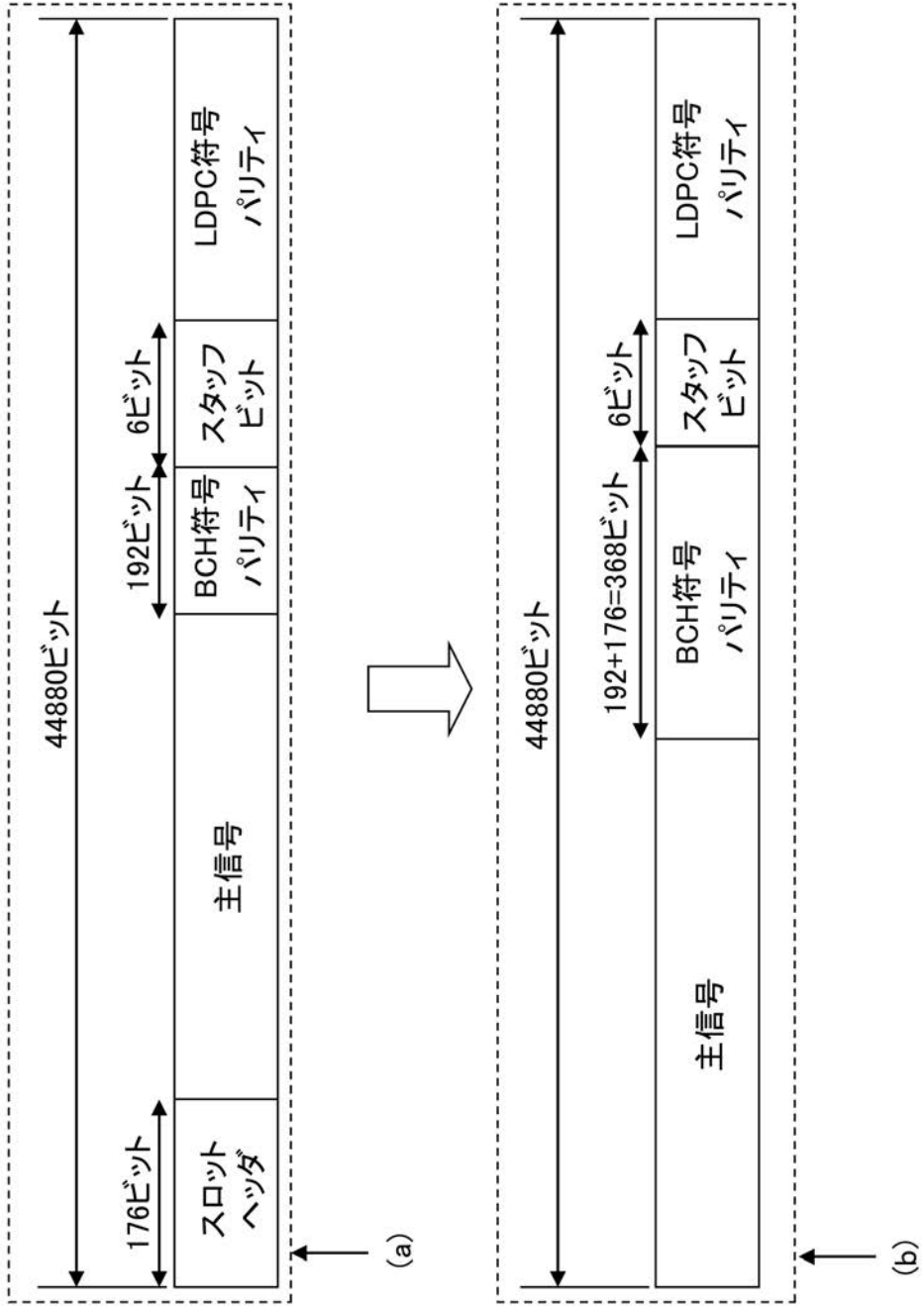
【 図 16 】



【 図 17 】



【 図 1 8 】



フロントページの続き

(72)発明者 田中 祥次

東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日本放送協会放送技術研究所内

(72)発明者 木村 武史

東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日本放送協会放送技術研究所内

Fターム(参考) 5J065 AD01 AD07 AD11 AH01