



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106941369 B

(45)授权公告日 2020.09.15

(21)申请号 201710202204.7

(22)申请日 2017.03.30

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106941369 A

(43)申请公布日 2017.07.11

(73)专利权人 大唐联诚信息系统技术有限公司

地址 100191 北京市海淀区学院路40号

(72)发明人 陈立宇 王鑫 曹晏波 林旭

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 王宝筠

(51)Int.Cl.

H04B 7/06(2006.01)

H04L 25/02(2006.01)

H04L 27/26(2006.01)

(56)对比文件

US 2007153928 A1,2007.07.05

US 2010185777 A1,2010.07.22

CN 103414664 A,2013.11.27

审查员 王鑫

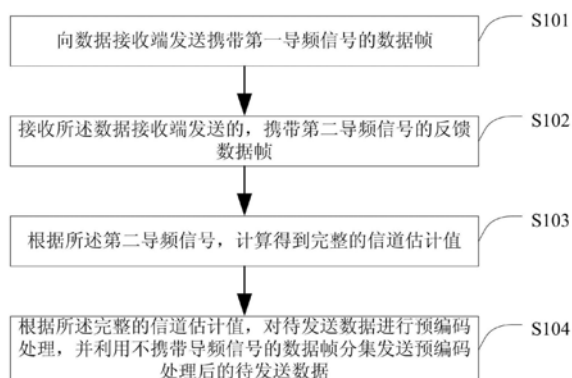
权利要求书2页 说明书14页 附图8页

(54)发明名称

一种数据传输方法、装置及反馈数据帧

(57)摘要

本发明提出一种数据传输方法,包括:向数据接收端发送携带第一导频信号的数据帧;接收数据接收端发送的,携带第二导频信号的反馈数据帧;其中,所述携带第二导频信号的反馈数据帧,为数据接收端根据接收到的携带第一导频信号的数据帧验证信道状况满足预编码传输条件时,发送的携带第二导频信号的反馈数据帧;根据第二导频信号,计算得到完整的信道估计值;根据完整的信道估计值,对待发送数据进行预编码处理,并利用不携带导频信号的数据帧分集发送预编码处理后的待发送数据。采用本发明技术方案,当信道满足预编码传输条件时,数据发送端开始用预编码技术发送数据,不用再发送导频信号,由此可以减少导频开销,提升系统编码增益。



1. 一种数据传输方法,其特征在于,应用于数据发送端,该方法包括:
向数据接收端发送携带第一导频信号的数据帧;
接收所述数据接收端发送的,携带第二导频信号的反馈数据帧;其中,所述携带第二导频信号的反馈数据帧,为所述数据接收端接收到所述携带第一导频信号的数据帧,并根据所述数据帧验证信道状况满足预编码传输条件时,向所述数据发送端发送的携带第二导频信号的反馈数据帧;
根据所述第二导频信号,计算得到完整的信道估计值;
根据所述完整的信道估计值,对待发送数据进行预编码处理,并利用不携带导频信号的数据帧分集发送预编码处理后的待发送数据。
2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据所述第二导频信号,计算得到完整的信道估计值,包括:
根据所述第二导频信号,计算得到所述第二导频信号对应的信道估计值;
根据所述第二导频信号对应的信道估计值计算得到完整的信道估计值。
3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述根据所述第二导频信号,计算得到所述第二导频信号对应的信道估计值,包括:
根据所述第二导频信号,计算得到反馈信道估计值;
对所述反馈信道估计值进行校准处理,得到所述第二导频信号对应的信道估计值。
4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述对待发送数据进行预编码处理,包括:
对待发送数据进行基于最小均方误差准则的预编码处理。
5. 一种数据传输装置,其特征在于,应用于数据发送端,该装置包括:
第一发送单元,用于向数据接收端发送携带第一导频信号的数据帧;
第一接收单元,用于接收所述数据接收端发送的,携带第二导频信号的反馈数据帧;其中,所述携带第二导频信号的反馈数据帧,为所述数据接收端接收到所述携带第一导频信号的数据帧,并根据所述数据帧验证信道状况满足预编码传输条件时,向所述数据发送端发送的携带第二导频信号的反馈数据帧;
第一计算单元,用于根据所述第二导频信号,计算得到完整的信道估计值;
处理单元,用于根据所述完整的信道估计值,对待发送数据进行预编码处理,并利用不携带导频信号的数据帧分集发送预编码处理后的待发送数据。
6. 根据权利要求5所述的装置,其特征在于,所述第一计算单元,包括:
第二计算单元,用于根据所述第二导频信号,计算得到所述第二导频信号对应的信道估计值;
第三计算单元,用于根据所述第二导频信号对应的信道估计值计算得到完整的信道估计值。
7. 根据权利要求6所述的装置,其特征在于,所述第二计算单元根据所述第二导频信号,计算得到所述第二导频信号对应的信道估计值时,具体用于:
根据所述第二导频信号,计算得到反馈信道估计值;对所述反馈信道估计值进行校准处理,得到所述第二导频信号对应的信道估计值。
8. 根据权利要求5所述的装置,其特征在于,所述处理单元对待发送数据进行预编码处理时,具体用于:

对待发送数据进行基于最小均方误差准则的预编码处理。

9. 一种数据传输方法, 其特征在于, 应用于数据接收端, 该方法包括:

接收数据发送端发送的携带第一导频信号的数据帧;

对所述数据帧中的数据进行解析, 并由所述第一导频信号计算得到信道估计值;

根据对所述数据帧中的数据的解析结果, 以及所述信道估计值, 判断信道状况是否满足预编码传输条件;

当判断信道状况满足预编码传输条件时, 向所述数据发送端发送携带第二导频信号的反馈数据帧, 使所述数据发送端利用不携带导频信号的数据帧分集发送待发送数据。

10. 根据权利要求9所述的方法, 其特征在于, 所述根据对所述数据帧中的数据的解析结果, 以及所述信道估计值, 判断信道状况是否满足预编码传输条件, 包括:

根据对所述数据帧中的数据的解析结果, 判断对所述数据帧中的数据的解析是否正确, 以及根据所述信道估计值, 判断信道多普勒扩展是否小于设定阈值;

如果对所述数据帧中的数据的解析正确, 并且信道多普勒扩展小于设定阈值, 则判断信道状况满足预编码传输条件。

11. 根据权利要求9所述的方法, 其特征在于, 所述向所述数据发送端发送携带第二导频信号的反馈数据帧, 包括:

发送包含4个OFDM符号的反馈数据帧, 其中, 所述4个OFDM符号携带第二导频信号。

12. 一种数据传输装置, 其特征在于, 应用于数据接收端, 该装置包括:

第二接收单元, 用于接收数据发送端发送的携带第一导频信号的数据帧;

第四计算单元, 用于对所述数据帧中的数据进行解析, 并由所述第一导频信号计算得到信道估计值;

判断单元, 用于根据对所述数据帧中的数据的解析结果, 以及所述信道估计值, 判断信道状况是否满足预编码传输条件;

第二发送单元, 用于当所述判断单元判断信道状况满足预编码传输条件时, 向所述数据发送端发送携带第二导频信号的反馈数据帧, 使所述数据发送端利用不携带导频信号的数据帧分集发送待发送数据。

13. 根据权利要求12所述的装置, 其特征在于, 所述判断单元根据对所述数据帧中的数据的解析结果, 以及所述信道估计值, 判断信道状况是否满足预编码传输条件时, 具体用于:

根据对所述数据帧中的数据的解析结果, 判断对所述数据帧中的数据的解析是否正确, 以及根据所述信道估计值, 判断信道多普勒扩展是否小于设定阈值; 如果对所述数据帧中的数据的解析正确, 并且信道多普勒扩展小于设定阈值, 则判断信道状况满足预编码传输条件。

14. 根据权利要求12所述的装置, 其特征在于, 所述第二发送单元向所述数据发送端发送携带第二导频信号的反馈数据帧时, 具体用于:

发送包含4个OFDM符号的反馈数据帧, 其中, 所述4个OFDM符号携带第二导频信号。

一种数据传输方法、装置及反馈数据帧

技术领域

[0001] 本发明涉及无线通信技术领域,尤其涉及一种数据传输方法、装置及反馈数据帧。

背景技术

[0002] 在多输入多输出的短波无线通信系统中,通过应用空间分集技术,可以获取较高的分集增益,从而提高短波系统的传输可靠性以及信道容量。

[0003] 空间分集分为发射分集和接收分集,发射分集包括基于空时/频块编码(Space Time Frequency Block Code,ST(F)BC)的发射分集、基于空时/频网格编码(Space Time Frequency Trellis Code,ST(F)TC)的发射分集及基于空时/频Turbo码的发射分集。由于空频块编码SFBC编码简单,易于实现,因此,基于SFBC的发射分集技术常被用于多输入多输出的短波无线通信系统中,用以获得较高的分集增益。

[0004] 在基于SFBC的多输入多输出短波通信系统中,需要在数据帧中传输导频信号,以保证系统同步,消除符号间干扰及子载波间干扰。但是,短波信道具有较强的时间选择性衰落和频率选择性衰落,在这种信道中传输导频信号,导频所占的资源较多、开销较大,会严重降低系统的编码增益,由此导致基于SFBC的多输入多输出短波无线通信系统相对于单输入单输出的短波无线通信系统,其性能并无实际提升。

发明内容

[0005] 基于上述现有技术的缺陷和不足,本发明提出一种数据传输方法、装置及反馈数据帧,采用本发明技术方案,能够减少系统导频开销,提升系统编码增益。

[0006] 一种数据传输方法,应用于数据发送端,该方法包括:

[0007] 向数据接收端发送携带第一导频信号的数据帧;

[0008] 接收所述数据接收端发送的,携带第二导频信号的反馈数据帧;其中,所述携带第二导频信号的反馈数据帧,为所述数据接收端接收到所述携带第一导频信号的数据帧,并根据所述数据帧验证信道状况满足预编码传输条件时,向所述数据发送端发送的携带第二导频信号的反馈数据帧;

[0009] 根据所述第二导频信号,计算得到完整的信道估计值;

[0010] 根据所述完整的信道估计值,对待发送数据进行预编码处理,并利用不携带导频信号的数据帧分集发送预编码处理后的待发送数据。

[0011] 优选地,所述根据所述第二导频信号,计算得到完整的信道估计值,包括:

[0012] 根据所述第二导频信号,计算得到所述第二导频信号对应的信道估计值;

[0013] 根据所述第二导频信号对应的信道估计值计算得到完整的信道估计值。

[0014] 优选地,所述根据所述第二导频信号,计算得到所述第二导频信号对应的信道估计值,包括:

[0015] 根据所述第二导频信号,计算得到反馈信道估计值;

[0016] 对所述反馈信道估计值进行校准处理,得到所述第二导频信号对应的信道估计

值。

[0017] 优选地,所述对待发送数据进行预编码处理,包括:

[0018] 对待发送数据进行基于最小均方误差准则的预编码处理。

[0019] 一种数据传输装置,应用于数据发送端,该装置包括:

[0020] 第一发送单元,用于向数据接收端发送携带第一导频信号的数据帧;

[0021] 第一接收单元,用于接收所述数据接收端发送的,携带第二导频信号的反馈数据帧;其中,所述携带第二导频信号的反馈数据帧,为所述数据接收端接收到所述携带第一导频信号的数据帧,并根据所述数据帧验证信道状况满足预编码传输条件时,向所述数据发送端发送的携带第二导频信号的反馈数据帧;

[0022] 第一计算单元,用于根据所述第二导频信号,计算得到完整的信道估计值;

[0023] 处理单元,用于根据所述完整的信道估计值,对待发送数据进行预编码处理,并利用不携带导频信号的数据帧分集发送预编码处理后的待发送数据。

[0024] 优选地,所述第一计算单元,包括:

[0025] 第二计算单元,用于根据所述第二导频信号,计算得到所述第二导频信号对应的信道估计值;

[0026] 第三计算单元,用于根据所述第二导频信号对应的信道估计值计算得到完整的信道估计值。

[0027] 优选地,所述第二计算单元根据所述第二导频信号,计算得到所述第二导频信号对应的信道估计值时,具体用于:

[0028] 根据所述第二导频信号,计算得到反馈信道估计值;对所述反馈信道估计值进行校准处理,得到所述第二导频信号对应的信道估计值。

[0029] 优选地,所述处理单元对待发送数据进行预编码处理时,具体用于:

[0030] 对待发送数据进行基于最小均方误差准则的预编码处理。

[0031] 一种数据传输方法,应用于数据接收端,该方法包括:

[0032] 接收数据发送端发送的携带第一导频信号的数据帧;

[0033] 对所述数据帧中的数据进行解析,并由所述第一导频信号计算得到信道估计值;

[0034] 根据对所述数据帧中的数据的解析结果,以及所述信道估计值,判断信道状况是否满足预编码传输条件;

[0035] 当判断信道状况满足预编码传输条件时,向所述数据发送端发送携带第二导频信号的反馈数据帧,使所述数据发送端利用不携带导频信号的数据帧分集发送待发送数据。

[0036] 优选地,所述根据对所述数据帧中的数据的解析结果,以及所述信道估计值,判断信道状况是否满足预编码传输条件,包括:

[0037] 根据对所述数据帧中的数据的解析结果,判断对所述数据帧中的数据的解析是否正确,以及根据所述信道估计值,判断信道多普勒扩展是否小于设定阈值;

[0038] 如果对所述数据帧中的数据的解析正确,并且信道多普勒扩展小于设定阈值,则判断信道状况满足预编码传输条件。

[0039] 优选地,所述向所述数据发送端发送携带第二导频信号的反馈数据帧,包括:

[0040] 发送包含4个OFDM符号的反馈数据帧,其中,所述4个OFDM符号携带第二导频信号。

[0041] 一种数据传输装置,应用于数据接收端,该装置包括:

- [0042] 第二接收单元,用于接收数据发送端发送的携带第一导频信号的数据帧;
- [0043] 第四计算单元,用于对所述数据帧中的数据进行解析,并由所述第一导频信号计算得到信道估计值;
- [0044] 判断单元,用于根据对所述数据帧中的数据的解析结果,以及所述信道估计值,判断信道状况是否满足预编码传输条件;
- [0045] 第二发送单元,用于当所述判断单元判断信道状况满足预编码传输条件时,向所述数据发送端发送携带第二导频信号的反馈数据帧,使所述数据发送端利用不携带导频信号的数据帧分集发送待发送数据。
- [0046] 优选地,所述判断单元根据对所述数据帧中的数据的解析结果,以及所述信道估计值,判断信道状况是否满足预编码传输条件时,具体用于:
- [0047] 根据对所述数据帧中的数据的解析结果,判断对所述数据帧中的数据的解析是否正确,以及根据所述信道估计值,判断信道多普勒扩展是否小于设定阈值;如果对所述数据帧中的数据的解析正确,并且信道多普勒扩展小于设定阈值,则判断信道状况满足预编码传输条件。
- [0048] 优选地,所述第二发送单元向所述数据发送端发送携带第二导频信号的反馈数据帧时,具体用于:
- [0049] 发送包含4个OFDM符号的反馈数据帧,其中,所述4个OFDM符号携带第二导频信号。
- [0050] 一种反馈数据帧,包括:
- [0051] 4个连续的包含循环前缀的OFDM符号,用于传输导频信号;
- [0052] 位于所述OFDM符号之后的保护间隔,用于防止所述导频信号与其它数据帧中的数据发生混叠。
- [0053] 本发明提出的数据传输方法,应用于数据发送端,该方法包括:向数据接收端发送携带第一导频信号的数据帧;接收所述数据接收端发送的,携带第二导频信号的反馈数据帧;其中,所述携带第二导频信号的反馈数据帧,为所述数据接收端接收到所述携带第一导频信号的数据帧,并根据所述数据帧验证信道状况满足预编码传输条件时,向所述数据发送端发送的携带第二导频信号的反馈数据帧;根据所述第二导频信号,计算得到完整的信道估计值;根据所述完整的信道估计值,对待发送数据进行预编码处理,并利用不携带导频信号的数据帧分集发送预编码处理后的待发送数据。采用本发明技术方案,当数据接收端通过接收的数据帧验证当前信道满足预编码传输条件时,向数据发送端发送携带导频的反馈数据帧,数据发送端根据接收的反馈数据帧,开始用预编码技术发送数据,并且不用再发送导频信号,由此可以减少导频开销,提升系统编码增益。

附图说明

- [0054] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,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的前提下,还可以根据提供的附图获得其他的附图。
- [0055] 图1是本发明实施例提供的一种数据传输方法的流程示意图;
- [0056] 图2是本发明实施例提供的双天线短波OFDM系统的时频结构示意图;

- [0057] 图3是本发明实施例提供的不反馈数据帧的结构示意图；
 [0058] 图4是本发明实施例提供的数据发送端发送数据的流程框图示意图；
 [0059] 图5是本发明实施例提供的数据接收端接收数据的流程框图示意图；
 [0060] 图6是本发明实施例提供的基于反馈的数据帧的结构示意图；
 [0061] 图7是本发明实施例提供的另一种数据传输方法的流程示意图；
 [0062] 图8是本发明实施例提供的短波系统组成示意图；
 [0063] 图9是本发明实施例提供的一种数据传输装置的结构示意图；
 [0064] 图10是本发明实施例提供的另一种数据传输方法的流程示意图；
 [0065] 图11是本发明实施例提供的信道冲击响应的示意图；
 [0066] 图12是本发明实施例提供的另一种信道冲击响应的示意图；
 [0067] 图13是本发明实施例提供的数据传输方法的误码率性能仿真示意图；
 [0068] 图14是本发明实施例提供的数据传输方法的吞吐量性能仿真示意图；
 [0069] 图15是本发明实施例提供的另一种数据传输装置的结构示意图。

具体实施方式

[0070] 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,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。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他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0071] 本发明实施例公开了一种数据传输方法,应用于数据发送端,参见图1所示,该方法包括:

[0072] S101、向数据接收端发送携带第一导频信号的数据帧;

[0073] 具体的,本发明实施例技术方案应用于双天线短波OFDM系统,发送端利用双天线实现发送分集,获取较高的分集增益。并且,上述双天线短波OFDM系统的时频结构如图2所示,数据发送端按照图2所示的时频结构发送数据帧。进一步的,数据发送端发送的数据帧结构如图3所示,其中,每个超帧包括3个帧,每帧长度600ms,采样间隔 $T_s = 1/128 \times 50 = 156.25\mu s$;每帧包含21个OFDM符号,每个符号长20ms,CP长为7.5ms,保护间隔GP为22.5ms;子载波间隔为50Hz,支持5kHz~20kHz的可变系统带宽。

[0074] 数据发送端按照上述帧结构及时频结构,利用双天线向数据接收端发送数据帧,具体过程参见图4所示。其中,信源信息经调制后成为符号,进行SFBC编码。编码矩阵如下,可同时实现满速率、满分集:

$$[0075] \quad \begin{array}{c} \text{Antenna0} \\ \text{Antenna1} \end{array} \begin{array}{c} \xrightarrow{\text{Subcarrier}} \\ \left[\begin{array}{cc} S(2i) & -S^*(2i+1) \\ S(2i+1) & S^*(2i) \end{array} \right] \end{array}$$

[0076] 在第2i个子载波,天线1、天线2分别发送 $S(2i)$ 、 $S(2i+1)$;在第2i+1个子载波,天线1、天线2分别发送 $-S^*(2i+1)$ 、 $-S^*(2i)$ 。

[0077] S102、接收所述数据接收端发送的,携带第二导频信号的反馈数据帧;其中,所述携带第二导频信号的反馈数据帧,为所述数据接收端接收到所述携带第一导频信号的数据帧,并根据所述数据帧验证信道状况满足预编码传输条件时,向所述数据发送端发送的携

带第二导频信号的反馈数据帧；

[0078] 具体的，接收端按照图5所示的流程接收短波OFDM系统中的数据。记 $r(2i)$ 与 $r(2i+1)$ 分别为数据接收端在第 $2i$ 个子载波以及第 $2i+1$ 个子载波上接收到的信号：

$$[0079] \quad \begin{cases} r(2i) = H_1(2i)s(2i) + H_2(2i)s(2i+1) + n_{2i} \\ r(2i+1) = -H_1(2i+1)s^*(2i+1) + H_2(2i+1)s^*(2i) + n_{2i+1} \end{cases}$$

[0080] 其中， H_1 和 H_2 分别表示天线1、天线2至接收天线的信道传输系数， n_{2i} 与 n_{2i+1} 为独立同分布的零均值复高斯随机变量，每一维的功率谱密度为 $N_0/2$ 。

[0081] 将 $r(2i+1)$ 取共轭构造等效传输方程，将上式表示成矩阵形式：

$$[0082] \quad \begin{bmatrix} r(2i) \\ r^*(2i+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_1(2i) & H_2(2i) \\ H_2^*(2i+1) & -H_1^*(2i+1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s(2i) \\ s(2i+1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_{2i} \\ n_{2i+1} \end{bmatrix}$$

[0083] 其中，等效信道传输矩阵 $H = \begin{bmatrix} H_1(2i) & H_2(2i) \\ H_2^*(2i+1) & -H_1^*(2i+1) \end{bmatrix}$ ，采用最小均方误差

(Minimum Mean Square Error, MMSE) 检测算法可检测得到。

[0084] 数据接收端接收到数据发送端发送的数据帧后，根据第一导频信号检测得到信道估计值，并对接收数据进行解析，验证解析得到的数据是否正确，以及通过信道估计值验证当前时刻的信道多普勒频移是否小于设定阈值。如果验证数据解析正确，并且当前时刻信道多普勒频移小于设定阈值，则数据接收端确认当前时刻信道状况满足预编码传输条件。因此，数据接收端通过向数据发送端发送信息，通知数据发送端当前信道允许使用预编码技术传输数据，可以不传输导频信号。具体的，数据接收端向数据发送端发送反馈数据帧，并且反馈数据帧中携带第二导频信号。

[0085] 数据接收端向数据发送端发送反馈数据帧时，具体按照图6所示的反馈数据帧结构发送。在图6所示的数据帧结构中，除反馈帧外，其余部分基本上与图3所示的数据帧结构相同，反馈帧长为132.5ms，包含四个OFDM符号，每个符号长为20ms，CP长为7.5ms，保护间隔GP为22.5ms。

[0086] 数据接收端利用图6所示的反馈帧，向数据发送端发送第二导频信号。具体的，第二导频信号在反馈帧中的排列方式，按照数据发送端发送给数据接收端的第一帧数据帧的最后4个OFDM符号的排列方式进行排列。

[0087] 需要说明的是，由于短波OFDM系统信道具有实变性，信道状态可能随时会变，因此，当数据接收端在验证信道在当前时刻满足预编码传输条件时，向数据发送端发送仅包含4个OFDM符号的反馈帧，是为了尽快告知数据发送端信道状况，以防信道状况发生突变。也就是说，本发明实施例所采用的反馈帧，是针对本发明实施例技术方案而设计的特殊反馈帧，采用该反馈帧，能够及时通知数据发送端采用预编码技术传输数据。并且，该反馈帧可用于传输两天线的导频信号，显而易见的，当系统天线数量发生变化时，可以根据实际情况，灵活调整反馈帧OFDM符号的数量，只要能保证反馈帧传输速率即可。

[0088] S103、根据所述第二导频信号，计算得到完整的信道估计值；

[0089] 具体的，数据发送端在接收到数据接收端发送的反馈数据帧后，通过反馈数据帧中的第二导频信号，计算得到当前时刻的完整信道估计值。

[0090] S104、根据所述完整的信道估计值,对待发送数据进行预编码处理,并利用不携带导频信号的数据帧分集发送预编码处理后的待发送数据。

[0091] 具体的,在获得信道在当前时刻的完整信道估计值后,数据发送端利用该完整的信道估计值对接下来要发送的数据进行预编码处理,并将预编码处理后的待发送数据作为发送的第二帧数据。

[0092] 例如,假设数据发送端通过计算得到等效信道传输矩阵(即完整的信道估计值)为:

$$[0093] \quad H = \begin{bmatrix} H_1(2i) & H_2(2i) \\ H_2(2i+1) & -H_1(2i+1) \end{bmatrix}$$

[0094] 同时假设预编码矩阵为:

$$[0095] \quad F_1 = (HH^H + 1/\text{SNR} * I)^{-1} \begin{bmatrix} H_1(2i) & H_2(2i) \\ H_2(2i+1) & -H_1(2i+1) \end{bmatrix}^H$$

$$[0096] \quad F_2 = (HH^H + 1/\text{SNR} * I)^{-1} \begin{bmatrix} -H_2(2i) & H_1(2i) \\ H_1(2i+1) & H_2(2i+1) \end{bmatrix}^H$$

[0097] 假设连续两个数据为 $\begin{bmatrix} S(2i) \\ S(2i+1) \end{bmatrix}$, 将其分别乘以预编码矩阵 F_1 和 F_2 作为连续两个子载波的发送端数据,所以发送端数据如下式:

$$[0098] \quad (HH^H + (1/\text{SNR}) * I)^{-1} \begin{bmatrix} H_1^*(2i)S(2i) + H_2^*(2i+1)S(2i+1) & -H_2^*(2i)S(2i) + H_1^*(2i+1)S(2i+1) \\ H_2^*(2i)S(2i) - H_1^*(2i+1)S(2i+1) & H_1^*(2i)S(2i) + H_2^*(2i+1)S(2i+1) \end{bmatrix} \begin{matrix} \xrightarrow{\text{Subcarrier}} \\ \text{Antenna0} \\ \text{Antenna1} \end{matrix}$$

[0099] 同时,两根发射天线的信号还需要分别乘以缩放因子,缩放因子为:

$$[0100] \quad \beta = \sqrt{2/\text{trace}(F_1^H F_1)}$$

[0101] 此时,第二帧数据帧仅携带预编码处理后的待发送数据,不再携带导频信号,并且,数据发送端依然利用双天线分集发送第二帧,可以获得较高的分集增益。在本发明实施例中,由于数据发送端在发送第二帧的时候,不再发送导频信号,因此减少了导频开销,提高了系统编码增益。

[0102] 本发明实施例提出的数据传输方法,应用于数据发送端,包括:向数据接收端发送携带第一导频信号的数据帧;接收所述数据接收端发送的,携带第二导频信号的反馈数据帧;其中,所述携带第二导频信号的反馈数据帧,为所述数据接收端接收到所述携带第一导频信号的数据帧,并根据所述数据帧验证信道状况满足预编码传输条件时,向所述数据发送端发送的携带第二导频信号的反馈数据帧;根据所述第二导频信号,计算得到完整的信道估计值;根据所述完整的信道估计值,对待发送数据进行预编码处理,并利用不携带导频信号的数据帧分集发送预编码处理后的待发送数据。采用本发明实施例技术方案,当数据接收端通过接收的数据帧验证当前信道满足预编码传输条件时,向数据发送端发送携带导频的反馈数据帧,数据发送端根据接收的反馈数据帧,开始用预编码技术发送数据,并且不用再发送导频信号,由此可以减少导频开销,提升系统编码增益。

[0103] 可选的,在本发明的另一个实施例中,参见图7所示,所述根据所述第二导频信号,

计算得到完整的信道估计值,包括:

[0104] S703、根据所述第二导频信号,计算得到所述第二导频信号对应的信道估计值;

[0105] S704、根据所述第二导频信号对应的信道估计值计算得到完整的信道估计值。

[0106] 具体的,数据发送端在利用接收到的第二导频信号计算完整的信道估计值时,首先通过步骤S703,计算得到第二导频处的信道估计值(即第二导频信号对应的信道估计值)。然后,通过步骤S704,以第二导频处的信道估计值为基础,计算得到整个信道完整的信道估计值,例如可采用插值、滤波、变换等方法由第二导频处的信道估计值计算得到完整的信道估计值。

[0107] 本实施例中的步骤S701、S702、S705分别对应图1所示的方法的实施例中的步骤S101、S102、S104,其具体内容请参见对应图1所示的方法实施例的内容,此处不再赘述。

[0108] 可选的,在本发明的另一个实施例中,所述根据所述第二导频信号,计算得到所述第二导频信号对应的信道估计值,包括:

[0109] 根据所述第二导频信号,计算得到反馈信道估计值;

[0110] 对所述反馈信道估计值进行校准处理,得到所述第二导频信号对应的信道估计值。

[0111] 具体的,在本发明实施例中,数据接收端在验证信道状况满足预编码传输条件时,需要向数据发送端发送反馈数据帧。然而在工程实现时,由于反馈需要考虑到信道的互易性,需要对信号通道进行校准,因此在发送数据之前,二者先进行交互信息以校准收发通道。

[0112] 假设短波系统如图8所示,图中, H_a 与 H_b 分别代表发射节点传输信息到目的节点以及目的节点传输信息到发射节点的通道的冲激响应,它受到器件的影响,所以在很长一段时间,二者不会发生改变; H 代表空口的冲激响应,在一定相干时间内不会发生很大改变。

[0113] 通道校准的过程如下:

[0114] 首先,发射节点按图3帧结构向目的节点传输导频,目的节点通过接收到的导频可以得到信道估计值 H_1 ;目的节点也按图3帧结构向发射节点传输导频,发射节点通过接收到的导频可以得到信道估计值 H_2 (即反馈信道估计值)。然后,处理 H_1 、 H_2 可以得到 H_a 、 H_b 之间的关系,即: $H_b^{-1}H_a = H_2^{-1}H_1$ 。

[0115] 在后续利用反馈帧的导频信道估计进行预编码时,只需将根据反馈帧携带的第二导频信号计算得到的信道估计结果(即反馈信道估计值)乘以 $H_b^{-1}H_a$ (即对反馈信道估计值进行校准处理),可得到本发明实施例所需要的,第二导频信号对应的信道估计值,也就是得到了第二导频信号对应的发送信道估计值。利用发送信道估计值计算得到完整的信道估计值,并用完整的信道估计值进行发射端预编码,这样可以抵消收发通道不同所带来的影响。

[0116] 可选的,在本发明的另一个实施例中,所述对待发送数据进行预编码处理,包括:

[0117] 对待发送数据进行基于最小均方误差准则的预编码处理。

[0118] 具体的,对发送数据进行预编码处理需要利用预编码矩阵,将发送天线要发送的数据乘以预编码矩阵,可以实现预编码数据传输。

[0119] 本发明实施例在构建预编码矩阵 $\tilde{F}$ 时采用最小均方误差(Minimum Mean Square

Error,MMSE) 准则,即在接收端使得接收信号的误差均方值最小:

$$[0120] \quad \tilde{\mathbf{F}} = \arg \min_{\beta, \varepsilon} \varepsilon \left\{ \left\| \beta^{-1} (\mathbf{H} \mathbf{F} \hat{\mathbf{a}} + \mathbf{n}) - \mathbf{a} \right\|^2 \right\}$$

[0121] 其中, β 代表补偿因子; $\mathbf{H}$ 代表信道响应; $\mathbf{a}$ 代表接收端信号; $\mathbf{F} \hat{\mathbf{a}}$ 表示预编码的发送端信号; $\mathbf{n}$ 代表噪声信号。

[0122] 同样,在发射端预编码后的发射信号矢量的发射功率恒定,功率值为常数:

$$[0123] \quad \varepsilon \left\{ \left\| \mathbf{F} \mathbf{a} \right\|^2 \right\} = K \sigma_a^2$$

[0124] 式中 K 表示发射信号个数, σ_a^2 表示发射端原始信号功率。

[0125] 根据MMSE算法准则得到最优化的预编码矩阵为:

$$[0126] \quad \tilde{\mathbf{F}} = \beta \mathbf{H}^H (\mathbf{H} \mathbf{H}^H + \frac{\sigma_n^2}{\sigma_a^2} \mathbf{I})^{-1}$$

[0127] 其中,缩放因子 $\beta = \sqrt{K / \text{trace}(\tilde{\mathbf{F}} \tilde{\mathbf{F}}^H)}$ 。

[0128] 利用上述通过最小均方误差准则构建的预编码矩阵,可以实现对发送数据的最小均方误差预编码。

[0129] 本发明实施例公开了一种数据传输装置,应用于数据发送端,参见图9所示,该装置包括:

[0130] 第一发送单元901,用于向数据接收端发送携带第一导频信号的数据帧;

[0131] 第一接收单元902,用于接收所述数据接收端发送的,携带第二导频信号的反馈数据帧;其中,所述携带第二导频信号的反馈数据帧,为所述数据接收端接收到所述携带第一导频信号的数据帧,并根据所述数据帧验证信道状况满足预编码传输条件时,向所述数据发送端发送的携带第二导频信号的反馈数据帧;

[0132] 第一计算单元903,用于根据所述第二导频信号,计算得到完整的信道估计值;

[0133] 处理单元904,用于根据所述完整的信道估计值,对待发送数据进行预编码处理,并利用不携带导频信号的数据帧分集发送预编码处理后的待发送数据。

[0134] 具体的,本实施例中各个单元的具体工作内容,请参见对应的方法实施例的内容,此处不再赘述。

[0135] 本发明实施例提出的数据传输装置,应用于数据发送端,在向数据接收端发送数据时,首先由第一发送单元901向数据接收端发送携带第一导频信号的数据帧;然后第一接收单元902接收所述数据接收端发送的,携带第二导频信号的反馈数据帧;其中,所述携带第二导频信号的反馈数据帧,为所述数据接收端接收到所述携带第一导频信号的数据帧,并根据所述数据帧验证信道状况满足预编码传输条件时,向所述数据发送端发送的携带第二导频信号的反馈数据帧;接下来第一计算单元903根据所述第二导频信号,计算得到完整的信道估计值;处理单元904根据所述完整的信道估计值,对待发送数据进行预编码处理,并利用不携带导频信号的数据帧分集发送预编码处理后的待发送数据。采用本发明实施例技术方案,当数据接收端通过接收的数据帧验证当前信道满足预编码传输条件时,向数据发送端发送携带导频的反馈数据帧,数据发送端根据接收的反馈数据帧,开始用预编码技术发送数据,并且不用再发送导频信号,由此可以减少导频开销,提升系统编码增益。

[0136] 可选的,在本发明的另一个实施例中,第一计算单元903,包括:

[0137] 第二计算单元,用于根据所述第二导频信号,计算得到所述第二导频信号对应的信道估计值;

[0138] 第三计算单元,用于根据所述第二导频信号对应的信道估计值计算得到完整的信道估计值。

[0139] 具体的,本实施例中各个单元的具体工作内容,请参见对应的方法实施例的内容,此处不再赘述。

[0140] 可选的,在本发明的另一个实施例中,第二计算单元根据所述第二导频信号,计算得到所述第二导频信号对应的信道估计值时,具体用于:

[0141] 根据所述第二导频信号,计算得到反馈信道估计值;对所述反馈信道估计值进行校准处理,得到所述第二导频信号对应的信道估计值。

[0142] 具体的,本实施例中第二计算单元的具体工作内容,请参见对应的方法实施例的内容,此处不再赘述。

[0143] 可选的,在本发明的另一个实施例中,处理单元904对待发送数据进行预编码处理时,具体用于:

[0144] 对待发送数据进行基于最小均方误差准则的预编码处理。

[0145] 具体的,本实施例中处理单元904的具体工作内容,请参见对应的方法实施例的内容,此处不再赘述。

[0146] 本发明实施例公开了另一种数据传输方法,应用于数据接收端,参见图10所示,该方法包括:

[0147] S1001、接收数据发送端发送的携带第一导频信号的数据帧;

[0148] 具体的,在双天线短波OFDM系统中,发送端按照图3所示的帧结构以及图2所示的时频结构向数据接收端发送数据帧,在数据帧中发送数据的同时,携带发送导频信号(即第一导频信号)。

[0149] 数据发送端按照图3所示的帧结构以及图2所示的时频结构,利用双天线向数据接收端发送数据帧,具体过程参见图4所示。其中,信源信息经调制后成为符号,进行SFBC编码。编码矩阵如下,可同时实现满速率、满分集:

$$[0150] \quad \begin{array}{c} \text{Subcarrier} \rightarrow \\ \text{Antenna0} \left[\begin{array}{cc} S(2i) & -S^*(2i+1) \end{array} \right] \\ \text{Antenna1} \left[\begin{array}{cc} S(2i+1) & S^*(2i) \end{array} \right] \end{array}$$

[0151] 在第2i个子载波,天线1、天线2分别发送 $S(2i)$ 、 $S(2i+1)$;在第2i+1个子载波,天线1、天线2分别发送 $-S^*(2i+1)$ 、 $-S^*(2i)$ 。

[0152] S1002、对所述数据帧中的数据进行解析,并由所述第一导频信号计算得到信道估计值;

[0153] 具体的,数据接收端在接收到携带第一导频信号的数据帧后,在对数据帧中的数据进行解析的同时,由数据帧中携带的第一导频信号计算得到信道估计值。

[0154] 接收端按照图5所示的流程接收短波OFDM系统中的数据。记 $r(2i)$ 与 $r(2i+1)$ 分别为数据接收端在第2i个子载波以及第2i+1个子载波上接收到的信号:

$$[0155] \quad \begin{cases} r(2i) = H_1(2i)s(2i) + H_2(2i)s(2i+1) + n_{2i} \\ r(2i+1) = -H_1^*(2i+1)s^*(2i+1) + H_2^*(2i+1)s^*(2i) + n_{2i+1} \end{cases}$$

[0156] 其中, H_1 和 H_2 分别表示天线1、天线2至接收天线的信道传输系数, n_{2i} 与 n_{2i+1} 为独立同分布的零均值复高斯随机变量, 每一维的功率谱密度为 $N_0/2$ 。

[0157] 将 $r(2i+1)$ 取共轭构造等效传输方程, 将上式表示成矩阵形式:

$$[0158] \quad \begin{bmatrix} r(2i) \\ r^*(2i+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_1(2i) & H_2(2i) \\ H_2^*(2i+1) & -H_1^*(2i+1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s(2i) \\ s(2i+1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_{2i} \\ n_{2i+1} \end{bmatrix}$$

[0159] 其中, 等效信道传输矩阵 $H = \begin{bmatrix} H_1(2i) & H_2(2i) \\ H_2^*(2i+1) & -H_1^*(2i+1) \end{bmatrix}$, 采用最小均方误差 (Minimum Mean Square Error, MMSE) 检测算法可检测得到。

[0160] S1003、根据对所述数据帧中的数据的解析结果, 以及所述信道估计值, 判断信道状况是否满足预编码传输条件;

[0161] 当判断信道状况满足预编码传输条件时, 执行步骤S1004、向所述数据发送端发送携带第二导频信号的反馈数据帧, 使所述数据发送端利用不携带导频信号的数据帧分集发送待发送数据。

[0162] 具体的, 数据接收端接收到数据发送端发送的数据帧后, 根据第一导频信号检测得到信道估计值, 并对接收数据进行解析, 验证解析得到的数据是否正确, 以及通过信道估计值验证当前时刻的信道多普勒频移是否小于设定阈值。如果验证数据解析正确, 并且当前时刻信道多普勒频移小于设定阈值, 则数据接收端确认当前时刻信道状况满足预编码传输条件。因此, 数据接收端通过向数据发送端发送信息, 通知数据发送端当前信道允许使用预编码技术传输数据, 可以不传输导频信号; 否则, 数据发送端依然使用携带导频信号的数据帧发送待发送数据。具体的, 数据接收端向数据发送端发送反馈数据帧, 并且反馈数据帧中携带第二导频信号。

[0163] 采用本发明实施例提出的数据传输方法, 数据接收端接收数据发送端发送的携带第一导频信号的数据帧后, 对所述数据帧中的数据进行解析, 并由所述第一导频信号计算得到信道估计值; 然后根据对所述数据帧中的数据的解析结果, 以及所述信道估计值, 判断信道状况是否满足预编码传输条件; 当判断信道状况满足预编码传输条件时, 向所述数据发送端发送携带第二导频信号的反馈数据帧, 使所述数据发送端利用不携带导频信号的数据帧分集发送待发送数据。通过应用上述技术方案, 能够在信道多普勒频移较小时减少导频开销, 从而提升系统编码增益。

[0164] 下面结合matlab仿真实例, 说明本发明实施例技术方案带来的有益效果。

[0165] 本仿真实例以系统带宽为5kHz为例, 假设已完成时频同步, 假设反馈是理想反馈。假设信道是随时间连续变化的, 即连续两帧经过的信道相位不变, 连续两帧信道的理想冲激响应如图11和图12所示:

[0166] 图11为发射天线1到接收天线的信道冲击响应, 图12为发射天线2到接收天线的信道冲击响应。一帧的长度为 $3840T_s$, 第一帧与第二帧之间是反馈时延, 长度为 $848T_s$ 。可以看出, 两帧信道的冲激响应是连续的。

[0167] 仿真系统参数设置如表1所示。

[0168] 表1

[0169]	系统带宽	5kHz
	调制方式	QPSK
	信道估计	2D-MMSE
	检测算法	MMSEC

[0170] 短波信道参数设置如表2所示。

[0171] 表2

[0172]	短波 信道模型	路径 1	路径 2	路径 3	路径 4
	时延 (Δ_k)	0	2ms	4ms	5ms
	路径 增益, rms (ρ_k)	-3	0	-6	-12
	多普 勒扩展 (D_{sp})	0.3/0.25	0.3/0.25	0.3/0.25	0.3/0.25

[0173] 不反馈时传输帧和基于反馈的第一帧的信源比特长为1440bit,基于反馈的第二帧没有导频,信源比特长为2160bit,此时与带导频帧的码率一致。

[0174] 反馈帧按第一帧最后四个OFDM符号的导频放置方式放置导频,从而发送端可以得知导频位置处的信道估计值,然后发送端发送第二帧时采用二维MMSE信道估计方法对其做处理得到完整信道估计结果,用于第二帧预编码。

[0175] 以下是仿真结果:

[0176] 多普勒扩展为0.25Hz和0.3Hz时,假设第一帧能解对,第二帧的误码率性能如图13所示。

[0177] 从图中可以看出,在多普勒扩展为0.25Hz时,当信噪比高于14dB时,误码率可下降到的 10^{-5} 量级,在18dB时降为0;在多普勒扩展为0.3Hz时,误码率在 10^{-2} 量级上。所以本发明提出的方案在多普勒扩展小于等于0.25Hz时可使用。

[0178] 当多普勒扩展为0.25Hz时,假设第一帧能解对,基于反馈的方案与原SFBC方案的吞吐量比较如图14所示。

[0179] 从图中可以看出,基于反馈的方法吞吐量好于原SFBC,在信噪比是12dB以上时,吞吐量是2700bps左右,原SFBC的吞吐量最大是2400bps,吞吐量提升了约12.5%。

[0180] 通过matlab仿真可以得出:本发明中提出的自适应传输体制在多普勒扩展小于等于0.25Hz的条件下,相比于不进行反馈的SFBC方案,可提高约12.5%的系统吞吐量。当多普勒扩展较大时,不进行反馈,即仍按照原有方案发送数据,不影响系统原本的性能。

[0181] 可选的,在本发明的另一个实施例中,所述根据对所述数据帧中的数据的解析结果,以及所述信道估计值,判断信道状况是否满足预编码传输条件,包括:

[0182] 根据对所述数据帧中的数据的解析结果,判断对所述数据帧中的数据的解析是否正确,以及根据所述信道估计值,判断信道多普勒扩展是否小于设定阈值;

[0183] 如果对所述数据帧中的数据的解析正确,并且信道多普勒扩展小于设定阈值,则判断信道状况满足预编码传输条件。

[0184] 具体的,数据接收端从两方面判断当前信道状况是否满足预编码传输条件。第一是判断数据发送端发送的第一帧数据帧中的数据是否解析正确;第二是通过由数据发送端发送的数据帧中的第一导频计算得到的信道估计值,判断当前信道的多普勒扩展是否小于设定的多普勒扩展阈值。如果数据发送端发送的第一帧数据帧中的数据解析正确,并且当前信道的多普勒扩展小于设定的多普勒扩展阈值,则认为当前信道状况满足预编码传输条件。两条件有任意一条不满足,都认为当前信道状况不满足预编码传输条件。

[0185] 可选的,在本发明的另一个实施例中,所述向所述数据发送端发送携带第二导频信号的反馈数据帧,包括:

[0186] 发送包含4个OFDM符号的反馈数据帧,其中,所述4个OFDM符号携带第二导频信号。

[0187] 具体的,数据接收端向数据发送端发送反馈数据帧时,具体按照图6所示的反馈数据帧结构发送。在图6所示的数据帧结构中,除反馈帧外,其余部分基本上与图3所示的数据帧结构相同,反馈帧长为132.5ms,包含四个OFDM符号,每个符号长为20ms,CP长为7.5ms,保护间隔GP为22.5ms。

[0188] 数据接收端利用图6所示的反馈帧,向数据发送端发送第二导频信号。具体的,第二导频信号在反馈帧中的排列方式,按照数据发送端发送给数据接收端的第一帧数据帧的最后4个OFDM符号的排列方式进行排列。

[0189] 需要说明的是,由于短波OFDM系统信道具有实变性,信道状态可能随时会变,因此,当数据接收端在验证信道在当前时刻满足预编码传输条件时,向数据发送端发送仅包含4个OFDM符号的反馈帧,是为了尽快告知数据发送端信道状况,以防信道状况发生突变。也就是说,本发明实施例所采用的反馈帧,是针对本发明实施例技术方案而设计的特殊反馈帧,采用该反馈帧,能够及时通知数据发送端采用预编码技术传输数据。并且,该反馈帧可用于传输两天线的导频信号,显而易见的,当系统天线数量发生变化时,可以根据实际情况,灵活调整反馈帧OFDM符号的数量,只要能保证反馈帧传输速率即可。

[0190] 本发明实施例公开了一种数据传输装置,应用于数据接收端,参见图15所示,该装置包括:

[0191] 第二接收单元1501,用于接收数据发送端发送的携带第一导频信号的数据帧;

[0192] 第四计算单元1502,用于对所述数据帧中的数据进行解析,并由所述第一导频信号计算得到信道估计值;

[0193] 判断单元1503,用于根据对所述数据帧中的数据的解析结果,以及所述信道估计值,判断信道状况是否满足预编码传输条件;

[0194] 第二发送单元1504,用于当判断单元1503判断信道状况满足预编码传输条件时,向所述数据发送端发送携带第二导频信号的反馈数据帧,使所述数据发送端利用不携带导频信号的数据帧分集发送待发送数据。

[0195] 具体的,本实施例中各个单元的具体工作内容,请参见对应的方法实施例的内容,此处不再赘述。

[0196] 采用本发明实施例提出的数据传输装置,在传输数据时,第二接收单元1501接收数据发送端发送的携带第一导频信号的数据帧后,第四计算单元1502对所述数据帧中的数据进行解析,并由所述第一导频信号计算得到信道估计值;然后判断单元1503根据对所述数据帧中的数据的解析结果,以及所述信道估计值,判断信道状况是否满足预编码传输条件;当判断信道状况满足预编码传输条件时,第二发送单元1504向所述数据发送端发送携带第二导频信号的反馈数据帧,使所述数据发送端利用不携带导频信号的数据帧分集发送待发送数据。通过应用上述技术方案,能够在信道多普勒频移较小时减少导频开销,从而提升系统编码增益。

[0197] 可选的,在本发明的另一个实施例中,判断单元1503根据对所述数据帧中的数据的解析结果,以及所述信道估计值,判断信道状况是否满足预编码传输条件时,具体用于:

[0198] 根据对所述数据帧中的数据的解析结果,判断对所述数据帧中的数据的解析是否正确,以及根据所述信道估计值,判断信道多普勒扩展是否小于设定阈值;如果对所述数据帧中的数据的解析正确,并且信道多普勒扩展小于设定阈值,则判断信道状况满足预编码传输条件。

[0199] 具体的,本实施例中判断单元1503的具体工作内容,请参见对应的方法实施例的内容,此处不再赘述。

[0200] 可选的,在本发明的另一个实施例中,第二发送单元1504向所述数据发送端发送携带第二导频信号的反馈数据帧时,具体用于:

[0201] 发送包含4个OFDM符号的反馈数据帧,其中,所述4个OFDM符号携带第二导频信号。

[0202] 具体的,本实施例中第二发送单元1504的具体工作内容,请参见对应的方法实施例的内容,此处不再赘述。

[0203] 本发明实施例还公开了一种反馈数据帧,参见图6所示,该数据帧包括:

[0204] 4个连续的包含循环前缀的OFDM符号,用于传输导频信号;

[0205] 位于所述OFDM符号之后的保护间隔,用于防止所述导频信号与其它数据帧中的数据发生混叠。

[0206] 具体的,如图6中反馈帧所示,反馈帧长为132.5ms,包含四个OFDM符号,每个符号长为20ms,CP长为7.5ms,保护间隔GP为22.5ms。

[0207] 需要说明的是,由于短波OFDM系统信道具有实变性,信道状态可能随时会变,因此,当数据接收端在验证信道在当前时刻满足预编码传输条件时,向数据发送端发送仅包含4个OFDM符号的反馈帧,是为了尽快告知数据发送端信道状况,以防信道状况发生突变。也就是说,本发明实施例所采用的反馈帧,是针对本发明实施例技术方案而设计的特殊反馈帧,采用该反馈帧,能够及时通知数据发送端采用预编码技术传输数据。并且,该反馈帧可用于传输两天线的导频信号,显而易见的,当系统天线数量发生变化时,可以根据实际情况,灵活调整反馈帧OFDM符号的数量,只要能保证反馈帧传输速率即可。

[0208] 对所公开的实施例的上述说明,使本领域专业技术人员能够实现或使用本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的

一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

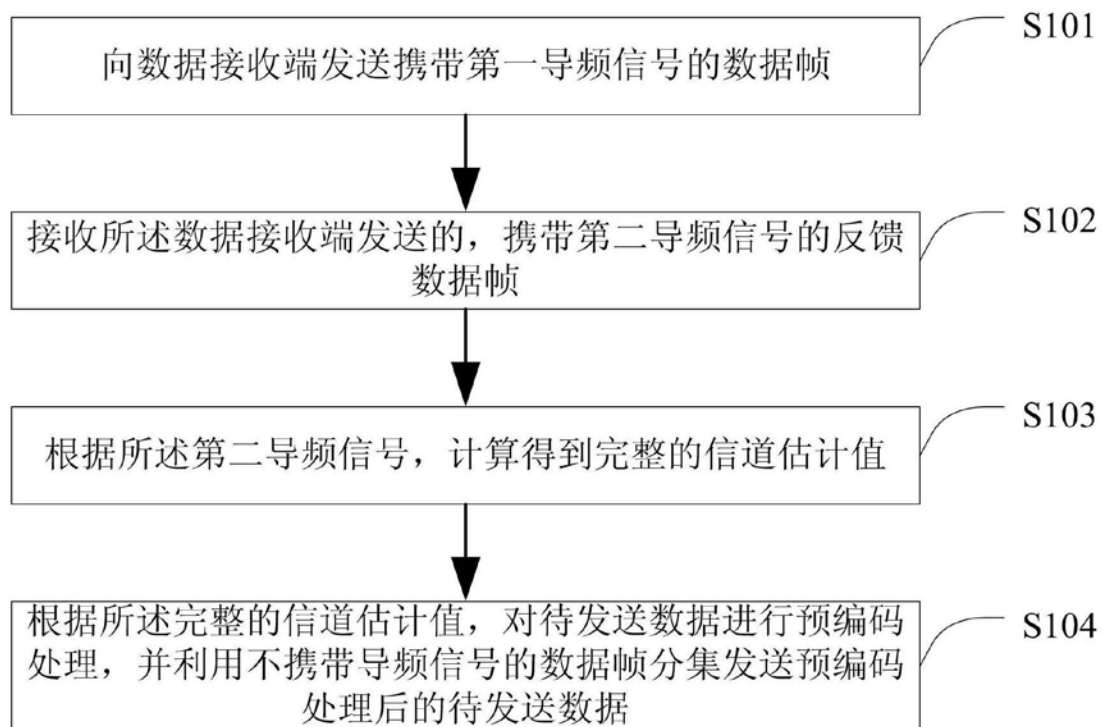


图1

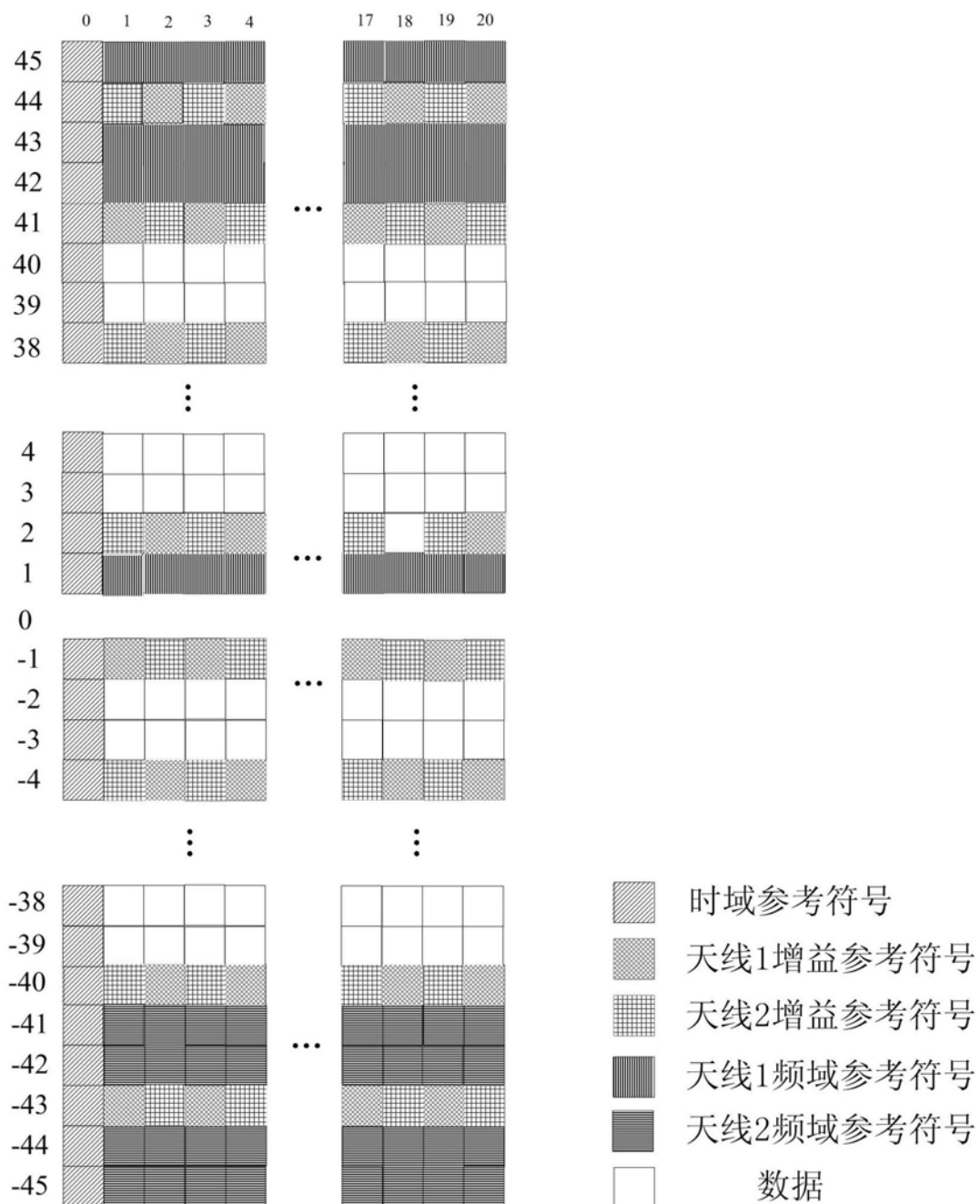


图2

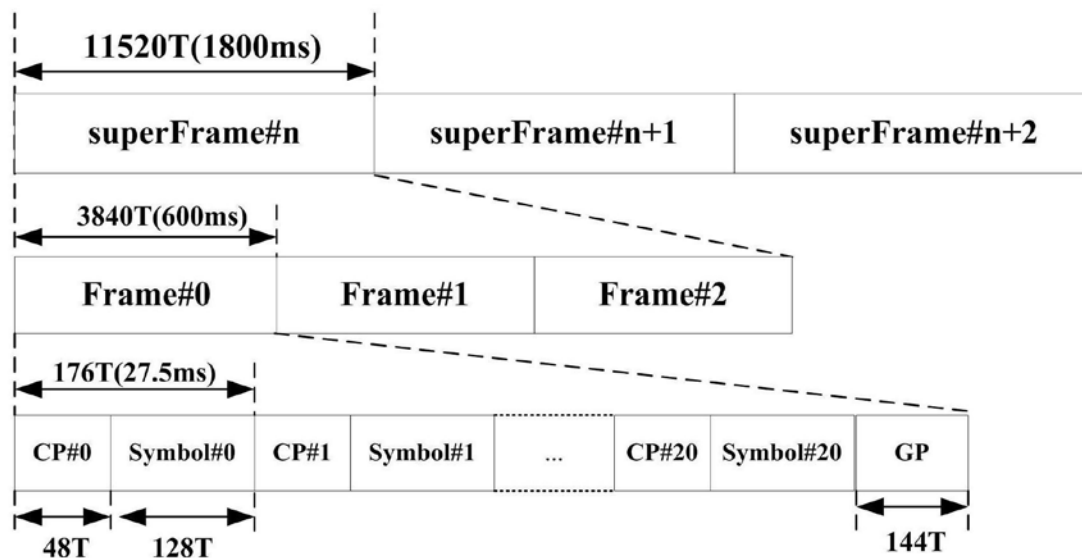


图3

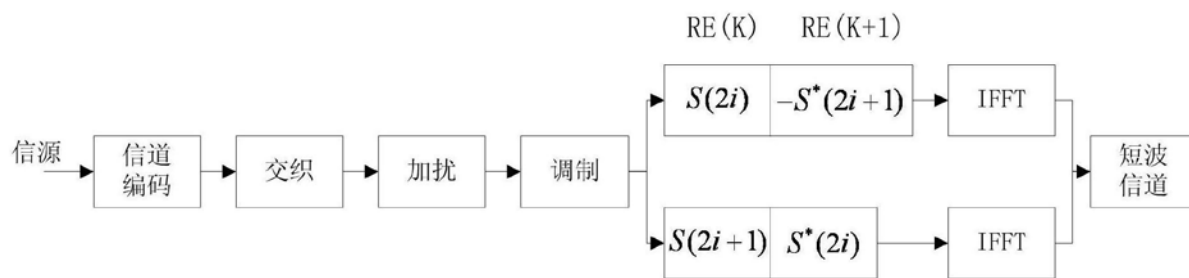


图4



图5

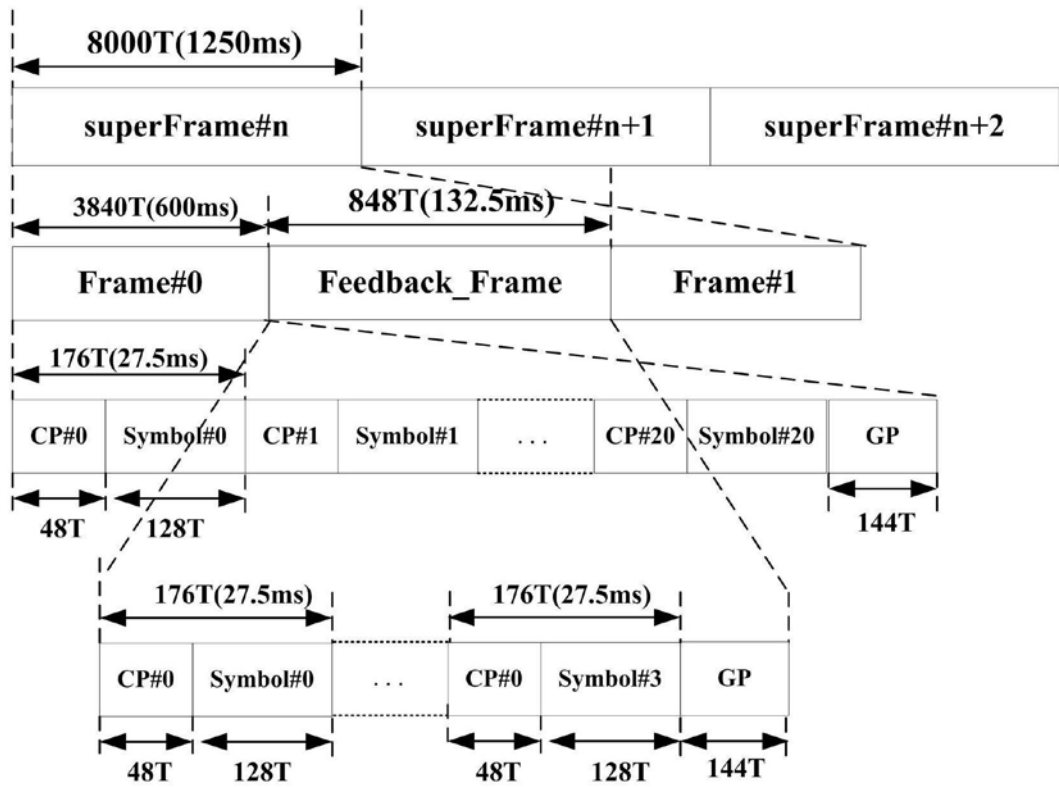


图6

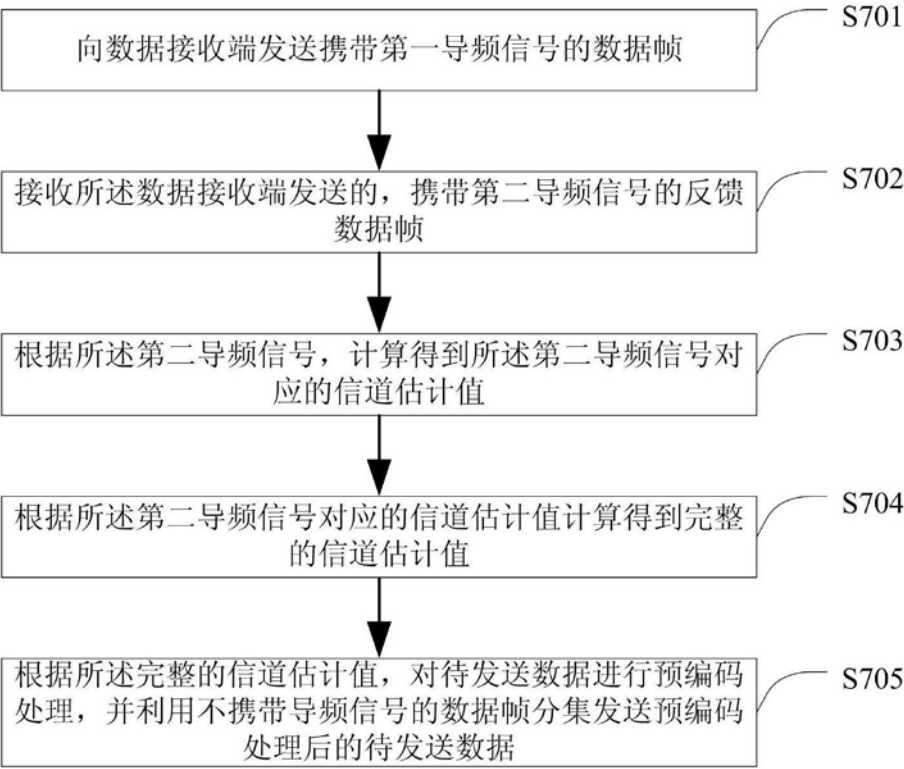


图7

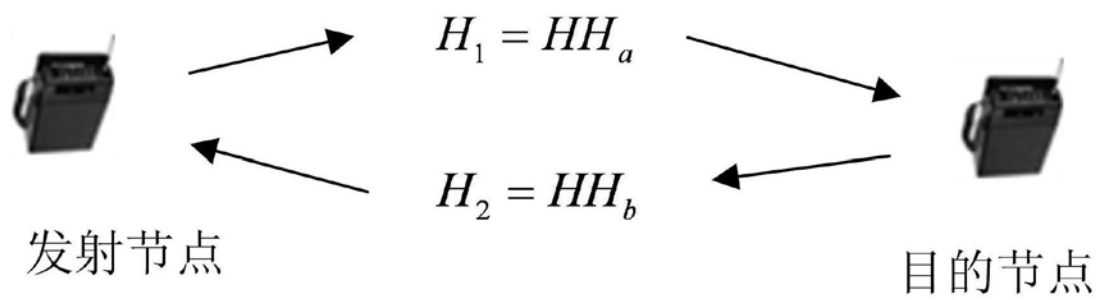


图8

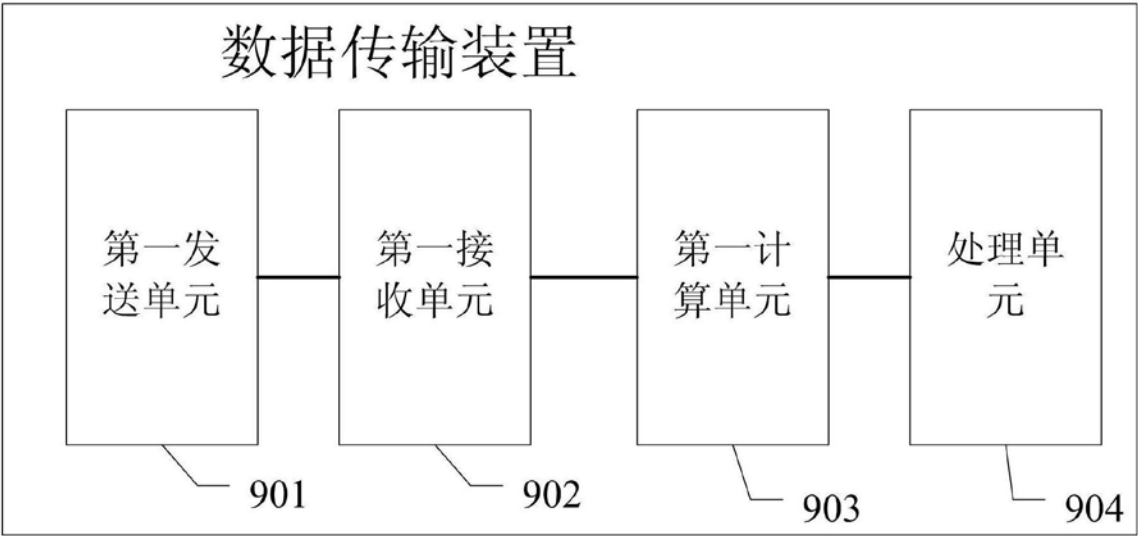


图9

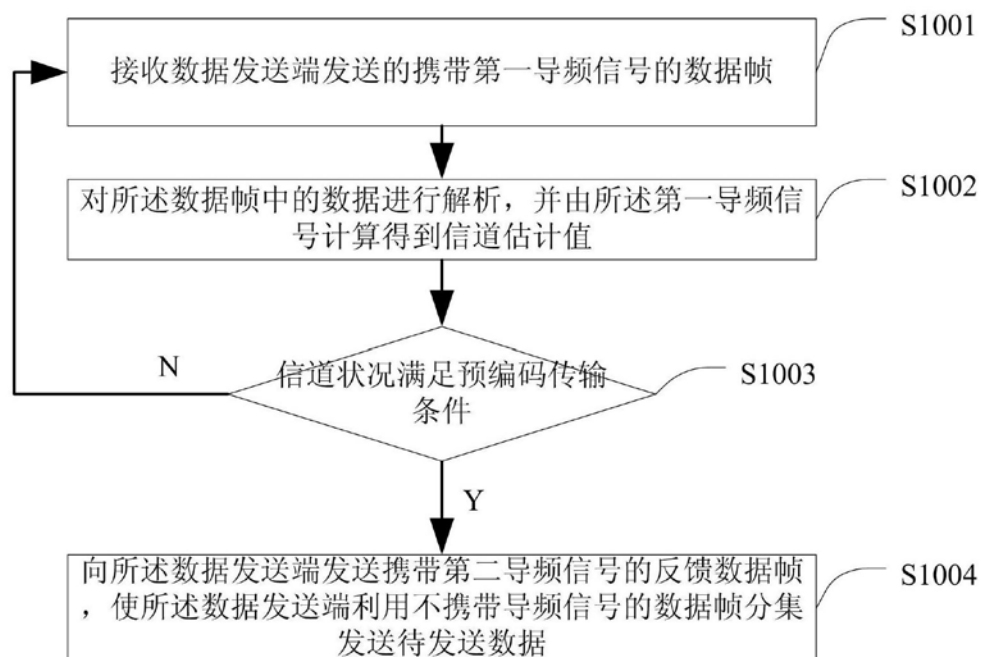


图10

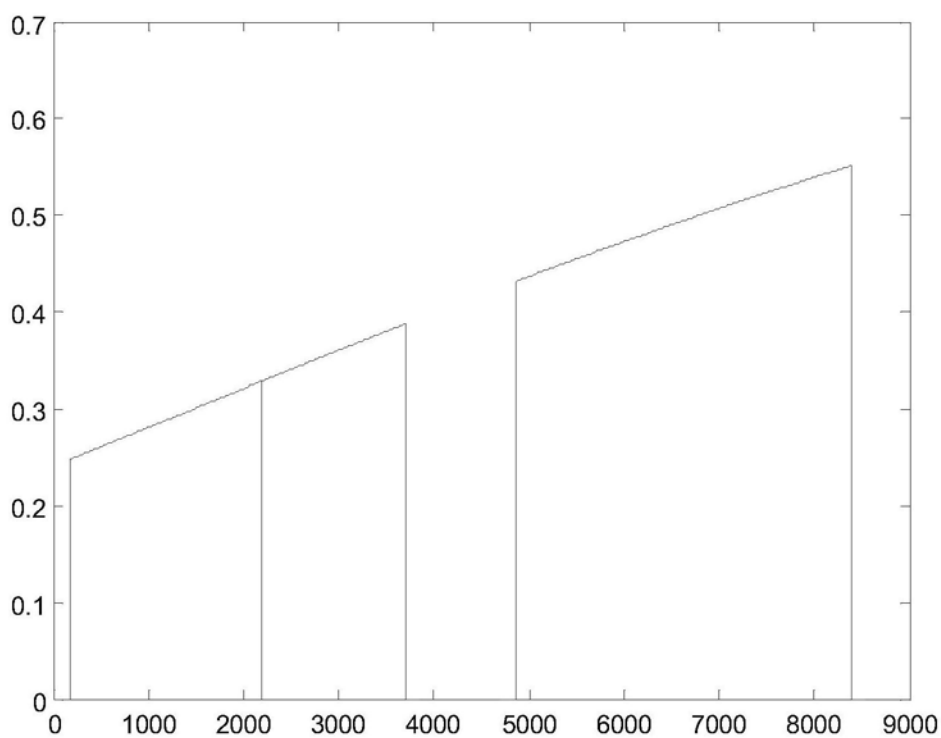


图11

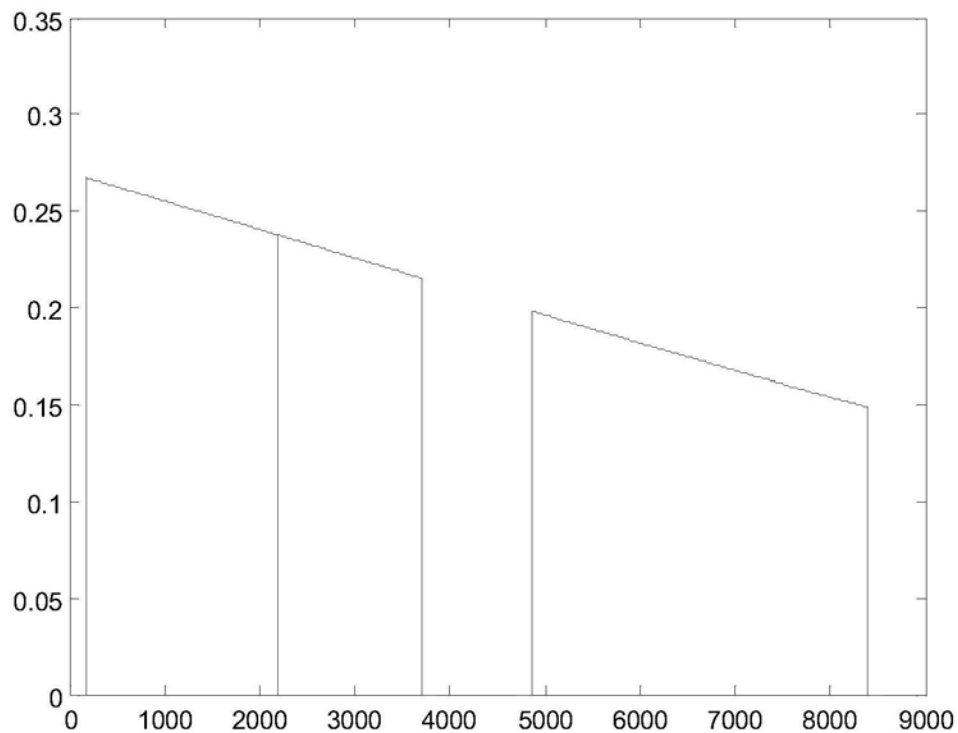


图12

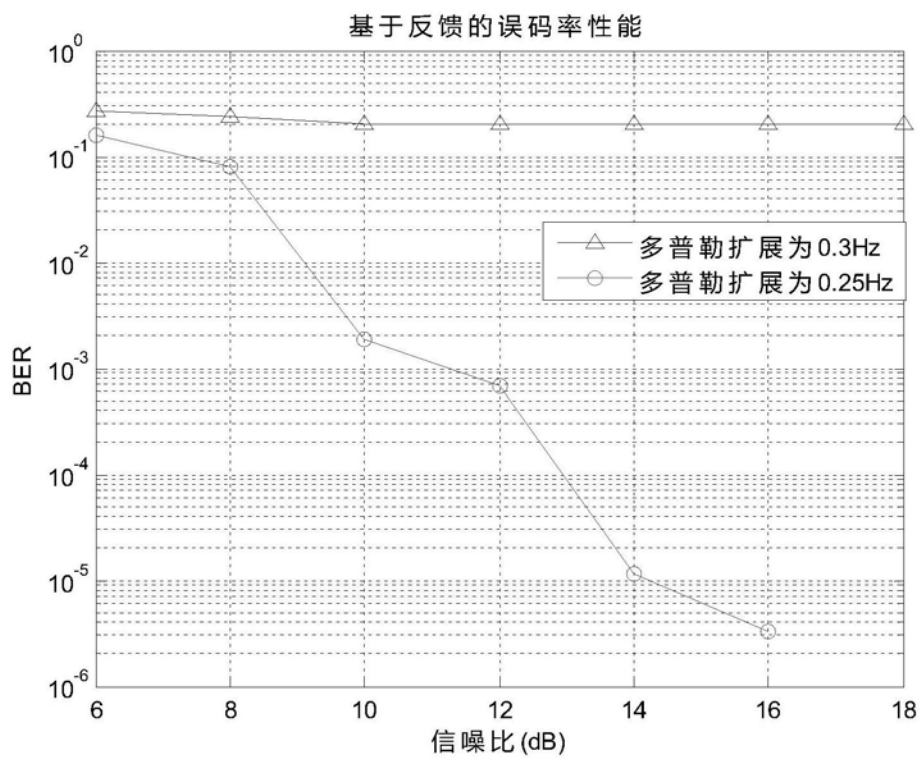


图13

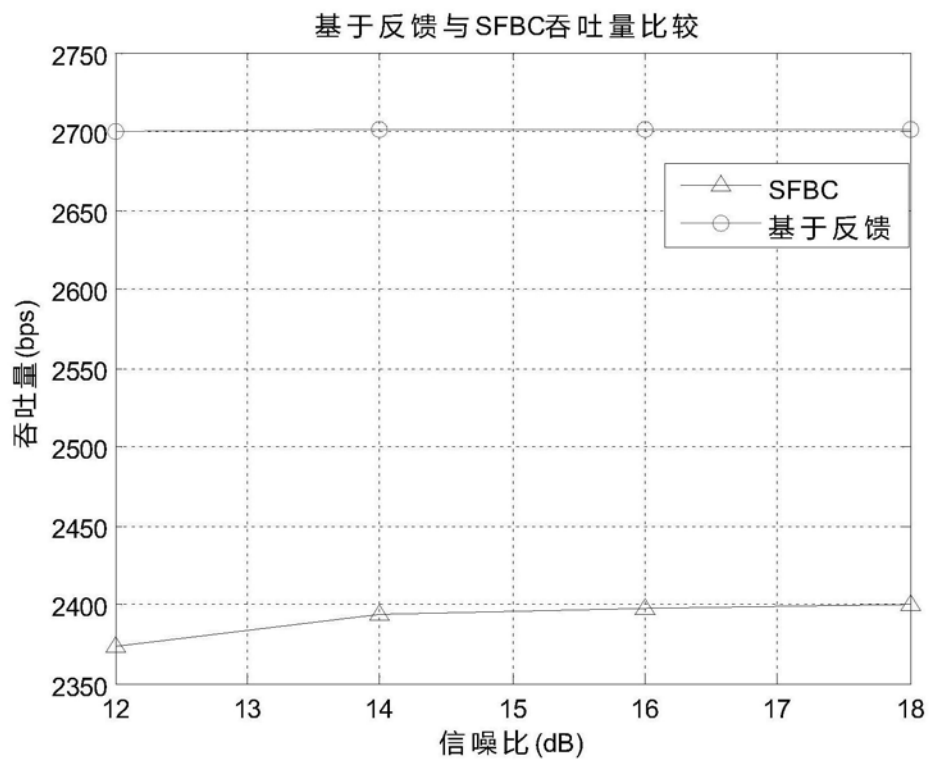


图14

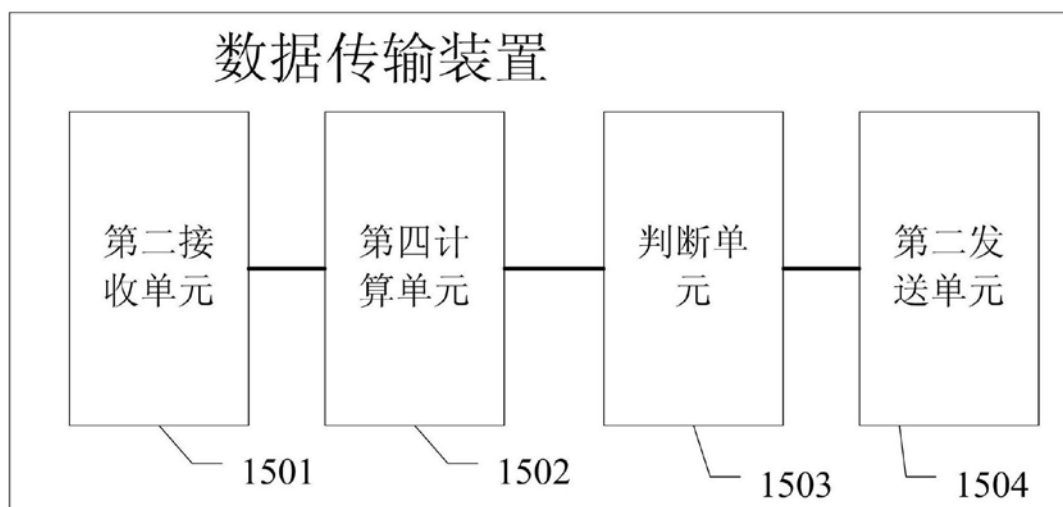


图15