[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int.Cl[7]
H04B 14/04
H04K 1/10

[12]发明专利申请公开说明书

[21]申请号 98803983.4

[43]公开日 2000年5月3日

[11]公开号 CN 1252195A

[22]申请日 1998.4.3 [21]申请号 98803983.4
[30]优先权
[32]1997.4.8 [33]US [31]60/042,826
[32]1998.3.31 [33]US [31]09/052,319
[86]国际申请 PCT/US98/06650 1998.4.3
[87]国际公布 WO98/45970 英 1998.10.15
[85]进入国家阶段日期 1999.10.8
[71]申请人 摩托罗拉公司
地址 美国伊利诺斯
[72]发明人 维达特·M·尤伯格路 德永·金
秦成·唐

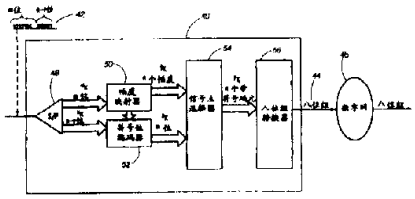
[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所
代理人 付建军

权利要求书9页 说明书14页 附图页数10页

[54]发明名称 频谱整形传输数据信号的系统和方法

[57]摘要

一个系统从一个发射机通过网络将编码为每帧预定个数的带符 号码元的数字信息位传输给一个接收机，其中被传输的带符号码元 具有所要求的频谱形状；数字信息位被分为每帧第一个预定个数的 幅度信息和第二个预定个数的符号信息位，该发射机包括：一个幅 度映射装置(50)将幅度信息位映射到预定个数的码元；一个符号位编 码器(52)将符号信息位编码为每帧预定个数的编码码元符号位；以及 一个信号点选择器(54)，响应幅度映射装置和符号位编码器，将码元 幅度和编码码元符号位组合起来形成每帧预定个数的被传输带符号 码元。



ISSN1008-4274

权 利 要 求 书

1. 一个系统用于从发射机以帧为基础传输数字信息位，该数字信息位被编码为每帧预定个数的带符号码元通过网络传输给接收机，其中传输的带符号码元有所要求的频谱形状；数字信息位被分为每帧第一个预定个数的幅度信息位和第二个预定个数的符号信息位，该发射机包括：

一个幅度映射装置，将幅度信息位映射到每帧预定个个数的码元幅度；

一个符号位编码器，将符号信息位编码为每帧预定个数的编码码元符号位；以及

一个信号点选择器，响应幅度映射装置和符号位编码器，它将码元幅度和编码码元符号位组合起来形成每帧预定个数的传输带符号码元（transmitted signed symbol）；

符号位编码器包括：

一个陪集表示生成器，为每帧生成符号信息位的陪集表示符号位，为标识包括编码码元符号位（encoded symbol sign bit）的候选集的卷积码的一个陪集的卷积码定义一个陪集表示元素；以及

一个码元符号位选择器，响应陪集表示符号位和码元幅度，它从产生具有所要求形状的传输带符号码元的编码码元符号位的候选集中选择编码码元符号位。

2. 权利要求1的系统，其中第一个预定个数的幅度信息位为m位，第二个预定个数的符号信息位为n－r位。其中n对应于每帧码元的预定个数，r对应于符号位编码器使用的冗余位的个数。

3. 权利要求2的系统，其中陪集表示生成器包括一个差分编码器，对提供给符号位编码器的n－r位的预定的位位置进行差分编码以实现极性反转不变性。

4. 权利要求3的系统，其中幅度映射器用模数转换映射方案将m个幅度信息位映射到每帧n个码元。

5. 权利要求4的系统，其中陪集表示生成器进一步包括一个矩阵块，它用矩阵 H^T 乘以n－r符号信息位以产生每帧n个陪集表示符号位。

6. 权利要求5的系统，其中码元符号位选择器包括一个选择控制器和一个滤波器，其中选择控制器包括：

从陪集表示符号位生成编码码元符号位的候选集的逻辑；

将编码码元符号位的候选集与码元幅度组合起来形成编码带符号码元的候选集的逻辑；

其中滤波器包括：

响应编码的带符号码元的候选者，为每个编码的带符号码元候选者确定RFS的逻辑和将每个编码的带符号码元候选者的RFS提供给选择控制器的逻辑；以及

其中选择控制器进一步包括：

响应已确定的每个编码的带符号码元候选者的RFS，选择与具有最小RFS的编码带符号码元候选者关联的编码码元符号位的逻辑。

7. 权利要求5的系统，其中码元符号位选择器采用先行方法并包括一个选择控制器和一个滤波器，其中选择控制器包括：

从陪集表示符号位生成编码码元符号位的候选序列的逻辑；

将候选序列与码元幅度组合起来形成编码带符号码元候选序列的逻辑；

其中滤波器包括：

响应编码带符号码元候选序列，确定每个编码带符号码元候选序列的RFS的逻辑和将每个编码带符号码元候选序列的RFS提供给选择控制器的逻辑；以及

其中选择控制器进一步包括：

响应每个编码带符号码元候选序列已确定的RFS，从具有最小RFS的编码带符号码元候选者中选择编码码元符号位的逻辑。

8. 权利要求7的系统，其中第i个码元的RFS由滤波器如下确

定：

$$\mathbf{RFS_i} = \sum_{i=0}^{NB} b_i y_{i-1} - \sum_{i=1}^{NA} a_i RFS_{i-1}$$

9. 权利要求 8 的系统，其中以帧为基础的第 K 个帧的 RFS 由滤波器如下确定：

$$\mathbf{RFS_k} = \sum_{j=0}^{n-1} RFS^2_{nk+j}$$

其中 j 是码元（时间）索引。

10. 权利要求 9 的系统，其中用先行方法如下确定 RFS：

$$\mathbf{LRFS_k} = \sum_{i=0}^{\Delta} RFS_{k+i}$$

其中 Δ 是先行深度。

11. 权利要求 10 的系统，其中接收机包括一个数值和符号抽取器，将传输的带符号码元分离为编码码元符号位和码元幅度，以及一个符号位解码器将编码码元符号位解码为符号信息位。

12. 权利要求 11 的系统，其中符号位解码器包括一个包含一个矩阵 $\mathbf{H^T}$ 的矩阵块，编码码元符号位与 $\mathbf{H^T}$ 相乘以恢复符号信息位。

13. 权利要求 12 的系统进一步包括一个差分解码器差分地解码已恢复符号信息位的预定义的位的位置。

14. 权利要求 13 的系统进一步包括一个响应信号点选择器的通过网络传输与带符号码元相对应的八位组的八位组转换器

15. 权利要求 13 的系统其中 n 等 6, r 等于 1，矩阵 $\mathbf{H^{-T}}$ 定义如下：

$$\mathbf{H^{-T}} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/(1+D) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1/(1+D) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/(1+D) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/(1+D) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/(1+D) & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

16. 权利要求 15 的系统其中卷积码定义如下：

G(D)=[1+D 1 1+D 1 1+D 1]

17. 权利要求 16 的系统其中矩阵 $\mathbf{H^T}$ 定义如下：

99.10.06

$$\mathbf{H^T}=\begin{bmatrix} 1 & 1+D & 1 & 1+D & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1+D \\ 0 & 0 & 0 & 1+D & 0 \\ 0 & 0 & 1+D & 0 & 0 \\ 0 & 1+D & 0 & 0 & 0 \\ 1+D & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

18. 权利要求 7 的系统其中 RFS 是运行数字和(RDS)，第 i 个码元的 RDS 由滤波器如下确定:

$$\mathbf{RDS_j}=\sum_{j=0}^{i} y_j$$

其中 j 是码元(时间)索引。

19. 权利要求 18 的系统其中第 K 个帧的以帧为基础的 RDS 由等效类选择器(equivalence class selector)如下确定:

$$\mathbf{RDS_k} = \sum_{j=0}^{n-1} RDS^2_{nk+j}$$

其中 j 是码元(时间)索引。

20. 权利要求 19 的系统其中使用先行方法的 RDS 如下确定:

$$\mathbf{LRDS_k}=\sum_{i=0}^{\Delta} RDS_{k+i}$$

其中 Δ 是先行深度。

21. 一种方法，用于从发射机以帧为基础传输数字信息位，其中该数字信息位被编码为每帧预定个数的带符号码元通过网络传输给接收机，其中码元具有所要求的频谱形状，数字信息位被分为每帧第一个预定个数的幅度信息位和第二个预定个数的符号信息位，该方法包括:

将幅度信息位映射为每帧预定个数的码元幅度;

将符号信息位编码为每帧预定个数的编码码元符号位; 以及

将码元幅度和编码码元符号位组合起来形成每帧预定个数的传输带符号码元;

编码步骤包括:

为每帧生成符号信息位的陪集表示符号位，还为标识包括编码码元符号位的候选集的卷积码的一个陪集的卷积码定义一个陪集表示元素，以及

使用陪集表示符号位和码元值，从产生具有所要求形状的传输带符号码元的编码码元符号位的候选集中选择编码码元符号位。

22. 权利要求 21 的方法，其中第一个预定个数的幅度信息位为 m 位，第二个预定个数的符号信息位为 n－r 位，其中 n 对应于每帧码元的预定个数，r 对应于符号位编码器使用的冗余位的个数。

23. 权利要求 22 的方法其中生成步骤包括对 n－r 位的预定的位置进行差分编码以实现极性反转不变性。

24. 权利要求 23 的方法其中映射步骤用模数转换映射方案将 m 个幅度信息位映射到每帧 n 个码元。

25. 权利要求 24 的方法其中生成步骤进一步包括用矩阵 H^{-T} 乘以 n－r 符号信息位以产生每帧 n 个陪集表示符号。

26. 权利要求 25 的方法其中选择步骤包括:

从陪集表示符号位生成编码码元符号位的候选集;

将编码码元符号位与码元幅度组合起来形成编码带符号码元候选集;

确定每个编码带符号码元候选者的 RFS 以及将每个编码带符号码元候选者的 RFS 提供给选择控制器的逻辑; 以及

选出与具有最小 RFS 的编码带符号码元候选者关联的编码码元符号位。

27. 权利要求 25 的方法其中选择步骤采用先行方法并包括:

从陪集表示符号位生成编码码元符号位的候选序列:

将候选序列与码元幅度组合起来形成编码带符号码元的候选序列;

确定每个编码带符号码元候选序列的 RFS 以及将每个编码带符号码元候选序列的 RFS 提供给选择控制器的逻辑; 以及

从具有最小 RFS 的编码带符号码元候选者中选出编码记号符号位。

28. 权利要求 27 的方法其中第 i 个码元的 RFS 如下确定:

$$RFS_i = \sum_{i=0}^{Nb} b_i y_{i-1} - \sum_{i=1}^{Nk} a_i RFS_{i-1}$$

29. 权利要求28的方法其中第K个帧的以帧为基础的RFS如下确定:

$$\mathbf{RFS_k} = \sum_{j=0}^{n-1} RFS^2_{nk+j}$$

其中j是码元(时间)索引。

30. 权利要求29的方法其中用先行方法确定RFS如下:

$$\mathbf{LRFS_k} = \sum_{i=0}^{\Delta} RFS_{k+i}$$

其中Δ是先行深度。

31. 权利要求30的方法进一步包括在接收机中，将传输的带符号码元分离为编码码元符号位和码元幅度并将编码码元符号位解码为符号信息位。

32. 权利要求31的方法其中解码步骤包括用矩阵$\mathbf{H^T}$乘以编码码元符号位以恢复符号信息位。

33. 权利要求32的方法进一步包括差分解码恢复的符号信息位的预定的位位置。

34. 权利要求33的方法进一步包括通过网络传输与带符号码元对应的八位组。

35. 权利要求33的方法其中n等于6, r等于1, 矩阵$\mathbf{H^{-T}}$定义如下:

$$\mathbf{H^{-T}}=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/(1+D) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1/(1+D) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/(1+D) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/(1+D) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/(1+D) & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

36. 权利要求35的方法其中卷积码定义如下:

G(D)=[1+D　1　1+D　1　1+D　1].

37. 权利要求36的方法其中矩阵$\mathbf{H^T}$定义如下:

$$\mathbf{H^T}=\begin{bmatrix} 1 & 1+D & 1 & 1+D & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1+D \\ 0 & 0 & 0 & 1+D & 0 \\ 0 & 0 & 1+D & 0 & 0 \\ 0 & 1+D & 0 & 0 & 0 \\ 1+D & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

38. 权利要求 **27** 的方法其中 **RFS** 是运行数字和(**RDS**), 第 **i** 个码元的 **RDS** 如下确定:

$$\mathbf{RDS_i}=\sum_{j=0}^{i} y_j$$

其中 **j** 是码元(时间)索引。

39. 权利要求 **38** 的方法其中第 **K** 个帧的以帧为基础的 **RDS** 如下确定:

$$\mathbf{RDS_k}=\sum_{j=0}^{n-1} RDS^2_{nk+j}$$

其中 **j** 是码元(时间)索引。

40. 权利要求 **39** 的方法其中用先行方法的 **RDS** 如下确定:

$$\mathbf{LRDS_k}=\sum_{i=0}^{\Delta} RDS_{k+i}$$

其中 Δ 是先行深度。

41. 发射机中的一个系统用于以帧为基础将数字信息位预编码为每帧预定个数的预编码电平; 数字信息位被分为每帧第一个预定个数的幅度信息位和第二个预定个数的符号信息位, 该系统包括:

一个幅度映射装置将幅度信息位映射到每帧预定个数的码元幅度;

一个符号位编码器将符号信息位编码为每帧预定个数的编码码元符号位; 以及

一个信号点选择器, 响应幅度映射装置和符号位编码器, 它将码元幅度和编码码元符号位组合起来形成每帧预定个数的带符号码元并输出与带符号码元对应的预编码电平;

符号位编码器包括

一个陪集表示生成器为每帧生成符号信息位的陪集表示符号位, 为标识包括编码码元符号位的候选集的卷积码的一个陪集的卷

积码定义一个陪集表示元素；以及

一个码元符号位选择器，响应陪集表示符号位和码元幅度，它从编码码元符号的候选集中选择编码码元符号位。

42. 用在发射机中的一个方法用于以帧为基础将数字信息位预编码为每帧预定个数的预编码电平；数字信息位被分为每帧第一个预定个数的幅度信息位和第二个预定个数的符号信息位，该方法包括：

将幅度信息位映射到每帧预定个数的码元幅度；

将符号信息位编码为每帧预定个数的编码码元符号位；

将码元幅度和编码码元符号位组合起来形成每帧预定个数的带符号码并输出与带符号码元对应的预编码电平；

编码步骤包括：

为每帧生成符号信息位的陪集表示符号位，为标识包括编码码元符号位的候选集的卷积码的一个陪集的卷积码定义一个陪集表示元素；以及

用陪集表示符号位和码元幅度，从编码码元符号的候选集中选择编码码元符号位。

43. 一个接收机以帧为基础从网络上接收已由发射机编码为每帧预定个数的带符号码元的数字信息位，其中被传输的带符号码元具有所要求的频谱形状；数字信息位被分为每帧第一个预定个数的幅度信息位和第二个预定个数的符号信息位，该接收机包括：

一个数值和符号抽取器将传输的带符号码元分离为编码码元符号位和编码码元幅度；

一个幅度映射器将编码码元幅度解码为幅度信息位；以及

一个符号位解码器把编码码元符号位解码为符号信息位；

其中符号位解码器包括具有矩阵 H^T 的矩阵块，编码码元符号位与其相乘以恢复符号信息位。

44. 权利要求 43 的接收机，其中 H^T 定义如下：

$$\mathbf{H}^{\mathbf{T}}=\begin{bmatrix} 1 & 1+D & 1 & 1+D & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1+D \\ 0 & 0 & 0 & 1+D & 0 \\ 0 & 0 & 1+D & 0 & 0 \\ 0 & 1+D & 0 & 0 & 0 \\ 1+D & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

说　　明　　书

频谱整形传输数据信号的系统和方法

相关申请的交叉参考

本申请涉及下列美国专利申请。这些申请都已转让给本申请的受让人并引用至此作为参考:

美国临时申请 No. 60/042,826，名称为通用频谱整形，1997 年 4 月 8 日提出，发明人为 M.Vedat Eyuboglu, Pierre A. Humblet; Daeyoung kim 和 David Tung; 本申请基于该申请并要求对公共主题部分的优先权;

美国专利申请 No. 08/747,840，名称为频谱整形传输数据信号的装置、系统和方法，1996 年 11 月 13 日提出，发明人为 Vedat Eyuboglu 和 Pierre A. Humblet;

美国专利申请，代理人案卷号为 CX096044P02，名称为预编码数据信号的装置和方法，1997 年 12 月 29 日提出，发明人为 M. Vedat Eyuboglu，Pierre A. Humblet; 和 Daeyoung Kim.

发明领域

本发明涉及高速数据通信，尤其涉及频谱整形传输数据信号的系统和方法。

发明背景

公用交换电话网（PSTN）由包括一个数字主干网络和将终端用户连接到该主干网络的模拟本地回路。在一个典型的电话呼叫中，本地用户发送的模拟信号在本地市话局被数字化并被转换为 64k 位/秒的位流，该位流通过数字主干网络运载，然后在远程市话局被转换回模拟信号以便通过远程本地回路传输给终端用户。拨号调制解调器，例如 V.34 调制解调器，将数字信号调制为用于传输的模拟信号经由 PSTN 通信。

在数据主干入口点进行的数字到模拟转换处理引入量化噪音使

数据传输速度限制在30k位/秒左右。

已经开发了一种技术能够以大大高于30k位/秒的速度传输，在用户直接连接到数字网，如通过ISDN或T1连接到数字网时，甚至可达到56k位/秒。而且，有这种类型传输的标准化协议，国际电信联合会（ITU）标准V.90，预计将很快获得批准。用这种技术，数字脉冲编码调制（PCM）调制解调器用一个信用编码器将随机数字信号（根据不同的地区）编码为μ律或A律八位组。该八位组在终端用户市话局的数字到模拟（D/A）转换器中被直接映射为码元。（除非专门指明，否则所有以下讨论都根据μ律；从μ律类推到A律是明显的）。映射服从平均功率调节限制的限制，可以使用D/A转换器的255级的所有或任意子集。

因为信息是以八位组的形式在数字网上运载，编码数据首先被以每秒8000八位组的速度映射为传输用八位组。接着，在终端用户市话局，八位组在D/A转换器上被转换为相应的码元。结果8kHz码元序列通过低通滤波器(LPF)并通过模拟回路传输给终端用户的模拟PCM调制解调器。D/A转换器的输出可被视为一个脉冲序列每个有一个与一个D/A级相应的幅度。模拟PCM调制解调器通过首先检测被传输的是哪些码元，接着反向映射这些码元以获得原数字信息的估计值来恢复原来信息。

当随机地传输信息时、对D/A变换后的信号的频谱分析表明D/A转换器输出的序列的频谱基本是平的。因此，当这个序列通过市话局的LPF时，信号的频谱保持LPF的频谱形状。不幸的是，这个频谱在接近DC（f=0）附近有一个大能量能够驱动系统中的变压器为饱和状态并导致传输信号发生不想要的非线性时变。在本申请中，不能容忍这种类型的畸变因此需要消除它。

更广泛地说，采用PCM后，需要一种对来自D/A转换器的传输信号的频谱进行整形的方案。进一步，需要一种适用于包括PCM在内的各种不同的传输技术的频谱整形方案。

附图的简述

图 1 是一个典型的电话公司市话局的简化框图；

图 2 是从 μ 律输出给图 1 的线性转换器的码元，y_k 的频谱平面图和图 1 的低通滤波器的频谱形状；

图 3 是两个在 DC 为零的频谱的一部分的平面图，其中一个频谱在 DC 点迅速下降为 0，另一个下降比较缓慢；

图 4 是根据本发明配置的市话局数字 PCM 调制解调器中的发射机的概要框图；

图 5 是根据本发明配置的终端用户模拟 PCM 调制解调器中的接收机的概要框图；

图 6 是图 4 中所示的发射机的符号位编码器的概要框图；

图 7 是图 6 中所示的陪集表示生成器的概要框图；

图 8 是图 6 中所示的码元符号位选择器的概要框图；

图 9 是表示一个卷积码的格式结构图；

图 10 是说明图 8 中所示的码元符号位选择器的概括逻辑的流程图；

图 11 是图 5 中所示的符号位解码器的概要框图；

图 12 是本发明的用作上流 PCM 发射机的预编码器的一个概要框图；

首选实施例的描述

本发明包含频谱整形传输数据信号的系统和方法，适用于不同的传输技术。为了说明的目的，本发明针对 PCM 传输系统来讲述。但是本技术领域的普通技术人员能够认识到本发明可被扩展到其它传输技术，这里对 PCM 实现的讲述亦可方便地扩展到其它技术。

图 1 和图 2 示出了通过模拟回路传向终端用户的模拟 PCM 调制解调器的信号中出现的接近 DC 的能量。在图 1 中示出了 PSTN 上的一个典型的电话市话局 10 的一部分，该市话局在输入 12 上接收从直接连接到电话系统数字部分的中央点数字 PCM 调制解调器(未示出)传输的 μ 律八位组。该八位组由一个 D/A 转换器转换并以 μ 律形式传输给线性转换器 14，和一个码元序列 y_k。每个码元对应 255 个 μ

律级中的一个。码元通过线 16 输出给低通滤波器 LPF(18)，该滤波器通过模拟回路20输出一个滤波模拟信号S(t)给终端用户模拟PCM调制解调器的接收机。接收调制解调器解调和解码该模拟信号后，输出一个数字位流，该数字位流是原来传输数据的一个估计值。

在从μ律到线性转换器14的线16上的码元序列，y_k具有如图2所示的平坦的频率响应 22。LPF18 的频谱形状 24 包括一个接近DC(f=0)(如点 26 所示)的大能量。因为序列 y_k 有一个平坦的频率响应，由滤波器 18 所输出的信号 S(t)的频谱与滤波器 18 的频谱形状24相同，因此信号S(t)也包含一个接近DC的大能量。如上所述，这个接近 DC 的能量将使系统中的变压器饱和导致传输给接收调制解调器的信号S(t)中有不愉快的非线性畸变。

在诸如PCM的应用中，必须减少这种畸变。这可以通过减小接近DC的传输信号的信号能量以产生一个DC零的方法来实现。图3中出示了这样的一个 DC 零 28。正如现有技术所知的那样，为了在传输信号中在 DC 点产生这个频谱 0，传输码元 y_k 的运行数字和(RDS)(即，所有先前已传输的电平的代数和)必须被保持接近零。DC零 28 附近的频谱形状可以从相对坡度较缓的频谱 30 到在 DC 点下降迅速的频谱 32。零的尖锐度取决于RDS被控制的紧密程度。

如下所述，本发明以保持 RDS 接近零的方式编码传输的数字数据。这在 DC 点产生一个频谱零因而减少由变压器饱和导致的非线性畸变。更广泛地说，本发明还可用于编码传输的数字数据按要求对传输的信号的频谱进行整形。

图 4 中的数字 PCM 调制解调器中的发射机 40 从数据终端设备(未示出)，例如一个个人计算机中接收一个串行数字位流42，并将接收到的位编码为八位组 44 通过数字网 46 传输。串行位流 42 由串行到并行转换器 48 转换为并行格式。本发明的传输/编码方案是基于一个 n 码元数据帧,其中 K 表示数据帧(时间)索引。例如，每个数据帧可能传输 2,3,4,5 或 6 个码元。该传输的码元与选择表示信息位的μ律构象点对应。对每一个数据帧，串行到并行转换器 48 输出(n－

r)+m 个信息位，其中 r 是冗余位的个数，V.90 标准中指定的冗余位的个数可为 0,1,2 或 3。

需要注意的是在以下的描述中小写变量表示一个标量，而大写变量表示一个矩阵。而且，行矢量由一个粗体小写变量表示并且所有的索引都从 0 开始，例如，$X_k=(X_{k,0},X_{k,1}\cdots)$。

n － r 位，标注为位 V_k，表示通过符号位(符号信息位)运载的信息，m 位，标注为 U_k，表示数值位(幅度信息位)运载的信息。位的个数，m 可以通过选择满足下式的 m 来确定：

$$2^m \le \prod_{i=0}^{n-1} M_i \qquad (1)$$

其中 m_i 是数据帧中的第 i 个码元的正的构象点。这个处理在 V.90 标准中有更详细的描述。

m 个幅度信息位，U_k，被提交给幅度映射器 50，它将该 m 位映射为 n 个码元幅度，g_n 通过诸如 ITU V.34 标准中描述的壳映射（shell mapping）方案或 ITU V.90 标准中描述的模数转换（modulus conversion）。幅度信息位映射所得的幅度是作为传输信息位的构象点的 μ 律点的幅度。这些幅度映射方案和座标点选择处理本技术领域的熟练技术人员都知道，在此不必提供进一步解释。数据帧的其余信息位，符号信息位 V_k，提供给生成 n 个符号位，S_k(被编码的码元符号位)的符号位编码器 52，下面进行详细解说。n 个码元幅度，g_k 和 n 个符号位 S_k，被提供经信号点选择器 54 并被组合起来形成 n 个带符号的码元 y_k。n 个带符号的码元 y_k 之后被提供给八位组转换器 56，它选择一个对应于每个带符号码元的八位组并将该八位组传输给数字网 46。如果用其它传输技术，可能用不着使用将带符号的码元转换为与 PSTN 的数字部分兼容的形式的八位组转换器，信号点选择器直接将带符号码元输出给网络。

市话局(CO)60 接收到从数字网 46 输出的八位组 44'(可能被网络中的数字损坏修改)。八位组 44'由 CO60 中的 D/A 转换器转换为码元并被作为 8kHz 的电平序列通过模拟回路 60 传输给终端用户模拟 PCM 调制解调器的接收机 64。模拟电平由接收机前端 66 接收，接

收机前端 66 数字化该模拟电平，完成时间恢复、均衡和码元判定。

接收机前端 66 以串行格式将接收到的码元 y_k 输出给串行到并行转换器 68，该转换器将串行码元转换为 n 个并行带符号码元 y_k 的帧。n 个并行带符号码元 y_k 被提供给从 y_k 中抽取码元幅度 g_k 和符号位 S_k 的幅度和符号抽取器 70。码元幅度 g_k 被提供给数值反映射器 72，如模数转换反映射器，以恢复幅度信息位 U_k。因为熟练技术人员都知道该反映射处理，在此不再解说。符号位 S_k 被提供给符号位解码器 74 以恢复符号信息位 V_k 如下所述。被解码信息位可能进一步被处理并被提供给数据终端设备，如个人计算机。

符号位编码

在图 6 中更详细地示出了符号位编码器 52。符号信息位 V_k 被提供给陪集（coset）表示生成器 80，该生成器为每个帧生成 n 个陪集表示符号位 t_k 并将它们提供给码元符号位选择器 82。在每个帧中的 n 个陪集表示符号位 t_k 为已定义的由码元符号位选择器 82 使用的卷积码，G(D)定义一个陪集表示元素，陪集表示符号位 t(D)的整个序列集中地定义一个该卷积码的陪集表示。n 个陪集表示符号位 t_k 还指定包含编码码元符号位的候选的卷积码的一个陪集，详见下文。

使用 n 个陪集表示符号位 t_k，码元符号位选择器 82 通过将该位与由结构图(如图 9 所示的结构图)定义的有效的卷积码序列执行异或操作来修改陪集表示符号位 t_k 以形成已编码码元符号位的候选者。这些候选者是由陪集表示符号位指定的陪集的元素。利用码元幅度，码元符号位选择器 82 从产生所要求频谱形状的已编码码元符号位的候选者中为每个帧选择已编码码元符号位 S_k 的候选者并将这些符号位提供给图 4 中的信号点选择器 54。码元符号位选择器 82 为整个序列的输出(假设以每帧为基础)，可以表示为 $S(D)=t(D)\oplus C(D)$，其中 S(D)是已编码码元符号位序列，t(D)是卷积码的陪集表示，C(D)是卷积码 G(D)的元素的码序列。

需要注意的是用这个选择处理，编码码元符号位的任意候选者

都可被使用并被解码为编码符号信息位 V_k。如下文所述。这样，本频谱整形方案不影响码元幅度，因而不影响传输功率。结果，设计一个满足 FCC 的发射机功率限制并能够实现频谱整形的系统很容易。

在图 7 中更详细地示出了陪集表示生成器 80，包括差分编码器 84 和矩阵块 86。数据信道上的噪声可能通过影响传输的符号位来引起极性反转。通过对符号位使用差分编码 84 的差分编码和图 11 的差分解码器 132 的解码以确定位的位置，例如如下的 H^{-1} 和 $G(D)H^T$ 的偶位置 0,2,4，实现极性反转不变性。差分编码的符号信息位 V_k' 在矩阵块 84 中与矩阵 $H^{-T}_{(n-r)\times n}$ (以模数 2) 相乘(即被滤波)以产生提供给码元符号位选择器 82 的 n 个陪集表示符号位 t_k。

正如在 ITU V.90 标出指定的那样，当每帧传输 6 个码元和冗余位为 1 时该矩阵的一个例子如下：

$$H^{-T}=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/(1+D) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1/(1+D) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/(1+D) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/(1+D) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/(1+D) & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

其中 D 是帧延迟，是基于帧(时间)索引 K 的延迟。

图 8 所示，码元符号位选择器 82 包括选择控制器 88，它从陪集表示生成器 80 接收每个帧的 n 个陪集表示符号位 t_k，从图 4 的幅度映射器 50 中接收 n 个码元幅度并为每个帧输出编码的码元符号位 S_k。选择控制器 80 将已编码码元符号位与幅度结合起来形成已编码的带符号码元候选集提供给滤波器 90。滤波器 90 为每个候选者计算一个在此称为运行滤波器和(RFS)的度量，并将它们提供给选择控制器 88，该选择控制器 80 选择与具有最小 RFS 的编码带符号码元候选关联的编码码元符号位。下面根据图 9 和图 10 描述码元符号位选择器 82 的操作。

选择控制器 88 通过异或操作陪集表示符号位和卷积码的有效的码序列来修改每个帧的 n 个陪集表示符号位 t_k。卷积码是由结构图定义的可能的序列的集合，有效的码序列是不违反结构图约束的序列。为了便于描述，选择控制器 88 将使用一个冗余位 r 和一个卷积

码 G(D)=[1+D 1 1+D 1 1+D 1]。以结构图表示它要使用一个两个状态的结构图，如图 9 所示的结构图 100。该结构图的约束如下文所述。

对于一个给定的帧 K，选择控制器 88 通过异或 n 个陪集表示符号位 t_k 和根据结构图 100 的约束的特定的卷积码序列来修改 n 个陪集表示符号位。本例中的卷积码序列如下：

A: 000000 (即什么都不作)

B: 111111 (即反转帧 j 中的所有符号位)

C: 101010 (即反转帧 j 中的偶数位符号位)

D: 010101 (即反转帧 j 中的奇数位符号位)

这样，在帧 K 开始时，如果选择控制器的状态 Q_k 为 0，在帧 K 中只有卷积码序列 A102 和 B104 是有效序列。相反，如果选择控制器的状态为 1，在帧 K 中只有卷积码序列 C106 和 D108 是有效序列。如上所述，陪集表示符号位与每个有效码序列异或，因此形成编码码元符号位的候选集如 $\{t_k \oplus A, t_k \oplus B\}$。每个候选者也是由陪集表示符号位(或陪集表示的元素)指定的卷积码的陪集的一个元素。然后，每个候选者与码元幅度结合起来形成编码带符号码元候选者提供给图 8 的滤波器 90，在那里计算每个 RFS 并将其返回给选择控制器 88。选择控制器 88 输出具有最小 RFS 的帧 j 的编码码元符号位。

当前状态 Q_k 和被选的帧 K 的编码码元符号位的卷积码序列被用于通过下列结构图 100 的约束确定下一个状态。例如，如果为帧 K 选择了候选者 $t_k \oplus B$，则选择控制器 84 在帧 Q_{k+1} 时的状态为 1。

用本发明实现的频谱整形可以通过引入先行（look-ahead）方法得以改善。也就是说，不仅仅根据当前帧来选择编码码元符号位，码元符号位选择器 82 可以使用由图 4 的幅度映射器 50 产生的码元幅度，当前帧和将来帧的陪集表示符号位来决定哪个编码码元符号位实现最佳频谱整形。V.90 标准规定，根据启动时约定的先行延迟量最多可以使用未来的三个帧。

根据滤波传送函数 h (D)，由滤波器 90 计算穿过结构图直到先行延迟或深度 Δ 的所有可能路径(或候选序列)的频谱整形尺寸 RFS，

选择控制器选择与为帧K产生最小RFS的候选序列关联的编码码元符号位。

现在再看图9的结构图100，讲述先行深度为1的候选序列。在帧K开始时，如果选择控制器88的状态为0，卷积码序列A102和B104是帧K的有效序列。但是，还必须考虑帧K+1的码序列。因为帧K码序列A102和B104是有效的，在帧K+1中，状态Q_{k+1}可能是0或1，因此码序列A102'B104'，C106'和D108'是有效的。如上所述，陪集表示符号位与每个有效码序列排它或操作以形成编码码元符号位的候选。在先行方法中，每个帧K和K+1的陪集表示符号位与结构图的每个路径的有效码序列排它或以形成候选序列。本例中的候选序列是以下四个序列：{1) ($t_k \oplus A, t_{k+1} \oplus A$); 2) ($t_k \oplus A, t_{k+1} \oplus B$); 3) ($t_k \oplus B, t_{k+1} \oplus C$)；以及4) ($t_k \oplus B, t_{k+1} \oplus D$)}。确定每个序列的RFS并且选出确定序列中的帧K的候选编码码元符号位。

图10中的流程图120描述了码元符号位选择器82的操作。在步骤122，选择控制器88通过根据结构图修改陪集表示符号位来生成编码码元符号位的候选集(或先行情况下候选序列)。然后，在步骤124，选择控制器将码元幅度与编码码元符号位的候选集组合起来形成编码带符号码元候选集(或候选序列)并将它们提供给滤波器90。在步骤126，滤波器90确定每个候选者(或候选序列)的RFS并将每个候选的RFS提供给选择控制器88。最后，在步骤128，选择控制器88选择具有最小RFS的编码码元符号位的候选者(或候选序列)并发送该编码码元符号位。

必须注意的是本发明可使用不同的卷积码，G(D)，它由不同的结构图和不同的卷积码序列表示。根据这里描述，对不同卷积码和码序列的扩展对本技术领域普通技术人员而言是浅显的。

总体而言，对于PCM，根据本发明的频谱整形方案通过设定图8中的滤波器90的响应以实现所要求的频谱形状和通过最小化RFS对来自图5中的CO60中的D/A转换器的模拟信号的频谱进行整形。滤波器90的响应h (D)定义所要求的频谱形状，可表示如下：

$$1/h(D)=B(D)/A(D)=\frac{\sum_{i=0}^{N_B} b_i D^{-i}}{\sum_{i=1}^{N_A} a_i D^{-i}}, a_0 = 1 \qquad (3)$$

其中 A(D)和 B(D)是函数，a 和 b 是被选出用于实现所要求的频谱形状的实数。N_A 和 N_B 分别是表示 h (D)的分子和分母的系数的个数。基于每个码元的 RFS 可如下计算：

$$RFS_i = \sum_{i=0}^{N_B} b_i y_{i-1} - \sum_{i=1}^{N_A} a_i RFS_{i-1} \qquad (4)$$

第 K 个帧的基于帧的 RFS 可计算如下：

$$RFS_k = \sum_{j=0}^{n-1} RFS^2_{nk+j} \qquad (5)$$

其中 j 是码元(时间)索引。

当使用本发明的符号位编码器在 DC 点生成一个频谱零时，RFS 是运行数字和(RDS)，滤波器 90 的响应 h (D)的表示如下：

$$h(D) = 1 - D \qquad (6)$$

根据传输的带符号的码元 y_k，滤波器 90 计算传输的带符号的码元 y_k 在码元时间 i 的 RDS 如下：

$$RDS_i = \sum_{j=0}^{i} y_j \qquad (7)$$

其中 j 是码元(时间)索引，第 K 帧的基于帧的 RDS 可如下计算：

$$RDS_k = \sum_{j=0}^{n-1} RDS^2_{nk+j} \qquad (8)$$

其中 j 是码元(时间)索引。

对于先行深度为 Δ 的先行方法，RDS 的计算如下：

$$LRDS_k = \sum_{i=0}^{\Delta} RDS_{k+i} \qquad (9)$$

其中 LRDS 是先行 RDS. 类似地我们可以引入先行最小 RFS，如下：

$$LRFS_k = \sum_{i=0}^{\Delta} RFS_{k+i} \qquad (10)$$

符号位解码

图 5 的接收器 64 中的符号位解码器 74 在图 11 中示出以包括一

个矩阵块 110。在矩阵块 110 中符号位 S_k 被矩阵 $H^T_{nx(n-r)}$ 相乘(以模数 2)(即被滤波)以恢复差分编码的符号信号位 $\hat{V}_k'$。

每个帧有六个传输码元(n=6)和一个冗余位(r=1)的矩阵 H^T 的例子在等式(11)中列出如下:

$$H^T=\begin{bmatrix} 1 & 1+D & 1 & 1+D & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1+D \\ 0 & 0 & 0 & 1+D & 0 \\ 0 & 0 & 1+D & 0 & 0 \\ 0 & 1+D & 0 & 0 & 0 \\ 1+D & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \qquad (11)$$

矩阵 H^T 的设计使由于接收符号信号 S_k 中的错误引起的 V_k 的错误的传播不会超过一帧。这是因为 H^T 是一个有效脉冲响应(FIR)类型的矩阵,只有一个延迟。

为了说明由图 4 中的符号位编码器 52 生成的传输码元的每个帧的每个编码码元符号位的候选者是如何被解码为相同的符号信息位,必须数学地表示编码和解码过程。被恢复的信息位 $\hat{V}_L$(解码)可被数学地表示如下:

$$\hat{V}_k=S_kH^T \qquad (12)$$

符号位 S_k(编码)可被数学地表示如下:

$$S_k=V_kH^{-T}+r_kG \qquad (13)$$

如果将等式(13)的右边的 S_k 代入等式(12),那么推出下面的等式:

$$V_k = V_kH^{-T}H^T+r_kGH^T \qquad (14)$$

选择 G, H^T 和 H^{-T} 使满足下列条件:(1)$H^TH^{-T}=I$(其中 I 是单位矩阵);(2)$GH^T=0$,那么不管 r_k 的值为多少 $\hat{V}_k=V_k$。

在上面的例子中,图 9 中的结构图 100 有一个冗余位 r_k 是和卷积码 G(D)=(1+D 1 1+D 1 1+D 1)。因为 $1^*r_k=r_k$, $D^*r_k=r_{K-1}$,所以 $r_kG(D)$ 等于 $r_k(111111)+r_{K-1}(101010)$。这里,$r_{K-1}$ 表示结构图的状态 Q_k,r_k 表示穿过结构图上的分支或路径。四个卷积码序列 A－D 可被映射到 r_{K-1}、r_k 表示如下:

A: 000000 – $r_{K-1}=0, r_k=0$

B: 111111 – $r_{K-1}=0, r_k=1$

C: 101010 – $r_{K-1}=1, r_k=0$

D: 010101 – $r_{K-1}=1, r_k=1$

其中码序列 A－D 可被认为是 $r_kG(D)$.

因为 r_k 的值不影响信息位的解码，由不同的有效码序列生成的 n 个符号位的每个集合可被用于产生相同的解码信息。从而，可以选出最小的 RFS/RDS 的 n 个符号位的集合以按要求进行频谱整形。

上行 PCM 传输

根据本发明的频谱整形方案还可用在如用于上行 PCM 传输以完成预编码的模拟 PCM 调制解调器的发射机中的均衡中。在这种情况下响应 h(D)表示传输调制解调器和市话局(CO)线卡上的模拟数字(A/D)转换器之间的信道响应，一般包括传输调制解调器的前端，模拟本地回路和 CO 线卡的滤波的影响。

用本发明的原理可以生成一个信号输出序列 X(n)(带预滤波的 Z(n))，它在 A/D 转换器输入端产生一个序列 y(D)，其信号点接近 A/D 量化电平。在这种情况下，目标是在保持 A/D 转换器输入的低构象扩大的同时，最小化传输信号 X(D)=Y(D)/h(D)的能量。在这种情形下构象扩大也是不受欢迎的因为较大的构象扩大可能导致回声诱发的量化噪音的提高和其它损害。

在本应用中，通常情况下，信号响应 h(D)由接收调制解调器或由传输和接收调制解调器共同根据在调制解调器起动时所做的信道测量确定，然后在数据传输过程中，传输调制解调器将把输入位映射为传输序列 X(D)，在穿过信道之后，它们被转换为信道输出序列 Y(D)。信道响应 h(D)一般被选为容易实现的最小相位。

图 10 中的发射机 40'是模拟 PCM 调制解调器中的发射机，它能够进行上行 PCM 传输。发射机 40'使用本发明的频谱整形方案用预编码器 140 对进入数据位流 42'进行预编码。在美国专利申请，代理

人档案编号为CX0960044P02，标题为预编码数据信号的装置和方法中详细地描述了一种PCM上行预编码称为一维预编码，它以码元为单位进行预编码，该专利申请于1997年12月29日提出，发明人为M.Vedat Eyuboglu, Pierre A. Humblet; Daeyoung Kim. 预编码器140完成多维预编码，即，它以帧为单位进行预编码。实现与一维预编码不同，但概念与一维情况类似。详细情况可参考上述未决申请。

预编码器140包括串行到并行转换器48'，幅度映射器50'，符号位编码器52'和信号点选择器54'.这些组件被设置并且其操作与图4中相同编号的组件相似或只有很少改动。例如，如下文所述，符号位编码器的操作被修改以完成预编码，而信号点选择器为每个帧输出n个与编码码元Y_k而不是带符号的码元自身对应的预编码电平。n个预编码电平X_k被提供给并行到串行转换器142，该转换器以串行形式将预编码电平输出给预滤波器144.预滤波器144滤波电平并将滤波后的电平输出给数字到模拟转换器146，该转换器然后通过模拟信道148发送预编码的模拟电平。该信道修改预编码电平X_k，并且在理想情况下在市话局(CO)150的量化器产生与带符号码元Y_k相对应的电平。换句话说，预编码器选择预编码的电平X_k，通过考虑模拟信号148的响应或更确切地说是目标信道响应h(n)，会在量化器产生与所要求的带符号码元相对应的电平。

目标信道响应h(n)等于预滤波器144的响应g(n)与模拟信道148的响应c(n)的卷积，其中n是码元时间索引并且h(0)=1。其关系可表示如下：

$$y(n)=h(0)x(n)+h(1)x(n-1)+\cdots h(N_n)\times(n-N_n) \qquad (15)$$

由于h(0)被设计为1，等式(15)可被简化如下：

$$x(n)=y(n)-\sum_{i=1}^{N_n}h(i)\times(n-i) \qquad (16)$$

给定时间的h(n)的值是已知的，过去的x(n)的值也是已知的。图8中的滤波器90计算等式(16)的求和项作为RFS并将其提供给选择控制器88. x(n)的过去值可据已知的关系由过去的码元y(n)确定；x(D)=y(D)/h(D)并存储在滤波器90中，选择控制器88'根据图10中

的流程图 120 通过选择最小化 x(n)的编码码元符号位来操作。不是发送带符号的码元 y(n)，而是发送预编码电平。

除了上述的映射操作，需要包括消除回声的模块，它分离两个方向的传输，一个定时内插滤波器保证传输的码元与网络时钟同步。这个定时内插滤波器将一般由下行接收器中使用的时钟恢复电路驱动。发射机还可包括一个线性滤波器，主要负责限制传输带宽为大约 4KHz 并提供保持总体信道响应 h(D)为最小相位必要的预滤波。

进而，在一个实用的系统中还可包括一种形式的结构编码以提高噪声免疫力，例如，可以使用上面提到的申请中的结构编码技术，该申请标题为根据从固定的基带信号点选出的基带信号结构码通信的系统，装置及方法，1996 年 11 月 14 日提出，US. Apl. Ser. No. 08/749040(代理人档案 CX096050)。该申请被整体引用至此以作参考。系统的操作基本不受结构编码的影响。

应该注意的是本发明可用软件和/或固件来实施，它可以被存储在计算机可用的媒体上，如计算机磁盘或存储芯片上。本发明还可采用以载波实现的计算机数据信号的形式，如当本发明以例如通过互联网来电子地传输的软件/固件来实施。

本发明还可以其它不背离其精神和基本特征的特定形式来实施。上述的实施例被从各方面考虑都只是为了说明而并不仅限于此。因此，本发明的范围是由所附的权利要求书而不是由上述描述指定。所有权利要求的意义之内的和权利要求书同等范围内的变化都被包含在其范围内。

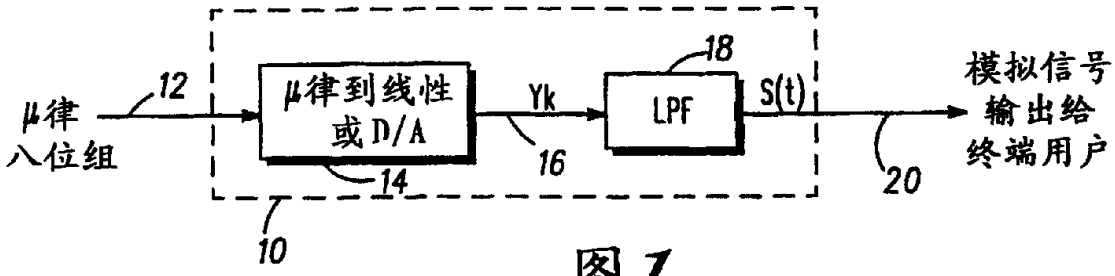

μ律
八位组
12
μ律到线性
或D/A
14
Yk
16
18
LPF
S(t)
20
模拟信号
输出给
终端用户
10

图1

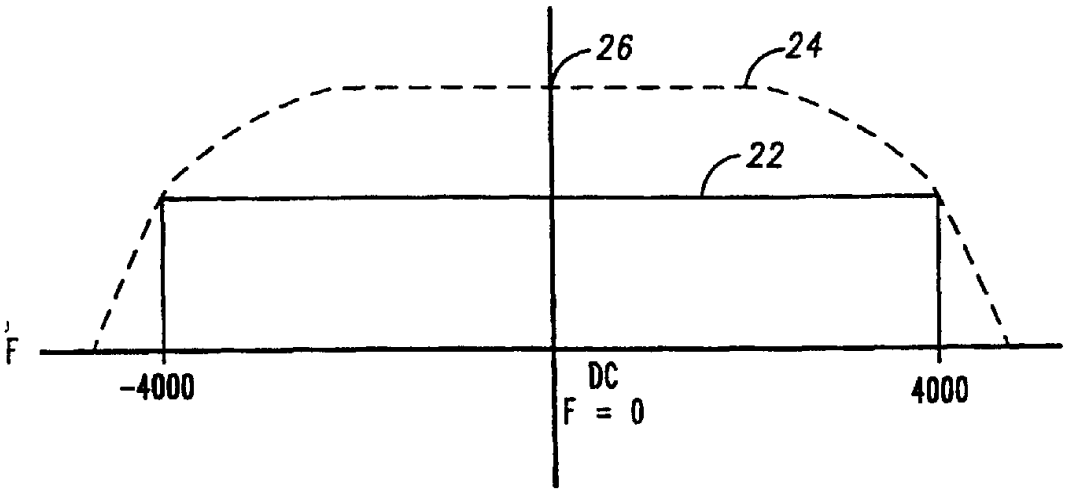

26
24
22
F
-4000
DC
F = 0
4000

图2

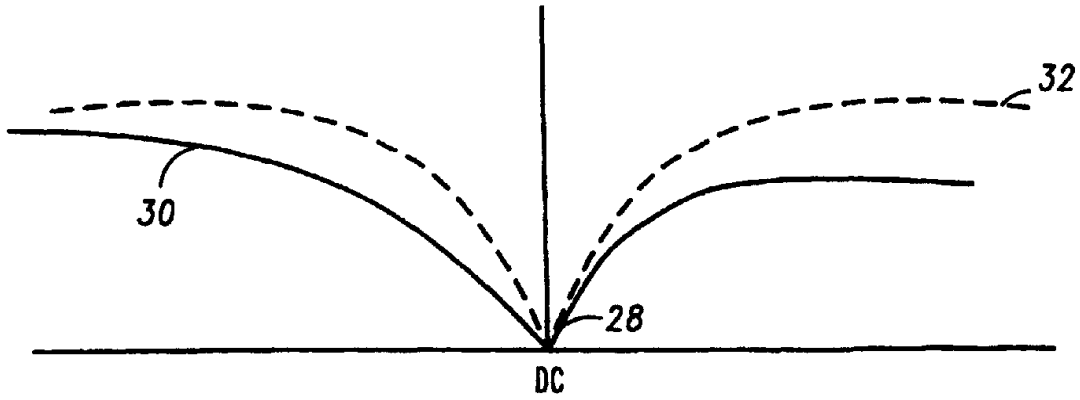

32
30
28
DC

图3

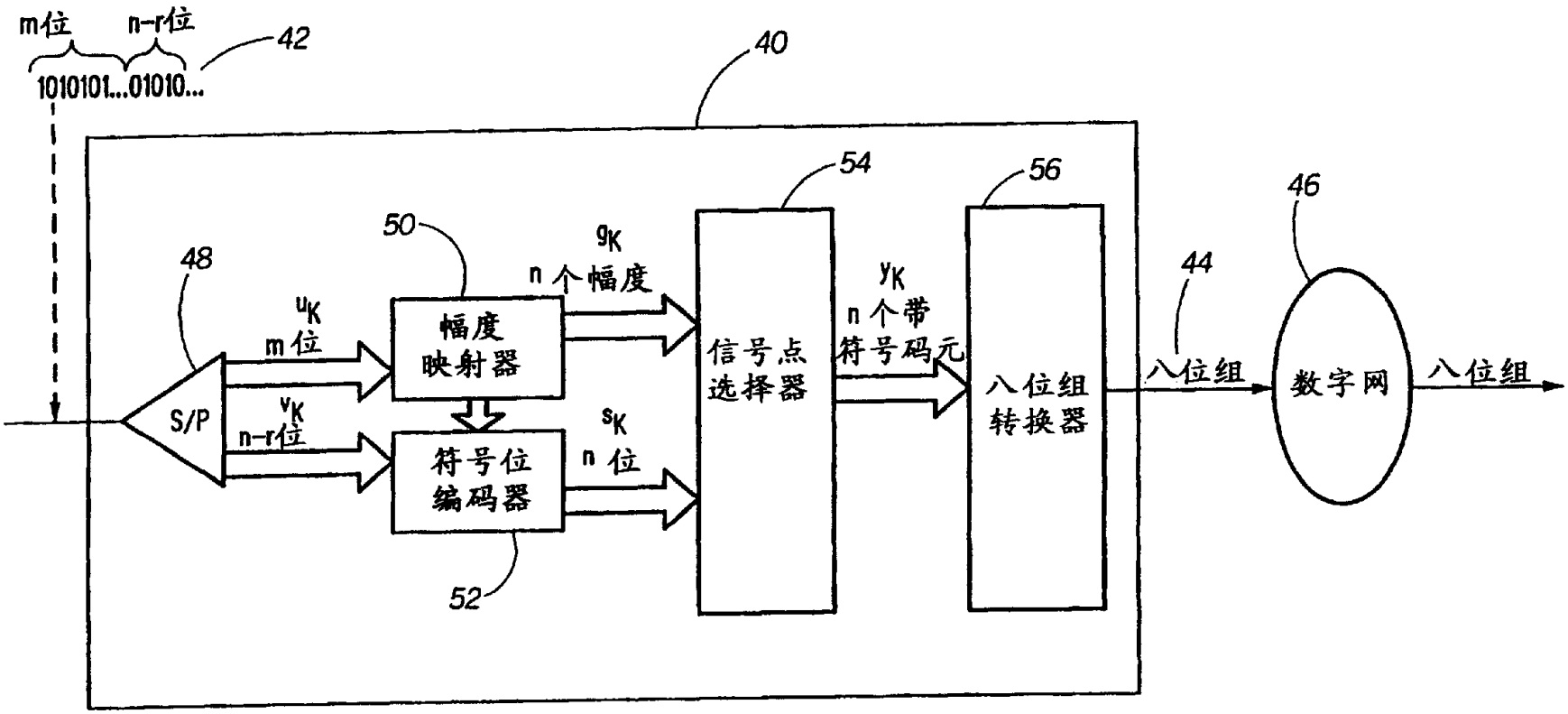

m位
n-r位
42
1010101...01010...
40
48
50
54
56
46
44
u_K
m位
幅度
映射器
g_K
n 个幅度
信号点
选择器
y_K
n 个带
符号码元
八位组
转换器
八位组
数字网
八位组
S/P
v_K
n-r位
符号位
编码器
s_K
n 位
52

图4

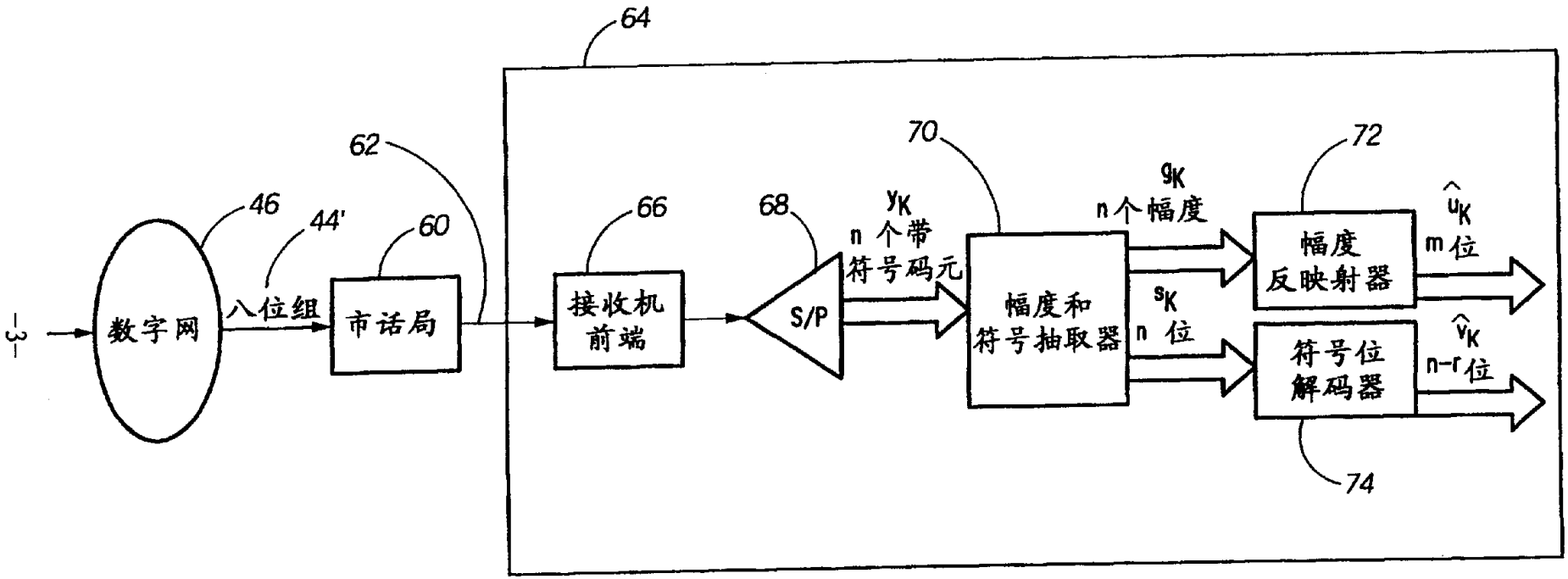

64
62
46
44'
60
66
68
70
72
数字网
八位组
市话局
接收机
前端
S/P
y_K
n 个带
符号码元
幅度和
符号抽取器
g_K
n个幅度
s_K
n 位
幅度
反映射器
$\hat{u}_K$
m位
符号位
解码器
$\hat{v}_K$
n-r位
74

图5

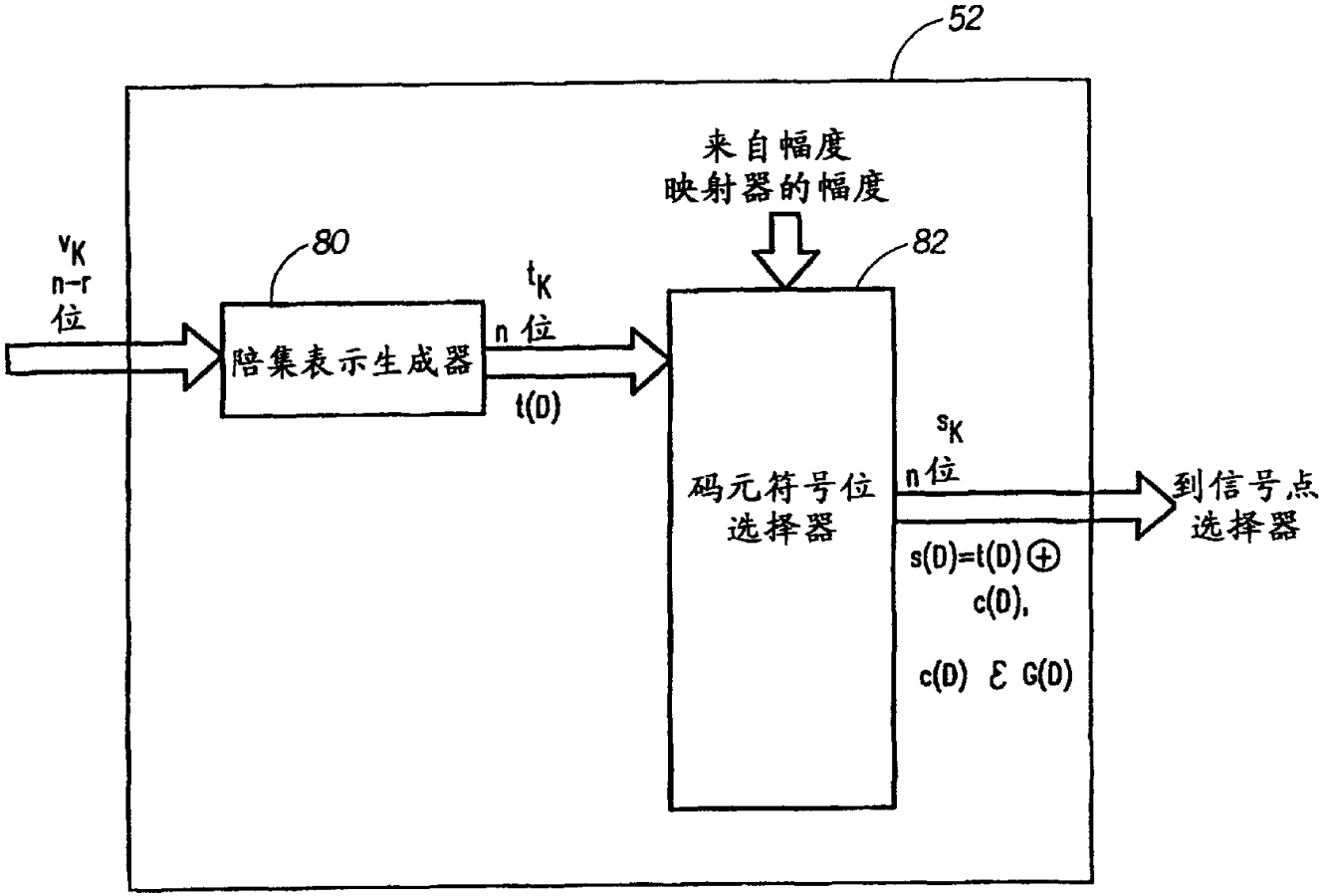

52
来自幅度
映射器的幅度
v_K
n-r
位
80
陪集表示生成器
t_K
n 位
t(D)
82
码元符号位
选择器
s_K
n位
s(D)=t(D)⊕
c(D),
c(D) ε G(D)
到信号点
选择器

图6

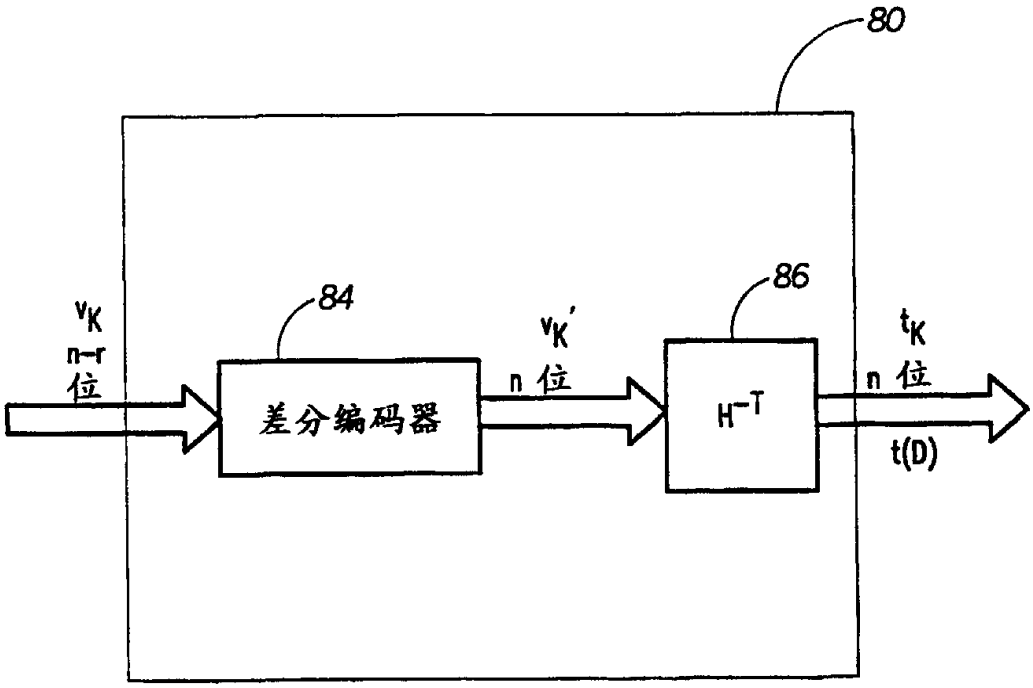


图7

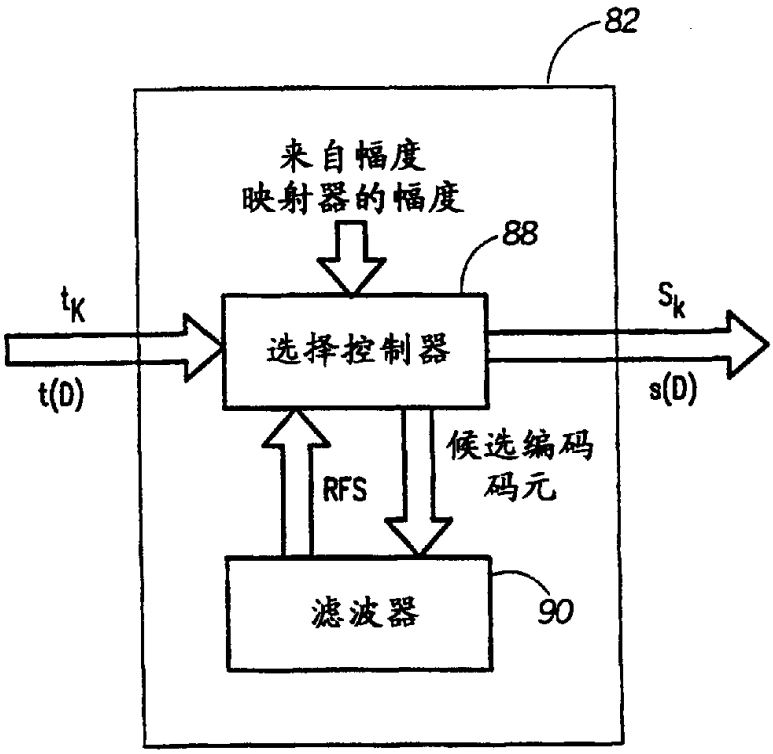
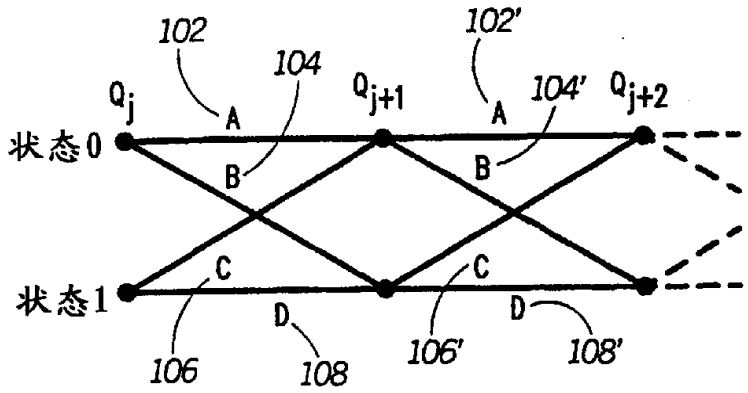


图8



100

图9

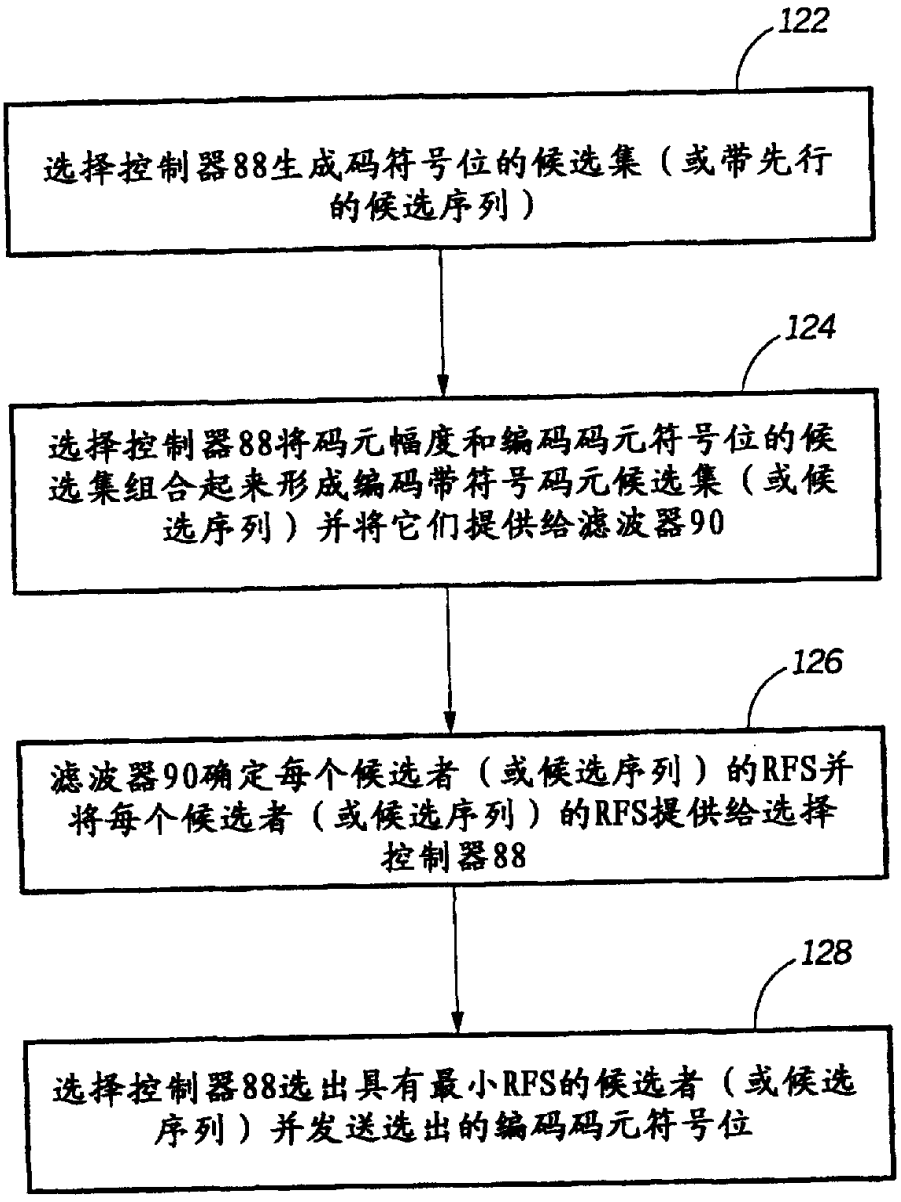

122
选择控制器88生成码符号位的候选集（或带先行的候选序列）
124
选择控制器88将码元幅度和编码码元符号位的候选集组合起来形成编码带符号码元候选集（或候选序列）并将它们提供给滤波器90
126
滤波器90确定每个候选者（或候选序列）的RFS并将每个候选者（或候选序列）的RFS提供给选择控制器88
128
选择控制器88选出具有最小RFS的候选者（或候选序列）并发送选出的编码码元符号位
120

图 10

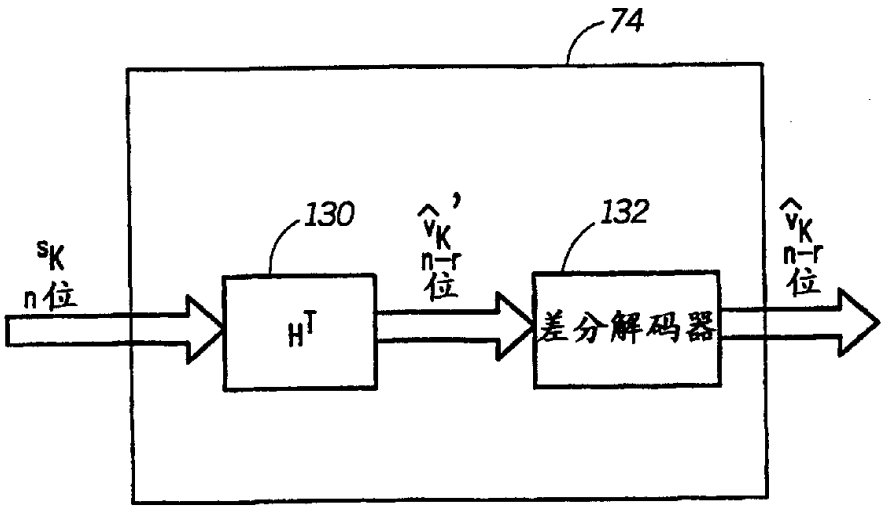


图11

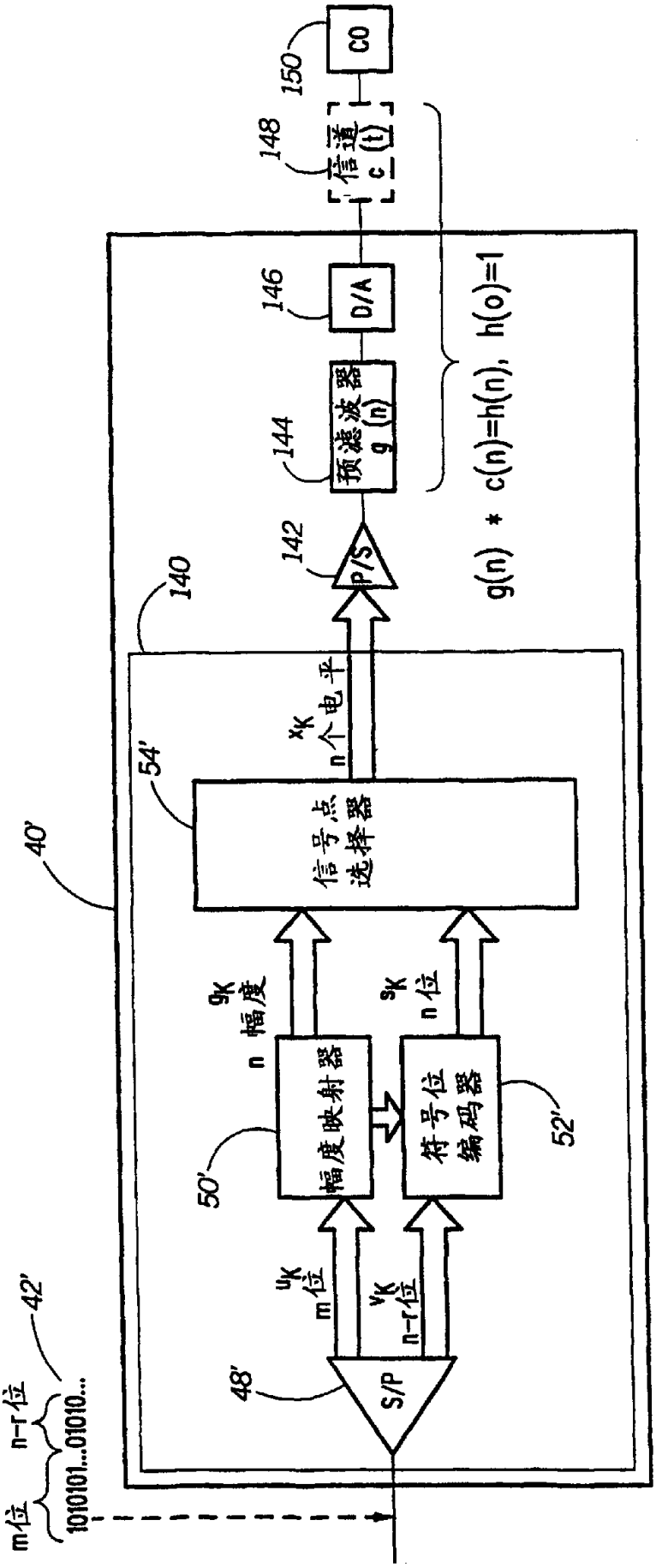

m位
n-r位
1010101...01010...
42'
48'
S/P
u_K m位
v_K n-r位
50'
幅度映射器
52'
符号位编码器
g_K n 幅度
s_K n 位
40'
54'
信号点选择器
x_K n个电平
140
142
P/S
144
预滤波器 g(n)
146
D/A
148
信道 c(t)
150
CO
g(n) * c(n)=h(n), h(o)=1

图12