[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl[7]
H04L 27/22
H04L 27/38

[12]发明专利说明书

[21] ZL 专利号 94191318.X

[45]授权公告日 2002 年 7 月 10 日

[11]授权公告号 CN 1087543C

[22]申请日 1994.12.1
[21]申请号 94191318.X
[30]优先权
[32]1993.12.3 [33]EP [31]93203393.9
[86]国际申请 PCT/IB94/00378 1994.12.1
[87]国际公布 WO95/16314 英 1995.6.15
[85]进入国家阶段日期 1995.8.28
[73]专利权人 皇家菲利浦电子有限公司
地址 荷兰艾恩德霍芬
[72]发明人 P·G·M·迪波特
[56]参考文献

US 5105442A	1992. 4.14	H04L27/22
US 5267021A	1993.11.30	H04L27/22

审查员 汪 涛

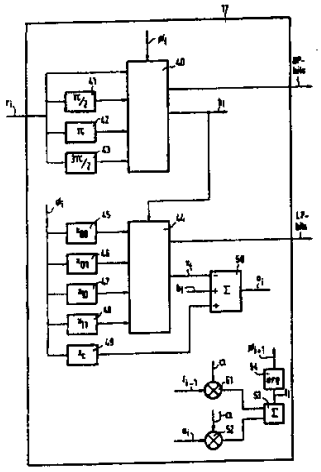
[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 张志醒 萧掬昌

权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图页数 3 页

[54]发明名称 数字通信系统及系统中使用的接收机

[57]摘要

数字通信系统(1)中有许多已知的恢复 QPSK 调制信号相位的 方法。本发明提出了将这种方法推广到多分辨率 QAM 信号上，QAM 信号可用转动时不变的信号群集表示。为达到此目的，用每次 收到的符号(ri)来确定高优先位(HP 位元)的相位基准(φi)，并根据 此相位基准(φi)构成低优先位(LP 位元)的子群集(CLx)，该子群集 转动时是不变的。将子群集(CLx)移位到信号群集的原点(O)之后，通过确定已转动和移位所收到的符号(bi)相对于已转动和移位的子 群集的最小欧几里德距离(Ed)平方值来确定低优先位(LP 位元)。这样就提供了检测 2R(2,2) - QAM 信号群集的简单检测方法。这 种方法是适用的，并可以递推法应用到像 64 - QAM 信号群集那样 更复杂的信号群集上。



ISSN1008-4274

权 利 要 求 书

1.一种数字通信系统(1),包括一个发送机(2)、一个传输信道(4)和一个接收机(3)，发送机(2)用以发送表示调制在至少一个载波上的符号(s_i)的数字信息，所述符号可以信号群集中的符号矢量表示，而该信号群集在预定旋转角中转动时是不变的，接收机(3)用以接收通过信道传输的符号，该接收机有一个解调器(17),可将收到的符号(r_i)解调成接收信息(HP 位元，LP 位元)，该解调器(17)用到信道(4)的信道状态的估计值，其特征在于，所述信号群集分隔成成簇(CL)的群集点，这些成簇的群集点在至少转过预定转角一次时重合，各簇表示信息中的第一位元组(HP 位元)，簇内的群集点则表示信息中的至少一个第二位元组(LP 位元)；以及，所述解调器安排成通过以下方式解调第一位元组(HP 位元)，即，使含有所收到符号(r_i)的一簇按预定的转角转动整数次,从而使所收到的符号(r_i)的处在含信道状态估计值(ϕ_i)的信号群集的一部分中，并根据转动情况确定第一位元组(HP 位元)；解调第二位元组(LP 位元)则通过以下方式，即将转动过的簇(CLx)移到(TR)信号群集的原点(O)，并根据移位后的簇确定第二位元组(LP 位元)，而以每次收到的符号(r_i)更新估计值。

2.根据权利要求 1 所述的通信系统(1)，其特征在于，所述簇内的群集点表示第二位元组内的第三位元组，第二位元组表示簇内转动时不变的另一个簇，其中第三位元组按第二位元组同样的方式解调。

3.根据权利要求 1 或 2 所述的数字通信系统(1)，其特征在于，所述解调器安排成使一相位基准信号(f_i)根据所收到的经旋转的符号(b_i)而以递推法确定，已转动簇的中心(x_c)则通过将相位基准

信号(f_i)除以所收到符号的数目(i)估计，经转动的簇通过将目前收到的已转动的符号(b_i)与具有估计中心(x_c)的簇群集点进行矢量相减而移位。

4.根据权利要求 3 所述的数字通信系统(1),其特征在于，所述解调器安排成使所述第二位元组(LP 位元)根据经转动和移位的簇、通过确定已转动和移位所收到的符号与已转动和移位的簇的各群集点之间的最小欧几里德距离(Ed)平方值而确定。

5.根据权利要求 4 所述的数字通信系统(1)，其特征在于，所述解调器安排成使所述相位基准信号(f_i)在每次收到符号(r_i)时通过从该符号中减去对应于已确定的第二位元组的矢量(a_i)而进行更新。

6.根据权利要求 3、4 或 5 所述的数字通信系统(1)，其特征在于，所述解调器安排成在确定第二位元组之后，根据相位基准信号(f_i)的幅角确定信号群集的基准相位(ϕ_{i+1})。

7.根据权利要求 1 至 6 中任一权利要求所述的数字通信系统(1),其特征在于，所述信号群集为多分辨率群集(2R(2,2)-QAM)。

8.根据权利要求 1 至 7 中任一权利要求所述的数字通信系统(1),其特征在于，所述第一位元组(HP 位元)是经过差分编码的。

9.根据权利要求 1 至 7 中任一权利要求所述的数字通信系统(1)，其特征在于，所述第一位元组(HP 位元)是经过非差分编码的，所传输的符号(s_i)包含至少一个基准符号，该基准符号是接收机中已知的。

10.一种接收机(3),用以接收表示调制在至少一个载波上的符号(s_i)的数字信息，所述符号(s_i)可以信号群集中的符号矢量表示，而该信号群集在预定旋转角中转动时是不变的，所述接收机(3)有一个解调器(17)可将收到的符号(r_i)解调成接收信息(HP 位元，LP

位元)，该解调器(17)用到对符号传输所经过的信道的信道状态的估计值，其特征在于，所述信号群集分隔成成簇的群集点，这些成簇的群集点在转过所述预定转角的一整数倍至少一次时重合，各簇表示信息中的第一位元组(HP 位元)，簇内的群集点则表示信息中的至少一个第二位元组(LP 位元)；以及，所述解调器安排成通过以下方式解调第一位元组(HP 位元)，即，使含有所收到符号(r_i)的一簇按预定的转角转动，从而使所收到的符号(r_i)处在含信道状态估计值(ϕ_i)的信号群集的一部分中，并根据转动情况确定第一位元组(HP 位)；解调第二位元组(LP 位元)则通过以下方式，即将转动过的簇移到(TR)信号群集的原点(O)，并根据移位后的簇确定第二位元组(LP 位元),而以每次收到的符号(r_i)更新估计值(ϕ_{i+1})。

说　　明　　书

数字通信系统及系统中使用的接收机

本发明涉及一种数字通信系统，该系统包括一个发送机、一个传输信道和一个接收机。发送机用以发送表示调制在至少一个载波上的符号的数字信息，这些符号可以信号群集中的符号矢量表示，而该信号群集在一预定旋转角中转动时是不变的。接收机用以接收通过信道传输的符号。该接收机有一个解调器，可将收到的符号解调成接收信息，该解调器用到对信道的信道状态的估计值。这种系统可以是一种将数字信号播送到数字电视接收机的数字电视广播系统，也可以是任何其它的数字通信系统。

本发明还涉及这种系统中所使用的接收机。

从国际专利申请 WO 92/05646 中可了解到这种系统的情况。在这种系统中，OFDM (正交频分多路复用) 信号由发送机经传输信道传送给接收机。在这种多载波系统的每一载波上，待传输的符号是经过 QPSK (90°相移键控) 调制的。OFDM 信号是通过给离散付里叶逆变换器提供 QPSK符号流获得的。QPSK 信号可视为表示载波上符号的两位二进制信息。这些符号可以信号群集中的符号矢量表示，该信号群集在一预定角度内转动时是不变的。在所举的实例中，信号组态由四个群集点组成，表示出两位二进制信息“00”、“01”、“11”和“10”。编码为差分编码时，从初始符号状态开始，各信息被编码成前后两符号间的相位差。以后在接收机中就无须知道确切的相位，而是从第一检测出的符号开始，从各符号的相对相位检测出以后的各符号。所发送的符号都受到杂波的干扰并在信道上有所畸变，因此，收到的符号都是些经过调幅和相移调制的QPSK 信号。在复平面中，收

到的符号散布在四点信号群集的四个点周围，或者换句话说，当收到的符号很多时，这些收到的符号可描制成在复平面上的接收符号矢量端点组成的四个云斑。在适当解调之前，必须找出两个对称于信号云斑中心的假想垂直轴线的位置。为此，对于已知的接收机，公开了一种恢复所收到的 OFDM 信号的每一副载波相位的个别方法。这种方法是在解调时估计信道随时间而变化的状态。更具体说，是反复估计信道的相移，即利用每一个收到的符号去更新假想轴线相对于符号云斑的位置。开始，设定一相位基准信号等于收到的第一信号、设定一基准相位等于该相位基准信号的幅角，以及假想轴线与信号矢量成 45 度和 135 度角，然后，将下一个收到的符号转 90 度的倍数，从而使其处在基准相位两侧 45 度的扇形区内。就是说，确定符号时要确定最小欧几里德距离的平方值。根据 90 度转动的次数，可以检测出所传输的二进制信息。相位基准信号是用收到的旋转矢量，因而也就是用基准相位来更新的。在多数实用情况下，这种方法被视为是最大似然法 (Maximum Likelihood)。此外，数字通信系统中也转输可用其它信号群集表示的符号。例如，数字视频广播可采用叫做 2R (2, 2) －QAM 的群集。这类群集是双分辨率结构的，即表示这样一些符号的群集：其供对自身进行编码的二位元的第一组表示信号群集各个象限中的群集点，其供对自身进行编码的二位元的第二组表示象限内的群集点。第一位元组叫做高优先位，第二位元组叫做低优先位。当表示视频信号的符号用这种 2R (2, 2) －QAM 信号群集传送时，在接收机侧，取决于信噪比，只要检测高优先位就可以在低分辨率下检测视频信号，也可检测低优先位而在高分辨率下检测视频信号。2R (2, 2) －QAM群集对于成群的群集点在 90 度倍数的各个象限中转动而转动时是不变的。从这个意义上讲，其它信号群集，无论是否具有多重分辨能力，转动时也是不变的，例如一个 64－QAM 群集就是。这种信号群集在 kluwer科学出版社 1990 年出版的

E. A. Lee 等人编写的“数字通信”手册第 6.5 章“信号组设计”第 198－206 页中作了介绍。该书还介绍了发送和接收来自这类群集的符号用的发送机和接收机。

本发明的目的是提供一种容易检测所收到的、可用转动时不变的信号群集表示的符号的数字通信系统。

为达到此目的，本发明的数字通信系统具有如下的特征：信号群集分离成成簇的群集点，这些成簇的群集点在至少转过预定转角一次时重合，各簇表示信息中的第一位元组，簇内的群集点则表示信息中的至少一个第二位元组；以及调解第一位元组是通过以下方式完成的，即，使含有所收到符号的一簇按预定的转角转动整数次，从而使所收到的符号处在含信道状态估计值的信号群集的一部分中，并根据转动情况确定第一位元组；解调第二位元组则通过以下方式，即，将转动过的簇移到信号群集的原点，并根据移位后的簇确定第二位元组，而以每次收到的符号更新估计值。通过将含有所收到符号的簇转到含信道状态估计值的该部分，和通过以每次收到的符号更新信道状态估计值，就可得到关于第一位元组的信息。信道状态估计值可以按国际专利 WO 92/05646 中公开的方法确定，或者对于一个 360 度/M 转动时不变的群集来说，令收到的信号循环 M 次幂 (这是公知的作法) 来确定，其中 M 是大于 2的正整数。通过将已旋转的簇移到信号组态的原点，可以得到关于第二位元组的信息。移位到原点之后，可以用国际专利 WO 92/05646 中公开的方法获取关于第二位元组的信息。利用这样恢复的符号的幅值和相位信息，可以精细调整信道状态的估计值。于是，得到了极其简单的检测机理。

本发明是根据这样的见解提出的，即检测出第二位元组，就可以在某簇移到信号群集的原点时保存信道状态估计值中的相位信息。

在本发明数字通信系统的一个实施例中，簇内的群集点表示第二位元组内的第三位元组，第二位元组表示簇内转动时不变的另一

个簇，其中第三位元组按第二位元组同样的方式解调。通过分两步将第三位元组移到信号群集的原点，即先转移转动时不变的簇，再转移簇中的另一个簇，可以象应用到第一位元组和第二位元组那样应用同样简单的符号还原法。簇内的各簇在移到原点之后都是转动时不变的。同样的检测机理还可用到更复杂的信号组态上。这时可以使群集的分辨能力超过两级分辨率。接收机可以根据信噪比而决定检测符号时要达到怎样的分辨率。例如，当观察到接收机中在某特定分辨率时有太高的 BER (误码率) 时，接收机只能以较低的分辨率来检测各符号。

在本发明数字通信系统的一个实施例中，相位基准信号是根据所收到的经旋转的符号而以递推法确定的，已转动簇的中心则是通过将相位基准信号除以所收到符号的数目估计的，经转动的簇是通过将目前收到的已转动的符号与连带估计中心的簇群集点进行矢量相减而移位的。这样就达到了以每次收到的矢量更新位移矢量的目的，从而使每一次收到的符号可准确移位。

在本发明数字能信系统的另一个实施例中，第二位元组是根据经转动和移位的簇、通过确定已转动和移位所收到的符号与已转动和移位的簇的各群集点之间的最小欧几里德距离平方值而确定的。这样就得出了检测第二位元组的简单判定准则。对于一个 (2，2) －QAM 系统，即群集点为 16 个的信号群集，最小欧几里德距离是通过确定已转动和移位的符号是否处在与已确定的基准相位成 45 度角的两条假想轴之间的扇形区求出的。

在本发明数字通信系统的另一个实施例中，相位基准信号是在每次收到符号时通过从该符号中减去对应于已确定的第二位元组的矢量而进行更新的。这样，信道状态的估计值都用所收到符号的相位和幅值信息更新。经此相位和幅值的精细恢复过程，就得出了精确的基准相位。

其它一些实施例在各从属权利要求中作了阐述。当第一位元组是经过非差分编码时，初始解码值是根据所收到的既定基准符号求出的。对第一位元组进行差分编码时，第一次收到的符号（不一定是既定的）就作为供检测以后各符号的基准符号。

以下参考附图举例说明本发明的内容，附图中：

图 1示出了本发明的数字通信系统；

图 2示出了 2R (2, 2) －QAM 信号群集；

图 3示出了在本发明系统的接收机中检测所收到符号的过程；

图 4示出了本发明解调器的一个实施例。

所有附图中都用同一编号表示同样的元件。

图 1示出了本发明的数字通信系统 1，该系统的发送机 2将表示复数符号 s_i的数字信息经传输信道 4发送接收机 3。数字信息可以是二进制信息，但也可以是其它逻辑信息，例如三进制和四进制逻辑信息。符号 s_i都调制到一载波上。经调制的符号是经正交调制的 2R (2, 2) －QAM 信号，即取复数值字母的符号都表示成信号群集中的符号矢量。为在信号群集中可进行两级分辨率的检测，各群集点取不均匀的间距。在信号群集四个象限的每一象限中，四个群集点靠得较近一些，而如此形成的群集点簇则彼此分开较远。有关信号群集更详细的说明可参看所述 Lee 等人的手册的第 6. 5 章。在一个实施例中，对首先用编码器 5编过码的源位流 B_k进行调制，两位元的第一组 [或叫做 HP (高优先) 位元] 是经差分编码的，而第二位元组 [或叫做 LP (低优先) 位元] 是经非差分编码的。从图 2中可以看到，各象限中的 HP 位元为“00”、“01”、“11”和“10”，位元“00”处在第一象限，LP 位元“00”、“01”、“11”和“10”则相对于四个象限来说是转动时不变的。在该信号群集中，表示出了簇距 d_b和一簇 CL 内的各群集点之间的间距 d_g。编码器 5给相应的传输滤波器 6和 7提供两个符号序列 Re $\{s_i\}$

和 Im $\{s_i\}$，两滤波器的输出馈给倍增器 8和 9，两倍增器分别用正交载波 $\cos(\omega_c t)$ 和 $\sin(\omega_c t)$ 倍增滤波器 6和 7的输出信号，其中 ωc 为载频，t 为时间。这类发送机 2 是公知技术。这方面可参看上述 Lee 的手册第 167～172 页。这些符号也可作为所谓 OFDM (正交频分多路复用) 的信号调制在多重载波上，如上述专利申请 WO 92/05646 中所述。然后编码器 5的输出经过 N 点离散付里叶逆变换之后，调制到一载波上，其中 N 是一整数。在接收机侧，本发明应用到 OFDM 信号的各副载波上。经调相的载波和正交信号在加法器 10 中混合，再经传输信道 4传送到接收机 3。接收机 3收到的信号是受信道影响而畸变了的信号，就是说，所收到的信号是经过调相和调幅并受到杂波干扰的传输信号。假设杂波是 AWGN (加性高斯白噪声)。在接收机 3中，收到的信号先用相应的倍增器 11 和 12 再由相应的接收滤波器 13 和 14 从载波上解调。在接收滤波器 13 和 14 的输出端，从载波上解调的复信号 r_i 以信号的实数部分 Re $\{r_i\}$ 和信号的虚数部分 Im $\{r_i\}$ 的形式表现。这样，信 r_i 就可在信号群集中以信号矢量表示。这类接收机前端是众所周知的，至于这类接收机更详细的资料，可以参看 Lee 等人的上述手册第 184～186页。信号部分 Re $\{r_i\}$ 和 Im $\{r_i\}$ 由各自的模/数转换器 15 和 16 抽样，两模/数转换器的数字输出信号加到带有一个信号处理器 18 的解调器 17 上。实际的解调过程由信号处理器 18 执行，该信号处理器编程得使其执行本发明的作用，并包含一个非易失性存储器，用以存储完成本发明作用的程序，还包含一个易失性存储器，用以存储各程序的变量。在数字信号处理器 18的输出端，有 HP 位元和 LP 位元组成的位流。

图 3示出了在本发明的系统 1中用数字信号处理器 18 检测接收机 3中收到的符号 r_i 的过程，符号 r_i 来源于可表示在图 2 的 2R (2, 2) －QAM 信号群集中的传输符号 s_i。为检测 HP 位元，可以用 WO 92/

05646 中公开的方法或用 360 度/M 转动时不变的群集 M 次幂循环的周知方法估计信道的状态，其中 M 为大于 2的正整数。当例如用 4 次幂循环时，为 $\pi/2$ 倍数的相位模糊性是这样消除的：先将收到的符号的幅角乘以 4，再将得出的结果用 4除，然后从相乘后的幅角中消除一个模 2π 相位。检测 HP 位时，把各簇信号群集点看成单个的群集点。然后再把 2R (2, 2) －QAM 群集看成 QPSK 群集，相当于 4 点信号群集。在时刻 i，收到的是 4位经编码的复数符号 r_i、2HP 位元和 2LP 位元，符号 r_i对应于第 i 个传输符号 s_i。解调符号 r_i之后，确定一个更新基准相位 ϕ_{i+1}，这是循环测定的相位基准信号 f_i的一幅角。从第一次收到的符号 r_1开始，(假如对 HP 位元进行非差分编码，r_1是预先已知的一个基准符号)，于是初始值 $f_1 = r_1$，$\phi_2 = \arg r_1$，arg 代表幅角。然后，对第二个收到的符号 r_2，以及接着收到的符号，使含所收到符号 r_i的簇转动 $k_i \cdot \pi/2$，其中 k_i含有关于 HP 位元的信息，从而使转动矢量 b_i处在相对于 ϕ_i的 45 度扇形区内。在给定的 2R (2, 2) －QAM 组态中，k_i是 {0, 1, 2, 3} 集中的一个元。假如对 HP 位元进行差分编码时，HP位元是按所收到符号 r_i和 $r_i - 1$ 的相位差 $\triangle\phi$ 进行编码的，在所举的实例中，相位差 0 相应于“00”位，相位差 $\pi/2$ 相应于“01”位，相位差 π 相应于“11”位，相位差 $3\pi/2$ 则相应于“10”位，相位差 $\triangle\phi$ 为 $\{(2\pi - k_i \cdot \pi/2) - (2\pi - k_{i-1} \cdot \pi/2)$ 模 $2\pi\}$。在非差分编码情况下，已知的基准符号 (例如 r_1) 确定信号群集中的绝对解码基准，例如，基准符号“00”对应于 $k_1 = 0$，由此确定对其它三个群集点的解码过程。在所给的 $\pi/2$ 对应于 $k_i = 1$ 的实例中，经如此转动的簇和已转动的收到的符号 b_i含有关于两个LP 位元的信息。按照本发明，根据基准相位估计值 ϕ_i建立一个中心点为x_c的四点簇或群

集 CLx, 它符合下列关系式:

x_{00} = $\{(d_b + 2d_g)/\sqrt{2}\} \angle\phi$, $\angle$ 为复平面上的角;

x_{01} = $\{((d_b + (1+j)d_g)/\sqrt{2}\} \angle\phi$, $j=\sqrt{-1}$,

x_{10} = $\{((d_b + (1-j)d_g)/\sqrt{2}\} \angle\phi$,

x_{11} = $\{d_b/\sqrt{2}\} \angle\phi$, 且

x_c = $\{d_b/\sqrt{2}\} \angle\phi$.

按照本发明, 簇 CLx 和收到的转动过的信号 b_i 移位到复平面的原点 0, 如TR 所示。位移 TR 是借助于矢量减法进行的, 即通过确定 $b'_i = b_i - x_c$ 进行的。接着, 对 LP 位元解调时, 将 WO 92/05646 中公开的检测 HP 的位元的方法应用到经转动和移位的含有 LP 位元的簇中, 即在 $b''_i = b'_i \angle k'_i \cdot \pi/2$ 时, k'_i 确定得使最有可能传输的符号 x_t 与 b_i 的欧几里德距离平方值最小。$k'_i = 0$ 时, 检测 LP 位元"00"; "k'_i" = 1 时, 检测 LP 位元"10"; $k_i = 2$ 时, 检测 LP 位元"11"; $k' = 3$ 时, 检测 LP 位元 "01"。采用 x_t 时, 将簇 b_i 属于 x_t 的估计中心 a_i 定为 $a_i = b_i + (x_c - x_t)$。接着以递推关系式 $f_i = f_{i-1} + a_i$ 更新相位基准信号。基准相位 ϕ_i 更新为 $\phi_{i+1} = \arg f_i$。除只对 QPSK 信号或对所假设的 QPSK 信号进行解调时采用 b_i 之外, 采用 a_i 还可以使 ϕ_{i+1} 的估计值更精确。

在发出 QAM 信号的情况下, 还要估计所收到信号 r_i 的平均幅值。接着, 根据相位基准信号 f_i 将簇 CLx 的中心 x_c 估计为 f_i/i。确定 f_i 和估计 x_c, 可配合处理 ϕ 的短时间变化, 方法是在 $f_1 = (1-\alpha) \cdot r_1$ 的情况下对于 $i > 1$ 交替测定 $f_i = \alpha \cdot f_{i-1} + (1-\alpha) \cdot a_i$, 其中簇 CLx 的中心 x_c 被估计为 $f_i/(1-\alpha^i)$, α 在 (0, 1) 的区间内。$\alpha = 0$ 时, 进行非相干接收, α 趋近 1时, 进行相干接收。若相位恢复因信道性能 (例如多径衰落和频率不稳定性) 或因频率在接收机 3 中的不正确调节

而受到干扰，则上述那种配合还是必要的。这时，ϕ 是随时间而变化的函数，但在传送符号 s_i 的过程中 ϕ 是不变的。参数 α 确定了 ϕ 的配合速度。随着 α 的减小，配合速度增加，但这时 BER（误码率）也增加。上述配合还有这样的好处，即在计算过程中避免 f_i 寄存器溢出。相位基准信号 f_i 并不一定须要以递推法测定，还可以根据公式 $f_i = \sum b_j$ 从早前确定的 b_i 或 a_i 值的个数 n 确定。式中 $\sum$ 是求和符号，求和是从 $j = i - n + 1$ 至 $j = i$ 进行的，j 和 i 为整数。这时，ϕ_i 也等于 $\arg f_i$，例如 $n = 10$。早先的值都存入一个移位寄存器（图中未示出）中，旧值在每次用新值时使其移出。本发明可以递推法应用到簇内的各簇上，也就是应用到各簇本身形成转动时不变的信号群集的信号群集上。虽然本发明最好用在各分辨率在信噪比方面明显不同的多分辨率信号群集中，但本发明也可应用于单分辨率系统中。2级分辨率可应用在例如数字视频广播中。对于便携式接收机，只能检测出 HP 位元，而对于固定式接收机还能检测出 LP 位元，即这时设置有正常视频工作方式和增强式视频工作方式。

图 4是本发明供解调 2R (2, 2) －QAM 信号群集用的解调器 17 的一个实施例，解调是用信号处理器 18 进行的。在计算部件 40 中，测出的信号 b_i 处在相对于 ϕ_i 的 45 度扇形区内，根据如此测出的 k_i 可以确定 HP 位元。为确定 k_i，设置了旋转部件 41、42 和 43，用于将所收到的信号 r_i 分别旋转 $\pi/2$、π 和 $3\pi/2$。在计算部件 44 中，确定 LP 位元以及最可能传输出去的符号 x_t。用于 LP 位元和 x_t 的计算部件 44 的输入端是按上述公式计算出的 x_{00}、x_{01}、x_{10}、和 x_{11} 的各计算部件 45、46、47 和 48。在求和部分 50 上加有 x_t、b_i 和计算 x_c 的计算部件 49 的输出，在其中确定出变量 a_i。为配合计算 f_i 和从而计算 ϕ_{i+1}，设置了倍增部件 51 和 52、求和部件 53 和确定 f_i 幅角的部件 54。若要估计

x_c，还要设置计算 f_i/i 的除法部件，或者若要有配合性，就要设置计算 $f_i/(1-\alpha^i)$ 的除法部件代替计算部件 49。

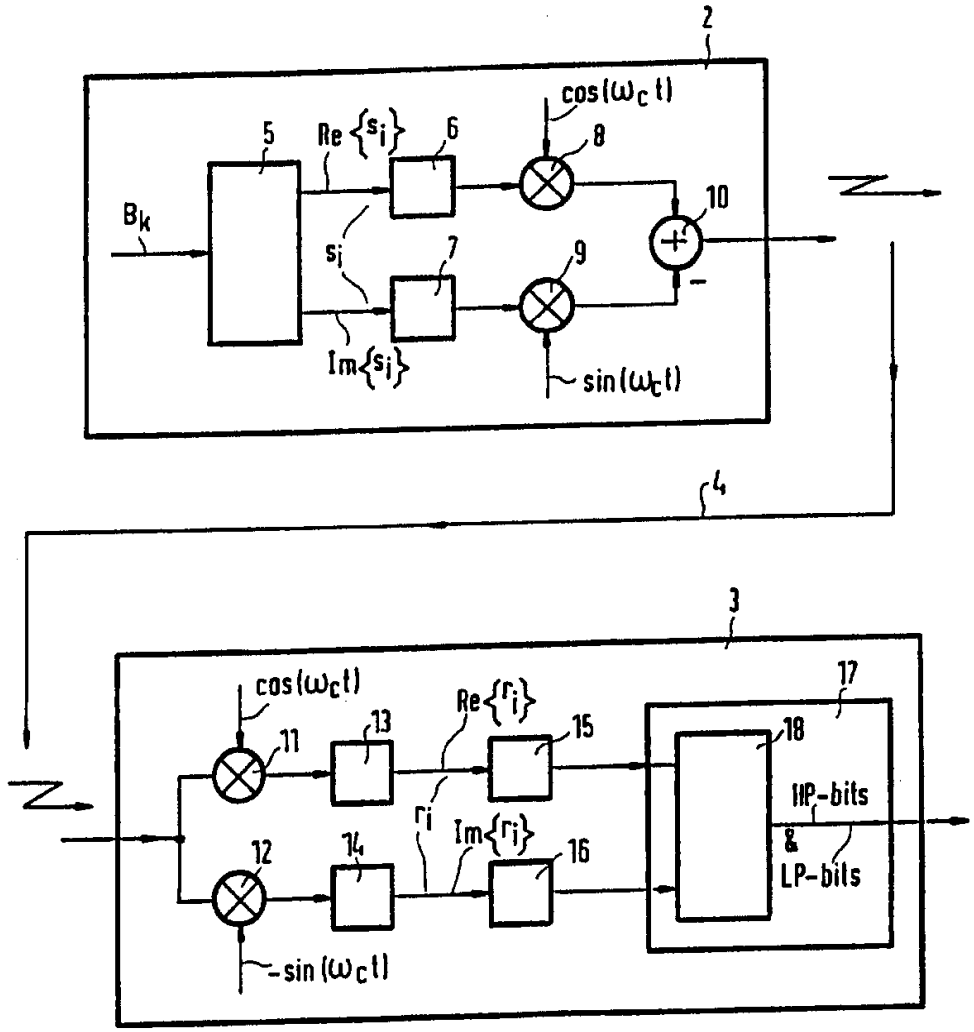

2
cos(ωc t)
5
Re{si}
6
8
Bk
10
si
7
9
Im{si}
sin(ωc t)
4
3
cos(ωc t)
17
Re{ri}
11
13
15
18
HP-bits
ri
Im{ri}
12
14
16
&
LP-bits
-sin(ωc t)
1

图 1

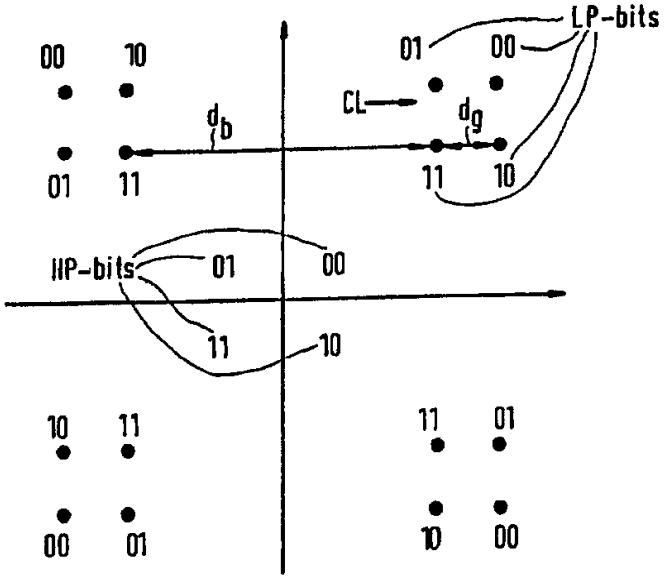

LP-bits
00
10
01
11
d_b
CL
d_g
HP-bits
01
00
11
10
10
11
00
01
11
01
10
00

图 2

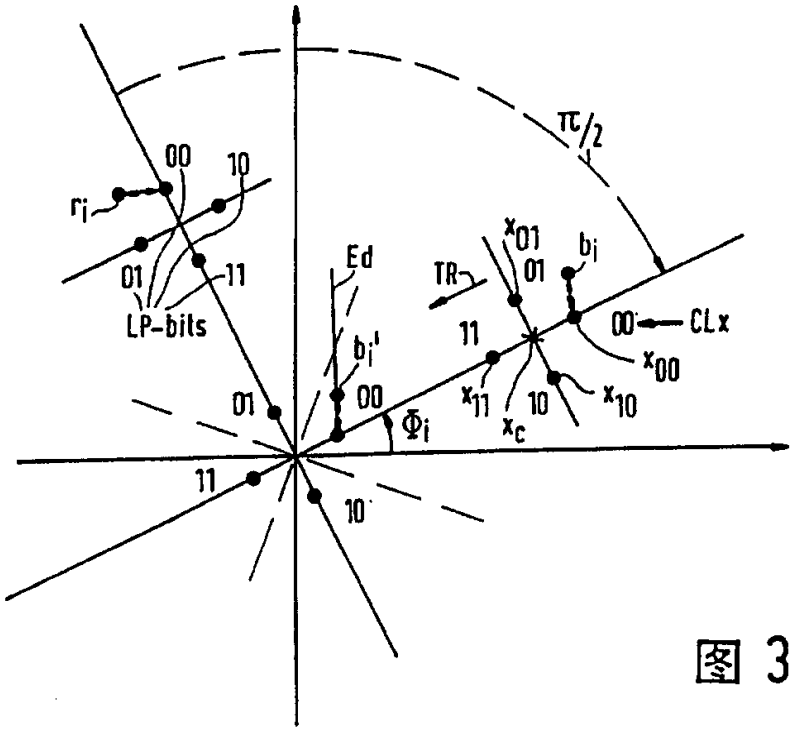

π/2
00
10
r_i
01
11
LP-bits
Ed
b_i'
01
00
Φ_i
11
10
TR
x_{01}
01
b_i
11
00
CLx
x_{00}
x_{11}
10
x_{10}
x_c

图 3

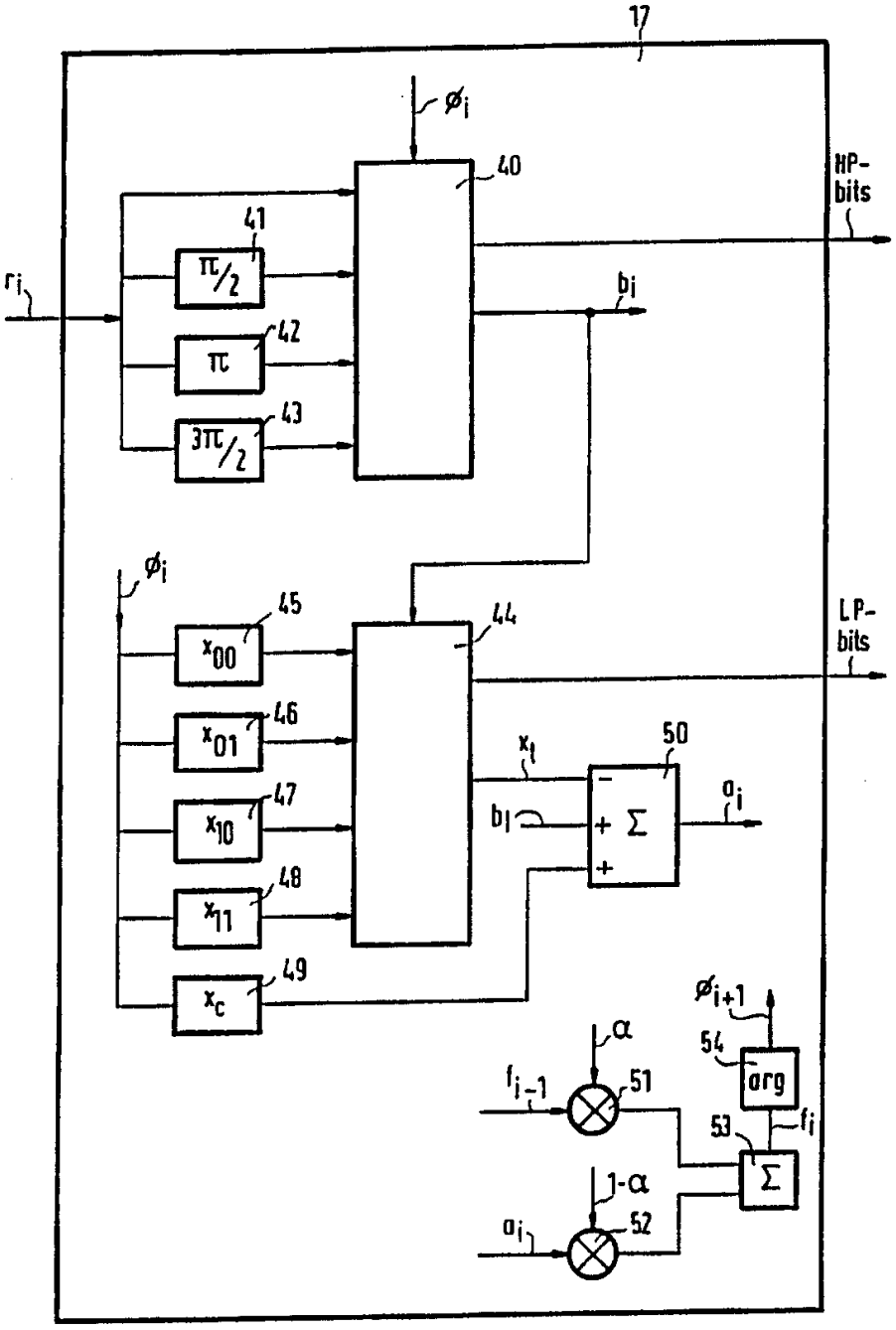

17
ϕ_i
40
HP-bits
41
r_i
$\pi/2$
b_i
42
π
43
$3\pi/2$
ϕ_i
45
x_{00}
44
LP-bits
46
x_{01}
x_I
50
47
x_{10}
b_I
$+\Sigma$
a_i
48
x_{11}
49
x_c
ϕ_{i+1}
α
54
arg
f_{i-1}
51
53
f_i
Σ
$1-\alpha$
a_i
52

图 4