(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108123786 A
(43)申请公布日 2018.06.05

(21)申请号 201711361835.X

(22)申请日 2017.12.18

(71)申请人 中国电子科技集团公司第五十四研究所
地址 050081 河北省石家庄市中山西路589号第五十四所微散部
申请人 电子科技大学

(72)发明人 王荆宁 李帆 胡苏 雷霞

(74)专利代理机构 河北东尚律师事务所 13124
代理人 王文庆

(51)Int.Cl.
H04L 5/00(2006.01)
H04L 1/00(2006.01)
H04W 72/04(2009.01)

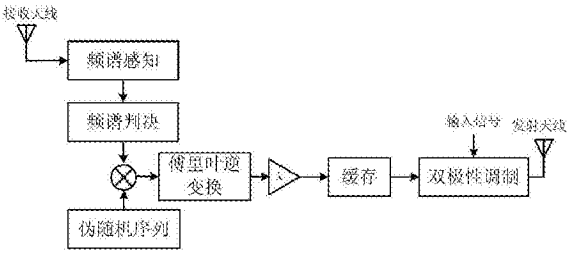
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

基于交织多址的TDCS多址接入方法

(57)摘要

本发明提出了一种基于交织多址(Interleave-Division Multiple Access)IDMA的变换域通信系统(Transform Domain Communication System,TDCS)多址接入方法,以提高多址接入能力。该方法是在传统双极性调制变换域通信系统基础上,在发射端用基础调制波形对发送数据进行双极性调制,然后每个用户的数据进入各自独特的码片级交织器进行交织,交织后的数据经过傅里叶逆变换生成发送信号。在接收端,按照传统IDMA解调方法对接收信号进行解调和判决。该发明引入交织多址的思想和架构,能够在保持TDCS系统自身优势的前提下,有效地提高多址接入能力。



CN 108123786 A

1.一种基于交织多址的TDCS多址接入方法，其特征在于，包括以下步骤：

发射端数据处理过程：

(1)频谱感知模块对其工作的空间电磁频谱环境进行采样，将采样得到的所有子载波发送至频谱判决模块；

(2)频谱判决模块根据预设定门限确定所有子载波的可用性，即如果该子载波功率谱幅度超过门限值，则认为该子载波已经被占用或者存在干扰，并将其标记为0；如果该子载波功率谱幅度没有超过门限值，则认为该子载波未被占用或者不存在干扰，并将其标记为1，得到的频谱效用序列A；

(3)随机序列生成模块生成长度为N的元素为±1的随机序列P；所述的N为子载波数目；

(4)乘法器将随机序列P与频谱效用序列A相乘，得到基础调制波形B并存入缓存模块，所述的基础调制波形的频域表达式为：

$B=A\cdot P=[B_0,B_1,,B_k,,B_{N-1}]$

(5)第k个用户的双极性调制模块接收该用户发送的数据，并从缓存模块调用基础调制波形；若用户发送数据比特d_k为1，则将基础调制波形发送至码片级交织器π_k，若用户发送数据比特d_k为0，则将基础调制波形的负数发送至码片级交织器π_k；其中，k＝1,2,,U,U为用户数；

(6)码片级交织器将步骤(5)输入的基础调制波形进行打乱，生成被打乱顺序的频域码片序列X_k，并发送至傅里叶逆变换模块；其中，码片级交织器避开频谱效用序列为0的点，即已被占用的子载波对应数据不进行交织；

(7)傅里叶逆变换模块将频域码片序列X_k进行逆傅里叶变换得到时域码片序列x_k，并通过发射天线发送出去，即完成了发送端工作；

接收端数据处理过程：

(8)接收端对经过信道作用的接收信号进行接收并完成信道估计；所述的接收信号为所有用户信号的叠加；

(9)设定迭代次数为Iter，将接收信号通过FFT模块，得到频域接收信号；

(10)令计数器m＝0，初始化所有用户信号的均值和方差，根据信道估计结果和接收信号计算接收信号的均值和方差；

(11)根据接收信号的均值和方差计算每个用户干扰信号的均值和方差，按照交织多址的接收处理方法，得到每个用户信号的软信息，并更新每个用户信号的均值和方差；

(12)判断m>Iter是否成立，若成立，则对每个用户的软信息进行硬判决；否则令m＝m+1，回到步骤(11)。

2.根据权利要求书所述的一种基于交织多址的TDCS多址接入方法，其特征在于，步骤(10)接收信号的均值和方差的计算公式为：

$$E(r(n))=\sum_{k=1}^{K}h_k E(x_k(n))$$

$$Var(r(n))=\sum_{k=1}^{K}|h_k|^2 Var(x_k(n))+\sigma^2$$

式中，E(r(n))为接收信号的均值，Var(r(n))为接收信号的方差，h_k为第k个用户的信道系数，σ^2为方差，E[x_k(n)]为用户信号的均值，Var[x_k(n)]为用户信号的方差，n＝0,...,N-

1。

3.根据权利要求2所述的一种基于交织多址的TDCS多址接入方法，其特征在于，步骤(11)中每个用户干扰信号的均值$E(\zeta_k(n))$和方差$Var(\zeta_k(n))$的计算公式为：

$$E(\zeta_k(n))=E(r(n))-h_kE(x_k(n))$$

$$Var(\zeta_k(n))=Var(r(n))-|h_k|^2Var(x_k(n))$$ 。

基于交织多址的TDCS多址接入方法

技术领域

[0001] 本发明属于无线通信技术领域，具体涉及一种多用户变换域通信系统(TDCS，Transform Domain Communication System)及其实现方法。

背景技术

[0002] 随着新一代无线通信业务量的急剧增长，频谱资源紧缺的问题日益严重，尤其是在频率需求非常紧张的6GHz以下无线频带中。然而，大多数频段的频谱并没有被充分使用。一些非授权频段占用拥挤，而有些授权频段则经常空闲。变换域通信系统为合理利用频谱资源提供了一种新的思路。

[0003] 在变换域通信系统中，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，通过双极性调制或者圆周循环调制(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)。TDCS能适应快速变化的无线通信环境，主动避开干扰，以其良好的自适应性和兼容性受到越来越广泛的关注。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种基于交织多址的TDCS系统的改进方法。在保持TDCS系统优势的条件下，可有效提高系统的多址接入能力。

[0005] 一种基于交织多址的TDCS多址接入方法，假设子载波数目为N，用户数为U，其发射端数据处理步骤如下：

[0006] (1)频谱感知模块对其工作的空间电磁频谱环境进行采样，将采样得到的所有子载波发送至频谱判决模块；

[0007] (2)频谱判决模块根据预设定门限确定所有子载波的可用性，即如果该子载波功率谱幅度超过门限值，则认为该子载波已经被占用或者存在干扰，并将其标记为0；如果该子载波功率谱幅度没有超过门限值，则认为该子载波未被占用或者不存在干扰，并将其标记为1，得到的频谱效用序列A；

[0008] (3)随机序列生成模块生成长度为N的元素为±1的随机序列P；所述的N为子载波数目；

[0009] (4)乘法器将随机序列P与频谱效用序列A相乘，得到基础调制波形B并存入缓存模块，所述的基础调制波形的频域表达式为：

[0010] $B=A\cdot P=[B_0,B_1,,B_k,,B_{N-1}]$

[0011] (5)第k个用户的双极性调制模块接收该用户发送的数据，并从缓存模块调用基础调制波形；若用户发送数据比特d_k为1，则将基础调制波形发送至码片级交织器π_k，若用户发送数据比特d_k为0，则将基础调制波形的负数发送至码片级交织器π_k；其中，k＝1，2，，U，U为用户数；

[0012] (6)码片级交织器将步骤(5)输入的基础调制波形进行打乱，生成被打乱顺序的频域码片序列X_k，并发送至逆傅里叶变换模块；其中，码片级交织器避开频谱效用序列为0的点，即已被占用的子载波对应数据不进行交织；

[0013] (7)傅里叶逆变换模块将频域码片序列X_k进行逆傅里叶变换得到时域码片序列x_k，并通过发射天线发送出去，即完成了发送端工作；

[0014] 接收端数据处理过程：

[0015] (8)接收端对经过信道作用的接收信号进行接收并完成信道估计；所述的接收信号为所有用户信号的叠加；

[0016] (9)设定迭代次数为Iter，将接收信号通过FFT模块，得到频域接收信号；

[0017] (10)令计数器m＝0，初始化所有用户信号的均值和方差，根据信道估计结果和接收信号计算接收信号的均值和方差；

[0018] (11)根据接收信号的均值和方差计算每个用户干扰信号的均值和方差，按照交织多址的接收处理方法，得到每个用户信号的软信息，并更新每个用户信号的均值和方差；

[0019] (12)判断m>Iter是否成立，若成立，则对每个用户的软信息进行硬判决；否则令m＝m+1，回到步骤(11)。

[0020] 本发明与背景技术相比具有以下优点：

[0021] 本发明是在传统的TDCS系统上提出的一种基于交织多址的可提高多址接入能力的方法。该方法是在传统的变换域通信系统基础上，发射端由基础调制波形对发射数据进行双极性调制，然后将调制后的数据通过码片级的交织器进行交织。码片级交织器是区分不同用户的唯一标志。在接收端，按照传统IDMA系统的迭代检测算法进行解调和判决，可得到不同用户的发送数据。采用本发明所提出的基于IDMA的TDCS多址方法，不仅可以灵活利用空闲频谱资源进行数据传输，还可以有效提高TDCS的多址接入能力。

附图说明

[0022] 图1是传统双极性调制TDCS系统发送端结构图；

[0023] 图2是传统双极性调制TDCS系统接收端结构图；

[0024] 图3是本发明基于交织多址的TDCS系统发送端结构图；

[0025] 图4是本发明基于交织多址的TDCS系统接收端结构图。

具体实施方式

[0026] 为便于本领域技术人员理解本发明的技术内容，下面结合附图对本发明内容进一步阐释。

[0027] 传统双极性调制TDCS的发射机、接收机框图分别如图1、图2所示。发射机主要包括频谱感知与判决模块、伪随机序列生成模块、幅度调整模块、傅里叶逆变换模块、数据调制模块。接收机主要包括频谱感知与判决模块、伪随机序列生成模块、傅里叶变换模块、相关接收模块。本发明在传统TDCS结构的基础上，通过给不同用户分配唯一的随机交织器，实现区分不同用户的目的。本申请的基于交织多址的TDCS的发射机、接收机框图分别如图3、4所示，设子载波数目为N，用户数为U，数据处理如下：

[0028] 1、发送端数据处理，具体包括以下分步骤(如图3所示)：

[0029] (1)频谱感知模块对其工作的空间电磁频谱环境进行采样，频谱判决模块根据预设定门限确定所有子载波的可用性，即如果该子载波功率谱幅度超过门限值，则认为该子载波已经被占用或者存在干扰，并将其标记为0；如果该子载波功率谱幅度没有超过门限值，则认为该子载波未被占用或者不存在干扰，并将其标记为1。设得到的频谱效用序列为A＝[A_0,A_1,,A_k,,A_{N-1}]；

[0030] (2)随机序列生成模块生成长度为N的元素为±1的随机序列P；

[0031] (3)乘法器将随机序列P与频谱效用序列A相乘，得到基础调制波形(Fundamental Modulation Waveform,FMW)频域表达式：

[0032] B＝A·P＝[B_0,B_1,,B_k,,B_{N-1}]

[0033] (4)第k个用户的双极性调制模块接收该用户发送的数据，并从缓存模块调用基础调制波形，(k＝1,2,,U)，若发送数据比特d_k为1，则双极性调制模块发送FMW至交织器，若d_k为0，则双极性调制模块发送FMW的负数至交织器；

[0034] (5)步骤(4)产生的序列进入第k个用户的码片级交织器π_k，生成被打乱顺序的频域码片序列X_k＝{X_k(n),n＝0,...,N-1}；码片级交织器应避开频谱效用序列为0的点，即已被占用的子载波对应数据不进行交织；

[0035] (6)将频域码片序列X_k进行逆傅里叶变换得到时域码片序列x_k，将上述发送信号通过发射天线发送出去，即完成了发送端工作。

[0036] 2、接收端采用迭代译码，设迭代次数为Iter，数据处理过程如下(如图4所示)：

[0037] (1)首先对经过信道作用的到达信号进行接收并完成信道估计，接收到的信号为所有用户信号的叠加，接收信号可以表示为：

[0038] $$r(n)=\sum_{k=1}^{K}h_k x_k(n)+w(n),\quad n=0,...,N-1$$

[0039] 式中，h_k表示第k个用户的信道系数，w(n)是均值为0、方差为σ^2的高斯白噪声。

[0040] (2)将信号r通过一个FFT模块，得到频域接收信号y；

[0041] (3)将频域接收信号y按照IDMA的解调方式进行迭代解调，首先令计数器m＝0，初始化所有用户信号$\{x_k(n),\forall k,n\}$的均值E[x_k(n)]和方差Var[x_k(n)]，计算接收信号$\{r(n),\forall n\}$的均值和方差，分别为E(r(n))和Var(r(n))：

[0042] $$E(r(n))=\sum_{k=1}^{K}h_k E(x_k(n))$$

[0043] $$Var(r(n))=\sum_{k=1}^{K}|h_k|^2 Var(x_k(n))+\sigma^2$$

[0044] (4)得到每个用户干扰信号$\{\zeta_k(n),\forall k,n\}$的均值和方差：

[0045] E(ζ_k(n))＝E(r(n))-h_kE(x_k(n))

[0046] Var(ζ_k(n))＝Var(r(n))-|h_k|^{2}Var(x_k(n))

[0047] (5)计算ESE输出的每个用户发送信号$\{x_k(n),\forall k,n\}$的外信息：

[0048] $$e_{ESE}(y_k(n))=2h_k\frac{r(n)-E(\zeta_k(n))}{Var(\zeta_k(n))}$$

[0049] (6)接下来进入DEC模块完成软译码，首先执行解扩操作，为叙述方便，下面仅考虑

第k个用户的第1个编码符号$b_k(1)$的译码，其它编码符号的译码过程一样。利用ESE反馈的外信息$L_{priori}(c_k)$进行解扩频，得到编码符号$b_k(1)$的先验软信息，

[0050] $$L_{priori}(b_k(1))=\sum_{n=0}^{N-1}s(n)L_{priori}(c_k(n))$$

[0051] 其中，s(n)代表扩频序列，在这里即是基础调制波形的频域表达式。

[0052] 接着，FEC译码器利用软信息$L_{priori}(b_k)$进行软译码，得到编码序列b_k的软信息$L_{APP}(b_k)$。再对$L_{APP}(b_k)$进行扩频，得到扩频序列c_k的后验软信息：

[0053] $L_{posteriori}(c_k(n))=s(n)L_{APP}(b_k(1))$，n=0,1,...,N-1

[0054] 最后，计算DEC译码器输出的外信息：

[0055] $e_{DEC}(c_k(n))=L_{posteriori}(c_k(n))-L_{priori}(c_k(n))$

[0056] (7)再次让$e_{DEC}(c_k(n))$通过随机交织器π_k，得到x_k的先验信息，从而更新所有用户信号$\{x_k(n),\forall k,n\}$的均值和方差，

[0057] $$E(x_k(n))=\tanh\left(\frac{L_{priori}(x_k(n))}{2}\right)$$

[0058] $Var(x_k(n))=1-(E(x_k(n)))^2$

[0059] (8)判断m>Iter是否成立，若成立，则对译码结果进行硬判决；否则令m=m+1，回到步骤(4)，取值，Iter为设定的迭代次数。

[0060] 最后说明的是，以上实施例仅仅是对于本发明专利精神作举例说明。本发明专利所属技术领域的技术人员可以对所描述的具体实施例做各种各样的修改或补充或采用类似的方法替代，且并不具体仅限于实施例步骤的顺序。

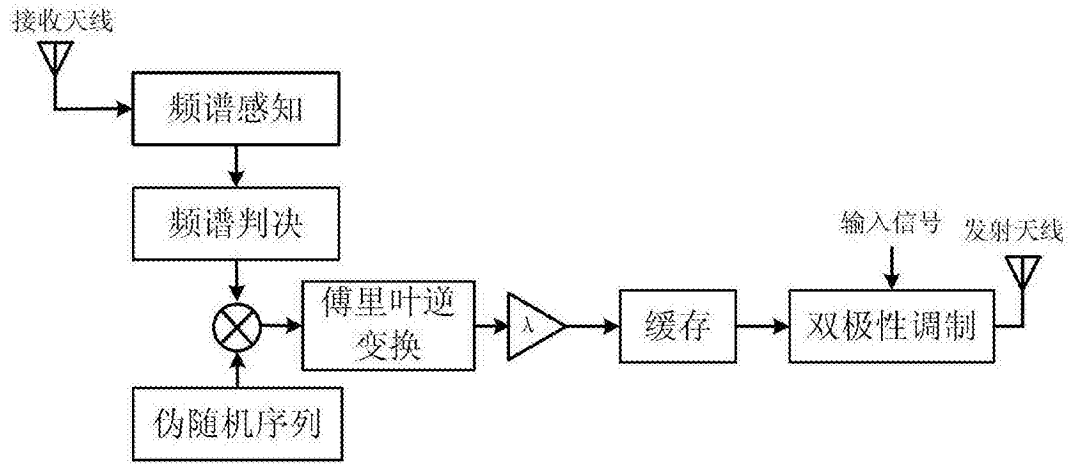

接收天线
频谱感知
频谱判决
傅里叶逆变换
伪随机序列
λ
缓存
输入信号
双极性调制
发射天线

图1

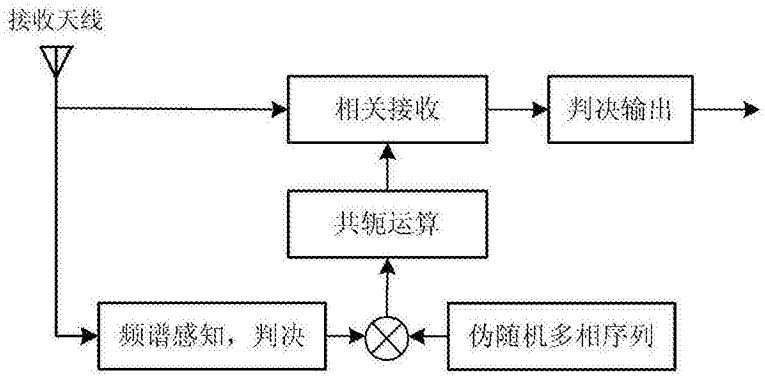

接收天线
相关接收
判决输出
共轭运算
频谱感知，判决
伪随机多相序列

图2

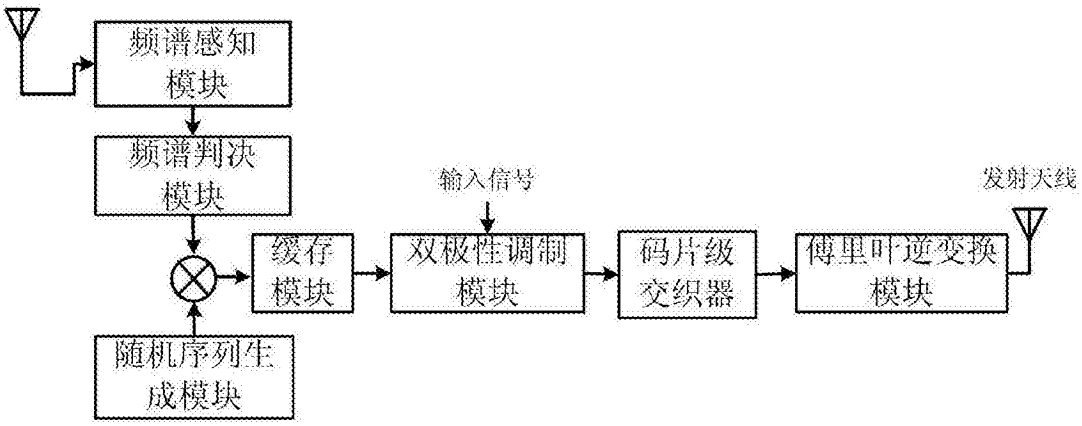

频谱感知模块
频谱判决模块
随机序列生成模块
缓存模块
输入信号
双极性调制模块
码片级交织器
傅里叶逆变换模块
发射天线

图3

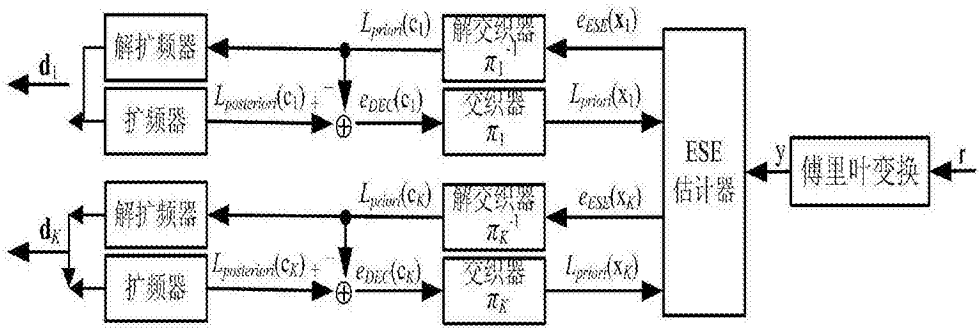


图4