

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁷

H04L 23/02

H04J 11/00

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 99811684. X

[43] 公开日 2001 年 11 月 7 日

[11] 公开号 CN 1321383A

[22] 申请日 1999.8.13 [21] 申请号 99811684. X

[30] 优先权

[32] 1998.10.1 [33] US [31] 09/164600

[86] 国际申请 PCT/US99/18467 1999.8.13

[87] 国际公布 WO00/21260 英 2000.4.13

[85] 进入国家阶段日期 2001.4.2

[71] 申请人 艾利森公司

地址 美国北卡罗来纳州

[72] 发明人 G·E·博顿利

R·拉梅斯

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

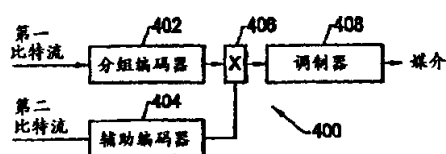
代理人 程天正 李亚非

权利要求书 6 页 说明书 13 页 附图页数 2 页

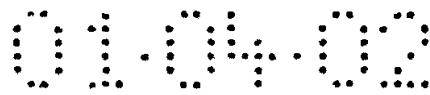
[54] 发明名称 在通信系统内对附加码元进行编码/译码

[57] 摘要

本发明描述了联合使用分组编码和差分和/或幅值编码的数字通信系统。在每个码字周期内,通过对码字采用差分调制和/或幅值调制来传输一个或者多个附加比特。在差分调制中,可以通过改变或者不改变码字符号来发送附加比特。在幅值调制中,可以通过改变连续码字的幅值来发送附加信息。也可以联合使用差分 and 幅值编码的组合。这样可以提高数据速率而没有增加码元的传输速率。



ISSN 1008-4274



权 利 要 求 书

1. 发送第一比特流和第二比特流的发射机，该发射机包括：
对第一比特流进行编码以生成基于第一比特流的码字的分组编
码器；

5 生成基于第二比特流的辅助码元的差分和/或幅值编码器；
根据辅助码元对码字进行调制以生成修正码字的第一调制器；
根据修正码元对载波进行调制的第二调制器。

2. 根据权利要求 1 的发射机，其中分组编码器中包括利用正交
码对第一比特流进行编码的分组编码器。

10 3. 根据权利要求 1 的发射机，其中分组编码器中包括至少利用
Nordstrom-Robinson、Reed Muller 以及 Kerdock 码之一来对第一比
特流进行编码的分组编码器。

4. 根据权利要求 1 的发射机，其中差分和/或幅值编码器是差分
编码器。

15 5. 根据权利要求 1 的发射机，其中第二调制器至少利用直接序
列扩频和偏置 QPSK 调制之一来根据修正码字对载波波形进行调制。

6. 发送第一比特流和第二比特流的发射机，该发射机包括：

用于对第一比特流进行编码以生成码字的装置；

用于对第二比特流进行差分和/或幅值编码以生成辅助码元的装

20 置；

用于根据辅助码元对码字进行调制以生成修正码字的装置；以及
用于根据修正码字对载波波形进行调制的装置。

7. 根据权利要求 6 的发射机，其中分组编码装置中包括利用正
交码对第一比特流进行分组编码的装置。

25 8. 根据权利要求 6 的发射机，其中分组编码装置中包括至少利
用 Nordstrom-Robinson、Reed Muller 以及 Kerdock 码之一来对第
一比特流进行分组编码的装置。

9. 根据权利要求 6 中的发射机，其中用于差分和/或幅值编码的
装置是差分编码器。

30 10. 根据权利要求 6 的发射机，其中用于调制载波的装置包括至
少利用直接序列扩频和偏置 QPSK 调制之一来根据修正码字对载波进
行调制的装置。



11. 发送第一比特流和第二比特流的方法，包括如下步骤：
对第一比特流进行分组编码以生成码字；
对第二比特流进行差分和/或幅值编码，生成辅助码元；
根据辅助码元对码字进行调制以生成修正码字；以及
5 根据修正码字对载波波形进行调制。
12. 根据权利要求 11 的方法，其中分组编码步骤包括利用正交码对第一比特流进行分组编码的步骤。
13. 根据权利要求 11 的方法，其中分组编码步骤包括至少利用 Nordstrom-Robinson、Reed Muller 以及 Kerdock 码之一来对第一比
10 特流进行分组编码的步骤。
14. 根据权利要求 11 的方法，其中差分和/或幅值编码步骤包括差分编码的步骤。
15. 根据权利要求 11 的方法，其中载波波形调制步骤包括至少利用直接序列扩频和偏置 QPSK 调制之一来根据修正码字调制载波的步骤。
16. 一种嵌入载波的数据信号，包括：
调制载波中的多个码字，该码字包括第一比特流的分组编码以及调制于其上的第二比特流的差分和/或幅值编码。
17. 根据权利要求 16 中嵌入载波的数据信号，其中分组编码包
20 括正交分组编码。
18. 根据权利要求 16 中嵌入载波的数据信号，其中分组编码包括至少采用 Nordstrom-Robinson、Reed Muller 以及 Kerdock 编码之一进行编码。
19. 根据权利要求 16 中嵌入载波的数据信号，其中至少利用直
25 接序列扩频和偏移 QPSK 调制之一来把码字调制到载波波形上。
20. 接收数据流的接收机，该接收机包括：
相关器，用于对数据流与一组码字进行相关以生成相关值；
分组码检测器，用于检测对应于数据流的码字；以及
差分和/或幅值检测器，用于检测相关值内符号和/或幅值的变化，由此检测数据流内差分和/或幅值编码的辅助码元。
30
21. 根据权利要求 20 的接收机，其中分组码检测器包括一个软判决分组码检测器或者一个硬判决分组码检测器，而且其中差分和/

或幅值检测器包括软判决差分和/或幅值检测器、或者硬判决差分和/或幅值检测器。

22. 根据权利要求 20 的接收机，其中分组码检测器检测最大相关值，并且由此判断对应于数据流的码字。

5 23. 根据权利要求 20 的接收机，其中差分和/或幅值检测器包括：

延时单元，用于把对应于被检测码字的相关值进行延时；以及
乘法器，用于使延时的相关值的复共厄与当前相关值相乘，以检测数据流中差分编码辅助码元。

10 24. 接收数据流的接收机，该接收机包括：

用于对数据流与一组码字进行相关以生成相关值的装置；

用于检测对应于数据流的码字的第一装置；以及

用于检测相关值的符号和/或幅值变化从而检测数据流中的差分
和/或幅值编码的辅助码元的第二装置。

15 25. 根据权利要求 24 的接收机，其中用于第一检测装置中包括软判决分组码检测器或者硬判决分组码检测器，其中第二检测装置中包括软判决差分和/或幅值检测器或者硬判决差分和/或幅值检测器。

20 26. 根据权利要求 24 的接收机，其中第一检测装置包括用于检测最大相关值从而检测对应于数据流的码字的装置。

27. 根据权利要求 24 的接收机，其中第二检测装置包括：

用于对对应于被检测码字的相关值进行延时的装置；以及

用于使延时相关值的复共厄与当前相关值相乘以便去检测数据流中的差分编码的辅助码元的装置。

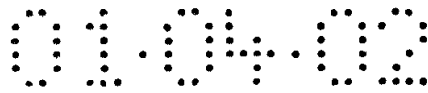
25 28. 接收数据流的方法，包括如下步骤：

对数据流与一组码字进行相关，以生成相关值；

检测对应于数据流的码字；以及

检测相关值的符号和/或幅值的变化，由此检测数据流中的差分
和/或幅值编码的辅助码元。

30 29. 根据权利要求 28 中的方法，其中检测码字的步骤中包括软判决或硬判决检测码字的步骤，其中检测码元和/或幅值变化的步骤包括软检测或硬检测符号和/或幅值变化的步骤。



30. 根据权利要求 28 的方法，其中检测码字的步骤包括检测最大相关值从而检测对应数据流的码字的步骤。

31. 根据权利要求 28 的方法，其中检测符号和/或幅值变化的步骤包括如下步骤：

- 5 对对应于被检测码字的相关值进行延时；以及
 使延时相关值的复共厄与当前相关值相乘以便检测数据流中差分编码的辅助码元。

32. 数字通信系统包括：

- 10 分组编码器，用于对第一比特流进行编码，以生成基于第一比特流的码字；

 差分和/或幅值编码器，用于生成基于第二比特流的辅助码元；
 第一调制器，用于把辅助码元调制到码字上，以生成修正码字；
 第二调制器，根据修正码字来调制载波；
 处理器，接收调制载波，并且生成数据流；

- 15 相关器，对数据流和一组码字进行相关，以生成相关值；
 分组码检测器，从一组码字中检测码字；以及

 差分和/或幅值检测器，用于判断对应于被检测码字的相关值的符号和/或幅值变化，由此检测数据流中的辅助码元。

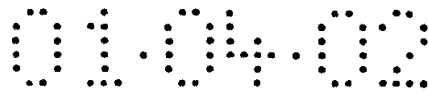
- 20 33. 根据权利要求 32 中的系统，其中分组码检测器是软判决分组码检测器或者硬判决分组码检测器，其中差分和/或幅值检测器是软判决差分和/或幅值检测器、或者硬判决差分和/或幅值检测器。

34. 权利要求 32 的系统，其中分组码检测器检测最大相关值，由此从一组码字中检测码字。

- 25 35. 根据权利要求 32 的系统，其中差分和/或幅值检测器包括：
 延时单元，用于把对应被检测码字的相关值进行延时；以及
 乘法器，用于使延时的相关值分量与当前相关值相乘，从而检测数据流中的差分编码的辅助码元。

36. 根据权利要求 32 的系统，其中该分组编码器包括利用正交码对第一比特流进行编码的分组编码器。

- 30 37. 根据权利要求 32 的系统，其中分组编码器包括至少采用 Nordstrom-Robinson、Reed Muller 以及 Kerdock 码之一来对第一比特流进行编码的分组编码器。



38. 根据权利要求 32 的系统，其中差分和/或幅值编码器是差分编码器。

39. 根据权利要求 32 的系统，其中第二调制器利用至少直接序列扩频和偏移 QPSK 调制之一来根据修正码字对载波进行调制。

5 40. 数字通信系统包括：

用于对第一比特流进行编码以生成码字的装置；

用于对第二比特流进行差分和/或幅值编码以生成辅助码元的装置；

用于根据辅助码元对码字进行调制以生成修正码字的装置；

用于根据修正码字对载波进行调制的装置；

10 用于接收调制载波波形，并且用于生成数据流的装置；

用于对数据流与一组码字进行相关以生成相关值的装置；

用于检测对应于第一比特流的码字的第一装置；以及

用于检测对应于第二比特流的差分和/或幅值编码的辅助码元的第二装置。

15 41. 根据权利要求 40 的系统，其中分组编码装置中包括利用正交码对第一比特流进行分组编码的装置。

42. 根据权利要求 40 的系统，其中分组编码装置中包括至少采用 Nordstrom-Robinson、Reed Muller 以及 Kerdock 码之一来对第一比特流进行分组编码的装置。

20 43. 根据权利要求 40 的系统，其中用于差分和/或幅值编码的装置是差分编码器。

44. 根据权利要求 40 的系统，其中用于调制载波的装置包括利用至少直接序列扩频和偏移 QPSK 调制之一来根据修正码字对载波进行调制的装置。

25 45. 根据权利要求 40 的系统，其中第一检测装置包括软判决分组码检测器或者硬判决分组码检测器，其中第二检测装置包括软判决差分和/或幅值检测器、或硬判决差分和/或幅值检测器。

46. 根据权利要求 40 的系统，其中第一检测装置包括检测最大相关值从而检测对应于第一比特流的码字的装置。

30 47. 根据权利要求 40 的系统，其中第二检测装置包括：

对对应于被检测码字的相关值进行时延的装置；以及

使延时的相关值分量和当前相关值相乘以便去检测数据流中的

差分编码辅助码元的装置。

48. 数字通信方法，包括如下步骤：

对第一比特流进行分组编码以生成码字；

对第二比特流进行差分和/或幅值编码以生成辅助码元；

5 根据辅助码元对码字进行调制以生成修正码字；

根据修正码字对载波进行调制；

接收调制载波；

从接收到的载波中生成数据流；

对数据流与一组码字进行相关以生成相关值；

10 检测对应比特流的码字；以及

检测对应于被检测码字的相关值内的符号变化和/或幅值变化，
并且由此检测比特流内的差分和/或幅值编码的辅助码元。

49. 根据权利要求 47 的方法，其中分组编码步骤包括利用正交码对第一比特流进行分组编码的步骤。

15 50. 根据权利要求 47 的方法，其中分组编码步骤包括至少采用 Nordstrom-Robinson、Reed Muller 以及 Kerdock 码之一来对第一比特流进行分组编码的步骤。

51. 根据权利要求 47 的方法，其中差分和/或幅值编码步骤包括差分编码的步骤。

20 52. 根据权利要求 47 的方法，其中对载波进行调制的步骤包括利用至少直接序列扩频和偏移 QPSK 调制之一来根据修正码字对载波进行调制的步骤。

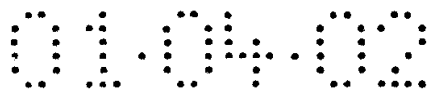
53. 根据权利要求 47 的方法，其中对码字进行检测的步骤包括软判决或硬判决检测码字的步骤，而且其中检测符号和/或幅值变化的步骤包括软检测或硬检测符号和/或幅值变化的步骤。

25 54. 根据权利要求 51 的方法，其中检测码字的步骤包括检测最大相关值、并且由此检测对应于第一比特流的码字的步骤。

55. 根据权利要求 51 的方法，其中检测符号和/或幅值变化的步骤包括如下步骤：

30 把对应于被检测码字的相关值进行延时；以及

使延时的相关值分量和当前相关值相乘以便去检测比特流中的差分编码的辅助码元的装置。



说明书

在通信系统内对附加码元进行编码/译码

发明领域

5 本发明涉及数字通信系统和方法，并且特别涉及对编码数字比特流的发送和接收。

发明背景

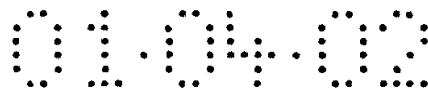
10 许多数字通信系统中都可以发送和接收数字比特流，这些系统包括数据存储系统以及无线和有线数据通信系统，但是并不仅仅局限于此。随着系统的容量和利用率的不增加，一般都期望能够以更高的数据速率传输比特流。可以通过使系统更快地运行，从而获得较高的数据速率。然而我们也希望把更多的信息编码到比特流中，从而提高数据速率。

15 下面我们针对无线通信系统来解释为何需要更高的数据速率，该系统中可以包括无线电话通信系统和方法，但并不局限于此。随着更多的无线频谱资源可用于商用以及蜂窝无线电话的普及，无线通信的应用也随之得到扩展。此外，目前还存在把模拟通信转化到数字通信的问题。语音可以由一系列比特来表示，然后经过调制，从基站发送到无线电话。无线电话对接收到的波形进行解调，恢复数据比特，然后将这些比特恢复形成语音。对于数据业务（例如电子邮件和互联网接入）的需要也在不断地增长，其中一般都采用数字通信方式。

20 目前存在有多种类型的无线数字通信系统和方法。通常，频分多址（FDMA）被用于把频谱分割成为多个分别对应不同载波频率的无线信道。这些载波频率又可以被进一步分割为时隙（被称为时分多址（TDMA）），例如 D-AMPS、PDC 和 GSM 数字蜂窝无线电话系统。或者，多个用户可以利用例如码分多址（CDMA）的扩频技术来使用相同的频段。IS-95 和 J-STD-008 是 CDMA 标准的实例。

30 无论采用何种调制和多址接入方法，系统设计都应该有效地利用有限的可用无线频谱资源。这样在确保质量的前提下，仍然需要通过无线信道，有效地发送尽可能多的信息比特。

可以采用多种方法来实现更高的数据速率，它们可以用于 FDMA、TDMA 和 CDMA 系统。一种方法是通过牺牲传输的准确性来换取数据速



率的提高。例如通过降低前向纠错编码速率或者扩频因子，以增加比特错误概率和帧错误概率为代价来换取较高的数据速率。此外，还以采用较高阶的调制方法。

5 第二种方法是通过降低系统用户容量来换取数据速率的提高。该方法给用户分配更多的“信道”，即更多的 FDMA 载波、更多的 TDMA 时隙、或者更多的 CDMA 码。这样可以增加一个用户的数据速率，但是可供其它用户使用的信道数量就会相应减少。

上述的两种方法中都需要采用折衷方案。因此，我们希望不需要增加码元传输速率的前提下，能够允许提高数据速率。

10 发明概述

因此，本发明的一个目的在于提供改进的数字通信系统和方法。

本发明的另外一个目的在于提供数字通信系统和方法，其中可以提高比特流中编码的信息量，而不需要增加码元的传输速率。

15 通过组合分组编码和差分和/或幅值调制，可以实现本发明的这些以及其它目的。在常规分组编码系统和方法中，通过发送 N 个码字中的一个，以便去传输 $m = \log_2(N)$ 个比特。根据本发明，在每一个码字周期内，通过对码字采用差分调制和/或幅值调制，可以传输一个或多个附加比特。在差分调制中，可以通过改变或者不改变码字的符号来发送附加信息。在幅值调制中，可以通过改变逐个码字的幅值来发送附加信息。也可以联合采用差分和幅值编码方式。这样就可以提高数据速率，而没有增加码元的传输速率。

25 更加特别的是，本发明中的发射机和传输方法，通过对第一比特流进行分组编码以生成码字，从而发送第一比特流和第二比特流。由第二编码器对第二比特流进行差分和/或幅值编码以生成辅助码元，其中该第二编码器至少采用差分和幅值编码方式中的一种。辅助码元被调制到码字上以生成修正码字。然后再根据修正码字对载波进行调制。这样，每一个码字中可以包括由第二比特流的差分和/或幅值编码所生成的补充信息。

30 可以利用正交码、Nordstrom-Robinson 码、Reed-Muller 或 Kerdock 码对第一比特流进行分组编码。通过对辅助码元和码字执行至少一次异或操作来提供差分编码。还可以采用多种形式的调制方式，包括直接序列扩频和偏移 QPSK 调制。

根据本发明，传播信号内包括容于载波之中的第一比特流和第二比特流。通过把多个码字调制到载波波形中，在载波波形中体现出第一比特流和第二比特流。码字内包括分组编码的第一比特流，以及在调制于其上的差分和/或幅值编码的第二比特流。

- 5 根据本发明的接收机和接收方法对一个比特流与一组码字进行相关操作以生成相关值。检测最大相关值，由此可以检测到与该比特流对应的码字。在相关运算中，还要检测对应于被检测码字的符号和/或幅值变化，由此检测比特流中的差分和/或编码的辅助码元。

- 10 可以采用软判决分组码检测器或者硬判决分组码检测器来检测最大相关值。还可以采用软判决差分和/或幅值检测器或者硬判决差分和/或幅值检测器来检测符号和/或幅值的变化。可以通过对相关值的模进行平方来检测最大相关值。通过使对应于被检测码字的相关值经过时延、然后使该时延的相关值与当前相关值相乘来检测相关值的符号和/或幅值变化，从而检测比特流中的差分编码的辅助码元。

- 15 上述的发射机和接收机可以联合构成数字通信系统。上述的发射方法和接收方法也可以联合构成数字通信方法。相应地，在每一个码字期间内，可以发射并且接收附加比特，从而允许提高数据速率，而不需要增加码元传输速率。

附图简述

- 20 图 1 是常规数字通信系统的框图。

图 2 是图 1 内系统所使用的常规调制器框图。

图 3 是图 1 内系统所使用的常规解调器框图。

图 4 是根据本发明的发射机和发射方法的框图。

图 5 是根据本发明的接收机和接收方法的框图。

- 25 图 6 是根据本发明的软生成器接收机和接收方法的框图。

图 7 是根据本发明的第二软生成器接收机和接收方法的第一实施例的框图。

图 8 是根据本发明的第二软生成器接收机和接收方法的第二实施例的框图。

- 30 优选实施例详述

随后参考附图更加完整地描述本发明，其中给出本发明的优选实施例。然而，本发明可以呈现出各种形式，不应该被限制于此处所提

出的实施例；相反，在此所提出的实施例可以使得对本发明的阐述变得完整全面，并且完全可以把本发明的覆盖范围传达给本领域内的技术人员。图中相同的数字用于表示相同的单元。

对于无线通信来说，发射机从天线发送电磁波，传播媒介可以是无线传播环境，而且接收机采用一个或多个天线去恢复被发送的信号。尽管随后的实施例是在无线通信环境中加以描的，但是本发明不只局限于这种系统和方法。它还可以适用于其它的数字通信环境，其中包括有线通信和磁存储系统。在这种应用中，射频处理器可以被推广到那些从传输或者存储设备中提取数据的设备中。

可以在扩频、线性调制信号环境中（例如 IS-95CDMA 上行链接）描述本发明。然而本发明不只局限于这种系统和方法，它还可以应用于其它类型的调制方式，其中包括直接序列扩频。

图 1 中给出常规的数字通信系统 100。数字码元被提供给发射机 102，其中把码元映射成适于传输媒介 104（例如无线信道）的表示形式。被发送的信号通过媒介 104，由接收机 105 接收。该接收机 105 中包括射频处理器 106、基带信号处理器 110 以及后置处理单元 112。

射频处理器 106 调谐到期望频段和期望载波频率，并且把信号经过放大、混频和滤波，降频转换到基带上。然后信号被采样和量化，最终可以提供一系列基带接收样值。由于原始射频信号内包括同相（I）和正交（Q）分量，所以基带样值中也包括 I 和 Q 分量，从而产生复基带样值。

基带处理器 110 被用于去检测被发送的数字码元。它同时也可以产生软信息，后者提供有关被检测码元值似然率的信息。

后置处理单元 112 所能完成的功能要很大程度上取决于特定的通信应用。例如可以采用软检测值去执行前向纠错译码或者检错译码。它还可以使用语音译码器来把数字码元转换成为语音信号。

发射机 102 内，在比特传输之前要经过编码和调制。图 2 中给出常规调制器 200，它可以是发射机 102（图 1）的一个组成部分。比特信息被提供给分组编码器 202，它利用 m 个输入比特生成 N 个编码比特或者“码片”，从而共同组成一个码字。例如比特可以呈现布尔形式（0 或 1），而码字码片可以以带符号形式（+1 或 -1）出现。然后这些码片被提供给调制器 204，后者采用必要的脉冲成型以及频率转

换，准备好信号以便从天线发射出去。例如 IS-95 上行链接调制包括四倍扩频、复扩频序列的扰码以及偏置 QPSK 调制。

在接收机 105 的基带处理器 110 中（图 1 所示），完成解调步骤。图 3 中给出常规解调器 300，它可以是接收机 105（图 1）的一个组成部分。解调器 300 接收对应于同相（I）和正交（Q）信号分量的复
5 样值信号。出于说明的目的，我们假设采用 BPSK 调制，而且采样速率是每码片一个样值。在相关器组 302 内对 L 个复样本值与 N 个不同的码字模式进行相关运算，产生出 N 个复相关值。这些相关值被提供给模平方单元 304，其中计算每个复数值模的平方（即实部平方值加
10 虚部平方值）。该模平方值被提供给码字判决单元 306，在其中判断对应于模平方值最大的码字。码字判决单元 306 把这样检测到的码字索引号提供给转换单元 308，在其中生成与该码字对应的比特值。这样，模平方单元 304 和码字判决单元 306 提供分组码检测器的实施例，在其中检测最大相关值，从而检测与比特流对应的码字。

15 如上所述，我们采用相关值模的平方。这样发射机内的相位旋转就不会对系统性能造成影响。在本发明中，利用本特点还可以去提供相位调制以及分组编码，以实现传输第二信息流。类似地，尽管码字内的幅值波动会改变该码字周期内的信噪比，但在该码字周期内它是恒定的，不会对比特的恢复造成影响。

20 当根据本发明采用相位调制时，对第二信息流采用差分编码方式。这样允许检测过程中不必需要相干参考信号。存在有一种双正交编码方法，其中采用正交分组编码发送某些比特，通过发送码字或者其负数值来发送附加比特。然而在接收机内，这种方法要求相干参考信号。

25 本发明还采用幅值调制（可以使用或者不使用差分编码）。然后由于在接收机内要检测幅值变化，所以需要半相干接收机。而且也不需要相位参考码元。我们还可以采用幅值和差分相位调制。而且如果采用幅值调制，也可以同时采用相干相位调制，但此时需要全相干接收机。

30 图 4 中给出本发明的发射机 400。第一比特流被提供给分组编码器 402，生成码字或码片。第二比特流被提供给辅助编码器 404，在每个分组编码器 402 的码周期内生成一个辅助码元。该辅助编码器

404 可以是差分编码器（例如 DPSK、DQPSK），或者幅值编码器（如 ASK），或者差分幅值编码器。这样，可以生成实或复的辅助码元。在诸如乘法器 406 的调制器中，分组码字的每一个码片与同一个辅助码元相乘，生成修正码片或者修正码字。这些修正码片通过第二调制器 408 被调制到载波上。载波可以是无线载波，也可以是有线载波。

在一个实例中，辅助编码器 404 建立在 DPSK 的基础上。根据第二比特流中的连续比特是相同的还是不同的，它可以生成 +1 或者 -1。对于该实例来说，根据辅助编码器 404 的输出，乘法器 406 有效地改变码字码片的符号。该辅助编码可以用于 IS-95 上行链接，在每个码字周期内发送附加比特。第二调制器 408 可以基于 IS-95 上行链接调制（扩频、扰码以及 O-QPSK 调制）。

特定的实施一般都取决于其所采用的调制方式。例如上述，分组编码器 402 和辅助编码器 404 可以被设计成去生成布尔逻辑值（0 和 1），而不是 +1 和 -1 值。然后乘法器 406 可以通过异或设备来实施。调制器 408 可以接收布尔逻辑值，并且把它们转化成为 +1 或 -1 值。

对基于 DQPSK 的辅助编码器 404 来说，编码器可以生成复辅助码元，这些码元可以由二进制序号值来表示。例如，可以利用 00 表示 $1 + j$ ，01 表示 $-1 + j$ ，11 表示 $-1 - j$ ，以及 10 表示 $1 - j$ 。在这种情况下，乘法器 406 可以从分组编码器 402 和辅助编码器 404 中取得布尔逻辑值。然后使用逻辑或者查表的方法，生成由两个布尔逻辑值表示的修正码片。根据码片值，这两个布尔值可以是辅助码元值本身或者其相反值。这样，如果分组编码器输出码片值是 1，辅助码元值是 00，则修正码片值就是 11，这就意味着调制器应该发送 $-1 - j$ QPSK 或者偏移 QPSK 码元。

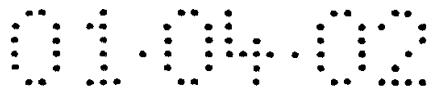
对第二比特流采用差分相位调制的情况，图 5 给出根据本发明的接收机 500。接收机 500 可以包括图 3 中已经描述过的常规相关器组 302、模平方单元 304、码字判决单元 306 以及转换单元 308，用于对分组编码的第一比特流进行解调。此外，来自相关器组 302 的复相关值被提供给选择单元 502，后者在对应于由码字判决单元 306 所提供被检测码字索引号的 N 个复值当中选择一个。被选中的相关值在延时单元 504 内经过一个码字周期的时延，生成延时的选择相关值。来自选择单元 502 的被选中的相关值以及来自延时单元 504 的延时的选择

相关值被提供给乘法器 506, 生成被选中的相关值与延时的选择的相关值的复共厄的乘积。如果辅助编码器是基于 DPSK 的, 则只生成乘积的实部。然后该乘积被提供给检测器 508, 它根据此乘积判断第二比特流的值。例如对基于 DPSK 的映射来说, 检测器 508 提取乘积的符号。对基于 $\pi/4$ - DQPSK 的映射来说, 乘积实部和虚部的符号生成在一个码字周期内要发送的两个比特。这样, 选择单元 502、乘法单元 506、延时单元 504 以及检测单元 508 共同提供差分检测器的实施例, 在其中可以判断对应于被检测码字的相关值的符号变化, 由此检测比特流中的差分编码辅助码元。

接收机 500 生成“硬”比特值。在解调之后通常都跟随着去交织和译码。对这种情况来说, 最好是能生成“软”值, 其幅值表示被检测比特值正确的可信程度。图 6 中给出根据本发明的软接收机 600。复样本值被提供给相关器组 302 以生成复相关值。这些相关值被提供给第一软生成器 602, 它产生对应于分组编码的第一比特流的软判决值。该相关值还被提供给第二软生成器 604, 在其中产生对应于第二比特流的软判决值。

对第一软生成器 602 来说, 可以采用常规方法, 例如 A. J. Viterbi 在题为 “An Intuitive Justification and a Simplified Implementation of the MAP Decoder for Convolutional Codes (卷积码 MAP 解码器的直觉正确性和简化实施)” (IEEE Journal Selected Area on Communications, Vol. 16, pp. 260-264, 1998 年 2 月) 一文中阐述的技术, 在此引入做为参考。例如对于每个比特来说, 可以利用与比特等于 +1 的码字对应的最大相关值以及与比特等于 -1 的码字对应的最大相关值之间的差别。或者对于该码字中所表示的所有比特来说, 可以利用最大相关值的模或模平方相关值做为软值的幅度。

图 7 中给出第二软生成器 604 的实施例。复相关值被提供给模平方单元 304, 在其中计算每个复值的模平方。模平方值被提供给码字判决单元 306, 在其中判断哪一个码字的对应模平方值最大。码字判决单元 306 生成码字的索引号, 然后在选择单元 502 内进行检测。选择单元 502 利用码字索引号去选择一个复相关值, 生成被选择的相关值。该被选择的相关值在延时单元 504 内经过一个码字周期的延时,



生成延时的被选择的相关值。来自选择单元 502 的被选择的相关值以及来自延时单元 504 的延时的被选择的相关值被提供给乘法单元 506，在其中可以生成被选中的相关值与延时的被选择的相关值的复共厄的乘积。如果辅助编码器是基于 DPSK 的，则只需要生成乘积的实部。该乘积的实部和可能的虚部可以提供辅助比特流的软判决信息。

最佳检测和/或者软信息的生成可以建立在第二比特流的最大后验概率（MAP）检测的基础上。特别是对于特定比特，在给定接收的样值的情况下，可以比较比特是 +1 的似然率或对数似然率与比特是 -1 的似然率或对数似然率。对于检测来说，谁的似然率或对数似然率大，就提供被检测的比特。对于软信息生成来说，似然率（或者更好地是对数似然率差值）可以为软译码器提供软信息。

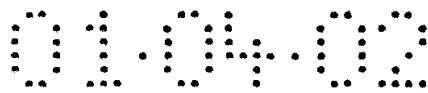
这样，优选软信息生成器（它也可用于检测）能够计算与比特是 +1 的对数似然率相关的量值（由 A_+ 表示）、以及与比特是 -1 的对数似然率相关的量值（由 A_- 表示）。对于检测来说，该量值可以正比于似然率或者对数似然率。对于第一和第二比特流来说，假设这些比特是独立的，而且 +1 或 -1 的出现是等概率的。

第二比特流是特定值的似然率能够以似然率总和的形式来表示，对所有可能的当前周期码字以及所有可能的前一周码字的所有可能组合进行求和。尽管不知道对差分码元进行差分检测所使用的真正似然率，但是可以由下式给出一个近似形式：

$$P\{d = D_p\} = \exp\left[\frac{\operatorname{Re}\{zD_p^*\}}{2P_N}\right];$$

其中 d 表示差分码元（表示一个或者多个比特）， D_p 是第 p 个可能的差分码元， $\exp$ 表示指数函数， $\operatorname{Re}\{a\}$ 表示取 a 的实部， z 是差分检测输出（即上述的乘积）， P_N 是用于组成乘积的值所经历的噪声功率值，以及上标“*”表示复共厄。

对于基于 DPSK 的差分映射来说，差分码元 d 对应于辅助比特。对于所有可能的组合来说，可以通过构成 z （即码字相关值与前一周码字相关值的复共厄的乘积）来获得对数似然率。这对 N 个可能的码字来说，可以存在有 N^2 种组合方式。对每一种组合，可以估计其似然率。把对应于 + 的似然率进行求和，然后再取对数结果。类似地，把对应于 - 的似然率求和，取对数结果。两个对数值的差值可以为差



分比特提供软值。构成似然率函数要求模、模平方、求幂次、取对数以及 Bessel 函数操作等，这些都是本领域所公知的。

应该可以理解到，似然率方程要求知道有关噪声功率的知识（或者两倍的噪声功率）。其中一种解决方法是把该值设定为工作点值或者最坏值，使得设计参数是固定的。另外一个方法是自适应地估计噪声功率。例如在已知同步码元的系统中，可以采用信道估计，从接收到的样本值中减去信号分量，允许通过剩余值的模平方来估计噪声功率。

对于 DQPSK，由于一个差分码元中要发送两个差分比特，所以存在四种可能的码元值。对于每一个差分比特来说，有两个与 + 相关的 DQPSK 码元，有两个与 - 相关的码元。这样在构成 A_+ 的过程中，要进行 $N^2/2$ 次加法， $N^2/4$ 次与其中一个差分码元相关，以及 $N^2/4$ 次与另一码元相关。对于 A_- 来说也是相同的。

图 8 基于刚才描述的次最佳方案，给出第二软生成器 604' 的其它实施例。复相关值可以被提供给延时组 504'，后者把这些相关值经过一个码字周期的延时，生成出延时的相关值。相关值以及延时的复相关值被提供给乘法器组 506'，在其中，对所有可能的相关值以及延时的相关值，计算相关值与延时的相关值复共厄的乘积。这些乘积被提供给组合单元 802，其中利用该乘积来为每个差分比特判断软信息。如果只需要检测，则组合单元 802 可以只生成硬比特值。

可以通过省略和式中比较小的项而得到次优的方法。例如如果只保留每个和式中的主要项，可以导致图 7 的结构。

总之，模平方单元 304、码字判决单元 306 以及转换单元 308 能够提供一个基于硬判决相关值的分组编码检测器。第一软生成器 602 就是这种软判决相关分组编码检测器的实例。

类似地，延时单元 504 以及乘法单元 506 共同组成一个基于软判决相关值的差分检测器。通过添加检测器 508，可以构成基于硬判决相关值的差分检测器。而且，第二软生成器 604 是基于软判决相关值的差分检测器的实例。也可以采用其它类型的差分检测，例如考虑相位差值。尽管是针对两种比特流采用硬判决译码或者针对两种比特流采用软判决译码给出的实例，但是也可能构成软判决译码和硬判决译码的组合。



随后的实例说明发送和接收常规比特流和根据本发明的比特流。这些实例仅仅是处于说明的目的，不应该被看做是限制本发明。

实例 1

5 现在描述采用分组编码的第一比特流的发送和接收实例。作为实例的目的，采用 Walsh-Hadamard(4, 2) 码。为了提供简化实例，假设只发送两个信息比特，这两个信息比特经过编码形成四个码字 (CW) 其中的一个。表 1 说明了信息比特、码字序号以及在传输媒介中传输的真正码字。为了表答简单，我们利用 “+” 表示 +1, “-” 表示 -1。

表 1

信息比特	码字 (CW) 序号	发送的码字 (CW)
00	0	+ + + +
01	1	+ - + -
10	2	+ + --
11	3	+ -- +

假设信息比特 00 和 01 被发送。根据表 1 中描述的 Walsh-Hadamard(4, 2) 码，将要发送随后的比特流：

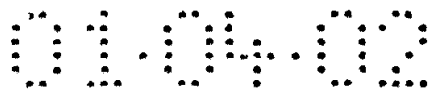
+ + + + + - + -

15 根据接收到的比特流，可以进行相关运算。在执行相关运算的过程中，接收到的比特流与每个可能的码字进行相乘。判断模平方，其中对应最大模平方值的码字被判定为被检测的码字。相关过程见表 2。

表 2

相关值 (模) ²	接收到的比特流	
	+ + + +	+ - + -
CW0 + + + +	4 (16)	0 (0)
CW1 + - + -	0 (0)	4 (16)
CW2 + + --	0 (0)	0 (0)
CW3 + -- +	0 (0)	0 (0)

在每个相关值后的括号内给出模平方值。这样如表 2 所示，依次



检测出对应于信息比特 00 和 01 的码字 0 和 1。

实例 2

实例 2 说明根据本发明的第一比特流和第二比特流的发送和接收，其中使用与实例 1 相同的参数。在实例 2 中，发送相同的第一比特流 00 和 01（见实例 1）。然而辅助码元 - 1 也被发送。通过翻转第二个码字的符号来传输码元 - 1。这样，为了发送对应于码字 + + + + 和 + - + - 的第一比特流 00 和 01，以及调制于其上的第二比特流 - 1，则第二个码字的符号被翻转，从而使得修正码字 + + + + 和 - + - + 被发送。

表 3 说明接收的比特流、相关结果、以及得到的模平方结果。如表中所示，对于第一个修正码字来说，相关值与模平方值等同于表 2 中的情况。然而对第二修正码字来说，CW1 的相关值是 - 4。而对模取平方，得到 16（等同于表 2 中的结果）。这样就可以采用表 2 中相同的方式来检测 CW1。

表 3

相关值 (模) ²	接收到的比特流	
	+ + + +	+ - + -
CW0 + + + +	4 (16)	0 (0)
CW1 + - + -	0 (0)	- 4 (16)
CW2 + + - -	0 (0)	0 (0)
CW3 + - - +	0 (0)	0 (0)

为了检测第二比特流，需要检测码元变化以及对应于被检测的码字的相关值，由此去判断比特流中的差分编码的辅助码元。例如在表 3 中，利用如下关系可以检测到新比特。

$$\text{Sign}\{-4, +4\} = -1$$

这样就检测到了辅助码元 - 1。

实例 3

现在描述对辅助码元进行幅值编码的实例。为了对辅助码元进行幅值编码，每一个码字都要采用两个幅值中的一个幅值来发送。假设幅度值被任意指定为 1 和 2。为了发送辅助比特流 01，第一码字采用幅值 1 被发送，第二码字采用幅值 2 被发送。表 4 说明接收到的比特

流、相关值以及模平方操作。

表 4

相关值 (模) ²	接收到的比特流	
	+ 1 + 1 + 1 + 1	+ 2 - 2 + 2 - 2
CW0 + 1 + 1 + 1 + 1	4 (16)	0 (0)
CW1 + 1 - 1 + 1 - 1	0 (0)	8 (64)
CW2 + 1 + 1 - 1 - 1	0 (0)	0 (0)
CW3 + 1 - 1 - 1 + 1	0 (0)	0 (0)

如表 4 所示，相关结果和模平方操作会检测到 CW0 和 CW1。为了检测辅助比特流，要把被检测码字的模平方值与门限值进行比较。例如实例 3 中可以使用门限值 32。对于第一码字来说，模平方值 16 小于 32，则可以检测到辅助比特流中的值是 0。对于第二个码字来说，模平方值 64 大于门限值 32，所以可检测到辅助比特流的值 1。这样就可以检测到辅助比特流 01。

在根据本发明的实例 2 和实例 3 中，发送和接收比特数量是相同的，但是除了第一比特流之外还检测到了第二比特流。因而，获得了较高的比特速率，而不要求附加比特。而且，现有的码字调制方案也可以被用于加于其上的辅助比特流。实例 2 和实例 3 中的差分和幅值编码也可以被联合起来使用。

实例 4

在 IS-95 的上行链接中，采用带非相干检测的正交调制。使用六个比特在 64 个正交 Walsh 码字中选择要被发送的一个。在接收机内，对所有可能的 64 个码字进行相关。选择模值最大的相关值。根据本发明为了扩展数据速率，在正交调制信号中添加差分和/或幅值调制。例如使要发送的码字的符号经过差分调制，从而提供附加信息信号。辅助码元的比特流速率等于码分组的传输速率。由于采用非相干接收，所以这种附加调制不会影响分组编码比特的调制性能。

假设原始正交调制系统发送一序列码字 $W_1 W_{33} W_6 \dots$ 。如果还希望发送附加比特流 10，则经过差分编码，该比特流形成 + 1 - 1 - 1，其中“1”被映射为“改变符号”，“0”被映射为“不改变符号”。该差分比特流可以被附加到该序列码字中，从而生成 $W_1 - W_{33} - W_6 \dots$ 。或者使

附加比特流通过幅值编码而成为 $+2+1$ ，其中“1”映射到“ $+2$ ”，“0”映射到“ $+1$ ”。这种差分比特流可以被附加到该序列码字之上，形成 $+2W_1 + 1W_{33}$ 。也可以使用差分和幅值编码的组合。

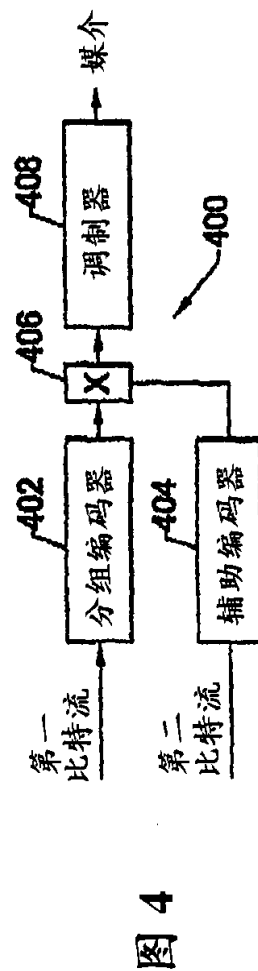
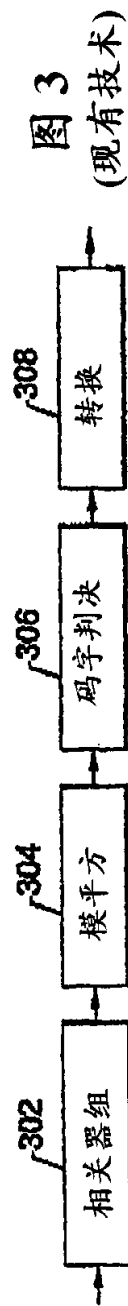
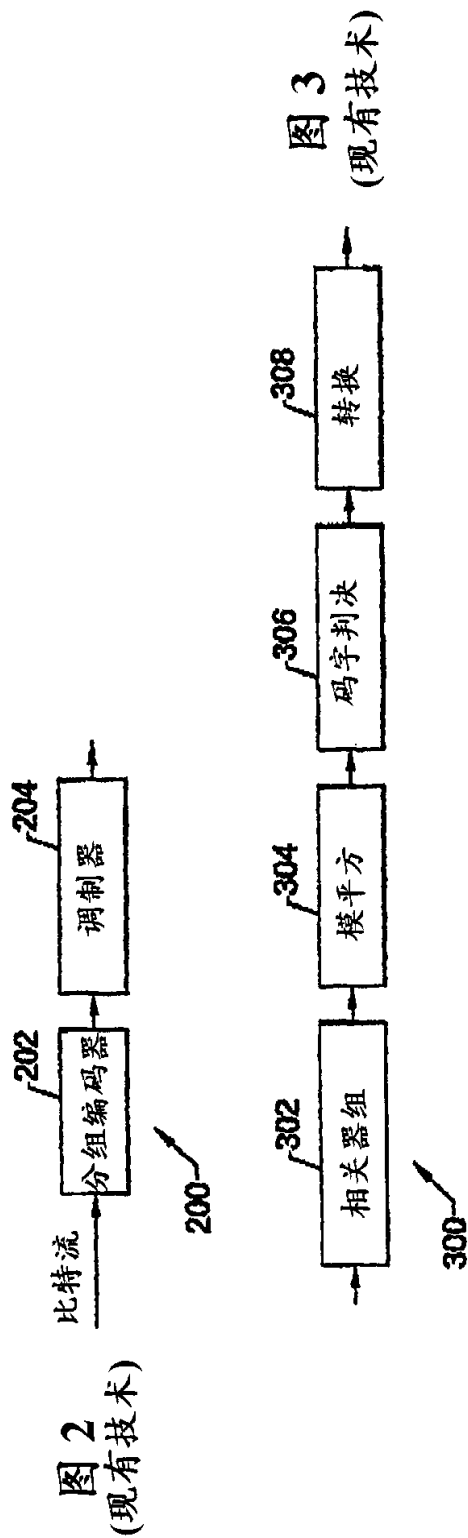
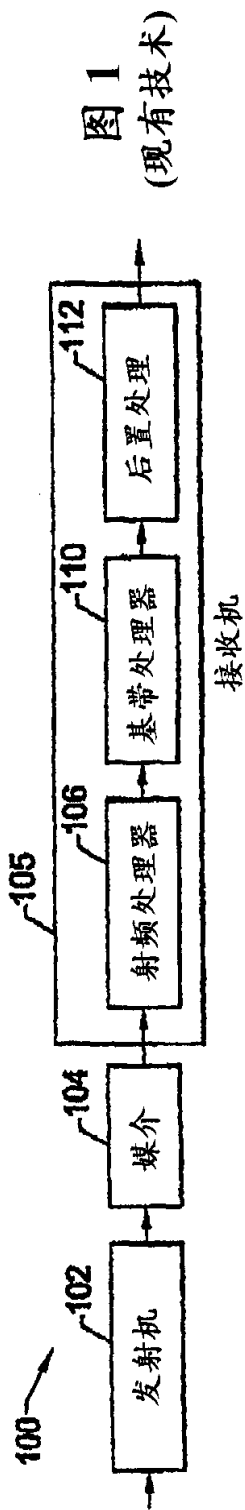
5 本发明可以适用于任何采用非相干检测的分组编码，即，它们的码字组不包括、或由于受到限制因而不包括码字和码字的旋转。例如可以利用 Walsh-Hadamard 码的正交分组编码。对这种分组编码来说，可以采用快速 Walsh 变换电路有效地实现相关器组 302。总之这样，相关器组可以是用于计算接收样值与码字的相关性的相关设备。该设备中也可以采用其它分组码，例如 Nordstrom-Robinson、二阶
10 Reed Muller 和 kerdock 码。也可以采用没有正反对的分量的码字，例如可以对经过差分编码的一组比特采用卷积编码。

本发明还可以与 Rake 接收一起使用。在每个码字周期内，相关器组 302 可以为每个码字生成不只一个相关值。模平方单元 304 可以计算每一个相关值的模平方，然后对特定码字周期内对应于特定码字的辐射 (ray) 或反射 (echo) 的模平方值进行求和。这样，在码字
15 判决单元 406 内，可以在模平方值总和的基础上判断被检测码字。选择单元 502 使得在特定码字周期内对应于被检测码字的所有相关值顺利通过。利用乘法单元 506 和延时单元 504 对每个信号的映射 (image) 或辐射进行差分检测。在图 5 和图 7 中的乘法器 506 的输出端，把得到的乘积结果进行相加。
20

如果码字周期内的干扰很厉害，或者多用户之间的干扰很厉害，则必须要采用干扰消除技术。例如从接收到的样值中减去或者消除与被检测码字相关的能量，可以参见授予 Dent 的美国专利 5151919 中的讨论，该专利文献在此引入供参考。

25 如果也采用幅值调制，则在接收机可以采用附加处理方法去检测幅值的变化。例如可以把对应于被检测码字的模平方值与其前一周期的值进行比较。如果比值或者差值超过门限，则可以检测到幅值的变化。

30 在附图和详述中，给出了本发明的典型优选实施例，而且尽管描述中采用了特定术语，但是它们仅仅是出于通用和说明的目的，而不是对本发明做出限制，在随后的权利要求中给出了本发明的覆盖范围。



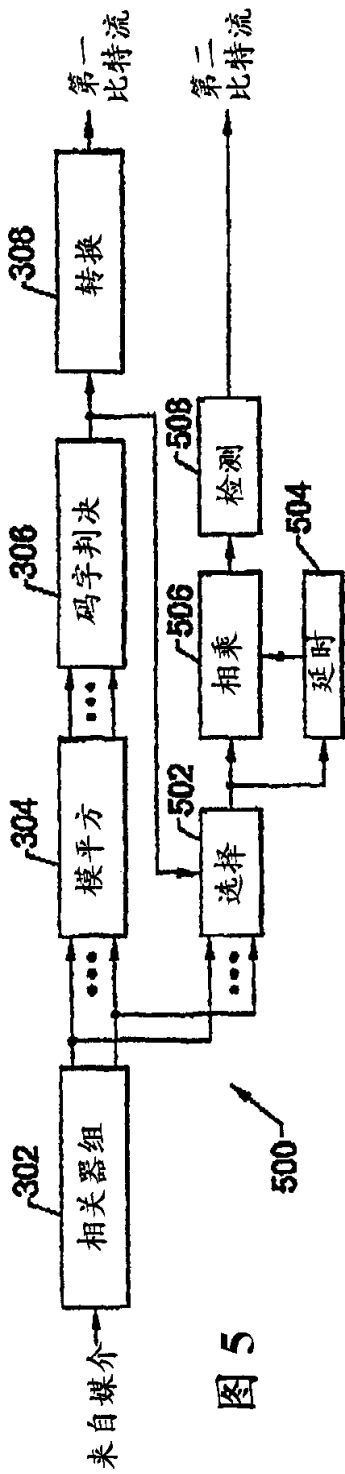


图 5

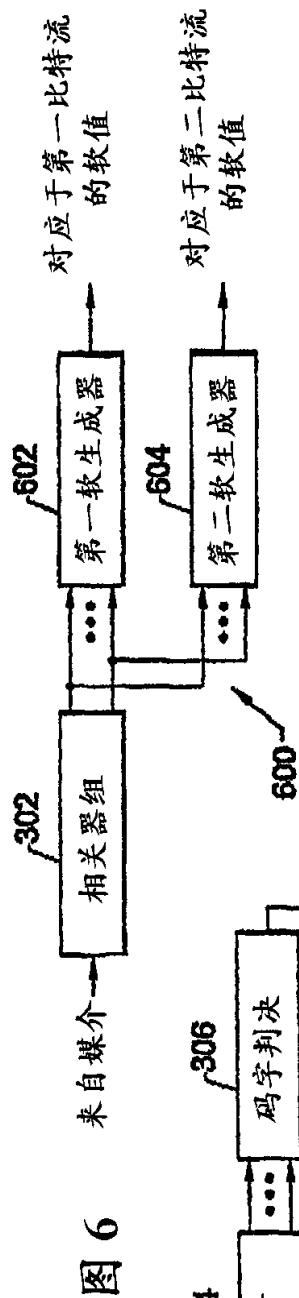


图 6

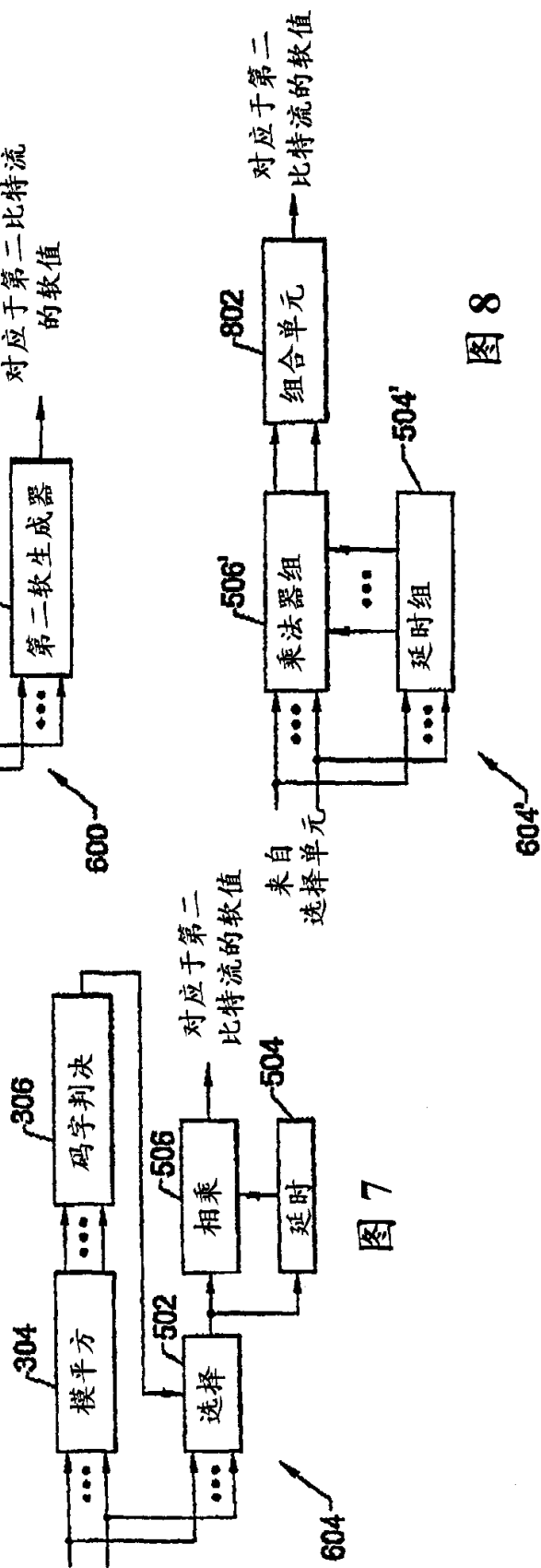


图 7

图 8