



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 118264273 B

(45) 授权公告日 2024.08.13

(21) 申请号 202410684502.4

(22) 申请日 2024.05.30

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 118264273 A

(43) 申请公布日 2024.06.28

(73) 专利权人 广东工业大学

地址 510080 广东省广州市越秀区东风东路729号

(72) 发明人 方毅 曾灏 聂波 马焕 马定妃

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

11227

专利代理师 任文生

(51) Int. Cl.

H04B 1/69 (2011.01)

(56) 对比文件

CN 116389208 A, 2023.07.04

CN 117200825 A, 2023.12.08

审查员 吴兰花

权利要求书3页 说明书13页 附图4页

(54) 发明名称

基于扩频因子索引的远距离无线电通信方法及相关装置

(57) 摘要

本发明公开了一种基于扩频因子索引的远距离无线电通信方法及相关装置,方法包括:在一个符号周期内,基于可选扩频因子数和可调传输速率参数将多个信息比特划分为索引比特和调制比特;基于可选扩频因子数和可调传输速率参数,按照预设组合数规则将索引比特映射为元素序号集;基于预设序列映射表,将元素序号集映射为扩频因子序列;基于扩频因子序列的多种扩频因子,分别生成各扩频因子对应的第一啁啾信号;将调制比特分别转换为与各扩频因子关联的十进制符号,将十进制符号调制成承载信号并将承载信号分别与关联的第一啁啾信号相乘,得到并叠加各扩频因子关联的第二啁啾信号,得到传输信号。本发明通过组合不同SF以扩展出额外的维度来携带更多的信息比特达到提升数据传输速率的效果,能满足不同应用场景的通信需求。



1. 一种基于扩频因子索引的远距离无线电通信方法,其特征在于,包括:

在一个符号周期内,基于可选扩频因子数和可调传输速率参数将多个信息比特划分为多个索引比特和多个调制比特;

基于所述可选扩频因子数和所述可调传输速率参数,按照预设组合数规则将所述索引比特映射为元素序号集;

基于预设序列映射表,将所述元素序号集映射为扩频因子序列;基于扩频因子序列的多种扩频因子,分别生成各扩频因子对应的第一啁啾信号;其中,扩频因子序列为 S , $S = \{S_1, \dots, S_K\}$,扩频因子序列共有K种扩频因子;

基于所述扩频因子序列,将多个调制比特分别转换为与各扩频因子关联的十进制符号;将各十进制符号调制成承载信号,并将承载信号分别与关联的扩频因子的第一啁啾信号相乘,得到各扩频因子关联的第二啁啾信号;

叠加所有所述第二啁啾信号,得到传输信号,并将所述传输信号发送至接收机。

2. 根据权利要求1所述的远距离无线电通信方法,其特征在于,

所述索引比特的比特数目由所述可选扩频因子数和所述可调传输速率参数所确定;

所述调制比特的比特数目由所述索引比特和所述扩频因子序列所确定。

3. 根据权利要求1所述的远距离无线电通信方法,其特征在于,所述基于所述可选扩频因子数和所述可调传输速率参数,按照预设组合数规则将所述索引比特映射为元素序号集的步骤,包括:

将所述索引比特转换为十进制信息;

基于所述可选扩频因子数和所述可调传输速率参数,按照预设组合数规则将所述十进制信息映射为元素序号集;其中,所述元素序号集为单调递减且长度与所述可调传输速率参数相同的序列。

4. 根据权利要求1所述的远距离无线电通信方法,其特征在于,还包括:

接收经过一个时不变且频率平坦的信道后的传输信号,得到接收信号;将所述接收信号分别乘以多种扩频因子的基础chirp信号的共轭信号,得到多种解调频信号;

对所有所述解调频信号进行离散傅里叶变换,得到离散傅里叶变换结果;

将所有所述离散傅里叶变换结果从大到小进行排序,并选取前K个离散傅里叶变换结果组成目标序列,基于所述目标序列确定扩频因子序列;

索引扩频因子序列确定索引信息;基于扩频因子序列,对接收信号进行解调,得到调制信息;

分别对所述索引信息和所述调制信息进行串并转换,得到输出比特流。

5. 根据权利要求4所述的远距离无线电通信方法,其特征在于,所述基于扩频因子序列,对接收信号进行解调,得到调制信息的步骤,包括:

基于扩频因子序列,将接收信号划分为多个信号子块;

分别对所述信号子块依次进行解调频、离散傅里叶变换和峰值检测,确定每个信号子块的峰值的索引值;

基于所有所述信号子块关联的索引值,确定调制信息。

6. 一种基于扩频因子索引的远距离无线电通信系统,其特征在于,包括:发射机和接收机;所述发射机,用于将在一个符号周期内的信息比特调制成多种第二啁啾信号,叠加所有

第二啁啾信号得到传输信号并将所述传输信号发送至接收机；

所述发射机包括比特分割器、比特映射器、索引选择器、啁啾信号发生器、进制转换器和调制器；

所述比特分割器分别连接所述比特映射器和所述进制转换器，用于基于可选扩频因子数和可调传输速率参数将多个信息比特划分为多个索引比特和多个调制比特，并将所述索引比特发送至所述比特映射器，将所述调制比特发送至所述进制转换器；

所述比特映射器连接所述索引选择器，用于基于所述可选扩频因子数和所述可调传输速率参数，按照预设组合数规则将所述索引比特映射为元素序号集，并将所述元素序号集发送至所述索引选择器；

所述索引选择器连接所述啁啾信号发生器，用于基于预设序列映射表，将所述元素序号集映射为扩频因子序列，并将所述扩频因子序列发送至所述啁啾信号发生器；

所述啁啾信号发生器连接所述调制器，用于基于扩频因子序列的多种扩频因子，分别生成各扩频因子对应的第一啁啾信号，并将所述第一啁啾信号发送至所述调制器；其中，扩频因子序列为 S ， $S = \{S_1, \dots, S_K\}$ ，扩频因子序列共有 K 种扩频因子；

所述进制转换器连接所述调制器，用于基于所述扩频因子序列，将多个调制比特分别转换为与各扩频因子关联的十进制符号，并将所述十进制符号发送至所述调制器；

所述调制器，用于将各十进制符号调制成承载信号，并将承载信号分别与关联的扩频因子的第一啁啾信号相乘，得到各扩频因子关联的第二啁啾信号。

7. 根据权利要求6所述的远距离无线电通信系统，其特征在于，所述比特映射器连接所述索引选择器，具体用于将所述索引比特转换为十进制信息；基于所述可选扩频因子数和所述可调传输速率参数，按照预设组合数规则将所述十进制信息映射为元素序号集；其中，所述元素序号集为单调递减且长度与所述可调传输速率参数相同的序列。

8. 根据权利要求6所述的远距离无线电通信系统，其特征在于，所述接收机包括扩频因子序列生成单元、索引检索器、解调器和转换单元；

所述扩频因子序列生成单元分别连接所述索引检索器和所述解调器，用于接收经过一个时不变且频率平坦的信道后的传输信号，得到接收信号；将所述接收信号分别乘以多种扩频因子的基础chirp信号的共轭信号，得到多种解调频信号；对所有所述解调频信号进行离散傅里叶变换，得到离散傅里叶变换结果；将所有所述离散傅里叶变换结果从大到小进行排序，并选取前 K 个离散傅里叶变换结果组成目标序列，基于所述目标序列确定扩频因子序列；将扩频因子序列分别发送至所述索引检索器和所述解调器；

所述索引检索器连接所述转换单元，用于索引扩频因子序列确定索引信息，并将所述索引信息发送至所述转换单元；

所述解调器连接所述转换单元，用于基于扩频因子序列，对接收信号进行解调，得到调制信息，并将所述调制信息发送至所述转换单元；

所述转换单元用于，分别对所述索引信息和所述调制信息进行串并转换，得到输出比特流。

9. 一种基于扩频因子索引的远距离无线电通信设备，其特征在于，所述设备包括处理器以及存储器；

所述存储器用于存储程序代码，并将所述程序代码传输给所述处理器；

所述处理器用于根据所述程序代码中的指令执行权利要求1-5任一项所述的远距离无线电通信方法。

10. 一种计算机可读存储介质,其特征在于,所述计算机可读存储介质用于存储程序代码,所述程序代码用于执行权利要求1-5任一项所述的远距离无线电通信方法。

基于扩频因子索引的远距离无线电通信方法及相关装置

技术领域

[0001] 本发明涉及通信技术领域,尤其涉及一种基于扩频因子索引的远距离无线电通信方法及相关装置。

背景技术

[0002] 当代物联网发展趋势中面临着不同应用场景所带来的丰富需求,传统无线通信技术已无法满足现阶段物联网低功耗,低成本的需求。为了解决这个问题,工业界和学术界直接从物联网的三大特性出发,提出了低功耗广域网(low power wide area network, LPWAN)的概念。作为一种新型无线通信网络,LPWAN不仅可以利用低功耗传输技术实现公里级的远距离通信,其终端设备还具有较低的硬件复杂度。这些优良的特性使其能够很好地满足现阶段物联网低功耗广覆盖的需求。其中,远距离无线电广域网(Long Range Radio Wide Area Network,LoRaWAN)具有独特的网络架构、安全服务、网络接入模式、定位服务和灵活的终端工作模式,被认为是物联网部署自由度最高的LPWAN技术。

[0003] 远距离无线电(Long Range Radio,LoRa)调制技术是LoRaWAN的物理层传输技术,其采用的LoRa信号是啁啾扩频调制的一种,本质是对啁啾信号进行循环移位,所以又称为frequency shift chirp modulation (FSCM)或者frequency shift chirp spread spectrum (FSCSS),具有抗噪声和抗无线衰落等优良特性,使其在工业界和学术界都得到了广泛关注。LoRa技术相比于其他LPWAN技术,成本低,部署灵活,具有良好的抗多普勒性能,更为重要的是LoRa在传输距离、接收灵敏度、传输速率上可以进行灵活的调整。

[0004] 影响LoRa通信速率的有两个因素:带宽 BW 和扩频因子 SF ,其中符号传输速率可以表示为 $BW/2^{SF}$,增大带宽 BW 能提高通信速率,但是同时会降低LoRa系统的灵敏度及缩短无线通信距离;在带宽 BW 有限的情况下,想要提高通信速率只有减少 SF ,但是同时会缩减通信范围。目前已经存在许多有关于提升LoRa传输速率的研究,如针对LoRa调制技术的优化设计,然而这些优化改进往往以牺牲接收机复杂度和BER性能为代价,况且其最大速率面对当前高速发展的智能家居、智慧城市和车联网等应用场景的需求时仍有所不足。

发明内容

[0005] 本发明提供了一种基于扩频因子索引的远距离无线电通信方法及相关装置,用于解决现有LoRa调制技术的通信速率较低导致其应用范围受限的技术问题。

[0006] 本发明第一方面提供了一种基于扩频因子索引的远距离无线电通信方法,包括:

[0007] 在一个符号周期内,基于可选扩频因子数和可调传输速率参数将多个信息比特划分为多个索引比特和多个调制比特;

[0008] 基于所述可选扩频因子数和所述可调传输速率参数,按照预设组合数规则将所述索引比特映射为元素序号集;

[0009] 基于预设序列映射表,将所述元素序号集映射为扩频因子序列;基于扩频因子序列的多种扩频因子,分别生成各扩频因子对应的第一啁啾信号;其中,扩频因子序列为 S ,

$S = \{S_1, \dots, S_K\}$, 扩频因子序列共有K种扩频因子;

[0010] 基于所述扩频因子序列,将多个调制比特分别转换为与各扩频因子关联的十进制符号;将各十进制符号调制成承载信号,并将承载信号分别与关联的扩频因子的第一啁啾信号相乘,得到各扩频因子关联的第二啁啾信号;

[0011] 叠加所有所述第二啁啾信号,得到传输信号,并将所述传输信号发送至接收机。

[0012] 进一步的,所述索引比特的比特数目由所述可选扩频因子数和所述可调传输速率参数所确定;

[0013] 所述调制比特的比特数目由所述可选扩频因子数和所述扩频因子序列所确定。

[0014] 进一步的,所述基于所述可选扩频因子数和所述可调传输速率参数,按照预设组合数规则将所述索引比特映射为元素序号集的步骤,包括:

[0015] 将所述索引比特转换为十进制信息;

[0016] 基于所述可选扩频因子数和所述可调传输速率参数,按照预设组合数规则将所述十进制信息映射为元素序号集;其中,所述元素序号集为单调递减且长度与所述可调传输速率参数相同的序列。

[0017] 进一步的,还包括:

[0018] 接收经过一个时不变且频率平坦的信道后的传输信号,得到接收信号;将所述接收信号分别乘以多种扩频因子的基础chirp信号的共轭信号,得到多种解调频信号;

[0019] 对所有所述解调频信号进行离散傅里叶变换,得到离散傅里叶变换结果;

[0020] 将所有所述离散傅里叶变换结果从大到小进行排序,并选取前K个离散傅里叶变换结果组成目标序列,基于所述目标序列确定扩频因子序列;

[0021] 索引扩频因子序列确定索引信息;基于扩频因子序列,对接收信号进行解调,得到调制信息;

[0022] 分别对所述索引信息和所述调制信息进行串并转换,得到输出比特流。

[0023] 进一步的,所述基于扩频因子序列,对接收信号进行解调,得到调制信息的步骤,包括:

[0024] 基于扩频因子序列,将接收信号划分为多个信号子块;

[0025] 分别对所述信号子块依次进行解调频、离散傅里叶变换和峰值检测,确定每个子块的峰值的索引值;

[0026] 基于所有所述信号子块关联的索引值,确定调制信息。

[0027] 本发明第二方面提供了一种基于扩频因子索引的远距离无线电通信系统,包括:发射机和接收机;所述发射机,用于将在一个符号周期内的信息比特调制成多种第二啁啾信号,叠加所有第二啁啾信号得到传输信号并将所述传输信号发送至接收机;

[0028] 所述发射机包括比特分割器、比特映射器、索引选择器、啁啾信号发生器、进制转换器和调制器;

[0029] 所述比特分割器分别连接所述比特映射器和所述进制转换器,用于基于可选扩频因子数和可调传输速率参数将多个信息比特划分为多个索引比特和多个调制比特,并将所述索引比特发送至所述比特映射器,将所述调制比特发送至所述进制转换器;

[0030] 所述比特映射器连接所述索引选择器,用于基于所述可选扩频因子数和所述可调传输速率参数,按照预设组合数规则将所述索引比特映射为元素序号集,并将所述元素序

号集发送至所述索引选择器；

[0031] 所述索引选择器与所述啁啾信号发生器相连接,用于基于预设序列映射表,将所述元素序号集映射为扩频因子序列;基于扩频因子序列的多种扩频因子,分别生成各扩频因子对应的第一啁啾信号;其中,扩频因子序列为 $S, S = \{S_1, \dots, S_K\}$,扩频因子序列共有K种扩频因子;

[0032] 所述进制转换器和所述调制器相连接,用于基于所述扩频因子序列,将多个调制比特分别转换为与各扩频因子关联的十进制符号;将各十进制符号调制成承载信号,并将承载信号分别与关联的扩频因子的第一啁啾信号相乘,得到各扩频因子关联的第二啁啾信号;

[0033] 进一步的,所述比特映射器连接所述索引选择器,具体用于将所述索引比特转换为十进制信息;基于所述可选扩频因子数和所述可调传输速率参数,按照预设组合数规则将所述十进制信息映射为元素序号集;其中,所述元素序号集为单调递减且长度与所述可调传输速率参数相同的序列。

[0034] 进一步的,所述接收机包括扩频因子序列生成单元、索引检索器、解调器和转换单元;

[0035] 所述扩频因子序列生成单元分别连接所述索引检索器和所述解调器,用于接收经过一个时不变且频率平坦的信道后的传输信号,得到接收信号;将所述接收信号分别乘以多种扩频因子的基础chirp信号的共轭信号,得到多种解调频信号;对所有所述解调频信号进行离散傅里叶变换,得到离散傅里叶变换结果;将所有所述离散傅里叶变换结果从大到小进行排序,并选取前K个离散傅里叶变换结果组成目标序列,基于所述目标序列确定扩频因子序列;将扩频因子序列分别发送至所述索引检索器和所述解调器;

[0036] 所述索引检索器连接所述转换单元,用于索引扩频因子序列确定索引信息,并将所述索引信息发送至所述转换单元;

[0037] 所述解调器连接所述转换单元,用于基于扩频因子序列,对接收信号进行解调,得到调制信息;

[0038] 所述转换单元用于,分别对所述索引信息和所述调制信息进行串并转换,得到输出比特流。

[0039] 本发明第三方面还提供了一种基于扩频因子索引的远距离无线电通信设备,所述设备包括处理器以及存储器;

[0040] 所述存储器用于存储程序代码,并将所述程序代码传输给所述处理器;

[0041] 所述处理器用于根据所述程序代码中的指令执行如上所述的远距离无线电通信方法。

[0042] 本发明第四方面还提供了一种计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质用于存储程序代码,所述程序代码用于执行如上所述的远距离无线电通信方法。

[0043] 从以上技术方案可以看出,本发明具有以下优点:

[0044] 本发明提供了一种基于扩频因子索引的远距离无线电通信方法及相关装置,方法包括:在一个符号周期内,基于可选扩频因子数和可调传输速率参数将多个信息比特划分为多个索引比特和多个调制比特;基于可选扩频因子数和可调传输速率参数,按照预设组合数规则将索引比特映射为元素序号集;基于预设序列映射表,将元素序号集映射为扩频

因子序列;基于扩频因子序列的多种扩频因子,分别生成各扩频因子对应的第一啁啾信号;基于扩频因子序列,将多个调制比特分别转换为与各扩频因子关联的十进制符号;将各十进制符号调制成承载信号,并将承载信号分别与关联的扩频因子的第一啁啾信号相乘,得到各扩频因子关联的第二啁啾信号;叠加所有第二啁啾信号,得到传输信号。

[0045] 本发明利用不同 SF 的LoRa信号间的良好互相关性并结合组合数技术进行索引规则的设计。通过预设组合数规则,将索引比特映射为元素序号集,再基于预设序列映射集对元素序号集进行索引得到不同 SF 的组合序列,即扩频因子序列,以此组合不同 SF 以扩展出额外的维度来携带更多的信息比特达到提升数据传输速率的效果,进而解决了现有LoRa调制技术的通信速率较低导致其应用范围受限的技术问题。

附图说明

[0046] 为了更清楚地说明本发明实施例或在结合现有技术可以实现的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其它的附图。

[0047] 图1为本发明实施例提供的一种基于扩频因子索引的远距离无线电通信方法的第一个步骤流程图;

[0048] 图2为本发明实施例提供的一种基于扩频因子索引的远距离无线电通信方法的第二个步骤流程图;

[0049] 图3为本发明实施例提供的一种基于扩频因子索引的远距离无线电通信系统的发射机结构图;

[0050] 图4为本发明实施例提供的一种基于扩频因子索引的远距离无线电通信系统的接收机结构图;

[0051] 图5为在单径瑞利衰落信道下基于扩频因子索引的远距离无线电系统与传统的远距离无线电系统以及基于频点索引的远距离无线电系统的误码率性能对比;

[0052] 图6为在单径瑞利衰落信道下扩频因子索引远距离无线电系统与远距离无线电系统的吞吐量性能对比;

[0053] 图7为现有技术的LoRa系统的发射机结构图;

[0054] 图8为现有技术的LoRa系统的接收机结构图。

具体实施方式

[0055] 本发明实施例提供了一种基于扩频因子索引的远距离无线电通信方法及相关装置,用于解决现有LoRa调制技术的通信速率较低导致其应用范围受限的技术问题。

[0056] 为使得本发明的发明目的、特征、优点能够更加的明显和易懂,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,下面所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而非全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例,都属于本发明保护的范围。

[0057] 在现有技术中还利用了算法研究来提升LoRa系统的传输速率,大多集中在路由选

择算法优化、对冲突的数据包恢复与解码算法及解决数据包碰撞问题等网络层技术上。然而与优化LoRa系统的物理层调制技术相比较,采用算法来提升LoRa系统的传输速率的方法,往往会导致LoRa系统的系统复杂度和通信成本显著增加。因此,本发明主要针对LoRa系统本身的调制技术进行优化,旨在实现更高效的数据传输速率,同时有效减少对系统复杂度和通信成本的影响。

[0058] 请参阅图7和图8,图7为本发明实施例提供的现有技术的LoRa系统的发射机结构图,图8为本发明实施例提供的现有技术的LoRa系统的接收机结构图。以下针对结合现有技术可以实现的LoRa通信系统的发射机和接收机处理流程进行进一步的说明。

[0059] LoRa通信系统中发射机对符号的处理方法即是LoRa的调制方法,其发射机对符号的处理流程如图7所示。LoRa通信系统中的扩频因子(Spread Factor, SF)为十进制,常用的 SF 取值满足 $SF \in \{7,8, \dots, 12\}$ 。而对于一段待发送的比特流,发射机会将其切分为 SF 个比特为一组的若干个LoRa符号,这样就完成了从比特流到十进制符号的转换。由此可知,LoRa通信系统中共有 2^{SF} 种LoRa符号,设定LoRa系统中的LoRa符号携带着的十进制符号集合为 \mathbf{M} ,即有 $\mathbf{M} = \{0,1, \dots, 2^{SF}\}$ 。

[0060] 要使某一个待乘载的十进制符号 m 被乘载到LoRa信号上成为LoRa符号,首先需要确定LoRa通信系统的基础chirp信号的表达形式。基础chirp信号又可称为上升chirp信号(up chirp),意思是指在一个符号时间间隔内,其频率会随着时间的增加而从0线性增大至其通信系统的带宽大小。设定LoRa通信系统的带宽大小为 B ,一个LoRa符号时间周期为 T_{sym} ,那么在离散时域上的其中一个基础chirp信号可以为:

$$[0061] \quad w_{SF,0}(nT_{sam}) = \sqrt{\frac{1}{2^{SF}}} \exp \left[j2\pi \frac{(nT_{sam})^2}{2} \frac{B}{T_{sym}} \right] \quad (1)$$

[0062] 式中, $w_{SF,0}(nT_{sam})$ 表示在离散时域上某个 SF 对应的基础chirp信号; T_{sam} 表示信号的采样间隔,满足 $T_{sam} = \frac{1}{B}$; n 表示的是采样点的索引,满足 $n \in \{0,1, \dots, 2^{SF}\}$,因此一个基础chirp信号会被分割成个采样点,即满足 $T_{sym} = 2^{SF}T_{sam}$,综上可将基础chirp信号的表达式进一步简化为 $w_{SF,0}(n)$:

$$[0063] \quad w_{SF,0}(n) = \sqrt{\frac{1}{2^{SF}}} \exp \left[j2\pi \frac{n^2}{2^{SF+1}} \right] \quad (2)$$

[0064] 为了将前述 2^{SF} 个十进制符号通过载波传输到基础chirp信号上,需要通过对基础chirp信号时域循环移位的方法来实现,其中携带符号 m 的chirp信号具体为:

$$[0065] \quad w_{SF,m}(n) = \sqrt{\frac{1}{2^{SF}}} \exp \left[j2\pi \frac{((n+m) \bmod 2^{SF})^2}{2^{SF+1}} \right] \quad (3)$$

[0066] 式中,符号 m 满足 $m \in \mathbf{M} = \{0,1, \dots, 2^{SF}\}$, $w_{SF,m}(n)$ 为已移位chirp信号(shifted chirp)。

[0067] 从式(1) - (3)中,可以看出已移位chirp信号 $w_{SF,m}(n)$ 既对基础chirp信号进行了时域上的循环移位,也进行了频率上的移位;即,基础chirp信号的初始频率将从原来的0变为从 f_m 开始,并且满足 $f_m = B \times m / 2^{SF}$,同时其频率的线性增加的斜率为 $B^2 / 2^{SF}$ 。那么,在一个符号周期内,基础chirp信号的频率会从 f_m 线性增加到 B ,再突变为0,继续线性增加到 f_m 。如此完成了chirp信号的符号调制,即LoRa调制。

[0068] 当LoRa信号被天线发送出去,并且经过一个时不变且频率平坦的信道后,接收机

接收到的LoRa信号以表达为:

$$[0069] \quad r_m(n) = h\sqrt{E}w_{SF,m}(n) + z(n) \quad (4)$$

[0070] 式中, $r_m(n)$ 表示接收机接收到的LoRa信号, E 表示被传输LoRa信号的能量, h 表示信道的复包络幅度, 而 $z(n)$ 则表示复加性高斯白噪声, 此处 $z(n)$ 服从一个均值为0, 方差为 N_0 的复高斯分布, 记作 $(n) \sim CN(0, N_0)$ 。

[0071] 接收机在接收到LoRa信号之后, 将会对LoRa信号进行解调。请参阅图8, 首先需要进行解调频操作: 用一个下降chirp信号 (down chirp) 乘以接收的LoRa信号, 这里的下降chirp信号实际上是基础chirp信号的共轭信号, 其中某个 SF 对应的基础chirp信号的共轭信号表示为 $w_{SF,0}^*(n)$ 。

[0072] 在完成解调频操作后, 可以得到解调频信号 $\tilde{r}_m(n)$, 表示为:

$$[0073] \quad \begin{aligned} \tilde{r}_m(n) &= r_m(n) \times w_{SF,0}^*(n) \\ &= \frac{h\sqrt{E}}{2^{SF}} \exp\left[j2\pi \frac{m^2 + 2mn}{2^{SF+1}}\right] + \tilde{z}(n) \end{aligned} \quad (5)$$

[0074] 此处的 $\tilde{z}(n)$ 满足 $\tilde{z}(n) = z(n) \times w_{SF,0}^*(n)$, 依旧是复加性高斯白噪声。

[0075] 接下来接收机会对得到的解调频信号 $\tilde{r}_m(n)$ 进行 2^{SF} 点的离散傅里叶变换, 变换后结果 $\Xi_m(k)$ 表示为:

$$[0076] \quad \begin{aligned} \Xi_m(k) &= \sum_{n=0}^{2^{SF}-1} \tilde{r}_m(n) \exp\left(\frac{-j2\pi kn}{2^{SF}}\right) \\ &= \sum_{n=0}^{2^{SF}-1} \frac{|h|\exp(j\varphi_h)\sqrt{E}}{2^{SF}} \exp\left(\frac{j2\pi(m^2 + 2mn)}{2^{SF+1}} - \frac{j2\pi kn}{2^{SF}}\right) \\ &\quad + \underbrace{\sum_{n=0}^{2^{SF}-1} \tilde{z}(n) \exp\left(\frac{-j2\pi kn}{2^{SF}}\right)}_{Z(k)} \\ &= \frac{|h|\sqrt{E}}{2^{SF}} \exp\left(\frac{j2\pi m^2}{2^{SF+1}} + j\varphi_h\right) \sum_{n=0}^{2^{SF}-1} \exp\left(\frac{j\pi(m-k)n}{2^{SF-1}}\right) + Z(k) \end{aligned} \quad (6)$$

[0077] 式中, k 和 m 都属于整数, $|h|$ 表示取 h 的绝对值, φ_h 是信道造成的相位偏移, $Z(k)$ 表示复加性高斯白噪声, 满足 $Z(k) \sim CN(0, N_0)$ 。

[0078] 取 $\Xi_m(k)$ 的幅度, 则有:

$$[0079] \quad |\Xi_m(k)| = \begin{cases} \left| |h|\sqrt{E} \exp(j\varphi_h) + Z(k) \right| & , k = m \\ |Z(k)| & , k \neq m \end{cases} \quad (7)$$

[0080] 式中, φ_m 表示相位部分, 满足 $\varphi_m = \frac{2\pi k^2}{2^{SF+1}} + \varphi_h$ 。通过比较 $|\Xi_m(k)|$ 的最大值即可选取出最大值所对应的索引, 表示为估计出的传输符号 \tilde{m} , 那么传输符号 \tilde{m} 为:

$$[0081] \quad \tilde{m} = \arg \max_{k \in \mathbf{M}} (|\Xi_m(k)|) \quad (8)$$

[0082] 如此便实现了LoRa通信系统对传输符号的检测,接下来将传输符号恢复为比特流后即完成了LoRa解调操作。

[0083] 结合现有技术可以实现的远距离无线电系统的数据速率可以表示为 SF/T_{sym} ,因此在结合现有技术可以实现的LoRa通信系统的通信速率较低,难以满足高速发展的物联网智能应用场景。本发明针对结合现有技术可以实现的LoRa通信系统的调制解调方案进行进一步的优化设计,提出一种基于扩频因子索引的远距离无线电通信系统(SFI-LoRa系统),SFI-LoRa系统包括发射机和接收机,发射机用于将在一个符号周期内的信息比特转换为传输信号并发送至接收机,接收机用于接收并解调经过一个时不变且频率平坦的信道后的传输信号,最后得到输出比特流。本发明利用不同SF的LoRa信号间的良好互相关性进行索引规则的设计,同时将组合数技术引入chirp通信系统,通过预设组合数规则将比特信息转换为十进制数以选择活动索引,充分利用自然数和组合之间的一对一映射,将SF组合以扩展出额外的维度来携带更多的信息比特达到提升数据传输速率的效果。

[0084] 请参阅图1,图1为本发明实施例提供的一种基于扩频因子索引的远距离无线电通信方法的步骤流程图。

[0085] 本发明提供的一种基于扩频因子索引的远距离无线电通信方法,包括:

[0086] 步骤101,在一个符号周期内,基于可选扩频因子数和可调传输速率参数将多个信息比特划分为多个索引比特和多个调制比特。

[0087] 在本实施例中,设定在一个符号周期内系统传输的信息比特的总比特数目为 p ,发射机在接收到信息比特后,需要将信息比特划分为两个部分:索引比特和调制比特;

[0088] 需要说明的是,LoRa物理层协议规定LoRa通信系统的扩频因子 $SF \in \{6,7,\dots,12\}$,而LoRa物理层协议是Semtech公司的私有协议,在实际应用过程中,由于 $SF=6$ 时需要对LoRa芯片进行额外配置且仅用于特定情况。因此,本发明不考虑 $SF=6$ 的情况,在本实施例中SF有6种可能取值,即 $SF \in \{7,8,\dots,12\}$,那么可选扩频因子数 l_1 取值为6;其中, l_2 是系统的可调传输速率参数,可以根据实际需求进行动态调整, l_2 的取值范围为 $[1, l_1]$ 。

[0089] 其中,索引比特的比特数目由可选扩频因子数 l_1 和可调传输速率参数 l_2 所确定,具体为:

$$[0090] \quad Num_{index} = \lfloor \log_2 C_{l_1}^{l_2} \rfloor \quad (9)$$

[0091] 特别的,调制比特的数量由索引比特和扩频因子序列所确定,那么在本发明中,首先确定索引比特,然后执行步骤102和步骤103,进而确定传输的调制比特的比特数目,完成步骤101中对调制比特的划分。

[0092] 步骤102,基于可选扩频因子数和可调传输速率参数,按照预设组合数规则将索引比特映射为元素序号集。

[0093] 需要说明的是,本发明利用不同SF的LoRa信号间的良好互相关性并结合组合数技术进行索引规则的设计,将索引比特映射成由不同SF的组合序列,以扩展出额外的维度来携带更多的信息比特。基于此,在本发明中设计预设组合数规则和预设序列映射表;其中,预设组合数规则反映了索引比特与组合数之间的映射关系,而预设序列映射表则反映了组合数与不同SF的组合序列之间的映射关系。

[0094] 步骤102具体包括:

[0095] 步骤1021,将索引比特转换为十进制信息。

[0096] 预设组合数规则充分利用自然数和组合数之间的一对一映射,而实现映射的前提条件是将索引比特转换成十进制信息,如此才能实现索引比特与组合数之间的映射。

[0097] 步骤1022,基于可选扩频因子数和可调传输速率参数,按照预设组合数规则将十进制信息映射为元素序号集。

[0098] 需要说明的是,对于任意自然数 $Z \in [0, C_{l_1}^{l_2} - 1]$,其中 $C_{l_1}^{l_2} = \frac{l_1!}{l_2!(l_1-l_2)!}$,基于预设组合数规则能将自然数 Z 映射成严格单调递减的长度为 l_2 的序列。那么对于 l_1 和 l_2 的固定值,本实施例按照预设组合数规则可以将十进制信息映射成长度为 l_2 的元素序号集 $S^* = \{d_{l_2}, \dots, d_1\}$, $d_{l_2} > d_{l_2-1} > \dots > d_1 \geq 0$,且 $d_1, \dots, d_{l_2} \in \{1, \dots, l_1 - 1\}$ 。

[0099] 那么元素序号集 S^* 可以通过以下等式来获得:

$$[0100] \quad Z = C_{d_{l_2}}^{l_2} + \dots + C_{d_2}^2 + C_{d_1}^1 \quad (10)$$

[0101] 其中,元素序号集 S^* 的生成方式可以简单地描述如下:1) d_{l_2} 在满足 $C_{d_{l_2}}^{l_2} \leq Z$ 的前提下取最大值;2) 同样的, d_{l_2-1} 在满足 $C_{d_{l_2-1}}^{l_2-1} \leq Z$ 的前提下取最大值;以此类推,从而得到了长度为 l_2 的序列 S^* 。

[0102] 示例性的,以 $l_1=6, l_2=3$ 和 $Z = C_6^3 = 20$ 为例,索引比特与元素序号集之间的映射过程如表1所示:

[0103] 表1 索引比特与元素序号集之间的映射过程

| 索引比特 | | 十进制信息 Z | | 元素序号集 S^* |
|------|---|------------------------------|---|-------------|
| 1111 | → | $15 = C_5^3 + C_3^2 + C_2^1$ | → | {5,3,2} |
| 1110 | → | $14 = C_5^3 + C_3^2 + C_1^1$ | → | {5,3,1} |
| ⋮ | → | ⋮ | → | ⋮ |
| 0000 | → | $0 = C_2^3 + C_1^2 + C_0^1$ | → | {2,1,0} |

[0105] 步骤103,基于预设序列映射表,将元素序号集映射为扩频因子序列;基于扩频因子序列的多种扩频因子,分别生成各扩频因子对应的第一啁啾信号。

[0106] 需要说明的是,预设序列映射表用于索引出可用的扩频因子以将不同扩因子组合为扩频因子序列,反映了元素序号集的元素与扩频因子序列的扩频因子之间的映射关系。其中,预设序列映射表如表2所示:

[0107] 表2 预设序列映射表

| 元素序号集的元素 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------|---|---|---|----|----|----|
| ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ |
| 扩频因子序列的扩频因子 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |

[0109] 为了便于理解,继续以 $l_1=6, l_2=3$ 和 $Z = C_6^3 = 20$ 为例,元素序号集与扩频因子序列之间的映射过程如表3所示:

[0110] 表3 元素序号集与扩频因子序列的映射过程

| | 元素序号集 S^* | | 扩频因子序列 S |
|--------|-------------|---|------------|
| [0111] | {5,3,2} | → | {12,10,9} |
| | {5,3,1} | → | {12,10,8} |
| | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| | {2,1,0} | → | {9,8,7} |

[0112] 具体的,假设总共有 K 种不同的SF可用,其中第 k 种SF表示为 S_k ,那么 K 种可用扩频因子SF可以组合成扩频因子序列 S , $S = \{S_1, \dots, S_K\}$,且 $S_1 > S_2 > \dots > S_K$,其中第 k 个SF表示为 S_k , $k = 1, 2, \dots, K$, $S_k \in \{7, \dots, 12\}$ 。

[0113] 最后,将扩频因子序列 S 输入至啁啾信号发生器中,生成 K 种扩频因子关联的第一啁啾信号;本发明按照预设组合数规则将索引比特映射为一个扩频因子组合 S ,将不同的SF进行组合,以扩展出额外的维度来携带更多的信息比特达到提升数据传输速率的效果。

[0114] 步骤104,基于扩频因子序列,将多个调制比特分别转换为与各扩频因子关联的十进制符号;将各十进制符号调制成承载信号,并将承载信号分别与关联的扩频因子的第一啁啾信号相乘,得到各扩频因子关联的第二啁啾信号。

[0115] 需要说明的是,在得到扩频因子序列后,可以确定出索引比特的传输数目,假设调制比特的比特数目为 $\sum_{k=1}^K \binom{N_1}{N_k} S_k$,并将 $\sum_{k=1}^K \binom{N_1}{N_k} S_k$ 个调制比特分别转换为与各扩频因子关联的十进制符号。

[0116] 其中,第 k 种扩频因子关联的十进制符号 $m_k(i) \in \{0, 1, \dots, N_k - 1\}$ 的符号数为 $\binom{N_1}{N_k}$,其中, $N_k \triangleq 2^{S_k}$, $i = 1, 2, \dots, \frac{N_1}{N_k}$,那么 $\sum_{k=1}^K \binom{N_1}{N_k} S_k$ 个调制比特总共转换为 $\sum_{k=1}^K \binom{N_1}{N_k}$ 个十进制符号 $m_k(i)$;可以理解的是,每种扩频因子关联着不同数量的十进制符号。

[0117] 将各十进制符号调制成承载信号,并将承载信号分别与关联的扩频因子的第一啁啾信号相乘,得到各扩频因子关联的第二啁啾信号;其中第二啁啾信号共有 K 种;可以理解的是,在本步骤中,首先将十进制符号调制成数字信号,再将各数字信号分别与预设载频的载波信号相结合,得到承载信号;最后将承载信号与第一啁啾信号相乘,得到第二啁啾信号。

[0118] 具体的,将第 i 个十进制符号 $m_k(i)$ 通过载波承载至第 k 种扩频因子 S_k 关联的第一啁啾信号中,得到与扩频因子 S_k 关联的第 i 个第二LoRa信号 $x_k(i)$,其中 $x_k(i)$ 为:

$$[0119] \quad x_k(i) = \left\{ \exp \left[j2\pi \left(\frac{(n+m_k(i)) \bmod N_k}{2N_k} \right)^2 \right] : n = 0, 1, \dots, N_k - 1 \right\} \quad (11)$$

[0120] 步骤105,叠加所有第二啁啾信号,得到传输信号,并将传输信号发送至接收机。

[0121] 在本实施例中,将所有第二啁啾信号进行叠加传输,得到传输信号;具体的,传输信号由 K 种扩频因子SF的第二啁啾信号叠加而成,但是不同SF的第二啁啾信号的信号持续时间不一样,而不同SF之间的信号持续时间相差2的次方倍,比如SF=8的LoRa信号持续时间是SF=7两倍,而SF=9的LoRa信号持续时间则是SF=8的两倍,以此类推。

[0122] 因此为了便于信号能量归一化、最大化频谱效率以及被叠加信号的持续时间一样,信号进行叠加时会采用例如一个SF=8的LoRa信号叠加等于两个拼接起来的SF=7的LoRa信号的形式,即这里SF=7的LoRa信号可被划分为两个子块,但是最终发射信号能量与相同

持续时间的单个LoRa信号能量一致。

[0123] 那么,传输信号可以表示为由K个部分 x_k 叠加而成,具体为:

$$[0124] \quad x = \frac{1}{\sqrt{K}} \sum_{k=1}^K x_k \quad (12)$$

[0125] 其中叠加的每部分 x_k 分别携带有 $(\frac{N_1}{N_k})S_k$ 个调制比特,那么每部分 x_k 还能继续细化为 $\frac{N_1}{N_k}$ 个信号子块,每个信号子块携带 S_k 个调制比特,那么每部分 x_k 可表示为 $x_k = [x_k^T(1), x_k^T(2), \dots, x_k^T(a), \dots, x_k^T(\frac{N_1}{N_k})]^T$, 其中 $x_k^T(a)$ 表示为在信号持续时间T下的第k种扩频因子对应的第a个信号子块携带的调制比特数。

[0126] 请参阅图5,图5展示了在单径瑞利衰落信道下基于扩频因子索引的远距离无线电系统与传统的远距离无线电系统以及基于频点索引的远距离无线电系统的误码率性能对比。由图5可以看出在单径瑞利衰落信道下,在单个符号携带的比特数量相同时,扩频因子索引远距离无线电系统的误码率性能相较于频点索引远距离无线电系统具备约2dB的性能优势。

[0127] 进一步的,请参阅图6,图6展示了在单径瑞利衰落信道下扩频因子索引远距离无线电系统与远距离无线电系统的吞吐量性能对比,在本调制方案中,载波索引携带了 $\lfloor \log_2 C_6^K \rfloor$ 个索引比特,加上承载的调制比特 $\sum_{k=1}^K (N_1/N_k)S_k$ 个,因此在一个符号周期内总共传输的信息特数为 $\sum_{k=1}^K (N_1/N_k)S_k + \lfloor \log_2 C_6^K \rfloor$ 。假设符号持续时间为 T_{sym} ,因此本系统的数据速率可以表示为 $(\sum_{k=1}^K (N_1/N_k)S_k + \lfloor \log_2 C_6^K \rfloor) / T_{sym}$,而在结合现有技术可以实现的远距离无线电系统的数据速率可以表示为 SF / T_{sym} ,因此相较于结合现有技术可以实现的远距离无线电系统,本发明在通信数据速率上有显著的提升,同时图6可以看出本发明设计的方案在吞吐量上也有了显著的提升。

[0128] 在本发明中,对传统的远距离无线电系统进行优化设计,极大的提升了系统的通信速率,解决了现有技术中LoRa系统的通信传输速率低导致其应用受限的技术问题,同时在误码率和吞吐量上也具备更好的性能优势,从而实现了能量效率和频谱效率方面的改善,提高通信的可靠性。因此,本发明提供的一种基于扩频因子索引的远距离无线电通信技术可以成为有竞争力的低功耗且高速率的无线通信技术。

[0129] 请参见图2,下面为本申请第二方面还提供的一种基于扩频因子索引的远距离无线电通信方法的实施例的详细说明。

[0130] 步骤201,接收经过一个时不变且频率平坦的信道后的传输信号,得到接收信号;将接收信号并分别乘以多种扩频因子的基础chirp信号的共轭信号,得到多种解调频信号。

[0131] 需要说明的是,传输信号 x 被发射机发送出去,并且经过时不变且频率平坦的信道后,被接收机接收到的接收信号可以表达为:

$$[0132] \quad \tilde{x} = h x + z(n) \quad (13)$$

[0133] 接着需要对接收信号 \tilde{x} 进行解调频操作确定索引信息:利用不同SF的LoRa信号间的近似正交性,即 $x_k x_l \approx 0, 1 \leq k \neq l \leq 6$,使用不同扩频因子SF的基础chirp信号的共轭信号

$w_{SF,0}^*(n)$ 分别乘以接收信号 $y = \tilde{x} w_{SF,0}^*(n)$, 得到多种解调频信号; 在步骤中, 多种扩频因子特指6种扩频因子 SF , $SF \in \{7, 8, \dots, 12\}$ 。

[0134] 步骤202, 对所有解调频信号进行离散傅里叶变换, 得到离散傅里叶变换结果。

[0135] 在步骤中, 分别对解调频信号 $y_{k,n}(i)$ 进行 2^{SF} 点的离散傅里叶变换, 得到离散傅里叶变换结果, 表示为:

$$[0136] \quad Y_{k,m}(i) = \sum_{n=0}^{N_k-1} y_{k,n}(i) \exp\left(\frac{-j2\pi mn}{N_k}\right), \forall i, k \quad (14)$$

[0137] 步骤203, 将所有离散傅里叶变换结果从大到小进行排序, 并选取前K个离散傅里叶变换结果组成目标序列, 基于目标序列确定扩频因子序列。

[0138] 需要说明的是, 通过选取变换后的前K个较大值即可获得发射机所采用的序列S。

[0139] 步骤204, 将扩频因子序列进行索引确定对应的索引信息; 基于扩频因子序列, 对接收信号进行解调, 得到调制信息。

[0140] 针对索引信息, 将扩频因子序列输入至索引检索器, 按照预设组合数规则将扩频因子序列进行索引以恢复出对应的十进制索引信息;

[0141] 针对调制信息, 首先基于扩频因子序列, 对接收到的传输信号(即接收信号)划分为多个信号子块; 分别对信号子块依次进行解调频、离散傅里叶变换和峰值检测, 确定每个信号子块的峰值的索引值; 其中, 每个信号子块的峰值所在的索引即该信号子块携带的十进制调制信息; 最后, 基于所有信号子块关联的索引值, 确定调制信息。

[0142] 其中, 各信号子块的调制信息 \tilde{m} 具体为:

$$[0143] \quad \tilde{m} = \operatorname{argmax}|Y_{k,m}(i)|, \forall i, k \quad (15)$$

[0144] 至此就实现了对SFI-LoRa通信系统中所传输符号的检测。

[0145] 步骤205, 分别对索引信息和调制信息进行串并转换, 得到输出比特流。

[0146] 可以理解的是, 将调制信息和索引信息分别进行串并转换, 即能恢复为输出比特流 \hat{p} 后, 完成了SFI-LoRa系统的解调操作。

[0147] 下面为本申请第三方面提供的一种基于扩频因子索引的远距离无线电通信系统的实施例的详细说明。

[0148] 本实施例中, 提供了一种基于扩频因子索引的远距离无线电通信系统, 请参见图3, 图3为本发明实施例提供的基于扩频因子索引的远距离无线电通信系统的第一个结构图; 基于扩频因子索引的远距离无线电通信系统包括: 发射机和接收机;

[0149] 发射机, 用于将在一个符号周期内的信息比特调制成多种第二啁啾信号, 叠加所有第二啁啾信号得到传输信号并将传输信号发送至接收机;

[0150] 发射机包括比特分割器、比特映射器、索引选择器、啁啾信号发生器、进制转换器和调制器;

[0151] 比特分割器分别连接比特映射器和进制转换器, 用于基于可选扩频因子数和可调传输速率参数将多个信息比特划分为多个索引比特和多个调制比特, 并将索引比特发送至比特映射器, 将调制比特发送至进制转换器;

[0152] 比特映射器连接索引选择器, 用于基于可选扩频因子数和可调传输速率参数, 按照预设组合数规则将索引比特映射为元素序号集, 并将元素序号集发送至索引选择器;

[0153] 索引选择器与啁啾信号发生器相连接, 用于基于预设序列映射表, 将元素序号集

映射为扩频因子序列;基于扩频因子序列的多种扩频因子,分别生成各扩频因子对应的第一啁啾信号;其中,扩频因子序列为 $S, S = \{S_1, \dots, S_K\}$,扩频因子序列共有K种扩频因子;

[0154] 进制转换器和调制器相连接,用于基于扩频因子序列,将多个调制比特分别转换为与各扩频因子关联的十进制符号;将各十进制符号调制成承载信号,并将承载信号分别与关联的扩频因子的第一啁啾信号相乘,得到各扩频因子关联的第二啁啾信号。

[0155] 其中,比特映射器连接索引选择器,具体用于将索引比特转换为十进制信息;基于可选扩频因子数和可调传输速率参数,按照预设组合数规则将十进制信息映射为元素序号集;其中,元素序号集为单调递减且长度与可调传输速率参数相同的序列。

[0156] 进一步的,参见图4,图4为本发明实施例提供的基于扩频因子索引的远距离无线电通信系统的第二个结构图。

[0157] 接收机包括扩频因子序列生成单元、索引检索器、解调器和转换单元;

[0158] 扩频因子序列生成单元分别连接索引检索器和解调器,用于接收经过一个时不变且频率平坦的信道后的传输信号,得到接收信号;将接收信号分别乘以多种扩频因子的基础chirp信号的共轭信号,得到多种解调频信号;对所有解调频信号进行离散傅里叶变换,得到离散傅里叶变换结果;将所有离散傅里叶变换结果从大到小进行排序,并选取前K个离散傅里叶变换结果组成目标序列,基于目标序列确定扩频因子序列;将扩频因子序列分别发送至索引检索器和解调器;

[0159] 索引检索器连接转换单元,用于索引扩频因子序列确定索引信息,并将索引信息发送至转换单元;

[0160] 解调器连接转换单元,用于基于扩频因子序列,对接收信号进行解调,得到调制信息;

[0161] 转换单元用于,分别对索引信息和调制信息进行串并转换,得到输出比特流。

[0162] 本申请第四方面还提供了一种基于扩频因子索引的远距离无线电通信设备,设备包括处理器以及存储器:

[0163] 存储器用于存储程序代码,并将程序代码传输给处理器;

[0164] 处理器用于根据程序代码中的指令执行如上的远距离无线电通信方法。

[0165] 本申请第五方面还提供了一种计算机可读存储介质,计算机可读存储介质用于存储程序代码,程序代码用于执行如上的远距离无线电通信方法。

[0166] 所属领域的技术人员可以清楚地了解到,为描述的方便和简洁,上述描述的系统,装置和单元的具体工作过程,可以参考前述方法实施例中的对应过程,在此不再赘述。

[0167] 在本申请所提供的几个实施例中,应该理解到,所揭露的系统,装置和方法,可以通过其它的方式实现。例如,以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,例如,所述单元的划分,仅仅为一种逻辑功能划分,实际实现时可以有另外的划分方式,例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统,或一些特征可以忽略,或不执行。另一点,所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口,装置或单元的间接耦合或通信连接,可以是电性,机械或其它的形式。

[0168] 所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目

的。

[0169] 另外,在本发明各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中,也可以是各个单元单独物理存在,也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现,也可以采用软件功能单元的形式实现。

[0170] 所述集成的单元如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用时,可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解,本发明的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的全部或部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储介质中,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备等)执行本发明各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括:U盘、移动硬盘、只读存储器(ROM,Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM,Random Access Memory)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0171] 以上所述,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

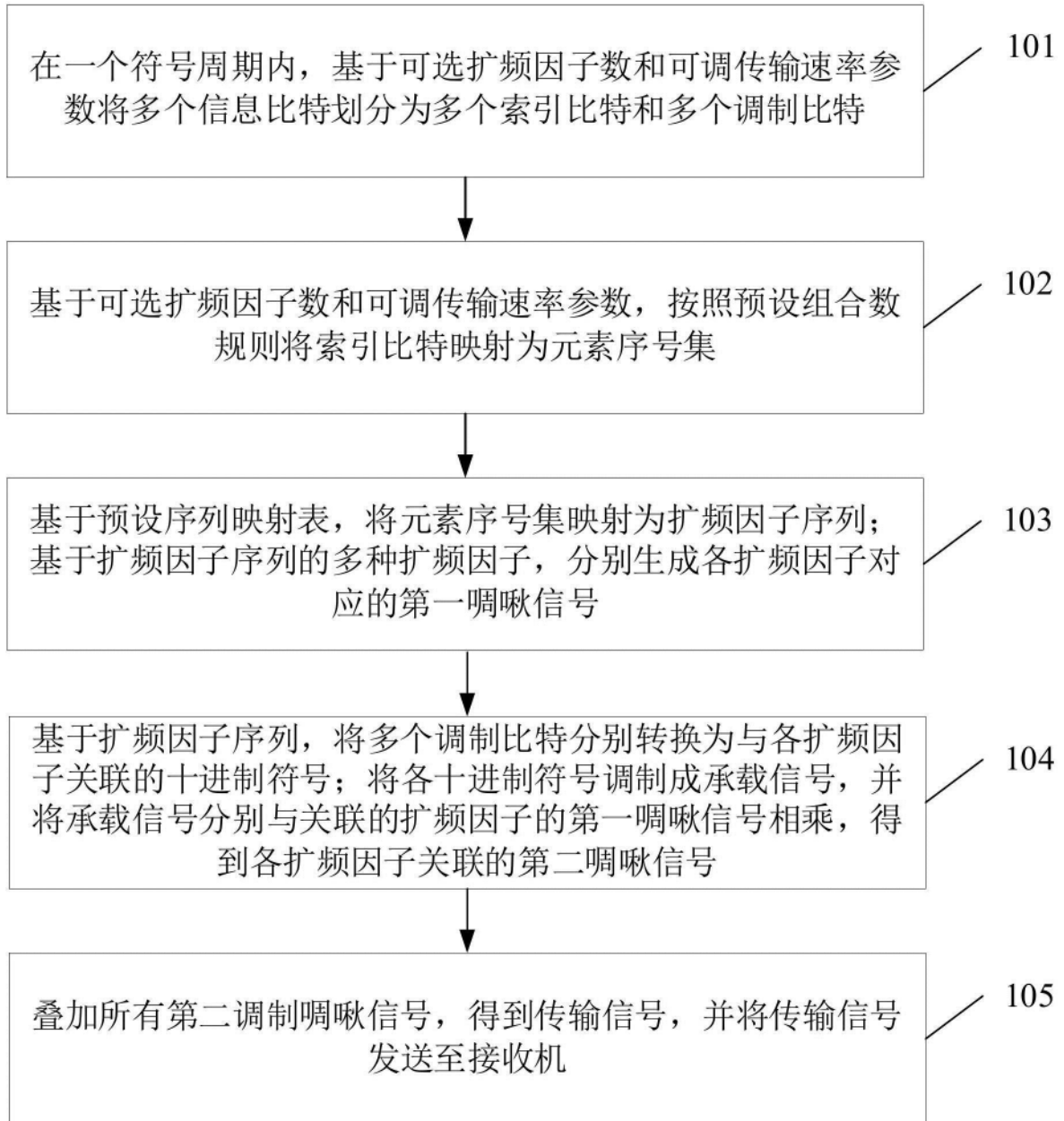


图1

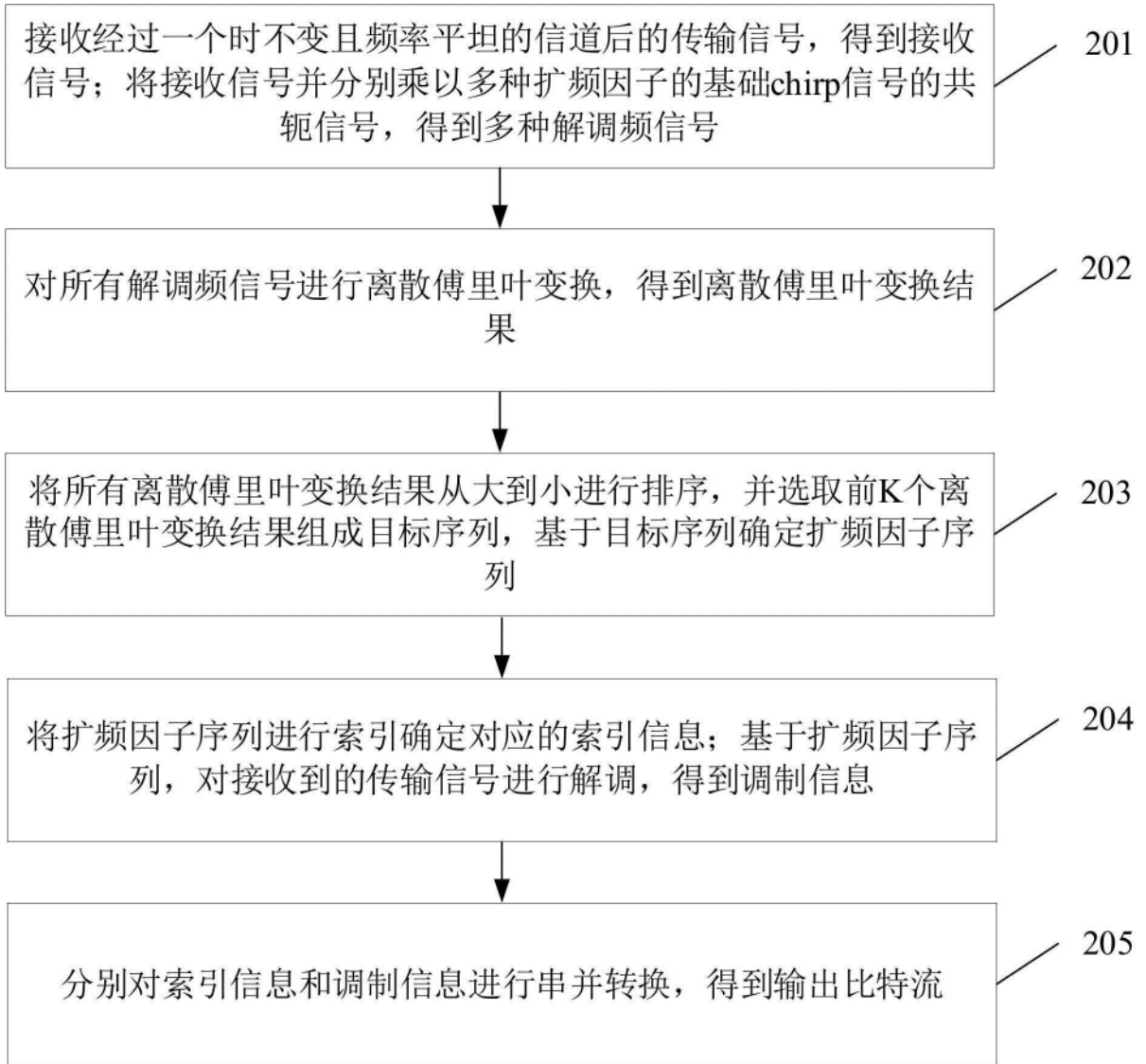


图2

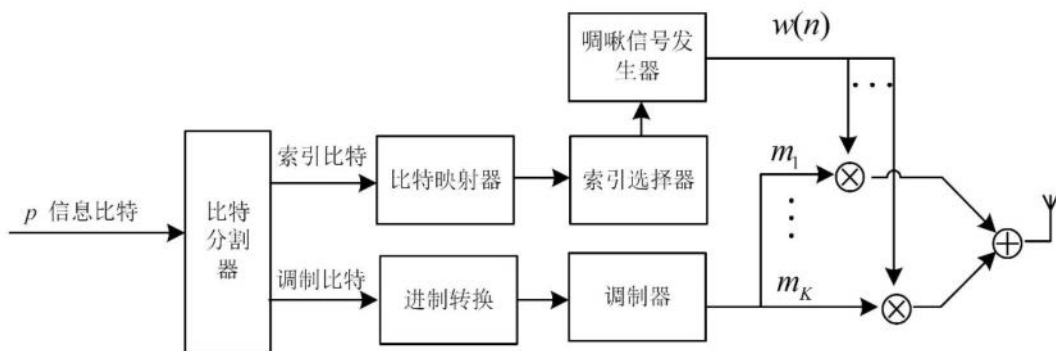


图3

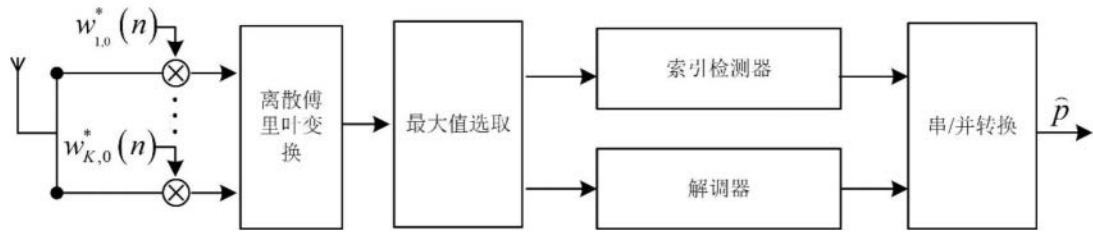


图4

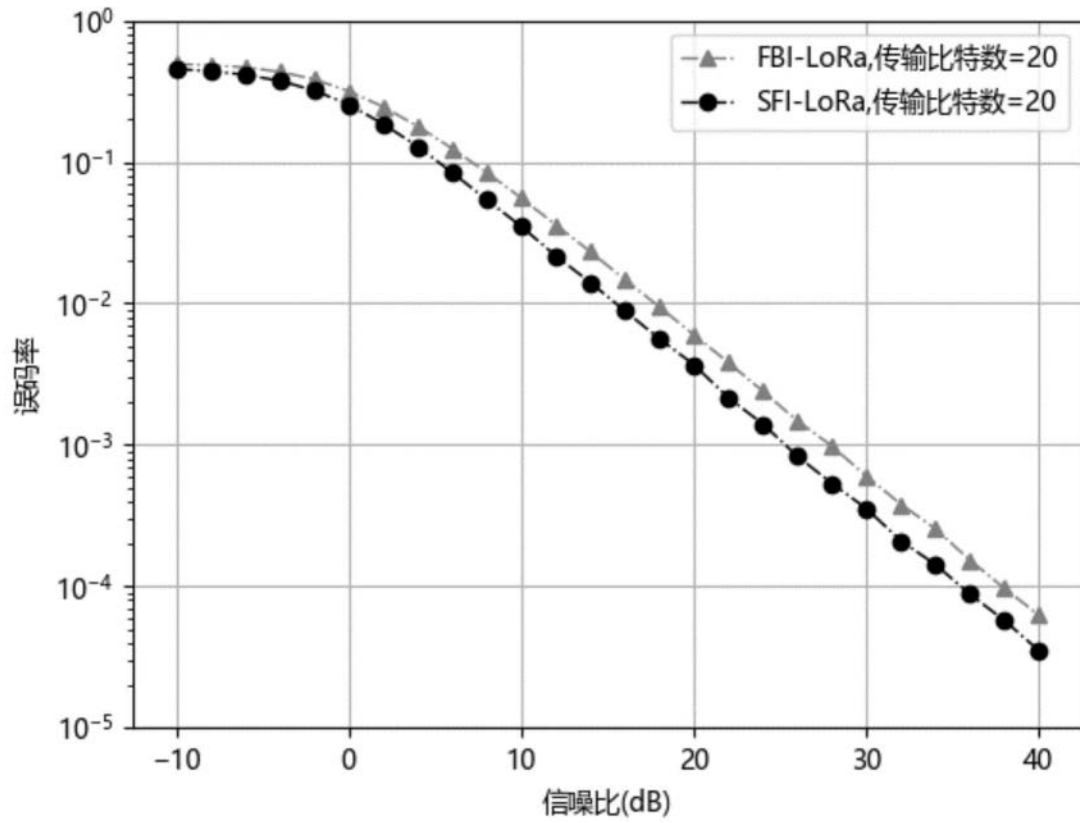


图5

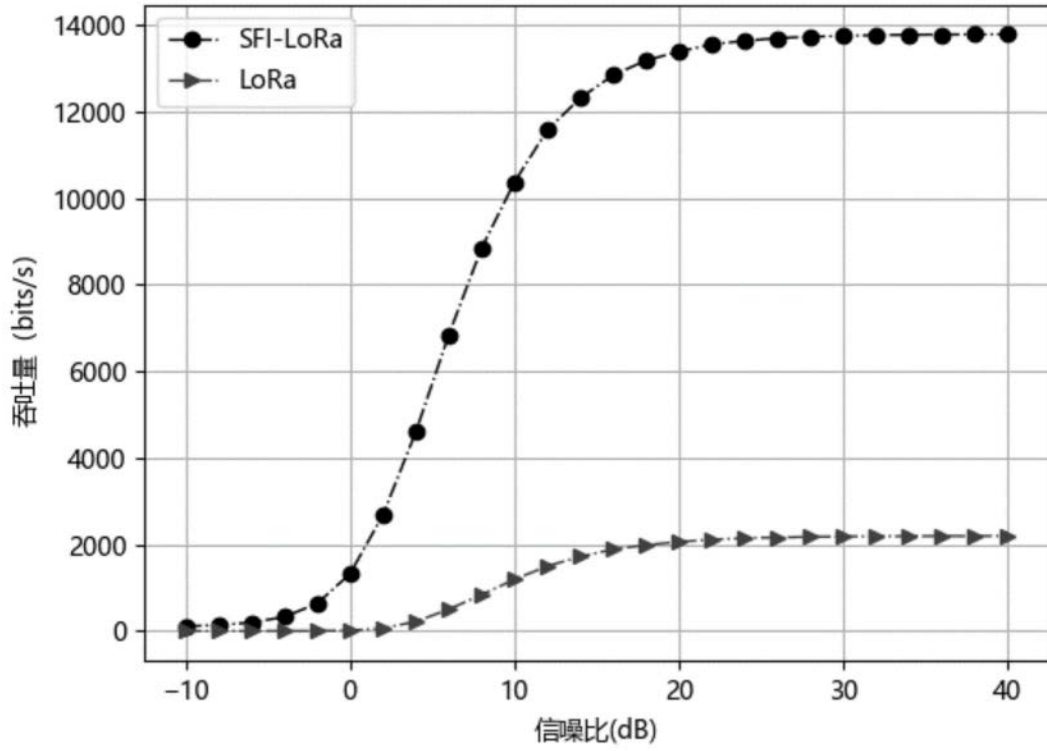


图6

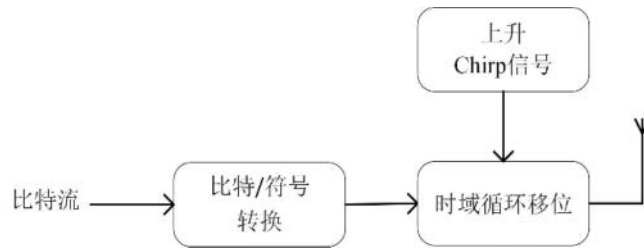


图7

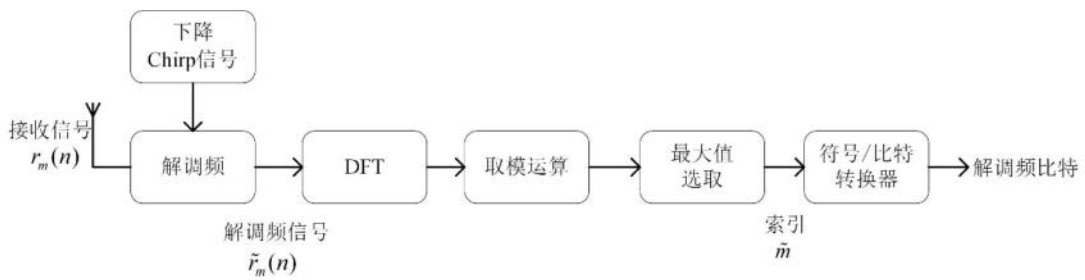


图8