

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04J 11/00 (2006.01)

H04L 27/32 (2006.01)

H04B 1/10 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02160551.3

[45] 授权公告日 2006 年 12 月 13 日

[11] 授权公告号 CN 1290280C

[22] 申请日 2002.12.31 [21] 申请号 02160551.3

[73] 专利权人 上海贝尔阿尔卡特股份有限公司  
地址 201206 上海市浦东新区金桥出口加工区宁桥路 388 号

[72] 发明人 杨红卫 黎光洁

审查员 孙文涵

[74] 专利代理机构 上海市华诚律师事务所  
代理人 傅强国

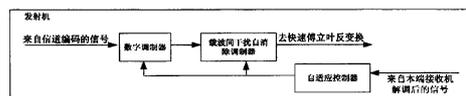
权利要求书 3 页 说明书 6 页 附图 2 页

## [54] 发明名称

自适应载波间干扰自消除的方法与收发信机

## [57] 摘要

本发明提供了一种可以适应频率偏移和信噪比的动态变化的自适应载波间干扰自消除法及其装置。本发明的自适应载波间干扰自消除法包括：评估最大频率偏移和信噪比；根据自适应策略选择调制状态以及根据选择的调制状态确定解调状态的步骤。采用该方法的自适应载波间干扰自消除装置包括：一种发射机，包含数字调制器、载波间干扰自消除调制器以及自适应控制器；一种接收机，包含数字解调器、载波间干扰自消除解调器、快速傅立叶变换器、评估器、信令解调器以及解调控制器。通过本发明能实现消除载波间干扰，同时又能使数字调制器和载波间干扰自消除调制器的工作状态满足最高频谱效率。



1. 一种在正交频分复用系统中自适应载波间干扰自消除的方法，其特征在于，包含以下步骤：

a) 在一端通信装置中评估来自另一端通信装置发送的信号经传输信道后的最大频率偏移和信噪比；

b) 在所述另一端通信装置中利用步骤 a) 中评估的最大频率偏移和信噪比根据自适应策略选择数字调制器和载波间干扰自消除调制器的工作状态并控制所述数字调制器和所述载波间干扰自消除调制器按照所述工作状态工作；

c) 在所述一端通信装置中根据步骤 b) 中所述另一端通信装置中选择的数字调制器和载波间干扰自消除调制器的工作状态确定数字解调器和载波间干扰自消除解调器的相应工作状态并控制所述数字解调器和所述载波间干扰自消除解调器按照所述工作状态工作；

周期重复上述步骤 a)、b)、c)；

其中步骤 b) 中的自适应策略就是在给定的误码率要求下，根据最大频率偏移和信噪比选择的数字调制器和载波间干扰自消除调制器的工作状态满足最高频谱效率。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，步骤 b) 中的“根据自适应策略选择数字调制器和载波间干扰自消除调制器的工作状态”可通过查找预先制定和存储的表来完成，所述表可根据对数字调制器和载波间干扰自消除调制器的不同工作状态和不同频率偏移预先实验测得的一组误码率与信噪比的曲线和所述自适应策略来制定。

3. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，在所述表中，各信噪比和各最大频率偏移对应的各数字调制器和载波间干扰自消除调制器的工作状态满足给定误码率要求下的最高频谱效率。

4. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述数字调制器是差分移相键控 (DPSK) 调制器，所述数字解调器是差分移相键控 (DPSK) 解调器。

5. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述数字调制器是相移键控 (PSK) 调制器，所述数字解调器是相移键控 (PSK) 解调器。

6. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述数字调制器是正交幅度调制 (QAM) 调制器，所述数字解调器是正交幅度调制 (QAM) 解调器。

7. 如权利要求 4 所述的方法，其特征在于，所述差分移相调制器的工作状态包含：不传输 ( $M_1$ )，2-DPSK ( $M_2$ ) 和 4-DPSK ( $M_3$ ) 三种状态，三种状态的调制效率分别对应 0，1 和 2；所述载波间干扰自消除调制器的工作状态包含：标准 ( $T_1$ )，线性 ( $T_2$ ) 和三次 ( $T_3$ ) 三种状

态，三种状态的调制效率分别对应 1，1/2 和 1/3。

8. 一种正交频分复用系统中通信装置的发射机，包含数字调制器和与所述数字调制器相连的载波间干扰自消除调制器，其特征在于，所述发射机还包含：

工作时与所述发射机关联的自适应控制器，该自适应控制器利用该发射机所在通信装置接收来自另一端通信装置的评估器评估的最大频率偏移和信噪比，根据自适应策略选择所述数字调制器和所述载波间干扰自消除调制器的工作状态并控制所述数字调制器和所述载波间干扰自消除调制器按照所述工作状态工作；

所述自适应策略就是在给定的误码率要求下，根据最大频率偏移和信噪比选择的数字调制器和载波间干扰自消除调制器的工作状态满足最高频谱效率。

9. 如权利要求 8 所述的发射机，其特征在于，所述自适应控制器中的“根据自适应策略选择数字调制器和载波间干扰自消除调制器的工作状态”可通过查找预先制定和存储的表来完成，所述表可根据对数字调制器和载波间干扰自消除调制器的不同工作状态和不同频率偏移预先实验测得的一组误码率与信噪比的曲线和所述自适应策略来制定。

10. 如权利要求 9 所述的发射机，其特征在于，在所述表中，各信噪比和各最大频率偏移对应的各数字调制器和载波间干扰自消除调制器的工作状态满足给定误码率要求下的最高频谱效率。

11. 如权利要求 9 所述的发射机，其特征在于，所述数字调制器是差分移相键控（DPSK）调制器。

12. 如权利要求 9 所述的发射机，其特征在于，所述数字调制器是相移键控（PSK）调制器。

13. 如权利要求 9 所述的发射机，其特征在于，所述数字调制器是正交幅度调制（QAM）调制器。

14. 如权利要求 11 所述的发射机，其特征在于，所述差分移相调制器的工作状态包含：不传输（ $M_1$ ），2-DPSK（ $M_2$ ）和 4-DPSK（ $M_3$ ）三种状态，三种状态的调制效率分别对应 0，1 和 2；所述载波间干扰自消除调制器的工作状态包含：标准（ $T_1$ ），线性（ $T_2$ ）和三次（ $T_3$ ）三种状态，三种状态的调制效率分别对应 1，1/2 和 1/3。

15. 一种正交频分复用系统中通信装置的接收机，包含数字解调器、与所述数字解调器相连的载波间干扰自消除解调器以及对来自基带滤波器的信号进行快速傅立叶变换并输出给所述载波间干扰自消除解调器的快速傅立叶变换器，其特征在于，所述接收机还包含：

工作时与所述接收机关联的评估器，该评估器从来自基带滤波器的信号对来自另一端通信装置发送的信号经传输信道后的最大频率偏移和信噪比进行评估，评估获得的最高频率偏

移和信噪比经该接收机所在通信装置返回所述另一端通信装置；

工作时与所述接收机关联的信令解调器，该信令解调器对由快速傅立叶变换器变换后的信号进行信令解调；和

工作时与所述接收机关联的解调控制器，该解调控制器从信令解调器解调后的信令信号中获取来自另一端通信装置发送的该另一端通信装置的数字调制器和所述载波间干扰自消除调制器的工作状态，确定所述数字解调器和所述载波间干扰自消除解调器的相应工作状态并控制所述数字解调器和所述载波间干扰自消除解调器按照所述工作状态工作。

16. 如权利要求 15 所述的接收机，其特征在于，所述数字解调器是差分移相键控（DPSK）解调器。

17. 如权利要求 15 所述的接收机，其特征在于，所述数字解调器是相移键控（PSK）解调器。

18. 如权利要求 15 所述的接收机，其特征在于，所述数字解调器是正交幅度调制（QAM）解调器。

19. 如权利要求 15 所述的接收机，其特征在于，所述评估器从所述数字解调器的输出获得来自基带滤波器的信号。

## 自适应载波间干扰自消除的方法与收发信机

### 技术领域

本发明涉及正交频分复用系统，尤其涉及正交频分复用系统中的自适应载波间干扰自消除方法和实施该方法的发射机和接收机。

### 背景技术

正交频分复用系统（OFDM）是一种常用的数字式无线通信系统。由于存在载波间互扰（ICI），系统的通信可靠性将会降低。为此，有多种方法被采用来消除正交频分复用系统中的载波间干扰，提高系统的通信可靠性。现有的载波间互扰消除方法主要有：频域均衡法、时域加窗法以及固定的载波间干扰自消除法。下面结合附图 1 对与本发明最为接近的固定的载波间干扰自消除法进行介绍

涉及固定的载波间干扰自消除的两个通信装置的有关部分的结构如图 1 所示，其中上半部分显示出一个通信装置的发射机，下半部分显示另一个通信装置的接收机。其工作时所采用的固定的载波间干扰自消除法由以下两个简单步骤组成：

- （1） 在一个通信装置的发送端，数据码元依照一组加权系数被调制到一组相邻的子载波上。对于组长为  $L$  最合适的加权系数应当被设计成满足多项式  $P(D) = (1 - D)^{L-1}$ ，这里  $D$  表示一个在离散的频域中的一个子载波延迟单位。
- （2） 在另一个通信装置的接收端，再按所提的加权系数线性组合这组子载波频率上接收到的信号。

通过上述按预定的加权系数将数据码元调制到一组相邻的子载波频率上，并依此加权系数解调信号的步骤，固定的载波间干扰自消除法可以使发生于组内的载波间干扰在接收端相互抵消。然而，这种通过重复编码的方法来减小载波间干扰的功能是以降低频谱效率为代价的。

今后的无线电通信系统将被设计成要对抗因更高频率和更大机动性引起的更大频率偏移。在这样的无线应用环境下，为保证通信正确性而以更大组进行的固定的载波间干扰自消除调制法必将导致更低的频谱效率；而有较高频谱效率的固定调制法则无法保证通信的可靠性。固定的载波间干扰自消除法不可能在满足给定性能要求的前提下，做到对频谱效率的优化。

因此，需要一种既能消除载波间干扰时系统达到给定性能要求，又能做到对频谱效率的

优化使用的载波间干扰自消除方法与装置。

### 发明内容

本发明为了解决上述问题，其目的是提供一种可以适应频率偏移和信噪比(SNR)的动态变化的自适应载波间干扰自消除法及其装置。

本发明的自适应载波间干扰自消除法包括以下步骤：

系统开始工作后就按照预定的工作模式调制并解调数据。而后，

a) 在一端通信装置中评估来自另一端通信装置发送的信号经传输信道后的最大频率偏移和信噪比；

b) 在所述另一端通信装置中利用上述步骤 a) 中评估得到的最大频率偏移和信噪比根据自适应策略选择数字调制器和载波间干扰自消除调制器的工作状态并控制所述数字调制器和所述载波间干扰自消除调制器按照所述工作状态工作；

c) 在所述一端通信装置中根据步骤 b) 中所述另一端通信装置中选择的数字调制器和载波间干扰自消除调制器的工作状态确定数字解调器和载波间干扰自消除解调器的相应工作状态并控制所述数字解调器和所述载波间干扰自消除解调器按照所述工作状态工作；

周期重复上述步骤 a)、b)、c)。

而采用该方法的自适应载波间干扰自消除装置包括以下设备：

一种正交频分复用系统中通信装置的发射机，包含数字调制器和与所述数字调制器相连的载波间干扰自消除调制器，以及工作时关联的自适应控制器。

该自适应控制器利用该发射机所在通信装置接收来自所述另一端通信装置的评估器评估的最大频率偏移和信噪比，根据自适应策略选择所述数字调制器和所述载波间干扰自消除调制器的工作状态并控制所述数字调制器和所述载波间干扰自消除调制器按照所述工作状态工作。

其中自适应策略就是在给定的误码率要求下，根据最大频率偏移和信噪比选择的数字调制器和载波间干扰自消除调制器的工作状态满足最高频谱效率。

一种正交频分复用系统中通信装置的接收机，包含数字解调器，与所述数字解调器相连的载波间干扰自消除解调器，对解调后的信号进行快速傅立叶变换并输出给所述载波间干扰自消除解调器的快速傅立叶变换器，工作时与所述接收机关联的评估器，工作时与所述接收机关联的信令解调器以及工作时与所述接收机关联的解调控制器。

该评估器从来自基带滤波器的信号对来自另一端通信装置发送的信号经传输信道后的最大频率偏移和信噪比进行评估，评估获得的最大频率偏移和信噪比经该接收机所在通信装

置返回所述另一端通信装置。

该信令解调器对由快速傅立叶变换器变换后的信号进行信令解调。

该解调控制器根据信令解调器从信令解调器解调后的信令信号中获取来自另一端通信装置发送的该另一端通信装置的数字调制器和所述载波间干扰自消除调制器的工作状态，确定所述数字解调器和所述载波间干扰自消除解调器的相应工作状态并控制所述数字解调器和所述载波间干扰自消除解调器按照所述工作状态工作。

按照上述，本发明能实现消除载波间干扰，同时又能使数字调制器和载波间干扰自消除调制器的工作状态满足最高频谱效率。

### 附图说明

图 1 是现有的与固定的载波间干扰自消除相关的通信装置的结构简图；

图 2 是本发明最佳实施例相关的发射机的部分结构简图；

图 3 是本发明最佳实施例相关的接收机的部分结构简图；

图 4 是本发明最佳实施例的自适应载波间干扰自消除法的工作状态曲线表。

### 具体实施方式

下面结合附图对本发明进行详细阐述。

在图 2 和图 3 所示的本发明最佳实施例中，自适应载波间干扰消除装置涉及一个通信装置的发射机与另一个通信装置的接收机。其中：

一端通信装置的发射机包含差分移相键控(DPSK)调制器和与该 DPSK 调制器相连的载波间干扰自消除调制器，以及工作时与该发射机关联的自适应控制器。该 DPSK 调制器也可由其它数字调制器取代，如相移键控(PSK)调制器、正交幅度调制(QAM)调制器等。发射机的其它组成部分与现有技术相同，省略图示。

在本实施例中，该 DPSK 调制器的工作状态可有不传输( $M_1$ )，2-DPSK( $M_2$ )和 4-DPSK( $M_3$ )三种，但不限定为这三种，也可能有更多的工作状态。在其它实施例中可以按需要设定该 DPSK 调制器的其它多种工作状态。

而该载波间干扰自消除调制器的工作状态有标准( $T_1$ )，线性( $T_2$ )和三次( $T_3$ )三种，同样不限定为这三种，也可能有更多的工作状态。在其它实施例中也可以按需要设定该载波间干扰自消除调制器有更多的工作状态。

该自适应控制器在该实施例中接收来自本端通信装置接收机的解调后的信号，即利用该发射机所在通信装置接收来自另一端通信装置的评估器评估的最大频率偏移和信噪比，根

据自适应策略选择工作时与其输出端相连的 DPSK 调制器或其它数字调制器和所述载波间干扰自消除调制器的工作状态并控制该 DPSK 调制器或数字调制器和载波间干扰自消除调制器按照所选工作状态工作。

其中自适应策略就是在给定的误码率要求下，按照最大频率偏移和信噪比选择的数字调制器和载波间干扰自消除调制器的工作状态满足最高频谱效率。

参照图 4 所示的由实验测得的在加性高斯白噪声的信道中给定的频率偏移下，差分移相键控调制器和载波间干扰自消除调制器的 BER-SNR 候选模式性能曲线。在该曲线中，误码率低于  $10^{-5}$  可以达到需要的系统性能。在满足此前提的曲线中，选择最有效率的候选模式。差分移相调制器的不传输 ( $M_1$ )，2-DPSK ( $M_2$ ) 和 4-DPSK ( $M_3$ ) 三种状态对应的调制效率分别对应 0，1 和 2，其它更多的可选工作状态对应的调制效率依此类推；载波间干扰自消除调制器的标准 ( $T_1$ )，线性 ( $T_2$ ) 和三次 ( $T_3$ ) 三种状态对应的调制效率分别对应 1，1/2 和 1/3，其它更多的可选工作状态对应的调制效率也依此类推。将它们的效率相乘，积就是在该工作模式下的系统效率。以其值较大者效率较高。可预先根据自适应策略，从图 4 曲线制成如下不同信噪比和不同最大频率偏移对应的移相键控调制器和载波间干扰自消除调制器的工作状态表，并加以存储。

	$\Delta f = 0$	$0 < \Delta f < 0.1$	$0.1 \leq \Delta f < 0.15$	$0.15 \leq \Delta f < 0.5$	$0.5 \leq \Delta f < 0.6$	$f_c > 0.6$
$SNR \leq 10.3dB$	$M_1$	$M_1$	$M_1$	$M_1$	$M_1$	$M_1$
$10.3 < SNR \leq 12.6dB$	$M_2, T_1$					
$12.6 < SNR \leq 13dB$	$M_3, T_1$	$M_3, T_3$	$M_3, T_3$	$M_3, T_3$	$M_3, T_3$	
$13 < SNR \leq 16.6dB$						
$16.6 < SNR \leq 18.3dB$						
$18.3dB < SNR$	$M_3, T_1$	$M_2, T_1$	$M_3, T_2$			

因此，根据自适应策略选择数字调制器和载波间干扰自消除调制器的工作状态的过程可通过查找预先制定和存储的表来完成。

另一端通信装置的接收机包含 DPSK 解调器，与 DPSK 解调器相连的载波间干扰自消除解调器和与载波间干扰自消除解调器相连的快速傅立叶变换装置，工作时与该接收机关联的评估器、信令解调器和解调控制器。接收机的其它组成部分与已有技术的相同，故省略图示。

该评估器以数字解调器输出的信号为输入信号，对来自通信对端通信装置发送的信号经传输信道后的最大频率偏移和信噪比进行评估。在该实施例中，评估器虽通过数字解调器的输出进行这种评估，但也可以直接来自基带滤波器的信号，而不经快速傅立叶变换和解调来进行最大频率偏移和信噪比评估。评估获得的最大频率偏移和信噪比经该接收机所在通信装置返回所述通信对端的通信装置。

在其它实施例中上述 DPSK 解调器也可以是对应于发射机的数字调制器的其它数字解调器，如相移键控（PSK）调制器、正交幅度调制（QAM）调制器等。该 DPSK 解调器或其它数字调制器和载波间干扰自消除解调器的可选模式对应于发射机的 DPSK 调制器或其它数字调制器和载波间干扰自消除调制器的可选模式。

所述信令解调器接收由快速傅立叶变换器对基带滤波器的信号进行变换后的信号，进行信令解调。

所述解调控制器根据信令解调器解调后的信令信号中获取来自通信对端通信装置发送的该另一端通信装置的 DPSK 调制器或其它数字调制器和所述载波间干扰自消除调制器的工作状态，并由此确定工作时与其输出端相连的 DPSK 解调器或其它数字解调器和载波间干扰自消除解调器的相应工作状态并控制所述 DPSK 解调器或数字解调器和载波间干扰自消除解调器按照所述工作状态工作。

本装置中的其它部件及其作用均为熟悉本领域的技术人员所熟知，因此不再详述。

根据以上所述，本发明的方法可概括为以下步骤：

a) 在一端的通信装置中评估来自另一端通信装置发送的信号经传输信道后的最大频率偏移和信噪比；

b) 在所述另一端通信装置中利用上述步骤 a) 中评估得到的最大频率偏移和信噪比根据自适应策略选择数字调制器和载波间干扰自消除调制器的工作状态并控制所述数字调制器和所述载波间干扰自消除调制器按照所述工作状态工作；

c) 在所述一端通信装置中根据步骤 b) 中所述另一端通信装置中选择的数字调制器和载波间干扰自消除调制器的工作状态确定数字解调器和载波间干扰自消除解调器的相应工作状态并控制所述数字解调器和所述载波间干扰自消除解调器按照所述工作状态工作；

周期重复上述步骤 a)、b)、c)。

其中，步骤 b) 中的自适应策略就是在给定的误码率要求下，按照最大频率偏移和信噪比选择的数字调制器和载波间干扰自消除调制器的工作状态满足最高频谱效率。

而步骤 b) 中的“根据自适应策略选择数字调制器和载波间干扰自消除调制器的工作状态”可通过查找预先制定和存储的表来完成，所述表可根据对数字调制器和载波间干扰自消除调制器的不同工作状态和不同频率偏移预先实验测得的一组误码率与信噪比的曲线和所述自适应策略来制定。

在所述表中，各信噪比和各最大频率偏移对应的各数字调制器和载波间干扰自消除调制器的工作状态满足给定误码率要求下的最高频谱效率。

以上所述就是本发明最佳的实施例。该实施例仅是举例说明，并非用于限制本发明的范

---

围。对于熟悉本领域的技术人员使用等同的技术手段、或者在权利要求所涵盖的范围内的任何变形，都不能脱离本发明的权利范围及其范畴。

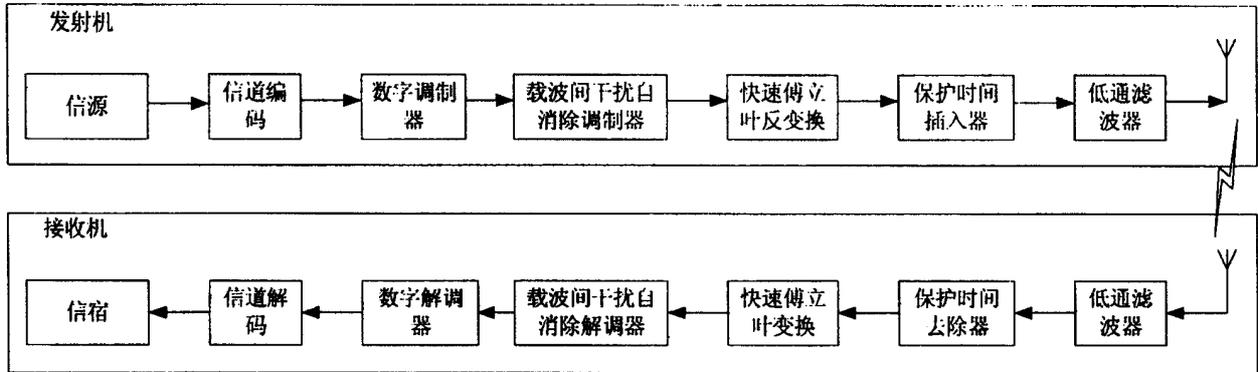


图 1

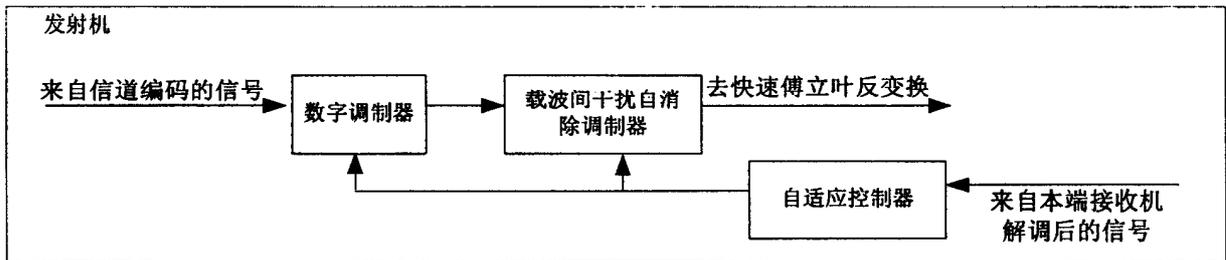


图 2

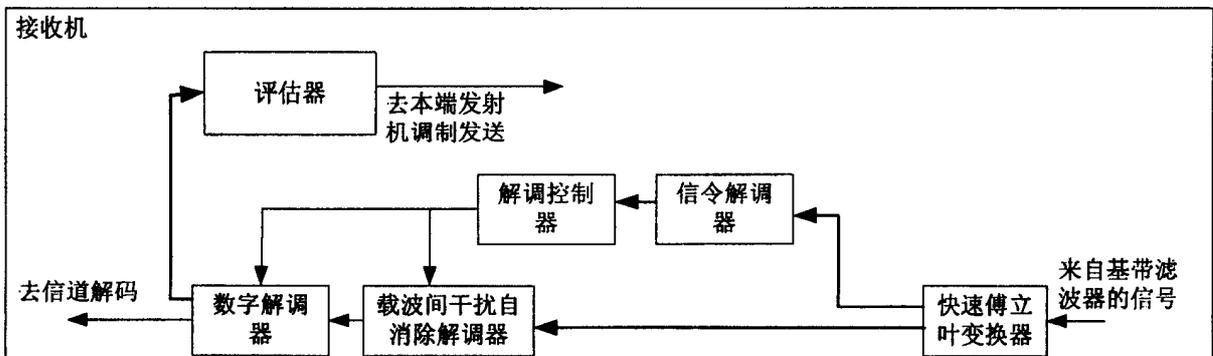


图 3

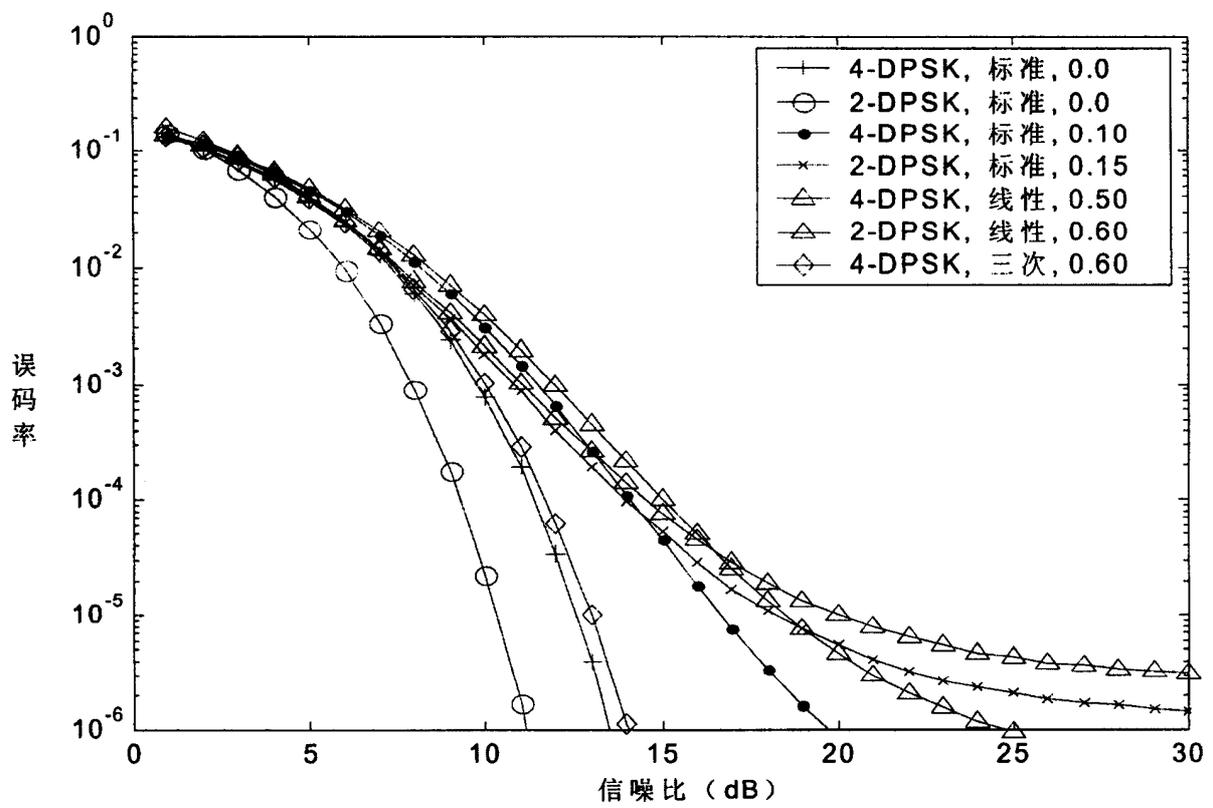


图 4