

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

H03M 13/09

H03M 13/11

H04L 1/00

G06F 11/10



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410095948.6

[43] 公开日 2005年5月4日

[11] 公开号 CN 1612486A

[22] 申请日 2004.9.3

[21] 申请号 200410095948.6

[30] 优先权

[32] 2003.9.4 [33] US [31] 60/500,109

[32] 2003.9.25 [33] US [31] 60/505,916

[32] 2003.11.7 [33] US [31] 60/518,199

[71] 申请人 直视集团公司

地址 美国加利福尼亚

[72] 发明人 穆斯塔法·艾罗兹 李琳南 孙凤文

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商  
标事务所

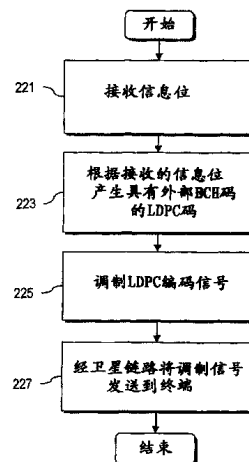
代理人 李 玲

权利要求书 27 页 说明书 19 页 附图 6 页

[54] 发明名称 提供短块长度低密度奇偶性校验码的方法和系统

[57] 摘要

本发明涉及提供一种用于编码短帧长低密度奇偶校验(LDPC)码的方法。编码器(203)产生具有外部 BCH 码的 LDPC 码。通过将奇偶校验矩阵的局部部分限定为下三角和/或满足其它需求来对 LDPC 码施加构造,以使在解码器(305)的位节点和校验节点之间的通信得以简化。而且,应用循环冗余校验(CRC)编码器(209)依据 CRC 码来编码输入信号。此方法具有在基于卫星的数字视频广播服务中的特殊应用。



ISSN 1008-4274

1. 一种支持低密度奇偶校验 (LDPC) 编码信号的传输方法, 包括:  
接收信息位; 以及
- 5 根据信息位依据作为 LDPC 编码信号进行传输的表格 1-10 中的一个表格来产生低密度奇偶校验 (LDPC) 码, 表格 1-10 的每个规定了奇偶校验位累加器的地址:

	奇偶校验位累加器的地址 (根据 1/2 比率来缩短)
10	20 712 2386 6354 4061 1062 5045 5158
	21 2543 5748 4822 2348 3089 6328 5876
	22 926 5701 269 3693 2438 3190 3507
	23 2802 4520 3577 5324 1091 4667 4449
	24 5140 2003 1263 4742 6497 1185 6202
15	0 4046 6934
	1 2855 66
	2 6694 212
	3 3439 1158
	4 3850 4422
20	5 5924 290
	6 1467 4049
	7 7820 2242
	8 4606 3080
	9 4633 7877
25	10 3884 6868
	11 8935 4996
	12 3028 764
	13 5988 1057
	14 7411 3450

30 表格 1

奇偶校验位累加器的地址 (3/5 比率)	
	2765 5713 6426 3596 1374 4811 2182 544 3394 2840 4310 771
	4951 211 2208 723 1246 2928 398 5739 265 5601 5993 2615
	210 4730 5777 3096 4282 6238 4939 1119 6463 5298 6320 4016
5	4167 2063 4757 3157 5664 3956 6045 563 4284 2441 3412 6334
	4201 2428 4474 59 1721 736 2997 428 3807 1513 4732 6195
	2670 3081 5139 3736 1999 5889 4362 3806 4534 5409 6384 5809
	5516 1622 2906 3285 1257 5797 3816 817 875 2311 3543 1205
10	4244 2184 5415 1705 5642 4886 2333 287 1848 1121 3595 6022
	2142 2830 4069 5654 1295 2951 3919 1356 884 1786 396 4738
	0 2161 2653
	1 1380 1461
	2 2502 3707
	3 3971 1057
15	4 5985 6062
	5 1733 6028
	6 3786 1936
	7 4292 956
	8 5692 3417
20	9 266 4878
	10 4913 3247
	11 4763 3937
	12 3590 2903
	13 2566 4215
25	14 5208 4707
	15 3940 3388
	16 5109 4556
	17 4908 4177

30 表格 2

35

奇偶校验位累加器的地址 (2/3 比率)	
	0 2084 1613 1548 1286 1460 3196 4297 2481 3369 3451 4620 2622
	1 122 1516 3448 2880 1407 1847 3799 3529 373 971 4358 3108
	2 259 3399 929 2650 864 3996 3833 107 5287 164 3125 2350
5	3 342 3529
	4 4198 2147
	5 1880 4836
	6 3864 4910
	7 243 1542
10	8 3011 1436
	9 2167 2512
	10 4606 1003
	11 2835 705
	12 3426 2365
15	13 3848 2474
	14 1360 1743
	0 163 2536
	1 2583 1180
	2 1542 509
20	3 4418 1005
	4 5212 5117
	5 2155 2922
	6 347 2696
	7 226 4296
25	8 1560 487
	9 3926 1640
	10 149 2928
	11 2364 563
	12 635 688
30	13 231 1684
	14 1129 3894

表格 3

奇偶校验位累加器的地址 (根据 3/4 比率缩短)	
	3 3198 478 4207 1481 1009 2616 1924 3437 554 683 1801
	4 2681 2135
	5 3107 4027
5	6 2637 3373
	7 3830 3449
	8 4129 2060
	9 4184 2742
	10 3946 1070
10	11 2239 984
	0 1458 3031
	1 3003 1328
	2 1137 1716
	3 132 3725
15	4 1817 638
	5 1774 3447
	6 3632 1257
	7 542 3694
	8 1015 1945
20	9 1948 412
	10 995 2238
	11 4141 1907
	0 2480 3079
	1 3021 1088
25	2 713 1379
	3 997 3903
	4 2323 3361
	5 1110 986
	6 2532 142
30	7 1690 2405
	8 1298 1881
	9 615 174
	10 1648 3112
	11 1415 2808
35	

表格 4

奇偶校验位累加器的地址 (根据 4/5 比率缩短)	
	5 896 1565
	6 2493 184
	7 212 3210
5	8 727 1339
	9 3428 612
	0 2663 1947
	1 230 2695
	2 2025 2794
10	3 3039 283
	4 862 2889
	5 376 2110
	6 2034 2286
	7 951 2068
15	8 3108 3542
	9 307 1421
	0 2272 1197
	1 1800 3280
	2 331 2308
20	3 465 2552
	4 1038 2479
	5 1383 343
	6 94 236
	7 2619 121
25	8 1497 2774
	9 2116 1855
	0 722 1584
	1 2767 1881
	2 2701 1610
30	3 3283 1732
	4 168 1099
	5 3074 243
	6 3460 945
	7 2049 1746
35	8 566 1427
	9 3545 1168

表格5

奇偶校验位累加器的地址 (根据 5/6 比率缩短)	
	3 2409 499 1481 908 559 716 1270 333 2508 2264 1702 2805
	4 2447 1926
	5 414 1224
5	6 2114 842
	7 212 573
	0 2383 2112
	1 2286 2348
	2 545 819
10	3 1264 143
	4 1701 2258
	5 964 166
	6 114 2413
	7 2243 81
15	0 1245 1581
	1 775 169
	2 1696 1104
	3 1914 2831
	4 532 1450
20	5 91 974
	6 497 2228
	7 2326 1579
	0 2482 256
	1 1117 1261
25	2 1257 1658
	3 1478 1225
	4 2511 980
	5 2320 2675
	6 435 1278
30	7 228 503
	0 1885 2369
	1 57 483
	2 838 1050
	3 1231 1990
35	4 1738 68
	5 2392 951
	6 163 645
	7 2644 1704

表格 6

奇偶校验位累加器的地址 (8/9 比率)	
	0 1558 712 805
	1 1450 873 1337
	2 1741 1129 1184
5	3 294 806 1566
	4 482 605 923
	0 926 1578
	1 777 1374
	2 608 151
10	3 1195 210
	4 1484 692
	0 427 488
	1 828 1124
	2 874 1366
15	3 1500 835
	4 1496 502
	0 1006 1701
	1 1155 97
	2 657 1403
20	3 1453 624
	4 429 1495
	0 809 385
	1 367 151
	2 1323 202
25	3 960 318
	4 1451 1039
	0 1098 1722
	1 1015 1428
	2 1261 1564
30	3 544 1190
	4 1472 1246
	0 508 630
	1 421 1704
	2 284 898
35	3 392 577
	4 1155 556
	0 631 1000
	1 732 1368
	2 1328 329
40	3 1515 506
	4 1104 1172

表格 7

5

10

15

奇偶校验位累加器的地址(1/3 比率)

416 8909 4156 3216 3112 2560 2912 6405 8593 4969 6723 6912  
 8978 3011 4339 9312 6396 2957 7288 5485 6031 10218 2226 3575  
 3383 10059 1114 10008 10147 9384 4290 434 5139 3536 1965 2291  
 2797 3693 7615 7077 743 1941 8716 6215 3840 5140 4582 5420  
 6110 8551 1515 7404 4879 4946 5383 1831 3441 9569 10472 4306  
 1505 5682 7778  
 7172 6830 6623  
 7281 3941 3505  
 10270 8669 914  
 3622 7563 9388  
 9930 5058 4554  
 4844 9609 2707  
 6883 3237 1714  
 4768 3878 10017  
 10127 3334 8267

表格 8

20

25

30

奇偶校验位累加器的地址(根据 1/5 比率缩短)

6295 9626 304 7695 4839 4936 1660 144 11203 5567 6347 12557  
 10691 4988 3859 3734 3071 3494 7687 10313 5964 8069 8296 11090  
 10774 3613 5208 11177 7676 3549 8746 6583 7239 12265 2674 4292  
 11869 3708 5981 8718 4908 10650 6805 3334 2627 10461 9285 11120  
 7844 3079 10773  
 3385 10854 5747  
 1360 12010 12202  
 6189 4241 2343  
 9840 12726 4977

表格 9

35

奇偶校验位累加器的地址(2/5 比率)	
	5650 4143 8750 583 6720 8071 635 1767 1344 6922 738 6658
	5696 1685 3207 415 7019 5023 5608 2605 857 6915 1770 8016
	3992 771 2190 7258 8970 7792 1802 1866 6137 8841 886 1931
5	4108 3781 7577 6810 9322 8226 5396 5867 4428 8827 7766 2254
	4247 888 4367 8821 9660 324 5864 4774 227 7889 6405 8963
	9693 500 2520 2227 1811 9330 1928 5140 4030 4824 806 3134
	1652 8171 1435
	3366 6543 3745
10	9286 8509 4645
	7397 5790 8972
	6597 4422 1799
	9276 4041 3847
	8683 7378 4946
15	5348 1993 9186
	6724 9015 5646
	4502 4439 8474
	5107 7342 9442
20	1387 8910 2660

表格 10。

2. 根据权利要求 1 的方法, 其中根据下面的生成多项式使用 Bose Chaudhuri Hocquenghem (BCH) 外部码:

$$g(x)=(1+x+x^3+x^5+x^{14})\times(1+x^6+x^8+x^{11}+x^{14})\times(1+x+x^2+x^6+x^9+x^{10}+x^{14})\times(1+x^4+x^7+x^8+x^{10}+x^{12}+x^{14})\times(1+x^2+x^4+x^6+x^8+x^9+x^{11}+x^{13}+x^{14})\times(1+x^3+x^7+x^8+x^9+x^{13}+x^{14})\times(1+x^2+x^5+x^6+x^7+x^{10}+x^{11}+x^{13}+x^{14})\times(1+x^5+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{14})\times(1+x+x^2+x^5+x^9+x^{10}+x^{14})\times(1+x^3+x^6+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{14})\times(1+x^4+x^{11}+x^{12}+x^{14})\times(1+x+x^2+x^3+x^5+x^6+x^7+x^8+x^{10}+x^{13}+x^{14})。$$

3. 根据权利要求 1 的方法, 还包括:

调制 LDPC 编码信号; 以及

发送调制后的信号。

4. 根据权利要求 3 的方法, 其中调制后的信号在支持宽带卫星应用的卫星链路 (103) 上进行发送。

5. 根据权利要求 3 的方法, 其中调制步骤是根据包括 8-PSK (相移键控), 16-QAM (正交幅度调制), QPSK (正交相移键控), 16-APSK (幅度相移键控) 和 32-APSK 中的一个的信号星座图来执行的。

6. 一种承载用于支持低密度奇偶校验(LDPC)编码信号的传输的指令的计算机可读介质, 所述指令设置为在执行时使一个或多个处理器执行权利要求1的方法。

7. 一种用于支持低密度奇偶校验(LDPC)编码信号的传输的编码器(203), 包括:

接收信息位的装置; 以及

根据信息位依据作为LDPC编码信号进行传输的表格1-10中的一个表格来产生低密度奇偶校验(LDPC)码的装置, 表格1-10的每一个规定了奇偶校验位累加器的地址:

10

15

20

25

30

35

奇偶校验位累加器的地址 (根据 1/2 比率来缩短)	
20	712 2386 6354 4061 1062 5045 5158
21	2543 5748 4822 2348 3089 6328 5876
22	926 5701 269 3693 2438 3190 3507
23	2802 4520 3577 5324 1091 4667 4449
24	5140 2003 1263 4742 6497 1185 6202
0	4046 6934
1	2855 66
2	6694 212
3	3439 1158
4	3850 4422
5	5924 290
6	1467 4049
7	7820 2242
8	4606 3080
9	4633 7877
10	3884 6868
11	8935 4996
12	3028 764
13	5988 1057
14	7411 3450

表格 1

奇偶校验位累加器的地址 (3/5 比率)	
	2765 5713 6426 3596 1374 4811 2182 544 3394 2840 4310 771
	4951 211 2208 723 1246 2928 398 5739 265 5601 5993 2615
	210 4730 5777 3096 4282 6238 4939 1119 6463 5298 6320 4016
5	4167 2063 4757 3157 5664 3956 6045 563 4284 2441 3412 6334
	4201 2428 4474 59 1721 736 2997 428 3807 1513 4732 6195
	2670 3081 5139 3736 1999 5889 4362 3806 4534 5409 6384 5809
	5516 1622 2906 3285 1257 5797 3816 817 875 2311 3543 1205
	4244 2184 5415 1705 5642 4886 2333 287 1848 1121 3595 6022
10	2142 2830 4069 5654 1295 2951 3919 1356 884 1786 396 4738
	0 2161 2653
	1 1380 1461
	2 2502 3707
	3 3971 1057
15	4 5985 6062
	5 1733 6028
	6 3786 1936
	7 4292 956
	8 5692 3417
20	9 266 4878
	10 4913 3247
	11 4763 3937
	12 3590 2903
	13 2566 4215
25	14 5208 4707
	15 3940 3388
	16 5109 4556
	17 4908 4177

30 表格 2

35

奇偶校验位累加器的地址 (2/3 比率)	
	0 2084 1613 1548 1286 1460 3196 4297 2481 3369 3451 4620 2622
	1 122 1516 3448 2880 1407 1847 3799 3529 373 971 4358 3108
	2 259 3399 929 2650 864 3996 3833 107 5287 164 3125 2350
5	3 342 3529
	4 4198 2147
	5 1880 4836
	6 3864 4910
	7 243 1542
10	8 3011 1436
	9 2167 2512
	10 4606 1003
	11 2835 705
	12 3426 2365
15	13 3848 2474
	14 1360 1743
	0 163 2536
	1 2583 1180
	2 1542 509
20	3 4418 1005
	4 5212 5117
	5 2155 2922
	6 347 2696
	7 226 4296
25	8 1560 487
	9 3926 1640
	10 149 2928
	11 2364 563
	12 635 688
30	13 231 1684
	14 1129 3894

表格 3

奇偶校验位累加器的地址 (根据 3/4 比率缩短)	
	3 3198 478 4207 1481 1009 2616 1924 3437 554 683 1801
	4 2681 2135
	5 3107 4027
5	6 2637 3373
	7 3830 3449
	8 4129 2060
	9 4184 2742
	10 3946 1070
10	11 2239 984
	0 1458 3031
	1 3003 1328
	2 1137 1716
	3 132 3725
15	4 1817 638
	5 1774 3447
	6 3632 1257
	7 542 3694
	8 1015 1945
20	9 1948 412
	10 995 2238
	11 4141 1907
	0 2480 3079
	1 3021 1088
25	2 713 1379
	3 997 3903
	4 2323 3361
	5 1110 986
	6 2532 142
30	7 1690 2405
	8 1298 1881
	9 615 174
	10 1648 3112
	11 1415 2808
35	

表格 4

奇偶校验位累加器的地址 (根据 4/5 比率缩短)	
	5 896 1565
	6 2493 184
	7 212 3210
5	8 727 1339
	9 3428 612
	0 2663 1947
	1 230 2695
	2 2025 2794
10	3 3039 283
	4 862 2889
	5 376 2110
	6 2034 2286
	7 951 2068
15	8 3108 3542
	9 307 1421
	0 2272 1197
	1 1800 3280
	2 331 2308
20	3 465 2552
	4 1038 2479
	5 1383 343
	6 94 236
	7 2619 121
25	8 1497 2774
	9 2116 1855
	0 722 1584
	1 2767 1881
	2 2701 1610
30	3 3283 1732
	4 168 1099
	5 3074 243
	6 3460 945
	7 2049 1746
35	8 566 1427
	9 3545 1168

表格 5

奇偶校验位累加器的地址 (根据 5/6 比率缩短)	
	3 2409 499 1481 908 559 716 1270 333 2508 2264 1702 2805
	4 2447 1926
	5 414 1224
5	6 2114 842
	7 212 573
	0 2383 2112
	1 2286 2348
	2 545 819
10	3 1264 143
	4 1701 2258
	5 964 166
	6 114 2413
	7 2243 81
15	0 1245 1581
	1 775 169
	2 1696 1104
	3 1914 2831
	4 532 1450
20	5 91 974
	6 497 2228
	7 2326 1579
	0 2482 256
	1 1117 1261
25	2 1257 1658
	3 1478 1225
	4 2511 980
	5 2320 2675
	6 435 1278
30	7 228 503
	0 1885 2369
	1 57 483
	2 838 1050
	3 1231 1990
35	4 1738 68
	5 2392 951
	6 163 645
	7 2644 1704

表格 6

奇偶校验位累加器的地址 (8/9 比率)	
	0 1558 712 805
	1 1450 873 1337
	2 1741 1129 1184
5	3 294 806 1566
	4 482 605 923
	0 926 1578
	1 777 1374
	2 608 151
10	3 1195 210
	4 1484 692
	0 427 488
	1 828 1124
	2 874 1366
15	3 1500 835
	4 1496 502
	0 1006 1701
	1 1155 97
	2 657 1403
20	3 1453 624
	4 429 1495
	0 809 385
	1 367 151
	2 1323 202
25	3 960 318
	4 1451 1039
	0 1098 1722
	1 1015 1428
	2 1261 1564
30	3 544 1190
	4 1472 1246
	0 508 630
	1 421 1704
	2 284 898
35	3 392 577
	4 1155 556
	0 631 1000
	1 732 1368
	2 1328 329
40	3 1515 506
	4 1104 1172

表格 7

奇偶校验位累加器的地址(1/3 比率)	
5	416 8909 4156 3216 3112 2560 2912 6405 8593 4969 6723 6912 8978 3011 4339 9312 6396 2957 7288 5485 6031 10218 2226 3575 3383 10059 1114 10008 10147 9384 4290 434 5139 3536 1965 2291 2797 3693 7615 7077 743 1941 8716 6215 3840 5140 4582 5420 6110 8551 1515 7404 4879 4946 5383 1831 3441 9569 10472 4306 1505 5682 7778
10	7172 6830 6623 7281 3941 3505 10270 8669 914 3622 7563 9388 9930 5058 4554 4844 9609 2707
15	6883 3237 1714 4768 3878 10017 10127 3334 8267

表格 8

奇偶校验位累加器的地址(根据 1/5 比率缩短)	
20	6295 9626 304 7695 4839 4936 1660 144 11203 5567 6347 12557 10691 4988 3859 3734 3071 3494 7687 10313 5964 8069 8296 11090 10774 3613 5208 11177 7676 3549 8746 6583 7239 12265 2674 4292 11869 3708 5981 8718 4908 10650 6805 3334 2627 10461 9285 11120
25	7844 3079 10773 3385 10854 5747 1360 12010 12202 6189 4241 2343 9840 12726 4977
30	

表格 9

35

奇偶校验位累加器的地址(2/5 比率)	
	5650 4143 8750 583 6720 8071 635 1767 1344 6922 738 6658
	5696 1685 3207 415 7019 5023 5608 2605 857 6915 1770 8016
	3992 771 2190 7258 8970 7792 1802 1866 6137 8841 886 1931
5	4108 3781 7577 6810 9322 8226 5396 5867 4428 8827 7766 2254
	4247 888 4367 8821 9660 324 5864 4774 227 7889 6405 8963
	9693 500 2520 2227 1811 9330 1928 5140 4030 4824 806 3134
	1652 8171 1435
	3366 6543 3745
10	9286 8509 4645
	7397 5790 8972
	6597 4422 1799
	9276 4041 3847
	8683 7378 4946
15	5348 1993 9186
	6724 9015 5646
	4502 4439 8474
	5107 7342 9442
20	1387 8910 2660

表格 10。

8. 根据权利要求 7 的编码器 (203, 211), 其中 Bose Chaudhuri Hocquenghem (BCH) 外部码基于下面的生成多项式:

$$g(x)=(1+x+x^3+x^5+x^{14}) \times (1+x^6+x^8+x^{11}+x^{14}) \times (1+x+x^2+x^6+x^9+x^{10}+x^{14}) \times (1+x^4+x^7+x^8+x^{10}+x^{12}+x^{14}) \times (1+x^2+x^4+x^6+x^8+x^9+x^{11}+x^{13}+x^{14}) \times (1+x^3+x^7+x^8+x^9+x^{13}+x^{14}) \times (1+x^2+x^5+x^6+x^7+x^{10}+x^{11}+x^{13}+x^{14}) \times (1+x^5+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{14}) \times (1+x+x^2+x^3+x^9+x^{10}+x^{14}) \times (1+x^3+x^6+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{14}) \times (1+x^4+x^{11}+x^{12}+x^{14}) \times (1+x+x^2+x^3+x^5+x^6+x^7+x^8+x^{10}+x^{13}+x^{14})$$

9. 根据权利要求 7 的编码器 (203, 211), 还包括:

- 调制 LDPC 编码信号的装置; 以及
- 发送调制后的信号的装置。

10. 根据权利要求 9 的编码器 (203, 211), 其中调制后的信号在支持宽带卫星应用的卫星链路 (103) 上进行发送。

11. 根据权利要求 9 的编码器 (203, 211), 其中调制是根据包括 8-PSK (相移键控), 16-QAM (正交幅度调制), QPSK (正交相移键控), 16-APSK

(幅度相移键控)和 32-APSK 中的一个的信号星座图来执行的。

12. 一种支持低密度奇偶校验(LDPC)编码信号的传输的发射机(200),  
包括:

5 Bose Chaudhuri Hocquenghem (BCH) 编码器 (211), 它被配置为接收  
信息位;

低密度奇偶校验 (LDPC) 编码器 (203), 它连接到 BCH 编码器 (211)  
用于根据信息位输出 LDPC 码, 该 LDPC 码具有依据作为 LDPC 编码信号进  
行传输的表格 1-10 中的一个表格的外部 BCH 码, 表格 1-10 的每一个规定了  
奇偶校验位累加器的地址:

10

奇偶校验位累加器的地址 (根据 1/2 比率来缩短)

20 712 2386 6354 4061 1062 5045 5158

21 2543 5748 4822 2348 3089 6328 5876

22 926 5701 269 3693 2438 3190 3507

15

23 2802 4520 3577 5324 1091 4667 4449

24 5140 2003 1263 4742 6497 1185 6202

0 4046 6934

1 2855 66

2 6694 212

20

3 3439 1158

4 3850 4422

5 5924 290

6 1467 4049

7 7820 2242

25

8 4606 3080

9 4633 7877

10 3884 6868

11 8935 4996

12 3028 764

30

13 5988 1057

14 7411 3450

表格 1

35

奇偶校验位累加器的地址 (3/5 比率)	
	2765 5713 6426 3596 1374 4811 2182 544 3394 2840 4310 771
5	4951 211 2208 723 1246 2928 398 5739 265 5601 5993 2615
	210 4730 5777 3096 4282 6238 4939 1119 6463 5298 6320 4016
	4167 2063 4757 3157 5664 3956 6045 563 4284 2441 3412 6334
	4201 2428 4474 59 1721 736 2997 428 3807 1513 4732 6195
	2670 3081 5139 3736 1999 5889 4362 3806 4534 5409 6384 5809
10	5516 1622 2906 3285 1257 5797 3816 817 875 2311 3543 1205
	4244 2184 5415 1705 5642 4886 2333 287 1848 1121 3595 6022
	2142 2830 4069 5654 1295 2951 3919 1356 884 1786 396 4738
	0 2161 2653
	1 1380 1461
15	2 2502 3707
	3 3971 1057
	4 5985 6062
	5 1733 6028
	6 3786 1936
20	7 4292 956
	8 5692 3417
	9 266 4878
	10 4913 3247
	11 4763 3937
25	12 3590 2903
	13 2566 4215
	14 5208 4707
	15 3940 3388
	16 5109 4556
30	17 4908 4177

表格 2

奇偶校验位累加器的地址 (2/3 比率)	
	0 2084 1613 1548 1286 1460 3196 4297 2481 3369 3451 4620 2622
	1 122 1516 3448 2880 1407 1847 3799 3529 373 971 4358 3108
5	2 259 3399 929 2650 864 3996 3833 107 5287 164 3125 2350
	3 342 3529
	4 4198 2147
	5 1880 4836
	6 3864 4910
10	7 243 1542
	8 3011 1436
	9 2167 2512
	10 4606 1003
	11 2835 705
15	12 3426 2365
	13 3848 2474
	14 1360 1743
	0 163 2536
	1 2583 1180
20	2 1542 509
	3 4418 1005
	4 5212 5117
	5 2155 2922
	6 347 2696
25	7 226 4296
	8 1560 487
	9 3926 1640
	10 149 2928
	11 2364 563
30	12 635 688
	13 231 1684
	14 1129 3894

表格 3

35

奇偶校验位累加器的地址 (根据 3/4 比率缩短)	
	3 3198 478 4207 1481 1009 2616 1924 3437 554 683 1801
	4 2681 2135
5	5 3107 4027
	6 2637 3373
	7 3830 3449
	8 4129 2060
	9 4184 2742
10	10 3946 1070
	11 2239 984
	0 1458 3031
	1 3003 1328
	2 1137 1716
15	3 132 3725
	4 1817 638
	5 1774 3447
	6 3632 1257
	7 542 3694
20	8 1015 1945
	9 1948 412
	10 995 2238
	11 4141 1907
	0 2480 3079
25	1 3021 1088
	2 713 1379
	3 997 3903
	4 2323 3361
	5 1110 986
30	6 2532 142
	7 1690 2405
	8 1298 1881
	9 615 174
	10 1648 3112
35	11 1415 2808

表格 4

奇偶校验位累加器的地址 (根据 4/5 比率缩短)	
	5 896 1565
	6 2493 184
5	7 212 3210
	8 727 1339
	9 3428 612
	0 2663 1947
	1 230 2695
10	2 2025 2794
	3 3039 283
	4 862 2889
	5 376 2110
	6 2034 2286
15	7 951 2068
	8 3108 3542
	9 307 1421
	0 2272 1197
	1 1800 3280
20	2 331 2308
	3 465 2552
	4 1038 2479
	5 1383 343
	6 94 236
25	7 2619 121
	8 1497 2774
	9 2116 1855
	0 722 1584
	1 2767 1881
30	2 2701 1610
	3 3283 1732
	4 168 1099
	5 3074 243
	6 3460 945
35	7 2049 1746
	8 566 1427
	9 3545 1168

表格 5

奇偶校验位累加器的地址 (根据 5/6 比率缩短)	
	<b>3 2409 499 1481 908 559 716 1270 333 2508 2264 1702 2805</b>
	<b>4 2447 1926</b>
	<b>5 414 1224</b>
5	<b>6 2114 842</b>
	<b>7 212 573</b>
	<b>0 2383 2112</b>
	<b>1 2286 2348</b>
	<b>2 545 819</b>
10	<b>3 1264 143</b>
	<b>4 1701 2258</b>
	<b>5 964 166</b>
	<b>6 114 2413</b>
	<b>7 2243 81</b>
15	<b>0 1245 1581</b>
	<b>1 775 169</b>
	<b>2 1696 1104</b>
	<b>3 1914 2831</b>
	<b>4 532 1450</b>
20	<b>5 91 974</b>
	<b>6 497 2228</b>
	<b>7 2326 1579</b>
	<b>0 2482 256</b>
	<b>1 1117 1261</b>
25	<b>2 1257 1658</b>
	<b>3 1478 1225</b>
	<b>4 2511 980</b>
	<b>5 2320 2675</b>
	<b>6 435 1278</b>
30	<b>7 228 503</b>
	<b>0 1885 2369</b>
	<b>1 57 483</b>
	<b>2 838 1050</b>
	<b>3 1231 1990</b>
35	<b>4 1738 68</b>
	<b>5 2392 951</b>
	<b>6 163 645</b>
	<b>7 2644 1704</b>

表格 6

奇偶校验位累加器的地址 (8/9 比率)	
	0 1558 712 805
	1 1450 873 1337
	2 1741 1129 1184
5	3 294 806 1566
	4 482 605 923
	0 926 1578
	1 777 1374
	2 608 151
10	3 1195 210
	4 1484 692
	0 427 488
	1 828 1124
	2 874 1366
15	3 1500 835
	4 1496 502
	0 1006 1701
	1 1155 97
	2 657 1403
20	3 1453 624
	4 429 1495
	0 809 385
	1 367 151
	2 1323 202
25	3 960 318
	4 1451 1039
	0 1098 1722
	1 1015 1428
	2 1261 1564
30	3 544 1190
	4 1472 1246
	0 508 630
	1 421 1704
	2 284 898
35	3 392 577
	4 1155 556
	0 631 1000
	1 732 1368
	2 1328 329
40	3 1515 506
	4 1104 1172

表格 7

奇偶校验位累加器的地址(1/3 比率)	
5	416 8909 4156 3216 3112 2560 2912 6405 8593 4969 6723 6912 8978 3011 4339 9312 6396 2957 7288 5485 6031 10218 2226 3575 3383 10059 1114 10008 10147 9384 4290 434 5139 3536 1965 2291 2797 3693 7615 7077 743 1941 8716 6215 3840 5140 4582 5420 6110 8551 1515 7404 4879 4946 5383 1831 3441 9569 10472 4306 1505 5682 7778 7172 6830 6623
10	7281 3941 3505 10270 8669 914 3622 7563 9388 9930 5058 4554 4844 9609 2707
15	6883 3237 1714 4768 3878 10017 10127 3334 8267

表格 8

奇偶校验位累加器的地址(根据 1/5 比率缩短)	
20	6295 9626 304 7695 4839 4936 1660 144 11203 5567 6347 12557 10691 4988 3859 3734 3071 3494 7687 10313 5964 8069 8296 11090 10774 3613 5208 11177 7676 3549 8746 6583 7239 12265 2674 4292 11869 3708 5981 8718 4908 10650 6805 3334 2627 10461 9285 11120 7844 3079 10773 3385 10854 5747 1360 12010 12202 6189 4241 2343 9840 12726 4977
25	
30	

表格 9

35

奇偶校验位累加器的地址(2/5 比率)	
	5650 4143 8750 583 6720 8071 635 1767 1344 6922 738 6658
	5696 1685 3207 415 7019 5023 5608 2605 857 6915 1770 8016
	3992 771 2190 7258 8970 7792 1802 1866 6137 8841 886 1931
5	4108 3781 7577 6810 9322 8226 5396 5867 4428 8827 7766 2254
	4247 888 4367 8821 9660 324 5864 4774 227 7889 6405 8963
	9693 500 2520 2227 1811 9330 1928 5140 4030 4824 806 3134
	1652 8171 1435
	3366 6543 3745
10	9286 8509 4645
	7397 5790 8972
	6597 4422 1799
	9276 4041 3847
	8683 7378 4946
15	5348 1993 9186
	6724 9015 5646
	4502 4439 8474
	5107 7342 9442
	1387 8910 2660

20 表格 10。

13. 根据权利要求 12 的发射机 (200), 其中 BCH 外部码基于下面的生成多项式:

$$g(x)=(1+x+x^3+x^5+x^{14})\times(1+x^6+x^8+x^{11}+x^{14})\times(1+x+x^2+x^6+x^9+x^{10}+x^{14})\times(1+x^4+x^7+x^8+x^{10}+x^{12}+x^{14})\times(1+x^2+x^4+x^6+x^8+x^9+x^{11}+x^{13}+x^{14})\times(1+x^3+x^7+x^8+x^9+x^{13}+x^{14})\times(1+x^2+x^5+x^6+x^7+x^{10}+x^{11}+x^{13}+x^{14})\times(1+x^5+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{14})\times(1+x+x^2+x^3+x^9+x^{10}+x^{14})\times(1+x^3+x^6+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{14})\times(1+x^4+x^{11}+x^{12}+x^{14})\times(1+x+x^2+x^3+x^5+x^6+x^7+x^8+x^{10}+x^{13}+x^{14}).$$

14. 根据权利要求 12 的发射机 (200), 还包括:

配置为调制 LDPC 编码信号的调制器 (205)。

30 15. 根据权利要求 14 的发射机 (200), 其中调制后的信号在支持宽带卫星应用的卫星链路 (103) 上进行发送。

16. 根据权利要求 14 的发射机 (200), 其中调制步骤是根据包括 8-PSK (相移键控), 16-QAM (正交幅度调制), QPSK (正交相移键控), 16-APSK (幅度相移键控) 和 32-APSK 中的一个的信号星座图来执行的。

提供短块长度低密度奇  
偶性校验码的方法和系统

5

技术领域

本发明涉及通信系统，更具体地涉及编码系统。

背景技术

10 通信系统使用编码来确保经过噪声通信信道的可靠通信。例如，在无线（或无线电）系统中，诸如在卫星网络中有很多来源于地理因素和环境因素的噪声源。这些通信信道展示出固定的负载量，该负载量可以在定义为理论上限（称为香农极限）的特定信噪比（SNR）情况下按照比特每符号来表示。因此，编码设计的目的在于获得趋近于该香农极限的速率。这个目的对于带宽受限的卫星系统有特别密切的关系。一种趋近于香农极限的这类码是低密度奇偶校验（LDPC）码。

15 传统上，LDPC 码由于多种缺点而没有得到广泛的应用。一个缺点是 LDPC 编码技术非常复杂。使用它的生成矩阵来编码 LDPC 码将需要存储非常大的、非稀疏的矩阵。此外，LDPC 码需要大量有效的信息块，因此，即使 LDPC 码的奇偶校验矩阵是稀疏的，但是存储这些矩阵也是个问题。

20 从实施的角度来看，也面临着多种挑战。例如，存储 LDPC 码还没有在实践中得到普及的一个重要原因。因此，长 LDPC 码需要更大的存储空间。而且，在 LDPC 码实施中的关键挑战在于如何获得在解码器中多个处理引擎（节点）之间的连接网络。而且，在解码过程中的计算负载，特别是在校验节点操作的计算负载会引起问题。

25 因此，存在对使用简单编码和解码处理的 LDPC 通信系统的需要。同时也存在对使用 LDPC 码来有效支持高数据速率，而不会引入更多复杂性的需要。同时还存在提高 LDPC 编码器和解码器的性能的需要。而且，还存在对执行 LDPC 编码进行最小化存储的需要。

30

## 发明内容

本发明致力于满足这些和其他需要，其中提供一种用于编码短信息块长低密度奇偶校验 (LDPC) 码的方法。编码器产生 LDPC 码，该 LDPC 码具有依据作为 LDPC 编码信号传输的表格 1-7 中的一个表格的外部 Bose Chaudhuri

5 Hocquenghem (Bose-Chaudhuri-Hocquenghem BCH) 码。表格 1-7 中每个表格都规定了奇偶校验位累加器的地址。通过将奇偶校验矩阵的局部部分限定成下三角和 / 或满足其它需求来对 LDPC 码施加构造，以便简化在解码器的位节点和校验节点之间的通信。而且，提供循环冗余校验 (CRC) 编码器被来根据

10 CRC 码来编码输入信号。该方法有利地提供了 LDPC 码便利的编码和解码，同时最小化存储和处理资源。

根据本发明实施例的另一个方面，LDPC 码是由根据信号星座图进行调制的信号来表示，信号星座图包括 8-PSK (相移键控)，16-QAM (正交幅度调制)，QPSK (正交相移键控)，16-APSK (幅度相移键控) 和 32-APSK 其中之一。

15 根据本发明实施例的另一个方面，调制的 LDPC 编码信号经过支持宽带卫星应用的卫星链路被发送。

仍然根据本发明实施例的另一个方面，BCH 外码是根据下面的生成多项式：

$$g(x) = (1+x+x^3+x^5+x^{14}) \times (1+x^6+x^8+x^{11}+x^{14}) \times (1+x+x^2+x^6+x^9+x^{10}+x^{14}) \times (1+x^4+x^7+x^8+x^{10}+x^{12}+x^{14}) \times (1+x^2+x^4+x^6+x^8+x^9+x^{11}+x^{13}+x^{14}) \times (1+x^3+x^7+x^8+x^9+x^{13}+x^{14}) \times (1+x^2+x^5+x^6+x^7+x^{10}+x^{11}+x^{13}+x^{14}) \times (1+x^5+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{14}) \times (1+x+x^2+x^3+x^9+x^{10}+x^{14}) \times (1+x^3+x^6+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{14}) \times (1+x^4+x^{11}+x^{12}+x^{14}) \times (1+x+x^2+x^3+x^5+x^6+x^7+x^8+x^{10}+x^{13}+x^{14})。$$

20

通过简单的描述多个特定的实施例和执行过程，本发明的其他方面、特征和优点将从下面的详细描述中变得更清楚，这些实施例和执行过程包括被认为

25 用于执行本发明的最佳方式。本发明也可以是其他和不同的实施例，本发明的多处内容可以在各种显而易见的方面上进行修改，所有的修改将不会超出本发明的精神和范围。因此，附图和说明书都应认为是实质上起说明性的目的，而非限制性的作用。

30 附图说明

本发明借助于实例而非限制性的方式进行叙述，在附图的各个图中类似的参考数字表示类似的元件，其中：

图 1 是依据本发明的实施例配置为使用低密度奇偶校验 (LDPC) 码的通信系统的图；

5 图 2A 和 2B 是在图 1 的发射机中使用的示范性 LDPC 编码器的图；

图 2C 是依据本发明的一个实施例的用于产生短帧长 LDPC 码的图 2 B 的 LDPC 编码器的编码过程的流程图；

图 3 是在图 1 的系统中示范性接收机的图；

图 4 是依据本发明的实施例的稀疏奇偶校验矩阵的图；

10 图 5 是图 4 的 LDPC 码矩阵的双向图线的图；

图 6 是依据本发明实施例的稀疏奇偶校验矩阵的子矩阵的图，其中子矩阵包含限定到下三角区域的奇偶校验值；以及

图 7 是能够执行依据本发明的实施例的 LDPC 编码处理的计算机系统的图。

15

#### 具体实施方式

现在描述用于有效编码短帧长低密度奇偶校验 (LDPC) 码的系统、方法和软件。在下面的描述中，出于说明的目的，将阐述许多特定的内容，以便于提供对本发明的全面理解。然而，本领域的熟练技术人员很清楚本发明可以在没有这些特定内容或者具有等效配置的情况下实现。在其他的实例中，周知的结构和装置都是以框图的形式来显示，以避免对本发明不必要的混淆。

25 图 1 是依据本发明的实施例配置为使用低密度奇偶校验 (LDPC) 码的通信系统的图。数字通信系统 100 包括发射机 101，它产生经过通信信道 103 到达接收机 105 的信号波形。在这个离散的通信系统 100 中，发射机 101 具有产生可能消息的离散组的消息源；每个可能消息具有对应的信号波形。这些信号波形通过通信信道 103 被衰减或者被改变。为了对付噪声信道 103 而使用 LDPC 码。

30 通过实例，信道 103 是在支持宽带卫星应用中服务卫星终端 (例如甚小口径天线地球站 (VAST)) 的卫星链路。这种应用包括卫星广播和交互服务 (符合 S2 标准 - 数字视频广播 (DVB))。通过卫星标准的数字视频广播 (DVB-S)

已经广泛在全世界范围内使用，来提供例如数字卫星电视的广播节目。

发射机 101 产生的 LDPC 码能够高速的执行而不会产生任何的性能损耗。从发射机 101 中输出的这种构造的 LDPC 码避免了对位节点分配少量的校验节点，这些位节点由于调制方案（例如 8-PSK）已经受到了信道误码。

5 这种 LDPC 码具有可平行化的解码算法（不像 turbo 码），它有利地包含了诸如加法、比较和表格查询的简单操作。而且，仔细设计过的 LDPC 码不会表现错误平底（error floor）的任何符号。

根据本发明的一个实施例，发射机 101 使用相对简单的编码技术产生基于奇偶校验矩阵（在解码过程中便于有效的存储访问）的 LDPC 码，来与接收机  
10 105 通信。假定块的长度充分大，发射机 101 使用能够性能优于级联 turbo+RS（里德-索罗门（Reed-Solomon））码的 LDPC 码。

图 2A 和 2B 是在图 1 的发射机中使用的示范性 LDPC 编码器的图。如图 2A 所示，发射机 200 具有 LDPC 编码器 203，它接收来自信息源 201 的输入，并输出适合接收机 105 中的纠错处理的更高冗余的编码流。信息源 201 从离散  
15 的字母表 X 中产生 k 个信号，LDPC 码由奇偶校验矩阵规定。另一个方面，编码 LDPC 码通常需要规定生成矩阵。即使可以使用高斯消去法（Gaussian elimination）从奇偶校验矩阵中获得生成矩阵，但是所产生的矩阵不再稀疏，存储大量的生成矩阵就可能很复杂。

编码器 203 通过使用简单的编码技术从字母表 Y 中产生到调制器 205 的信  
20 号，该编码技术只使用通过在奇偶校验矩阵上施加构造的奇偶校验矩阵。具体地，通过将矩阵的特定部分限制为三角矩阵的方式在奇偶校验矩阵上设置限制。这种奇偶校验矩阵的结构在图 6 中进行更加全面的描述。这种限制导致可忽略的性能损耗，因此构成了具有吸引力的折衷方案。

调制器 205 将来自编码器 203 的编码消息映射为发送到发射天线 207 的信  
25 号波形，发射天线 207 经过通信信道 103 发射这些波形。因此，编码消息进行调制并被分配给发射天线 207。下面将描述从发射天线 207 传播到接收机（在图 3 中显示）的传输。

图 2B 显示了依据本发明的一个实施例，使用 Bose Chaudhuri Hocquenghem（BCH）编码器和循环冗余校验（CRC）编码器的 LDPC 编  
30 码器。在这个方案下，由 LDPC 编码器 203 连同 CRC 编码器 209 和 BCH 编码器

211 产生的码都具有级联的外部 BCH 码和内部低密度奇偶验证 (LDPC) 码。而且, 使用循环校验 (CRC) 码可以实现差错检测。在示范性的实施例中, CRC 编码器 209 使用具有生成多项式  $(x^5+x^4+x^3+x^2+1)(x^2+x+1)(x+1)$  的 8 位 CRC 码进行编码。CRC 码被输出到 BCH 编码器 211。

- 5 图 2C 提供了依据本发明的一个实施例的用于产生短帧长 LDPC 码的图 2B 的 LDPC 编码器的编码过程的流程图。在步骤 211 中接收信息位, 并在编码器 209, 211 和 203 系列中处理信息位。因此, 在步骤 223 中, LDPC 编码器 203 根据接收的信息位产生具有外部 BCH 码的 LDPC 码。这些码也包含 CRC 码。接下来, 经过步骤 225, LDPC 码通过调制的信号来表示, 用于在信道 103 上传
- 10 输, 在本发明的示范性实施例中, 信道 103 是到一个或更多卫星终端的卫星链路 (步骤 227)。

LDPC 编码器 203 系统地编码大小为  $K_{ldpc}$  的信息块, 在大小为  $n_{ldpc}$  的码字上  $i = (i_0, i_1, \dots, i_{K_{ldpc}-1})$ ,  $c = (i_0, i_1, \dots, i_{K_{ldpc}-1}, p_0, p_1, \dots, p_{n_{ldpc}-K_{ldpc}-1})$ 。码字的传输以从  $i_0$  的给定顺序开始, 到  $p_{n_{ldpc}-K_{ldpc}-1}$  结束。LDPC 码参数  $(n_{ldpc}, K_{ldpc})$ 。

- 15 LDPC 编码器 203 的任务是确定  $K_{ldpc}$  个信息位  $(i_0, i_1, \dots, i_{K_{ldpc}-1})$  中每一个块的  $n_{ldpc} - K_{ldpc}$  个奇偶校验位  $(p_0, p_1, \dots, p_{n_{ldpc}-K_{ldpc}-1})$ 。该过程的操作如下。首先, 初始化奇偶校验位;  $p_0 = p_1 = p_2 = \dots = p_{n_{ldpc}-K_{ldpc}-1} = 0$ 。第一信息位  $i_0$  在表 1-7 的第一行中规定的奇偶校验位地址处被累积。通过举例的方式,  $K_{ldpc}$  位被系统的编码以产生  $n_{ldpc}$  位。根据本发明的一个实施例,  $n_{ldpc}$  是 16200 位, 它是短块长度。
- 20 假定这种码的相对短长度, 具有近似或少于 16200 位的 LDPC 码被认为是“短”块长度码。根据本发明的一个实施例, 短帧长度码的参数都在表格 8 中提供。

在所有的信息位都取尽之后, 获得下面的最后奇偶校验位。首先, 执行下面操作, 以  $i=1$  开始:

$$p_i = p_i \oplus p_{i-1} \quad i=1, 2, \dots, n_{ldpc} - K_{ldpc} - 1.$$

- 25  $P_i$  的最后含量等于奇偶校验位  $p_i$ ,  $i=0, 1, \dots, n_{ldpc} - K_{ldpc} - 1$ 。

奇偶校验位累加器的地址 (根据 1/2 比率来缩短)	
5	20 712 2386 6354 4061 1062 5045 5158
	21 2543 5748 4822 2348 3089 6328 5876
	22 926 5701 269 3693 2438 3190 3507
	23 2802 4520 3577 5324 1091 4667 4449
	24 5140 2003 1263 4742 6497 1185 6202
10	0 4046 6934
	1 2855 66
	2 6694 212
	3 3439 1158
	4 3850 4422
15	5 5924 290
	6 1467 4049
	7 7820 2242
	8 4606 3080
	9 4633 7877
20	10 3884 6868
	11 8935 4996
	12 3028 764
	13 5988 1057
	14 7411 3450
25	

表格 1

30

35

奇偶校验位累加器的地址 (3/5 比率)	
5	2765 5713 6426 3596 1374 4811 2182 544 3394 2840 4310 771 4951 211 2208 723 1246 2928 398 5739 265 5601 5993 2615 210 4730 5777 3096 4282 6238 4939 1119 6463 5298 6320 4016 4167 2063 4757 3157 5664 3956 6045 563 4284 2441 3412 6334 4201 2428 4474 59 1721 736 2997 428 3807 1513 4732 6195
10	2670 3081 5139 3736 1999 5889 4362 3806 4534 5409 6384 5809 5516 1622 2906 3285 1257 5797 3816 817 875 2311 3543 1205 4244 2184 5415 1705 5642 4886 2333 287 1848 1121 3595 6022 2142 2830 4069 5654 1295 2951 3919 1356 884 1786 396 4738 0 2161 2653
15	1 1380 1461 2 2502 3707 3 3971 1057 4 5985 6062 5 1733 6028
20	6 3786 1936 7 4292 956 8 5692 3417 9 266 4878
25	10 4913 3247 11 4763 3937 12 3590 2903 13 2566 4215 14 5208 4707 15 3940 3388
30	16 5109 4556 17 4908 4177

表格 2

奇偶校验位累加器的地址 (2/3 比率)	
5	0 2084 1613 1548 1286 1460 3196 4297 2481 3369 3451 4620 2622
	1 122 1516 3448 2880 1407 1847 3799 3529 373 971 4358 3108
	2 259 3399 929 2650 864 3996 3833 107 5287 164 3125 2350
	3 342 3529
	4 4198 2147
10	5 1880 4836
	6 3864 4910
	7 243 1542
	8 3011 1436
	9 2167 2512
15	10 4606 1003
	11 2835 705
	12 3426 2365
	13 3848 2474
	14 1360 1743
20	0 163 2536
	1 2583 1180
	2 1542 509
	3 4418 1005
	4 5212 5117
25	5 2155 2922
	6 347 2696
	7 226 4296
	8 1560 487
	9 3926 1640
30	10 149 2928
	11 2364 563
	12 635 688
	13 231 1684
35	14 1129 3894

表格 3

奇偶校验位累加器的地址 (根据 3/4 比率缩短)	
	<b>3 3198 478 4207 1481 1009 2616 1924 3437 554 683 1801</b>
5	<b>4 2681 2135</b>
	<b>5 3107 4027</b>
	<b>6 2637 3373</b>
	<b>7 3830 3449</b>
	<b>8 4129 2060</b>
10	<b>9 4184 2742</b>
	<b>10 3946 1070</b>
	<b>11 2239 984</b>
	<b>0 1458 3031</b>
	<b>1 3003 1328</b>
15	<b>2 1137 1716</b>
	<b>3 132 3725</b>
	<b>4 1817 638</b>
	<b>5 1774 3447</b>
	<b>6 3632 1257</b>
20	<b>7 542 3694</b>
	<b>8 1015 1945</b>
	<b>9 1948 412</b>
	<b>10 995 2238</b>
	<b>11 4141 1907</b>
25	<b>0 2480 3079</b>
	<b>1 3021 1088</b>
	<b>2 713 1379</b>
	<b>3 997 3903</b>
	<b>4 2323 3361</b>
30	<b>5 1110 986</b>
	<b>6 2532 142</b>
	<b>7 1690 2405</b>
	<b>8 1298 1881</b>
	<b>9 615 174</b>
35	<b>10 1648 3112</b>
	<b>11 1415 2808</b>

表格 4

奇偶校验位累加器的地址 (根据 4/5 比率缩短)	
	5 896 1565
	6 2493 184
5	7 212 3210
	8 727 1339
	9 3428 612
	0 2663 1947
	1 230 2695
10	2 2025 2794
	3 3039 283
	4 862 2889
	5 376 2110
	6 2034 2286
15	7 951 2068
	8 3108 3542
	9 307 1421
	0 2272 1197
	1 1800 3280
20	2 331 2308
	3 465 2552
	4 1038 2479
	5 1383 343
	6 94 236
25	7 2619 121
	8 1497 2774
	9 2116 1855
	0 722 1584
	1 2767 1881
30	2 2701 1610
	3 3283 1732
	4 168 1099
	5 3074 243
	6 3460 945
35	7 2049 1746
	8 566 1427
	9 3545 1168

表格 5

奇偶校验位累加器的地址 (根据 5/6 比率缩短)	
	3 2409 499 1481 908 559 716 1270 333 2508 2264 1702 2805
	4 2447 1926
	5 414 1224
5	6 2114 842
	7 212 573
	0 2383 2112
	1 2286 2348
	2 545 819
10	3 1264 143
	4 1701 2258
	5 964 166
	6 114 2413
	7 2243 81
15	0 1245 1581
	1 775 169
	2 1696 1104
	3 1914 2831
	4 532 1450
20	5 91 974
	6 497 2228
	7 2326 1579
	0 2482 256
	1 1117 1261
25	2 1257 1658
	3 1478 1225
	4 2511 980
	5 2320 2675
	6 435 1278
30	7 228 503
	0 1885 2369
	1 57 483
	2 838 1050
	3 1231 1990
35	4 1738 68
	5 2392 951
	6 163 645
	7 2644 1704

表格 6

奇偶校验位累加器的地址 (8/9 比率)	
	0 1558 712 805
	1 1450 873 1337
	2 1741 1129 1184
5	3 294 806 1566
	4 482 605 923
	0 926 1578
	1 777 1374
	2 608 151
10	3 1195 210
	4 1484 692
	0 427 488
	1 828 1124
	2 874 1366
15	3 1500 835
	4 1496 502
	0 1006 1701
	1 1155 97
	2 657 1403
20	3 1453 624
	4 429 1495
	0 809 385
	1 367 151
	2 1323 202
25	3 960 318
	4 1451 1039
	0 1098 1722
	1 1015 1428
	2 1261 1564
30	3 544 1190
	4 1472 1246
	0 508 630
	1 421 1704
	2 284 898
35	3 392 577
	4 1155 556
	0 631 1000
	1 732 1368
	2 1328 329
40	3 1515 506
	4 1104 1172

表格 7

表格 8-10 提供对于 16200 位  $n_{ldpc}$  的 1/3, 1/5 和 2/5 的其它示范性编码率:

奇偶校验位累加器的地址(1/3 比率)	
5	416 8909 4156 3216 3112 2560 2912 6405 8593 4969 6723 6912 8978 3011 4339 9312 6396 2957 7288 5485 6031 10218 2226 3575 3383 10059 1114 10008 10147 9384 4290 434 5139 3536 1965 2291 2797 3693 7615 7077 743 1941 8716 6215 3840 5140 4582 5420 6110 8551 1515 7404 4879 4946 5383 1831 3441 9569 10472 4306
10	1505 5682 7778 7172 6830 6623 7281 3941 3505 10270 8669 914 3622 7563 9388
15	9930 5058 4554 4844 9609 2707 6883 3237 1714 4768 3878 10017 10127 3334 8267

20 表格 8

奇偶校验位累加器的地址(根据 1/5 比率缩短)	
25	6295 9626 304 7695 4839 4936 1660 144 11203 5567 6347 12557 10691 4988 3859 3734 3071 3494 7687 10313 5964 8069 8296 11090 10774 3613 5208 11177 7676 3549 8746 6583 7239 12265 2674 4292 11869 3708 5981 8718 4908 10650 6805 3334 2627 10461 9285 11120 7844 3079 10773 3385 10854 5747 1360 12010 12202
30	6189 4241 2343 9840 12726 4977

30 表格 9

35

奇偶校验位累加器的地址(2/5 比率)	
5650 4143 8750 583 6720 8071 635 1767 1344 6922 738 6658	
5696 1685 3207 415 7019 5023 5608 2605 857 6915 1770 8016	
3992 771 2190 7258 8970 7792 1802 1866 6137 8841 886 1931	
4108 3781 7577 6810 9322 8226 5396 5867 4428 8827 7766 2254	
4247 888 4367 8821 9660 324 5864 4774 227 7889 6405 8963	
9693 500 2520 2227 1811 9330 1928 5140 4030 4824 806 3134	
1652 8171 1435	
3366 6543 3745	
9286 8509 4645	
7397 5790 8972	
6597 4422 1799	
9276 4041 3847	
8683 7378 4946	
5348 1993 9186	
6724 9015 5646	
4502 4439 8474	
5107 7342 9442	
1387 8910 2660	

表格 10

在所有的信息位都取尽之后，获得如下的最后奇偶校验位。首先，执行下面操作，以  $i=1$  开始：

$$p_i = p_i \oplus p_{i-1} \quad i=1,2,\dots,n_{ldpc}-K_{ldpc}-1.$$

$P_i$  的最后内容等于奇偶校验位  $p_i$ ,  $i=0,1,\dots,n_{ldpc}-K_{ldpc}-1$ 。

关于 BCH 编码器 211，BCH 码参数在表格 11 中列举， $n_{ldpc}$  等于 16200。

$K_{ldpc}$	$K_{bch}$	BCH 校正 (位)	有效的 LDPC 比例 $K_{ldpc} / n_{ldpc}$
7200	7032	12	0.444
9720	9552	12	3/5
110800	10632	12	2/3
11880	11712	12	0.733
12600	12432	12	0.777
13320	13152	12	0.822
14400	14232	12	8/9

表格 11

BCH 编码器 211 利用 BCH 码的生成多项式如下:

$$g(x)=(1+x+x^3+x^5+x^{14})\times(1+x^6+x^8+x^{11}+x^{14})\times(1+x+x^2+x^6+x^9+x^{10}+x^{14})\times(1+x^4+x^7+x^8+x^{10}+x^{12}+x^{14})\times(1+x^2+x^4+x^6+x^8+x^9+x^{11}+x^{13}+x^{14})\times(1+x^3+x^7+x^8+x^9+x^{13}+x^{14})\times(1+x^2+x^5+x^6+x^7+x^{10}+x^{11}+x^{13}+x^{14})\times(1+x^5+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{14})\times(1+x+x^2+x^3+x^9+x^{10}+x^{14})\times(1+x^3+x^6+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{14})\times(1+x^4+x^{11}+x^{12}+x^{14})\times(1+x+x^2+x^3+x^5+x^6+x^7+x^8+x^{10}+x^{13}+x^{14}).$$

获得在码字  $c = (m_{k_{bch}-1}, m_{k_{bch}-2}, \dots, m_1, m_0, d_{n_{bch}-k_{bch}-1}, d_{n_{bch}-k_{bch}-2}, \dots, d_1, d_0)$  上的信息位  $m = (m_{k_{bch}-1}, m_{k_{bch}-2}, \dots, m_1, m_0)$  的 BCH 编码的内容如下。消息多项式  $m(x) = m_{k_{bch}-1}x^{k_{bch}-1} + m_{k_{bch}-2}x^{k_{bch}-2} + \dots + m_1x + m_0$  乘以  $x^{n_{bch}-k_{bch}}$ 。接下来, 将  $x^{n_{bch}-k_{bch}}m(x)$  除以  $g(x)$ 。采用  $d(x) = d_{n_{bch}-k_{bch}-1}x^{n_{bch}-k_{bch}-1} + \dots + d_1x + d_0$  作为余数, 码字多项式被设置为:  $c(x) = x^{n_{bch}-k_{bch}}m(x) + d(x)$ 。

如上所述, 在示范性实施例中, 上面的 LDPC 码可以用于各种数字视频应用, 诸如 MPEG (运动图象专家组) 分组传输。

图 3 是在图 1 系统中的示范性接收机的框图。在接收端, 接收机 300 包括解调器 301, 它执行对来自发射机 200 的接收信号的解调。这些信号在接收天线 303 被接收以用于解调。在解调后, 接收信号被传送到解码器 305, 解码器 305 借助于产生消息  $X$  并结合位量度产生器 307 尝试重新构建原始的源消息。位量度产生器 307 在解码过程期间可以往复 (迭代) 与解码器 305 交换信息。这些解码方案在共同待决的申请中有更加全面的描述, 该申请是在 2003 年 7 月 3 日提交的 (序列号 10/613, 824; 代理人卷号 PD-203009), 标题为“Method and System for Routing in Low Density Parity Check(LDPC) Decoders”, 在此结合它的内容作为参考。为了理解本发明提供的优点, 在图 4 中叙述了检验 LDPC 码是如何产生的。

图 4 是依据本发明的实施例的稀疏奇偶校验矩阵的图。LDPC 码是具有稀疏奇偶校验矩阵  $H_{(n-k) \times n}$  的长、线性块码。通常块长度  $n$  的范围从数千到数万位。例如, 图 4 中显示了长度  $n=8$ , 速率  $1/2$  的 LDPC 码的奇偶校验矩阵。图 5 中是由双向图线等价表示的相同码。

图 5 是图 4 矩阵的 LDPC 码双向图线的图。奇偶校验方程式意味对各个校验节点来说, 所有相邻位节点的总和 (在 GF (伽罗瓦域) (2) 上) 等于 0。从图中可以看到, 位节点占据着该图的左侧部分, 并且依据预定的关系与一个或多个校验节点相关。例如, 对应于校验节点  $m_1$ , 下面表达式存在相对位节点的等式  $n_1+n_4+n_5+n_8=0$ 。

返回到接收机 303, LDPC 解码器 305 被认为是消息通过解码器, 由此解

码器 305 的目的在于寻找位节点的值。为了实现这个任务，位节点和校验节点反复的相互通信。这个通信的特性将在下面进行叙述。

从校验节点到位节点，每个校验节点根据来自其他相邻位节点的信息，向相邻的位节点提供关于该位节点值的估计（“意见”）。例如，在上面的实例中，  
5 如果到  $m_1$  的  $n_4$ ,  $n_5$  和  $n_8$  的总和“似乎是”0，那么  $m_1$  将向  $n_1$  指示  $n_1$  的值被认为是 0（由于  $n_1+n_4+n_5+n_8=0$ ）。否则， $m_1$  将向  $n_1$  指示  $n_1$  的值被认为是 1。此外，对于软判定解码来说，增加了可靠性测量。

从位节点到校验节点，每个位节点根据来自其他相邻校验节点的反馈，向相邻的位节点提供关于它自身值的估计。在上面的实例中， $n_1$  只具有两个相邻  
10 的校验节点  $m_1$  和  $m_3$ 。如果来自从  $m_3$  到  $n_1$  的反馈表示  $n_1$  的值很可能为 0，那么  $n_1$  将向  $m_1$  通知  $n_1$  的自身值估计为 0。在位节点具有多于两个相邻的校验节点的情况下，在向校验节点报告传送判定之前，位节点执行对来自它的其他相邻校验节点的反馈的多数逻辑表决（软判定）。重复上述过程直到所有位节点都被认定是正确的（即所有奇偶校验方程式都被满足），或者直到到达预定的最大  
15 迭代数量为止，由此就说明解码失败。

图 6 是依据本发明实施例的稀疏奇偶校验矩阵的子矩阵的图，其中子矩阵包含限定到下三角区域的奇偶校验值。如前所述，编码器 203（图 2A 和 2B 的）通过限制奇偶校验矩阵的下三角区域的价值就能够使用简单的编码技术。根据本发明的实施例，对奇偶校验矩阵施加的限制是以下形式：

$$20 \quad \mathbf{H}_{(n-k) \times n} = [\mathbf{A}_{(n-k) \times k} \mathbf{B}_{(n-k) \times (n-k)}]$$

其中  $\mathbf{B}$  是下三角。

任意信息块  $\mathbf{i}=(i_0, i_1, \dots, i_{k-1})$  通过使用  $\mathbf{H}\mathbf{c}^T = \mathbf{0}$  被编码成码字  $\mathbf{c} = (i_0, i_1, \dots, i_{k-1}, p_0, p_1, \dots, p_{n-k-1})$ ，并对奇偶校验位递归求解；例如：

$$25 \quad a_{00}i_0 + a_{01}i_1 + \dots + a_{0,k-1}i_{k-1} + p_0 = 0 \Rightarrow \text{求解 } p_0$$

$$a_{10}i_0 + a_{11}i_1 + \dots + a_{1,k-1}i_{k-1} + b_{10}p_0 + p_1 = 0 \Rightarrow \text{求解 } p_1$$

对于  $p_2, p_3, \dots, p_{n-k-1}$  都是类似的方式。

图 7 是能够执行依据本发明实施例的 LDPC 编码处理的计算机系统的图。计算机系统 700 包括总线 701 或其他用于传送信息的通信机构，还包括处理器 703，它连接到总线 701 用于处理信息。计算机系统 700 也包括主存储器 705，  
30 诸如随机存取存储器 (RAM) 或其他动态存储装置，这些存储器连接到总线 701

用于存储信息和由处理器 703 执行的指令。主存储器 705 还能够用于存储在处理器 703 执行指令期间的临时变量或其它中间信息。计算机系统 700 还包括只读存储器 (ROM) 707 或其它静态存储装置, 这些存储装置连接到总线 701 用于存储静态信息和处理器 703 的指令。存储装置 709 诸如磁盘或光盘, 被附加连接到总线 701 用于存储信息和指令。

计算机系统 700 可以经过总线 701 连接到显示器 711, 用于向计算机用户显示信息, 该显示器可诸如为阴极射线管 (CRT), 液晶显示器, 有源矩阵型显示器或等离子显示器。输入装置 713 可诸如为包含字母数字或其他按键的键盘, 它被连接到总线 701 用于向处理器 703 传送信息和命令选择。另一种类型的用户输入装置是光标控制器 715, 诸如鼠标, 轨迹球或光标方向键等, 用于向处理器 703 传送方向信息和命令选择以及控制在显示器 711 上的光标移动。

根据本发明的一个实施例, 计算机系统 700 响应处理器 703 执行包含在主存储器 705 中的配置指令来产生 LDPC 码。这种指令可以从其它计算机可读介质中读取到主存储器 705 中, 诸如从存储装置 709 中读取到主存储器 705 中。执行包含在主存储器 705 中的配置指令使处理器 703 执行本文描述的处理步骤。可以使用在多处配置中的一个或多个处理器来执行包含在主存储器 705 中的指令。在替换的实施例中, 可以使用硬连线电路来代替软件指令或与软件指令相结合, 来执行本发明的实施例。因此, 本发明的实施例并不局限为任何特定的硬件电路和软件的结合。

计算机系统 700 还包括连接到总线 701 的通信接口 717。通信接口 717 提供到连接局域网 721 的网络链路 719 的双向数据通信连接。例如, 通信接口 717 可以是数字用户线路 (DSL) 卡或调制解调器, 综合业务数字网络 (ISDN) 卡, 电缆调制解调器或电话调制解调器, 以提供到相应类型电话线路的数据通信连接。作为另一个实例, 通信接口 717 可以是局域网 (LAN) 卡 (例如 Ethernet<sup>TM</sup> 或异步传输模式 (ATM) 网), 以提供到兼容的 LAN 的数据通信连接。同样可以使用无线链路。在这种执行过程中, 通信接口 717 发送和接收电信号、电磁信号或光信号, 这些信号携带表示各种类型信息的数字数据流。而且, 通信接口 717 可以包括外围接口装置, 诸如通用串行总线 (USB) 接口, PCMCIA (个人计算机存储卡国际联合会) 接口等。

网络链路 719 通常通过一个或多个网络提供到其他数据装置的数据通信。

例如，网络链路 719 可以通过本地网 721 提供到主计算机 723 的连接，主计算机 723 连接到网络 725（例如，广域网（WAN）或目前通常被称为“Internet”的全球分组数据通信网）或由服务提供商操作的数据装置。本地网 721 和网络 725 都使用电信号、电磁信号或光信号来传送信息和指令。这些经过各种网络的信号以及在网络链路 719 上和通过通信接口 717 的信号都是承载信息和指令的示范形式的载波波形，这些网络和网络链路以及通信接口都与计算机系统 700 传送数字数据。

计算机系统 700 可以通过网络、网络链路 719 和通信接口 717 发送和接收包含程序代码的数据。在因特网（Internet）实例中，服务器（未显示）可以传送属于应用程序的请求代码，用于通过网络 725、本地网 721 和通信接口 717 实施本发明的实施例。处理器 703 可以执行发送的指令同时接收和 / 或存储在存储装置 79 中的代码，或其它非易失存储器中的代码，用于后面的执行操作。这样，计算机系统 700 可以获得载波形式的应用代码。

本文使用的术语“计算机可读介质”是指参与向处理器 703 提供执行的指令的任何介质。这种介质可以采取很多形式，包括但不局限为非易失介质，易失介质和传输介质。非易失介质包括例如光或磁盘，诸如存储装置 709。易失介质包括动态存储器，诸如主存储器 705。传输介质包括同轴电缆，铜线和光纤，这包括包含总线 701 的导线。传输介质可以采取声、光或电磁波的形式，诸如在射频（RF）和红外线（IR）数据通信期间产生的声、光或电磁波。计算机可读介质的普通形式包括例如软盘、软碟、硬盘、磁带、任何其他的磁介质、CD-ROM、CDRW、DVD、任何其它光介质、穿孔卡、纸带、光标记纸、具有孔模式的任何其他物理介质或任何其他光可识别标记、RAM、PROM 和 EPROM，FLASH - EPROM，任何其他存储器芯片或盒式磁盘、载波或计算机能够读出的任何其他介质。

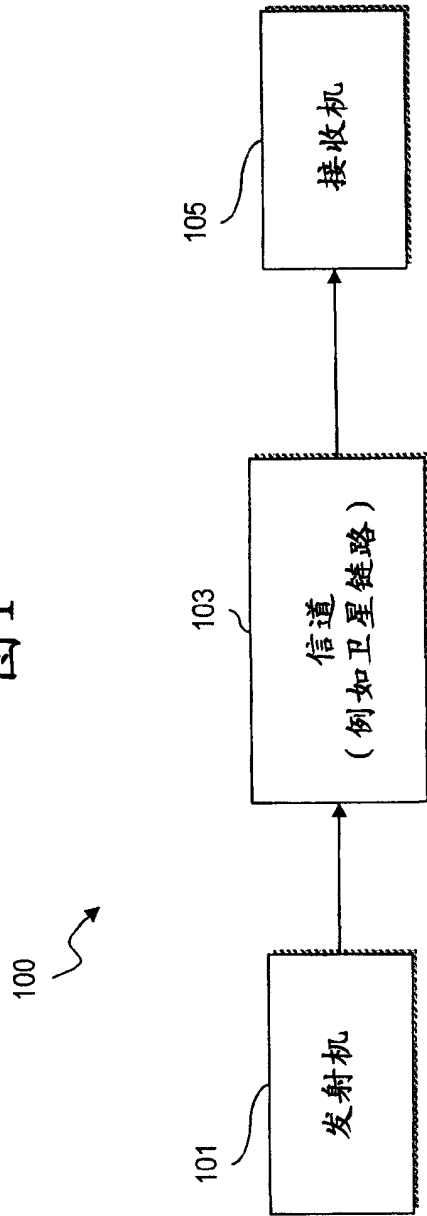
各种形式的计算机可读介质可以包含为提供给处理器的执行指令。例如，执行本发明至少一部分的指令可以最初承载在远程计算机的磁盘上。在这种情况下，远程计算机将指令加载到主存储器中，并使用调制解调器经过电话线来发送指令。本地计算机系统的调制解调器接收电话线上的数据，并使用红外发射机将数据转换为红外线信号，并将该红外线信号发送到便携计算装置，诸如个人数字助理（PDA）和膝上型电脑。在便携计算装置上的红外线检测器接收

到由红外线信号承载的信息和指令，并将数据放置在总线上。总线将数据传送到主存储器，处理器从主存储器中提取数据并执行这些指令。主存储器接收的指令可以在处理器执行之前或之后任选的存储在存储装置上。

因此，本发明的各个实施例都提供了用于编码短块长低密度奇偶校验 (LDPC) 码的方法。编码器根据作为 LDPC 编码信号传送的表格 1-10 中的一个表格，来产生具有外部 Bose Chaudhuri Hocquenghem (BCH) 码的 LDPC 码。每个表格 1-10 规定了奇偶校验位累加器的地址。通过将奇偶校验矩阵的局部部分限定为下三角和 / 或满足其它需求来对 LDPC 码施加构造，以使在解码器的位节点和校验节点之间的通信得以简化。而且，应用了循环冗余校验 (CRC) 编码器依据 CRC 码来编码输入信号。上述方法有利地减少了复杂性而不会牺牲性能。

尽管本发明已经结合多个实施例和执行过程对本发明进行叙述，但是本发明并不局限于这些实施例而是覆盖各种明显修改或等效配置，这都将涵盖在后面的权利要求的范围内。

图1



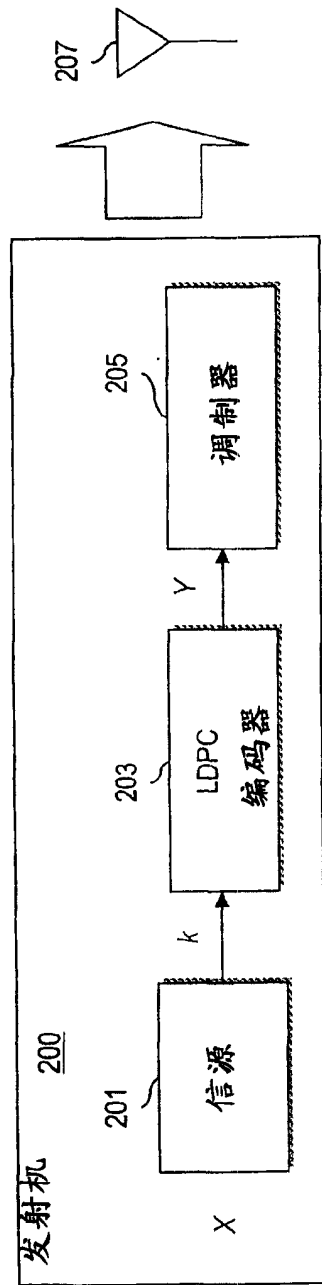


图 2A

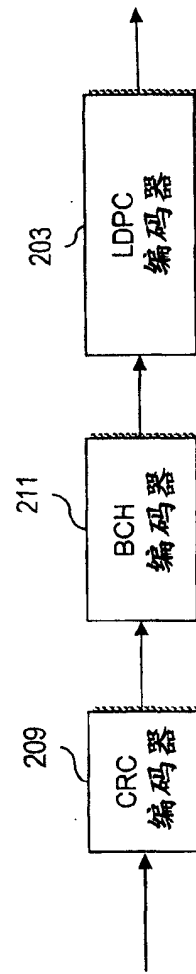


图 2B

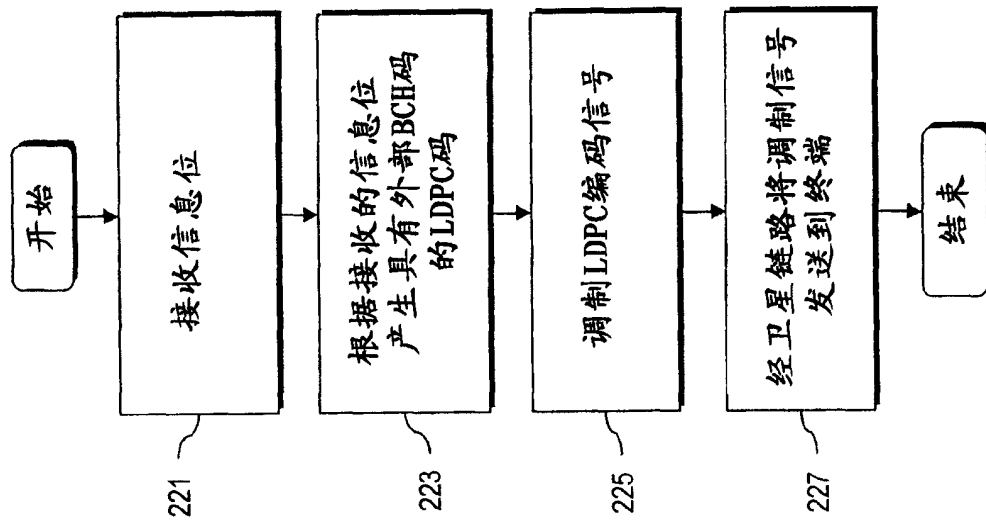
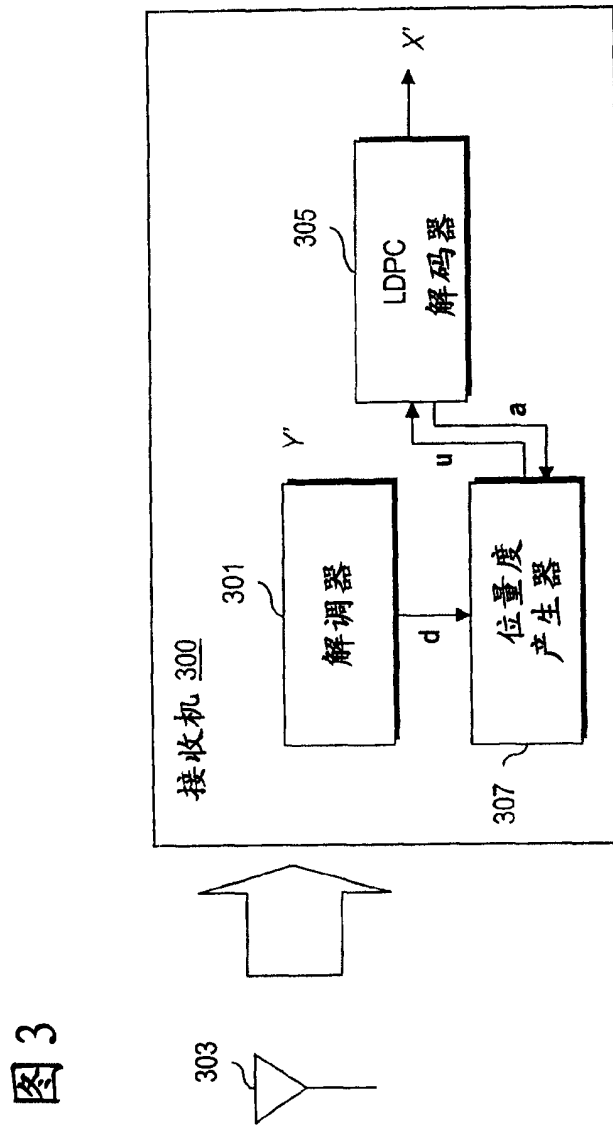


图2C





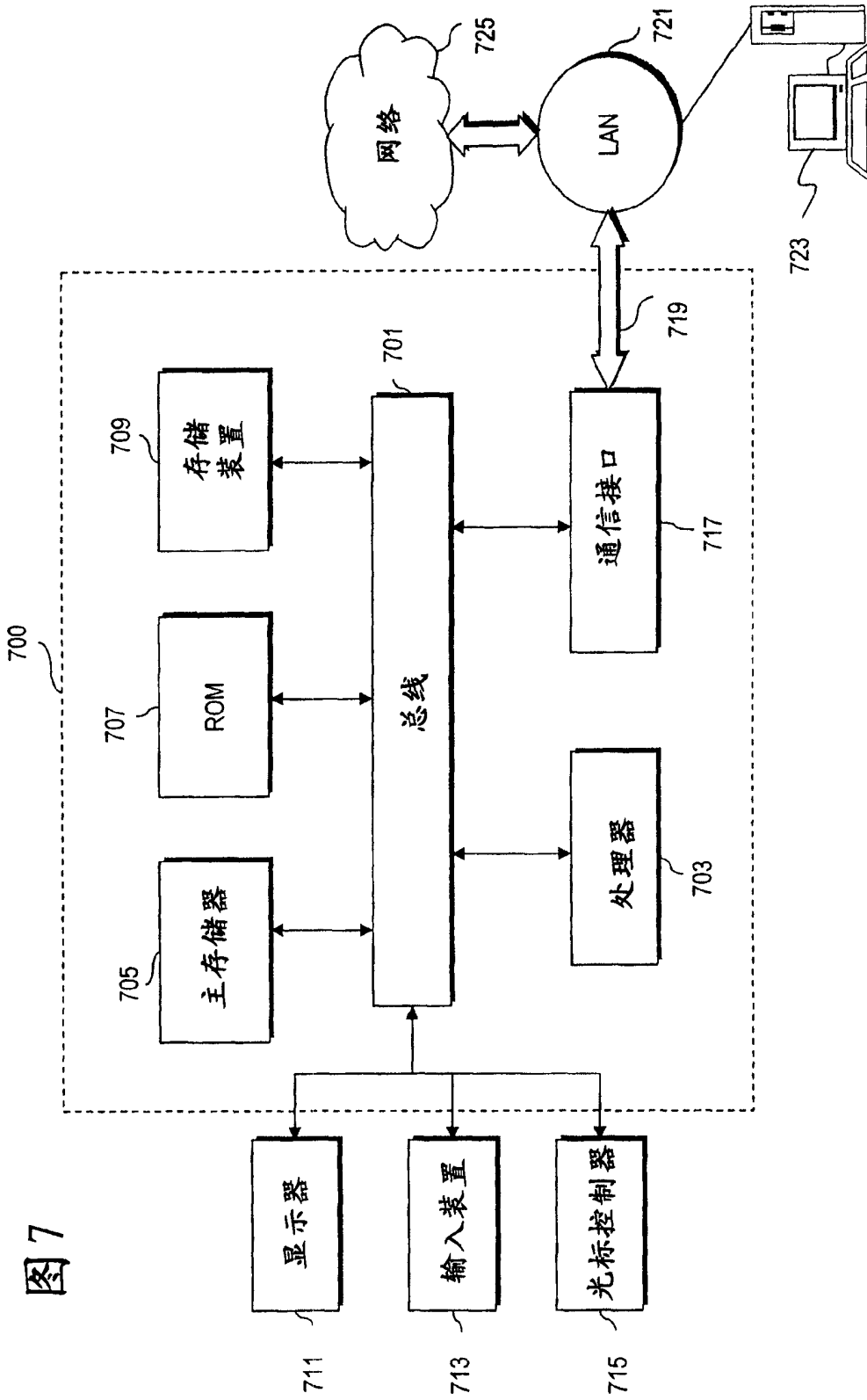


图7