

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102611670 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 25

(21) 申请号 201210076262. 7

(22) 申请日 2012. 03. 21

(71) 申请人 电子科技大学

地址 611731 四川省成都市高新区(西区)西
源大道 2006 号

(72) 发明人 胡苏 毕国安 李少谦

(74) 专利代理机构 电子科技大学专利中心
51203

代理人 周永宏

(51) Int. Cl.

H04L 27/26(2006. 01)

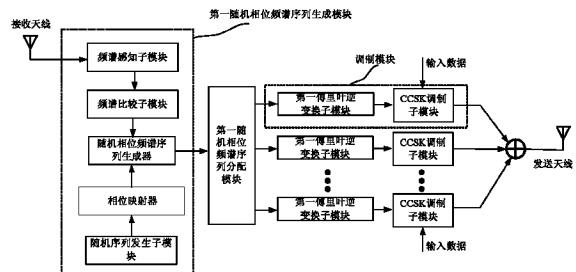
权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种变换域通信系统及其实现方法

(57) 摘要

本发明公开了一种变换域通信系统及其实现方法,具体在发射端包括第一随机相位频谱序列生成模块、第一随机相位频谱序列分配模块、调制模块和支路信号叠加模块。本发明的系统和方法通过结合 CCSK 调制的技术特点和空闲频谱之间严格正交的条件,根据系统设计选择参数中合适的频谱簇的数目,将频谱感知输出的全部空闲频谱进行合理分配,经过频谱分配以后,不同频谱簇分别经过傅里叶逆变换产生对应的基础调制波形形成不同的支路,不同支路分别根据输入数据进行 CCSK 调制,最后叠加在一起并发送。本发明的系统和方法利用分配后的不同频谱簇分别传输不同的数据,提高了变换域通信系统的数据传输率,进而提高了系统频谱利用率。



1. 一种变换域通信系统,其发射端包括用于生成频谱随机相位序列的第一随机相位频谱序列生成模块,

其特征在于,发射端还包括:第一随机相位频谱序列分配模块、调制模块和支路信号叠加模块,其中,

所述的第一随机相位频谱序列分配模块用于根据所述变换域通信系统参数中频谱簇的大小,将随机相位频谱序列分配给不同频谱簇用于传输有效数据,即将随机相位频谱序列中的空闲频谱分成不同的支路,且支路数目等于频谱簇数;

所述的调制模块用于调制第一调制随机相位频谱序列分配模块分配的对应支路的数据;

所述的支路信号叠加模块用于将不同支路调制后的波形进行叠加,最后将叠加后的波形进行发射。

2. 根据权利要求1所述的变换域通信系统,其特征在于,所述变换域通信系统的接收端包括:第二随机相位频谱序列生成模块、信号共轭模块、第二随机相位频谱序列分配模块、傅里叶变换模块、相乘模块和解调模块,其中,

所述的第二随机相位频谱序列生成模块用于生成频谱随机相位序列;

所述的信号共轭模块用于对第二随机相位频谱序列生成的频谱随机相位序列进行共轭运算;

所述的第二随机相位频谱序列分配模块用于根据所述变换域通信系统参数中频谱簇的大小,将随机相位频谱序列分配给不同频谱簇用于传输有效数据,即将随机相位频谱序列中的空闲频谱分成不同的支路,且支路数目等于频谱簇数;

所述的傅里叶变换模块用于对接收天线接收的信号进行傅里叶变换;

所述的相乘模块用于第二调制随机相位频谱序列分配模块分配的对应支路的数据与傅里叶变换模块输出的数据分别进行相乘运算;

所述的解调模块用于解调各个支路的相乘模块的输出数据,并将得到的解调数据进行输出。

3. 根据权利要求1所述的变换域通信系统,其特征在于,所述的第一随机相位频谱序列生成模块,包括频谱感知子模块,频谱比较子模块、随机序列发生子模块、相位映射器和随机相位序列生成器,其中,

频谱感知子模块用于根据外部环境电磁特性获取不同频率点上的功率谱幅度信息;

频谱比较子模块,用于根据频谱感知模块的感知结果,将不同频率点的功率谱幅度与预设定的频谱门限进行比较,生成频谱序列。

随机序列发生子模块,用于生成随机比特序列;

相位映射器,用于根据随机序列发生模块生成的随机比特序列产生相应的随机相位序列;

随机相位序列生成器,根据频谱比较模块生成的频谱序列和相位映射器产生的随机相位序列,生成随机相位频谱序列。

4. 根据权利要求2所述的变换域通信系统,其特征在于,所述的第二随机相位频谱序列生成模块,包括频谱感知子模块,频谱比较子模块、随机序列发生子模块、相位映射器和随机相位序列生成器,其中,

频谱感知子模块用于根据外部环境电磁特性获取不同频率点上的功率谱幅度信息；

频谱比较子模块,用于根据频谱感知模块的感知结果,将不同频率点的功率谱幅度与预设定的频谱门限进行比较,生成频谱序列。如果感知结果比预设定频谱门限小,则认为是空闲频谱,反之感知结果比预设定频谱门限大,则认为是占用频谱；

随机序列发生子模块,用于生成随机比特序列；

相位映射器,用于根据随机序列发生模块生成的随机比特序列产生相应的随机相位序列；

随机相位序列生成器,根据频谱比较模块生成的频谱序列和相位映射器产生的随机相位序列,生成随机相位频谱序列。

5. 根据权利要求1或3所述的变换域通信系统,其特征在于,所述的调制模块包括傅里叶逆变换子模块和圆周循环调制子模块,其中,

第一傅里叶逆变换子模块用于对第一随机相位频谱序列分配模块生成的不同频谱序列支路进行傅里叶逆变换,生成各自频谱序列支路对应的基础调制波形；

圆周循环调制子模块,用于对不同支路中第一傅里叶逆变换子模块的输出基础调制波形进行圆周循环调制。

6. 根据权利要求2或4所述的变换域通信系统,其特征在于,所述的解调模块包括第二傅里叶逆变换子模块、提取实数数据子模块和峰值搜寻子模块,其中,

第二傅里叶逆变换子模块,用于对每个支路的相乘模块的输出数据进行傅里叶逆变换；

提取实数数据子模块,用于提取第二傅里叶逆变换子模块输出的傅里叶逆变换数据的实数数据；

峰值搜寻子模块,用于对提取的实数数据进行峰值搜寻操作。

7. 一种变换域通信系统的实现方法,在所述变换域通信系统发射端包括如下步骤：

S110. 根据外部环境的电磁特性,检测所有频谱区域的频谱特征,将所得的频谱特征与预设定的频谱门限相比较,产生用于描述空闲频谱和已占用频谱的频谱序列；

S120. 利用随机序列发生器产生随机比特序列,根据所述变换域通信系统的相位映射图表,产生相应的随机相位序列；

S130. 将步骤S110产生的频谱序列与步骤S120产生的随机相位序列进行逐元素乘法运算,得到随机相位频谱序列；

S140. 根据变换域通信系统参数中频谱簇的数目,对步骤S130得到的随机相位频谱序列中空闲频谱进行分配,形成不同的支路,具体分配原则为:所有频谱簇中的随机相位频谱序列共同占用所有的空闲频谱资源,并且不同频谱簇之间没有占用相同的空闲频谱资源,所述支路数目等于频谱簇数；

S150. 将步骤S140得到的不同支路随机相位频谱序列,分别进行调制；

S160. 将步骤S150得到的各个支路的调制数据进行叠加,最后将叠加后的数据进行发射。

8. 根据权利要求7所述的变换域通信系统的实现方法,其特征在于,在所述变换域通信系统接收端包括如下步骤：

S210. 根据外部环境的电磁特性,检测所有频谱区域的频谱特征,将所得的频谱特征与

预设定的频谱门限相比较,产生用于描述空闲频谱和已占用频谱的频谱序列;

S220. 利用随机序列发生器产生随机比特序列,根据所述变换域通信系统的相位映射图表,产生相应的随机相位序列;

S230. 将步骤 S210 产生的频谱序列与步骤 S220 产生的随机相位序列进行逐元素乘法运算,得到随机相位频谱序列;

S240. 根据变换域通信系统参数中频谱簇的数目,对步骤 S230 得到的随机相位频谱序列中空闲频谱进行分配,形成不同的支路。具体分配原则为:所有频谱簇中的随机相位频谱序列共同占用所有的空闲频谱资源,并且不同频谱簇之间没有占用相同的空闲频谱资源,所述支路数目等于频谱簇数;

S250. 将接收天线收到的接收信号进行傅里叶变换;

S260. 将步骤 S240 输出的不同支路频谱簇与步骤 S250 输出的信号进行乘法运算;

S270. 将步骤 S260 输出的不同支路信号分别进行解调,得到解调数据进行输出。

9. 根据权利要求 7 或 8 所述的变换域通信系统的实现方法,其特征在于,步骤 S150 所述的调制的具体过程如下:

S1501. 将步骤 S140 输出的各个支路信号分别经过傅里叶逆变换,形成多个不相关的基础调制波形。

S1502. 将步骤 S1501 输出的不同支路根据不同的输入数据,利用 CCSK 调制进行圆周循环调制每条支路上基础调制波形,得到各个支路上调制后的信号波形。

10. 根据权利要求 8 或 9 所述的变换域通信系统的实现方法,其特征在于,步骤 S270 所述的解调的具体过程如下:

S2701. 将步骤 S260 得到的不同支路的输出信号进行傅里叶逆变换运算;

S2702. 将步骤 S2701 得到的不同支路的输出信号分别提取实数部分;

S2703. 对步骤 S280 得到的不同支路的输出信号进行峰值搜寻,将峰值的位置信息作为解调数据分别进行输出。

一种变换域通信系统及其实现方法

技术领域

[0001] 本发明属于通信技术领域,尤其涉及一种变换域通信系统及其实现方法。

背景技术

[0002] 在变换域通信系统(Transform Domain Communication System, TDCS)中,为了充分利用空闲的频谱资源, TDCS 系统把空闲频段分解为一系列独立频谱,结合随机相位生成模块,产生 TDCS 系统基本调制波形,通过圆周循环调制(Circular Cyclic Shift Keying, CCSK)生成最终的发送信号。通过上述方式,发送信号具有类似于噪声的统计特性,因此具有较低的检测概率(主要针对非授权用户)。这种方案的缺点在于:现有的 TDCS 系统通过 CCSK 调制的圆周循环偏移量来表示传输的数据,例如 CCSK 调制有 M 种不同偏移量数值,则基于该调制方式的发送符号所能携带的最大信息比特数为 $\log_2(M)$ 。因此基于 CCSK 调制方式的 TDCS 系统的频谱利用率较低。因此在有限的空闲频段中, TDCS 系统不能传输大量数据,限制了其在实际系统中的应用场景,目前仅用于低速数据传输链路。

发明内容

[0003] 本发明的目的是为了解决现有的 TDCS 系统频谱利用率低的问题,提出了一种变换域通信系统。

[0004] 本发明的技术方案是:一种变换域通信系统,其发射端包括用于生成频谱随机相位序列的第一随机相位频谱序列生成模块,

[0005] 其特征在于,发射端还包括:第一随机相位频谱序列分配模块、调制模块和支路信号叠加模块,其中,

[0006] 所述的第一随机相位频谱序列分配模块用于根据所述变换域通信系统参数中频谱簇的大小,将随机相位频谱序列分配给不同频谱簇用于传输有效数据,即将随机相位频谱序列中的空闲频谱分成不同的支路,且支路数目等于频谱簇数;

[0007] 所述的调制模块用于调制第一调制随机相位频谱序列分配模块分配的对应支路的数据;

[0008] 所述的支路信号叠加模块用于将不同支路调制后的波形进行叠加,最后将叠加后的波形进行发射。

[0009] 进一步的,所述变换域通信系统的接收端包括:第二随机相位频谱序列生成模块、信号共轭模块、第二随机相位频谱序列分配模块、傅里叶变换模块、相乘模块和解调模块,其中,

[0010] 所述的第二随机相位频谱序列生成模块用于生成频谱随机相位序列;

[0011] 所述的信号共轭模块用于对第二随机相位频谱序列生成模块生成的频谱随机相位序列进行共轭运算;

[0012] 所述的第二随机相位频谱序列分配模块用于根据所述变换域通信系统参数中频谱簇的大小,将随机相位频谱序列分配给不同频谱簇用于传输有效数据,即将随机相位频

谱序列中的空闲频谱分成不同的支路,且支路数目等于频谱簇数;

[0013] 所述的傅里叶变换模块用于对接收天线接收的信号进行傅里叶变换;

[0014] 所述的相乘模块用于第二调制随机相位频谱序列分配模块分配的对应支路的数据与傅里叶变换模块输出的数据分别进行相乘运算;

[0015] 所述的解调模块用于解调各个支路的相乘模块的输出数据,并将得到的解调数据进行输出。

[0016] 为了解决上述问题,本发明还提出了一种变换域通信系统的实现方法,在所述变换域通信系统发射端包括如下步骤:

[0017] S110. 根据外部环境的电磁特性,检测所有频谱区域的频谱特征,将所得的频谱特征与预设定的频谱门限相比较,产生用于描述空闲频谱和已占用频谱的频谱序列;

[0018] S120. 利用随机序列发生器产生随机比特序列,根据所述变换域通信系统的相位映射图表,产生相应的随机相位序列;

[0019] S130. 将步骤 S110 产生的频谱序列与步骤 S120 产生的随机相位序列进行逐元素乘法运算,得到随机相位频谱序列;

[0020] S140. 根据变换域通信系统参数中频谱簇的数目,对步骤 S130 得到的随机相位频谱序列中空闲频谱进行分配,形成不同的支路,具体分配原则为:所有频谱簇中的随机相位频谱序列共同占用所有的空闲频谱资源,并且不同频谱簇之间没有占用相同的空闲频谱资源,所述支路数目等于频谱簇数;

[0021] S150. 将步骤 S140 得到的不同支路随机相位频谱序列,分别进行调制;

[0022] S160. 将步骤 S150 得到的各个支路的调制数据进行叠加,最后将叠加后的数据进行发射。

[0023] 具体的,步骤 S150 所述的调制的具体过程如下:

[0024] S1501. 将步骤 S140 输出的各个支路信号分别经过傅里叶逆变换,形成多个不相关的基础调制波形。

[0025] S1502. 将步骤 S1501 输出的不同支路根据不同的输入数据,利用 CCSK 调制进行圆周循环调制每条支路上基础调制波形,得到各个支路上调制后的信号波形。

[0026] 进一步的,在所述变换域通信系统接收端包括如下步骤:

[0027] S210. 根据外部环境的电磁特性,检测所有频谱区域的频谱特征,将所得的频谱特征与预设定的频谱门限相比较,产生用于描述空闲频谱和已占用频谱的频谱序列;

[0028] S220. 利用随机序列发生器产生随机比特序列,根据所述变换域通信系统的相位映射图表,产生相应的随机相位序列;

[0029] S230. 将步骤 S210 产生的频谱序列与步骤 S220 产生的随机相位序列进行逐元素乘法运算,得到随机相位频谱序列;

[0030] S240. 根据变换域通信系统参数中频谱簇的数目,对步骤 S230 得到的随机相位频谱序列中空闲频谱进行分配,形成不同的支路。具体分配原则为:所有频谱簇中的随机相位频谱序列共同占用所有的空闲频谱资源,并且不同频谱簇之间没有占用相同的空闲频谱资源,所述支路数目等于频谱簇数;

[0031] S250. 将接收天线收到的接收信号进行傅里叶变换;

[0032] S260. 将步骤 S240 输出的不同支路频谱簇与步骤 S250 输出的信号进行乘法运

算；

[0033] S270. 将步骤 S260 输出的不同支路信号分别进行解调,得到解调数据进行输出。

[0034] 具体的,步骤 S270 所述的解调的具体过程如下：

[0035] S2701. 将步骤 S260 得到的不同支路的输出信号进行傅里叶逆变换运算；

[0036] S2702. 将步骤 S2701 得到的不同支路的输出信号分别提取实数部分；

[0037] S2703. 对步骤 S2702 得到的不同支路的输出信号进行峰值搜寻,将峰值的位置信息作为解调数据分别进行输出。

[0038] 本发明的有益效果:本发明的系统和方法通过结合 CCSK 调制的技术特点和空闲频谱之间严格正交的条件,根据系统设计选择参数中合适的频谱簇的数目,将频谱感知输出的全部空闲频谱进行合理分配,其中不同频谱簇之间满足正交条件,并且所有的频谱簇共同占有全部的空闲频谱。经过频谱合理分配以后,相互正交的分配后的不同频谱簇分别经过傅里叶逆变换产生对应的基础调制波形形成不同的支路,不同支路分别根据输入数据进行 CCSK 调制,最后叠加在一起并发送。可以看出,本发明的系统和方法利用分配后的不同频谱簇分别传输不同的数据,提高了变换域通信系统的数据传输率,进而提高了系统频谱利用率。

附图说明

[0039] 图 1 为本发明的变换域通信系统发射端系统框图。

[0040] 图 2 为本发明的变换域通信系统接收端系统框图。

[0041] 图 3 为本发明的变换域通信系统的实现方法发射端信号处理流程示意图。

[0042] 图 4 为本发明的变换域通信系统的实现方法接收端信号处理流程示意图。

具体实施方式

[0043] 下面结合附图对本发明作进一步详细描述。

[0044] 本发明的变换域通信系统,其发射端的系统框图如图 1 所示,包括用于生成频谱随机相位序列的第一随机相位频谱序列生成模块,

[0045] 还包括:第一随机相位频谱序列分配模块、调制模块和支路信号叠加模块,其中,

[0046] 所述的第一随机相位频谱序列分配模块用于根据所述变换域通信系统参数中频谱簇的大小,将随机相位频谱序列分配给不同频谱簇用于传输有效数据,即将随机相位频谱序列中的空闲频谱分成不同的支路,且支路数目等于频谱簇数；

[0047] 所述的调制模块用于调制第一调制随机相位频谱序列分配模块分配的对应支路的数据；可以看出,发射端的调制模块的数目等于支路数目。

[0048] 所述的支路信号叠加模块用于将不同支路调制后的波形进行叠加,最后将叠加后的波形进行发射。

[0049] 这里的第一随机相位频谱序列生成模块,包括频谱感知子模块,频谱比较子模块、随机序列发生子模块、相位映射器和随机相位序列生成器,其中,

[0050] 频谱感知子模块用于根据外部环境电磁特性获取不同频率点上的功率谱幅度信息；

[0051] 频谱比较子模块,用于根据频谱感知模块的感知结果,将不同频率点的功率谱幅

度与预设定的频谱门限进行比较,生成频谱序列。

[0052] 具体的比较为:如果感知结果比预设定频谱门限大,则认为是占用频谱;反之,则认为是空闲频谱。

[0053] 随机序列发生子模块,用于生成随机比特序列;

[0054] 相位映射器,用于根据随机序列发生模块生成的随机比特序列产生相应的随机相位序列;

[0055] 随机相位序列生成器,根据频谱比较模块生成的频谱序列和相位映射器产生的随机相位序列,生成随机相位频谱序列。

[0056] 对于频谱感知子模块,如果频谱区域中总带宽为 W 赫兹,根据变换域通信系统参数中子载波数目 N 和子载波间隔 Δf ,则 $W = N \cdot \Delta f$,在每一个子载波频点上检测信号功率谱幅度。

[0057] 在频谱比较子模块中,对第 k 个频点频谱特征值 A_k 而言,当频点功率谱幅度大于预设定的频谱门限 $T_{\text{threshold}}$,设定该频率点数值为 0 (表示该频率点占用);当功率谱幅度小于或等于预设定的频谱门限 $T_{\text{threshold}}$,设定该频率点数值为 1 (表示该频率点空闲),频谱比较过程可以描述为:

[0058]

$$A_k = \begin{cases} A_k = 1, & \text{频点功率谱小于或等于预设定门限 } T_{\text{threshold}} \\ A_k = 0, & \text{频点功率谱大于预设定门限 } T_{\text{threshold}} \end{cases}$$

[0059] 通过上述频谱感知和频谱比较过程,能够得到由数值 0,1 组成的频谱序列用于描述外部环境频率使用情况,即 $A = \{A_0, A_1, A_2, \dots, A_{N-1}\}$ 。假定在频谱序列 A 中存在 N_c 个空闲频谱,则空闲频谱集合 Ω_c 满足 $\{A_k = 1, k \in \Omega_c\}$ 。

[0060] 这里的调制模块包括傅里叶逆变换子模块和圆周循环调制子模块,其中,

[0061] 第一傅里叶逆变换子模块用于对第一随机相位频谱序列分配模块生成的不同频谱序列支路进行傅里叶逆变换,生成各自频谱序列支路对应的基础调制波形;

[0062] 圆周循环调制子模块,用于对不同支路中第一傅里叶逆变换子模块的输出基础调制波形进行圆周循环调制。

[0063] 作为一个优选的方案,变换域通信系统的接收端系统框图如图 2 所示,包括:第二随机相位频谱序列生成模块、信号共轭模块、第二随机相位频谱序列分配模块、傅里叶变换模块、相乘模块和解调模块,其中,

[0064] 所述的第二随机相位频谱序列生成模块用于生成频谱随机相位序列;

[0065] 所述的信号共轭模块用于对第二随机相位频谱序列生成模块生成的频谱随机相位序列进行共轭运算;

[0066] 所述的第二随机相位频谱序列分配模块用于根据所述变换域通信系统参数中频谱簇的大小,将随机相位频谱序列分配给不同频谱簇用于传输有效数据,即将随机相位频谱序列中的空闲频谱分成不同的支路,且支路数目等于频谱簇数;

[0067] 所述的傅里叶变换模块用于对接收天线接收的信号进行傅里叶变换;

[0068] 所述的相乘模块用于第二调制随机相位频谱序列分配模块分配的对应支路的数据与傅里叶变换模块输出的数据分别进行相乘运算;

[0069] 所述的解调模块用于解调每个支路的相乘模块的输出数据,并将得到的解调数据

进行输出。可以看出,接收端的解调模块和相乘模块的数目等于支路数目。

[0070] 这里的第二随机相位频谱序列生成模块的结构与发射端的第一随机相位频谱序列生成模块的结构相同,不再详细说明。

[0071] 这里的解调模块包括第二傅里叶逆变换子模块、提取实数数据子模块和峰值搜寻子模块,其中,

[0072] 第二傅里叶逆变换子模块,用于对每个支路的相乘模块的输出数据进行傅里叶逆变换;

[0073] 提取实数数据子模块,用于提取第二傅里叶逆变换子模块输出的傅里叶逆变换数据的实数数据;

[0074] 峰值搜寻子模块,用于对提取的实数数据进行峰值搜寻操作。

[0075] 本发明还提出了一种变换域通信系统的实现方法,其中在所述变换域通信系统发射端处理流程示意图如图 3 所示,具体包括如下步骤:

[0076] S110. 根据外部环境的电磁特性,检测所有频谱区域的频谱特征,将所得的频谱特征与预设定的频谱门限相比较,产生用于描述空闲频谱和已占用频谱的频谱序列 $A = \{A_0, A_1, A_2, \dots, A_{N-1}\}$;

[0077] 对于频谱感知,如果频谱区域中总带宽为 W 赫兹,根据变换域通信系统参数中子载波数目 N 和子载波间隔 Δf ,则 $W = N \cdot \Delta f$ 。频谱感知在每一个子载波频点上检测信号功率谱幅度。

[0078] 在频谱比较中,对第 k 个频点频谱特征值 A_k 而言,当频点功率谱幅度大于预设定的频谱门限 $T_{\text{threshold}}$,设定该频率点数值为 0 (表示该频率点占用);当功率谱幅度小于或等于预设定的频谱门限 $T_{\text{threshold}}$,设定该频率点数值为 1 (表示该频率点空闲),频谱比较过程可以描述为:

[0079]

$$A_k = \begin{cases} A_k = 1, & \text{频点功率谱小于或等于预设门限 } T_{\text{threshold}} \\ A_k = 0, & \text{频点功率谱大于预设门限 } T_{\text{threshold}} \end{cases}$$

[0080] 通过上述频谱感知和频谱比较过程,能够得到由数值 0,1 组成的频谱序列用于描述外部环境频率使用情况,即 $A = \{A_0, A_1, A_2, \dots, A_{N-1}\}$ 。假定在频谱序列 A 中存在 N_c 个空闲频谱,则空闲频谱集合 Ω_c 满足 $\{A_k = 1, k \in \Omega_c\}$ 。

[0081] S120. 利用随机序列发生器产生随机比特序列,然后根据所述变换域通信系统的相位映射图表,产生相应的随机相位序列,即 $\mathbf{P} = \{e^{jm_0}, e^{jm_1}, e^{jm_2}, \dots, e^{jm_i}, \dots, e^{jm_{N-1}}\}$, m_i 表示随机相位序列第 i 个元素的相位。

[0082] S130. 将步骤 S110 产生的频谱序列 A 与步骤 S120 产生的随机相位序列进行逐元素乘法运算 P , 得到随机相位频谱序列 $B = A \cdot P$, 得到随机相位频谱序列 $\mathbf{B} = \{A_0 e^{jm_0}, A_1 e^{jm_1}, A_2 e^{jm_2}, \dots, A_{N-1} e^{jm_{N-1}}\}$ 。

[0083] 随机相位频谱序列主要用于产生具有噪声特性的波形,具有低截获概率,以及多址接入方式中区分不同的用户。

[0084] S140. 根据变换域通信系统参数中频谱序列簇的数目 L , 对步骤 S130 得到的随机相位频谱序列分配给 L 个频谱簇 $\{A^1, A^2, \dots, A^L\}$, 每个频谱簇占有 N_c/L 个空闲频谱,且每

个频谱簇中频谱序列满足：

$$[0085] \quad A_k^l = \begin{cases} 1, & k \in \Omega_c^l \\ 0 & k \notin \Omega_c^l \end{cases}。$$

[0086] 其中, Ω_c^l 表示第 l 频谱簇对应的空闲频谱集合。

[0087] 值得注意的是, 为了充分利用空闲频谱资源以及避免不同频谱簇之间的干扰, 所有频谱簇共同占有空闲频谱集合 Ω_c , 并且不同频谱簇之间不能共享空闲频谱, 即

$$[0088] \quad \bigcup_{l=1}^L \Omega_c^l = \Omega_c, \bigcap_{l=1}^L \Omega_c^l = \emptyset。$$

[0089] 经过步骤 S140 后, L 个频谱序列簇对应形成 L 条支路, 并且不同支路的频谱满足上述关系。

[0090] S150. 将步骤 S140 输出的 L 条支路信号随机相位频谱序列, 分别进行调制, 得到 L 条不同的调制后信号波形。

[0091] S160. 将步骤 S150 输出的不同支路的调制数据进行叠加, 最后将叠加后的数据进行发射。

[0092] 上述进行调制的过程如下：

[0093] S1501. 将步骤 S140 输出的 L 条支路信号分别经过傅里叶逆变换, 形成 L 个不相关的基础调制波形。

[0094] S1502. 将步骤 S1501 输出的不同支路根据不同的输入数据, 利用 CCSK 调制进行圆周循环调制每条支路上基础调制波形, 因此得到 L 条不同的调制后信号波形。

[0095] 需要说明的是: 各个支路的输入数据可以理解为: 对应的不同的数据输入源; 也可以理解成: 系统只有一个数据输入源, 然后根据支路的数目, 分解为对应的子数据流, 对应于不同支路中 CCSK 调制的输入, 把一个数据输入源分解为多路子数据流属于本领域的常规技术, 不再详细描述。

[0096] 作为一个优选的方案, 所述变换域通信系统接收端处理流程示意图如图 4 所示, 包括如下步骤：

[0097] S210. 根据外部环境的电磁特性, 检测所有频谱区域的频谱特征, 将所得的频谱特征与预设定的频谱门限相比较, 产生用于描述空闲频谱和已占用频谱的频谱序列；

[0098] 对于频谱感知, 如果频谱区域中总带宽为 W 赫兹, 根据变换域通信系统参数中子载波数目 N 和子载波间隔 Δf , 则 $W = N \cdot \Delta f$, 频谱感知每一个子载波频点上检测信号功率谱幅度。

[0099] 在频谱比较中, 对第 k 个频点频谱特征值 A_k 而言, 当频点功率谱幅度大于预设定的频谱门限 $T_{threshold}$, 设定该频率点数值为 0 (表示该频率点占用); 当功率谱幅度小于或等于预设定的频谱门限 $T_{threshold}$, 设定该频率点数值为 1 (表示该频率点空闲), 频谱比较过程可以描述为

[0100]

$$A_k = \begin{cases} A_k = 1, & \text{频点功率谱小于或等于预设门限 } T_{threshold} \\ A_k = 0, & \text{频点功率谱大于预设门限 } T_{threshold} \end{cases}$$

[0101] 通过上述频谱感知和频谱比较过程, 能够得到由数值 0, 1 组成的频谱序列用于描述外部环境频率使用情况, 即 $A = \{A_0, A_1, A_2, \dots, A_{N-1}\}$ 。假定在频谱序列 A 中存在 N_c 个空

闲频谱,则空闲频谱集合 Ω_c 满足 $\{A_k = 1, k \in \Omega_c\}$ 。

[0102] S220. 利用随机序列发生器产生随机比特序列,然后根据所述变换域通信系统的相位映射图表,产生相应的随机相位序列,即 $\mathbf{P} = \{e^{jm_0}, e^{jm_1}, e^{jm_2}, \dots, e^{jm_{N-1}}\}$;

[0103] S230. 将步骤 S210 产生的频谱序列 A 与步骤 S220 产生的随机相位序列 P 进行逐元素乘法运算 $\mathbf{B} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{P}$, 得到随机相位频谱序列 $\mathbf{B} = \{A_0 e^{jm_0}, A_1 e^{jm_1}, A_2 e^{jm_2}, \dots, A_{N-1} e^{jm_{N-1}}\}$, 随后将随机相位频谱序列进行共轭运算得到最终的随机相位频谱序列;

[0104] S240. 根据变换域通信系统参数中频谱簇的数目 L, 对步骤 S230 得到的随机相位频谱序列中空闲频谱进行分配, 形成不同的支路。具体分配原则为: 所有频谱簇中的随机相位频谱序列共同占用所有的空闲频谱资源, 并且不同频谱簇之间没有占用相同的空闲频谱资源, 所述支路数目等于频谱簇数;

[0105] 即将得到的随机相位频谱序列分配给 L 个频谱簇 $\{A^1, A^2, \dots, A^L\}$, 每个频谱簇占有 N_c/L 个空闲频谱, 且每个频谱簇中频谱序列满足

$$[0106] \quad A_k^l = \begin{cases} 1, & k \in \Omega_c^l \\ 0 & k \notin \Omega_c^l \end{cases}。$$

[0107] 其中, Ω_c^l 表示第 l 频谱簇对应的空闲频谱集合。

[0108] 经过步骤 S240 后, L 个频谱序列簇对应形成 L 条支路, 并且不同支路的频谱满足上述关系。

[0109] S250. 将接收天线收到的接收信号进行傅里叶变换;

[0110] S260. 将步骤 S240 输出的不同支路频谱簇与步骤 S250 输出的信号进行乘法运算;

[0111] S270. 将步骤 S260 输出的不同支路信号分别进行解调, 得到解调数据进行输出。

[0112] 上述进行解调的过程如下:

[0113] S2701. 将步骤 S260 得到的不同支路的输出信号进行傅里叶逆变换运算;

[0114] S2702. 将步骤 S2701 得到的不同支路的输出信号分别提取实数部分;

[0115] S2703. 对步骤 S2702 得到的不同支路的输出信号进行峰值搜寻, 将峰值的位置信息作为解调数据分别进行输出。

[0116] 本发明的系统和方法通过系统设计选择合适的频谱簇的数目, 将全部空闲频谱进行合理分配, 分配后的不同频谱簇分别传输不同的数据, 提高了变换域通信系统的数据传输率, 进而提高了系统频谱利用率。

[0117] 对于本领域技术人员而言, 显然本发明不限于上述示范性实施例的细节, 而且在不背离本发明的精神或基本特征的情况下, 能够以其他的具体形式实现本发明。因此, 无论从哪一点来看, 均应将实施例看作是示范性的, 而且是非限制性的, 本发明的范围由所附权利要求而不是上述说明限定, 因此旨在将落在权利要求的等同要件的含义和范围内的所有变化涵括在本发明内。不应将权利要求中的任何附图标记视为限制所涉及的权利要求。此外, 系统权利要求中陈述的多个单元或装置也可以由一个单元或装置通过软件或者硬件来实现。

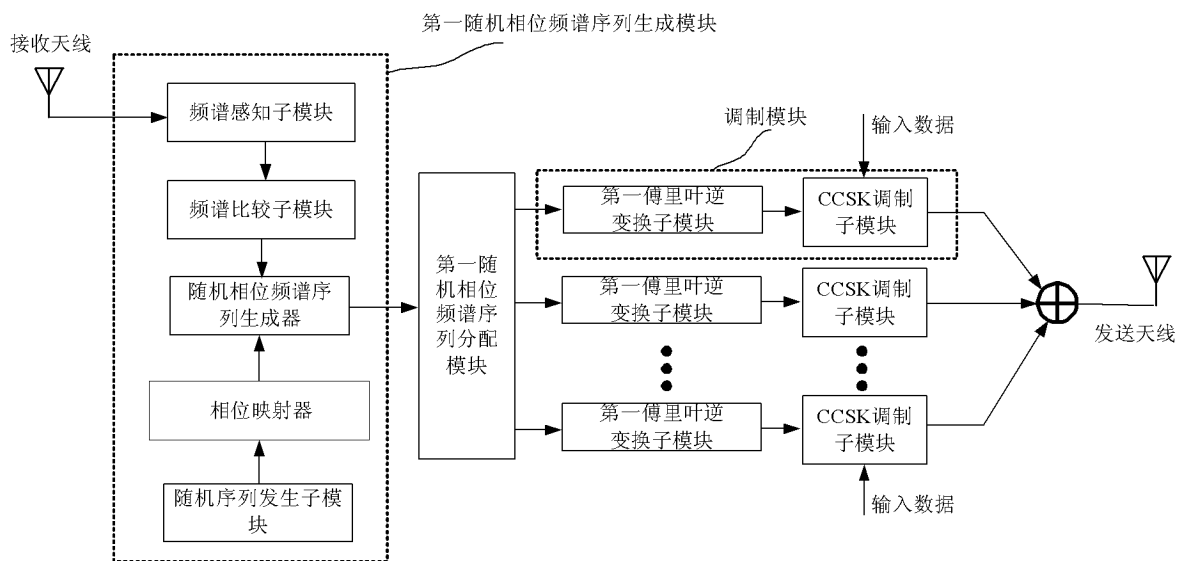


图 1

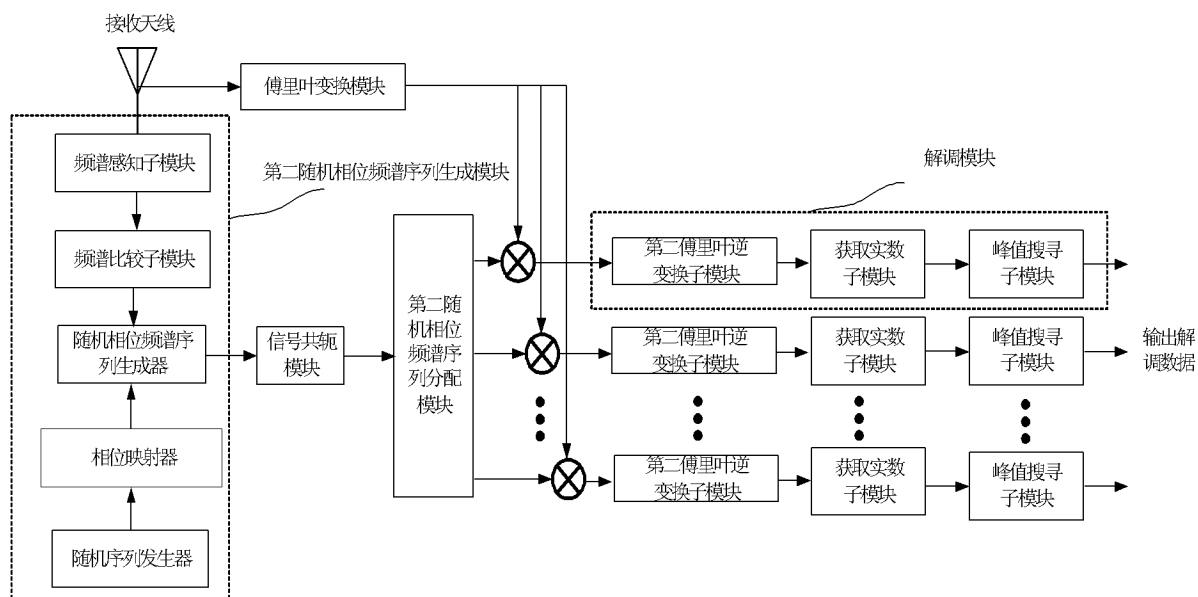


图 2

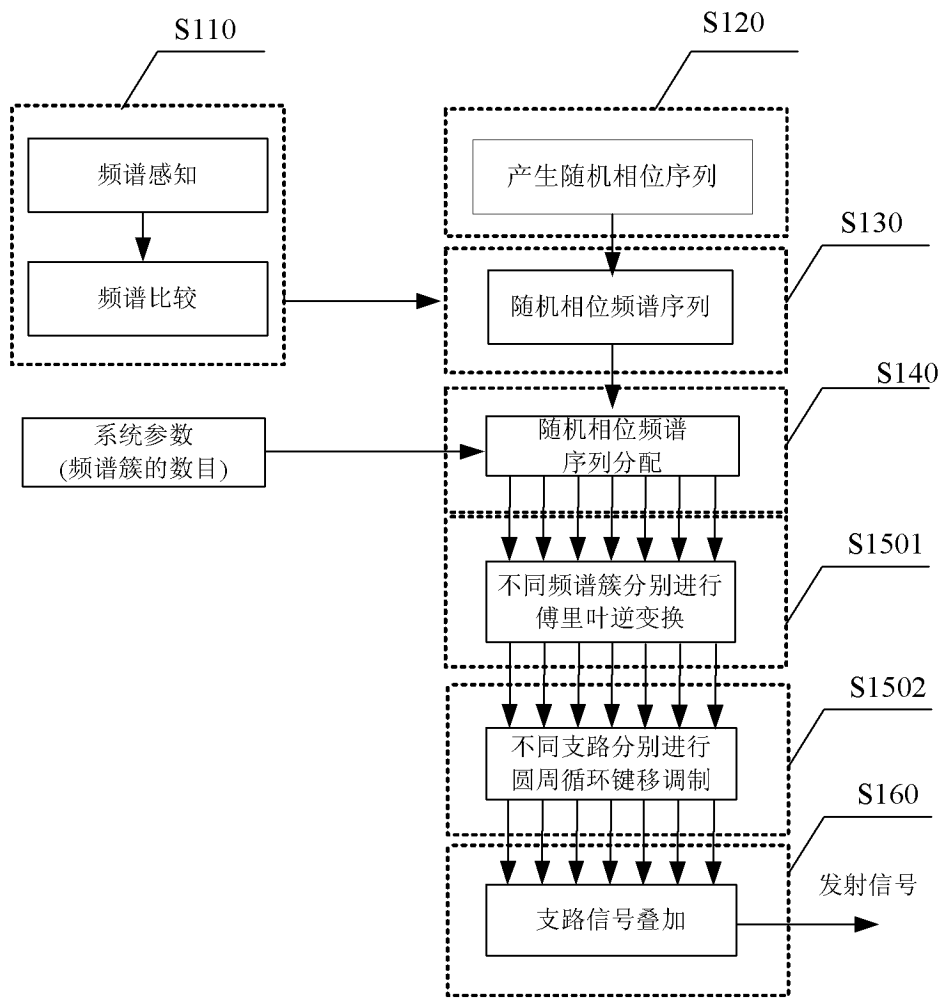


图 3

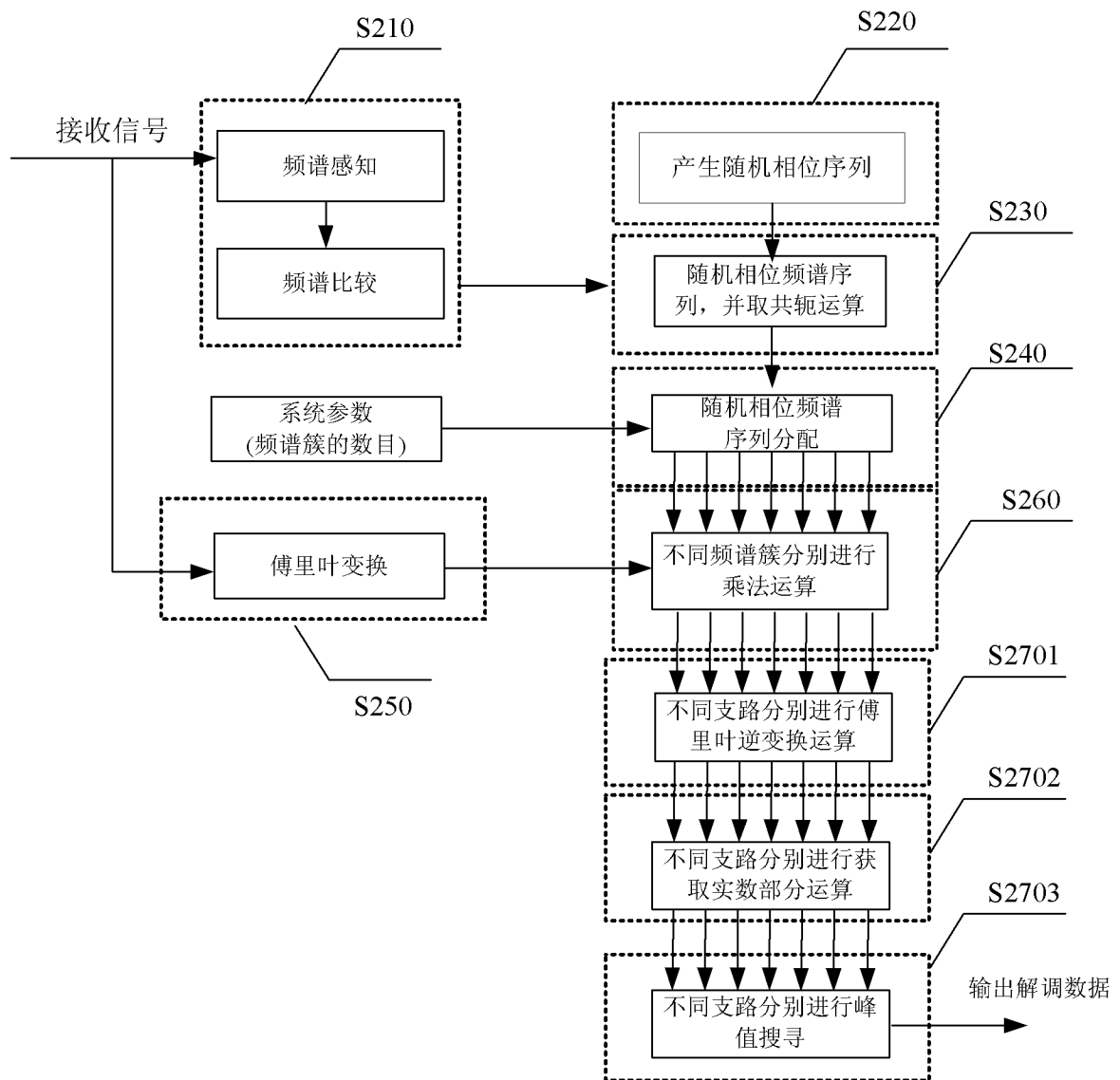


图 4