



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105071861 B

(45)授权公告日 2017.12.08

(21)申请号 201510422526.3

H04L 27/26(2006.01)

(22)申请日 2015.07.17

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105071861 A

CN 102136864 A,2011.07.27,
US 2013208335 A1,2013.08.15,
CN 101964683 A,2011.02.02,

(43)申请公布日 2015.11.18

唐红文,等.光载无线电上行链路的均衡.

(73)专利权人 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

《华中科技大学学报(自然科学版)》.2009,第37卷(第10期),

审查员 王志豪

(72)发明人 许渤 满建超 张毛 邱昆

(74)专利代理机构 成都行之专利代理事务所
(普通合伙) 51220

代理人 温利平 陈靓靓

(51)Int.Cl.

H04B 10/2575(2013.01)

H04B 10/548(2013.01)

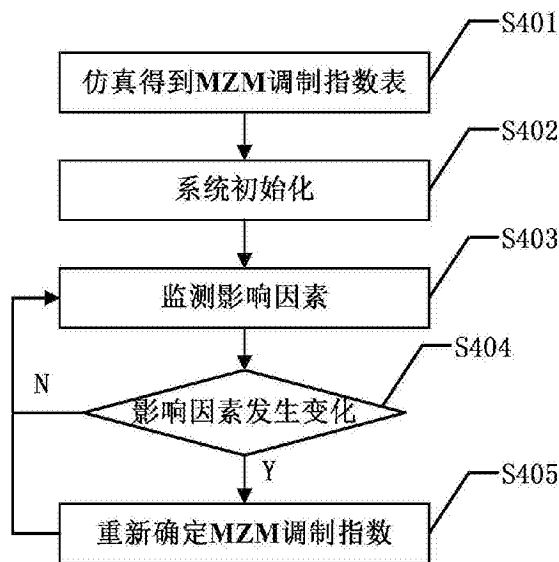
权利要求书1页 说明书7页 附图5页

(54)发明名称

一种ROF系统的MZM调制指数动态调节方法

(57)摘要

本发明公开了一种ROF系统的MZM调制指数动态调整方法,在初始化ROF系统时初始化一个MZM调制指数,然后在通信过程中,当相应地影响因素发生变化时,根据当前影响因素重新从MZM调制指数表查找得到最佳MZM调制指数;或者根据用户数量的增大或减小来相应地调整MZM调制指数,直到用户的误码率满足要求;又或者根据信干噪比的阈值和各用户周期性反馈的信道噪声估计值计算得到每个用户的对应的允许使用的MZM调制指数的最大值并组成一个集合,然后从该集合中选择最小的一个MZM调制指数作为发射机采用的MZM调制指数。本发明实现了对MZM调制指数的动态调节,使其适应ROF系统在通信过程中的动态变化。



1. 一种ROF系统的MZM调制指数动态调整方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1: 首先选择MZM调制指数的影响因素,对ROF系统进行仿真,得到影响因素在不同情况下的MZM调制指数,保存为MZM调制指数表;

S2: 在ROF系统进行初始化时,根据ROF系统中当前各个影响因素,从MZM调制指数表查找得到最佳MZM调制指数;

S3: 在通信过程中,发射机对影响因素进行监测,如果影响因素发生变化,则根据当前影响因素重新从MZM调制指数表查找得到最佳MZM调制指数。

一种ROF系统的MZM调制指数动态调节方法

技术领域

[0001] 本发明属于ROF通信技术领域,更为具体地讲,涉及一种ROF系统的MZM调制指数动态调节方法。

背景技术

[0002] 随着信息化的快速推进,通信在社会的地位越来越重要。互联网的快速普及,通信网络流量,尤其是数据通信量的大大增加,骨干网的带宽由于光纤的大量采用而相对充足,限制带宽的主要瓶颈出现在接入段。如何解决无线高速率数据传输和无线接入覆盖问题成为迫切需要解决的技术关键。另一方面,光纤通信具有抗电磁干扰性好、低损耗、可提供高带宽等优点。ROF技术(Radio Over Fiber,光载无线通信)是应高速率大容量无线通信需求新兴发展起来的将光纤通信和无线通信相结合的无线接入技术。

[0003] 图1是ROF系统结构图。如图1所示,ROF系统主要由中心站(CS)、远端天线单元(RAU)、光纤传送网和用户端四部分构成。中心站和远端天线之间通过光纤连接,而用户端与远端天线之间仍然是无线链路。

[0004] ROF系统的基本策略是将CS和RAU用光纤连接,从而实现双向交互通信,在上行链路,当RAU收到终端信号后,经过对激光调制,可把不同RAU的信号汇聚到一起,然后传送到中心站进行处理;在下行链路,中心站则把信号调制到光载波上,再通过光纤传输到RAU,然后RAU进行光电检测把得到的毫米波信号辐射出去。

[0005] 在ROF系统中将有用信号加载到光载波上的方法有多种,大体分为两类:直接调制和外调制。直接调制简单易行,但是由于激光器的调制带宽受限,因此并不适合于毫米波段。在更高的频率,例如10GHz以上,外调制往往比直接调制更实用。其中马赫曾德尔调制器(MZM,也称MZ调制器)作为外部调制器是最常用的一种器件。

[0006] MZ调制器可以通过设置不同的偏置电压 V_{DC} 和两臂的调制信号之间的相位差,根据需要进行不同的调制方式。由于MZ调制器的制作材料与制作工艺的原因,所加的调制信号的电压往往不能太大,一般要小于MZ调制器半波电压的两倍,这就限制了MZ调制器的调制指数只能为比较小的一个值。假设加载到MZ调制器的基带信号为 $V_1(t)$,经过MZ调制器调制到光信号上传输,调制器的输出信号与输入信号之间的关系可以表示为 $V_{OUT}(t) = \sin(m \times V_1(t))$, m 表示调制指数。为了保证基带信号的线性传输,调制指数需要使用较小值,以避免出现MZ调制器调制非线性的影响。但是,较小的调制指数会造成信号幅度减小,导致接收端信噪比的降低,影响信号接收质量。因此,如何得到一个合适的调制指数,对基于MZ调制器的ROF系统来说非常重要。并且现有的ROF系统中,MZ调制器的调制指数是在ROF系统初始化时确定的,但是ROF系统的系统环境和用户数量是动态变化的,调制指数难以完全适应这些动态变化。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于克服现有技术的不足,提供一种ROF系统的MZM调制指数动态调

节方法,实现对MZM调制指数的动态调节,使其适应ROF系统在通信过程中的动态变化。

[0008] 为实现上述发明目的,本发明ROF系统的MZM调制指数动态调整方法,包括以下步骤:

[0009] S1:首先选择MZM调制指数的影响因素,对ROF系统进行仿真,得到影响因素在不同情况下的MZM调制指数,保存为MZM调制指数表;

[0010] S2:在ROF系统进行初始化时,根据ROF系统中当前各个影响因素,从MZM调制指数表查找得到最佳MZM调制指数;

[0011] S3:在通信过程中,发射机对影响因素进行监测,如果影响因素发生变化,则根据当前影响因素重新从MZM调制指数表查找得到最佳MZM调制指数。

[0012] 本发明还提供了一种ROF系统的MZM调制指数动态调整方法,包括以下步骤:

[0013] S1:在ROF系统进行初始化时,初始化MZ调制器的调制指数;

[0014] S2:在通信过程,发射机监测用户数量,如果用户数量增大,进入步骤S3,否则进入步骤S4;

[0015] S3:按照预设步长减小MZM调制指数,用户将其接收信号的误码率反馈给发射机,如果不是所有用户的误码率都满足预定要求,则继续按照预设步长减小MZM调制指数,直到所有用户的误码率均满足预定要求为止;

[0016] S4:按照预设步长增大MZM调制指数,用户将其接收信号的误码率反馈给发射机,如果不是所有用户的误码率都满足预定要求,则继续按照预设步长增大MZM调制指数,直到所有用户的误码率均满足预定要求为止。

[0017] 本发明还提供了一种ROF系统的MZM调制指数动态调整方法,包括以下步骤:

[0018] S1:在ROF系统进行初始化时,初始化MZ调制器的调制指数;

[0019] S2:在通信过程中,每个用户按照预设周期将其接收信道的信道噪声估计值 σ_N^2 反馈给发射机;

[0020] S3:发射机根据以下公式,分别计算得到每个用户的对应的允许使用的MZM调制指数m的最大值:

$$[0021] \quad \frac{P_s}{(\alpha m^3)^2 + \sigma_N^2} = TH$$

[0022] 其中, P_s 为发射机发送信号的功率, α 表示预设的串扰系数,TH表示预设的信干噪比SINR的阈值;

[0023] 由此得到一个由所有用户允许使用的MZM调制指数m最大值组成的集合M,从集合M中选择最小的一个MZM调制指数作为发射机采用的MZM调制指数。

[0024] 本发明ROF系统的MZM调制指数动态调整方法,在初始化ROF系统时初始化一个MZM调制指数,然后在通信过程中,当相应的影响因素发生变化时,根据当前影响因素重新从MZM调制指数表查找得到最佳MZM调制指数;或者根据用户数量的增大或减小来相应地调整MZM调制指数,直到用户的误码率满足要求;又或者根据信干噪比的阈值和各用户周期性反馈的信道噪声估计值计算得到每个用户的对应的允许使用的MZM调制指数的最大值并组成一个集合,然后从该集合中选择最小的一个MZM调制指数作为发射机采用的MZM调制指数。

[0025] 本发明通过监测ROF系统中MZM调制指数的影响因素,来对MZM调制指数进行动态

调整,使MZM调制指数能自适应ROF系统的动态变化,从而使ROF系统始终能保持良好的通信性能。

附图说明

- [0026] 图1是ROF系统结构图;
 [0027] 图2是两路工作子载波下使用不同的调制指数对应的系统误码率性能曲线;
 [0028] 图3是固定调制指数下不同工作子载波个数的系统误码率性能曲线
 [0029] 图4是本发明ROF系统的MZM调制指数动态调整方法一的流程图;
 [0030] 图5是表1中各最佳MZM调制指数的误码率性能曲线图;
 [0031] 图6是本发明ROF系统的MZM调制指数动态调整方法二的流程图;
 [0032] 图7是本发明ROF系统的MZM调制指数动态调整方法三的流程图;
 [0033] 图8是16QAM调制方式下误码性能随SINR的变化曲线。

具体实施方式

[0034] 下面结合附图对本发明的具体实施方式进行描述,以便本领域的技术人员更好地理解本发明。需要特别提醒注意的是,在以下的描述中,当已知功能和设计的详细描述也许会淡化本发明的主要内容时,这些描述在这里将被忽略。

[0035] 为了更好地说明本发明的技术方案,首先对本发明依据的技术原理进行说明。

[0036] 对于ROF系统中传输的用户无线接入射频信号来说,为了满足多用户共享无线信道的需求,频分复用(FDM)是最基本的方式。假设 f_k 为第 k 个子载波采用的频率,子载波总数为 N ,即有 N 个子载波供 N 个用户可以同时使用,每个用户待传输的符号为 $A_i(t) = I_i(t) + jQ_i(t)$,复用以后的基带信号为:

$$[0037] \quad V_s(t) = \sum_i I_i(t) \cos 2\pi f_i t + Q_i(t) \sin 2\pi f_i t, \quad i = 1, 2, \dots, N$$

[0038] 经MZM调制器调制后得到的输出信号为:

$$[0039] \quad V_{\text{OUT}}(t) = \sin(m \times V_s(t))$$

[0040] 当调制指数 m 较小时(忽略三阶以上信号),可以展开得到:

$$[0041] \quad V_{\text{OUT}}(t) = mV_s(t) - \frac{1}{3!}m^3V_s^3(t)$$

[0042] 很显然,输出信号中除了包含需要的各子载波信号外,还包括各子载波信号之间的三阶串扰信号,其大小与调制指数有关。

[0043] 图2是两路工作子载波下使用不同的调制指数对应的系统误码率性能曲线。由图2分析可得,调制指数增大到一定值时($m > 0.03$),系统的性能变得很差。这是因为调制指数选取过大时,将导致MZM调制器输出信号出现明显的非线性串扰信号,成为影响系统性能的主要因素。当系统中存在不同的工作子载波数目时,会出现类似的系统性能随调制指数变化的情况。所以,选择合适的调制指数是系统设计时的一个关键问题。

[0044] 对于多用户接入信号来说,在某一时刻正在使用信道的用户数目是变化的。当固定MZM的调制指数时,由之前的理论分析可知,用户数目增加时,MZM的调制非线性会带来更多的信道间串扰。图3是固定调制指数下不同工作子载波个数的系统误码率性能曲线。如图

3所示,在一个MZM上加载多路调制信号会引起信号之间更多的交叉调制,导致系统非线性失真更加严重,当工作子载波个数很多时,对系统性能造成影响的主要因素是MZM的非线性效应造成的信道间串扰。

[0045] 如果系统设计时采用固定的MZM调制指数,则该调制指数的选择必须考虑MZM非线性信道间串扰最大时,即用户工作数目最大时,能允许使用的最大调制指数。很显然,由于此时用户数目很多,必须选择一个较小的调制指数,才能保证有效抑制MZM非线性信道串扰的大小,但这会直接导致用户接收信号强度的变小,这时在接收端必须使用较大倍数的信号放大,会带来更多的噪声和功率消耗。另一方面,考虑到用户接入信道中用户数目的动态变化,当用户数目较小时,用户间的MZM非线性信道间串扰较小,这时允许使用较大的调制指数以增强接收信号强度;当用户数目增大时,用户间的MZM非线性信道间串扰变大,这时可以适当降低调制指数以减小非线性信道间串扰。基于此,为了获得更好的系统性能,本发明提出对MZM调制指数进行动态设置以便更好地抑制ROF系统中的MZM非线性信道串扰。

[0046] 实施例

[0047] 本发明中提供了三种ROF系统的MZM调制指数动态调整方法。图4是本发明ROF系统的MZM调制指数动态调整方法一的流程图。如图4所示,ROF系统的MZM调制指数动态调整方法一的具体步骤包括:

[0048] S401: 仿真得到MZM调制指数表:

[0049] 首先选择MZM调制指数的影响因素,对ROF系统进行仿真,得到影响因素在不同情况下的MZM调制指数,保存为MZM调制指数表。

[0050] 除了工作子载波数目外,MZM调制指数的影响因素还包括调制阶数(即调制方式)、用户的信息质量、各用户分配的子载波的具体位置等。在仿真时选择的影响因素越多,仿真也就越复杂。在实际应用中,可以根据需要对影响因素进行选择。例如通过实验发现,当固定调制阶数和用户数目时,不同的用户子载波位置分配,对调制指数的优化结果虽然有一定的影响,但是影响较小,因此可以在精度要求不高时忽略用户子载波位置分配。

[0051] 本实施例中,选择调制阶数和工作子载波数量作为MZM调制指数的影响因素。以16QAM调制方式为例,仿真不同工作子载波数量下的最佳调制指数。表1是本实施例的MZM调制指数表。

[0052]

工作子载波数目	1路	2路	3路	4路	5路	6路	7路	8路
最佳调制指数	0.029	0.026	0.024	0.022	0.020	0.018	0.017	0.016

[0053] 表1

[0054] 从表1可以看出,随着工作子载波数目的增加,调制指数值的选取越来越小,与理论分析的结果一致。图5是表1中各最佳MZM调制指数的误码率性能曲线图。如图5所示,假设当前系统要求的误码率为 10^{-3} ,在各种接收机信噪比情况下,最佳调制指数都能将信噪比控制在理想情况的3dB以内。本实施例中,假定调制方式在整个通信过程中不会改变,因此通过工作子载波数量的变化来动态确定调制指数的大小。

[0055] S402: 系统初始化:

[0056] 在ROF系统进行初始化时,初始化MZ调制器的调制指数,即根据ROF系统中当前各个影响因素,从MZM调制指数表查找得到最佳MZM调制指数。

[0057] S403:监测影响因素:

[0058] 在通信过程中,发射机对影响因素进行监测。在本实施例中,就是对工作子载波的数量进行监测,在ROF系统中工作子载波的数量即为用户数量,由于用户会向发射机请求分配传输信道,由此发射机即可确定发射用户数目,从而得到工作子载波的数量。

[0059] S404:判断影响因素是否发生变化,如果未发生变化,则不作任何操作,返回步骤S403;如果发生了变化,则进入步骤S405。

[0060] S405:重新确定MZM调制指数:

[0061] 根据当前影响因素重新从MZM调制指数表查找得到最佳MZM调制指数,返回步骤S403。

[0062] 可见,根据影响因素来动态调整MZM调制指数,可以保证系统始终工作在最佳的状态。

[0063] 从之前的技术原理分析可知,用户数量即代表工作子载波数量,是确定MZM调制指数的一个重要影响因素,因此,方法二基于用户数量和用户反馈来调整调制指数。图6是本发明ROF系统的MZM调制指数动态调整方法二的流程图。如图6所示,本发明ROF系统的MZM调制指数动态调整方法二包括以下步骤:

[0064] S601:系统初始化:

[0065] 在ROF系统进行初始化时,初始化MZM调制器的调制指数 m 。MZM调制指数的初始化值根据ROF系统的实际情况确定。本实施例中,MZM调制指数的初始值在MZM调制指数表中查找得到,即根据ROF系统中当前各个影响因素,从MZM调制指数表查找得到对应的最佳MZM调制指数 m 。

[0066] S602:监测用户数量:

[0067] 在通信过程,发射机监测用户数量,当有新用户加入或用户退出时,按照相应的处理方式来调整MZM调制指数。

[0068] S603:判断用户数量是否变化,如果是,进入步骤S604,如果没有变化,则不作任何操作,返回步骤S602。

[0069] S604:判断用户数量是否增大,如果是,进入步骤S605,如果减小则进入步骤S608。

[0070] S605:按步长减小MZM调制指数:

[0071] 按照预设步长减小MZM调制指数,即令 $m = m - \Delta_1$, Δ_1 表示预设的减小步长。当步长设置较小时,可以获得较为精确的调制指数,但是迭代调整的次数可能较多,而步长较大时,则可能降低调制指数的调整精度。因此,需要根据实际情况来设置步长大小。

[0072] S606:用户反馈误码率:

[0073] 在通信过程中,用户按照预设周期将其接收信号的误码率反馈给发射机。

[0074] S607:判断是否所有用户的误码率均满足预定要求,即小于等于预设的误码率阈值,如果是,则本次调整完毕,返回步骤S602;如果不是,则返回步骤S605。

[0075] S608:增大MZM调制指数:

[0076] 按照预设步长增大MZM调制指数,即令 $m = m + \Delta_2$, Δ_2 表示预设的增大步长。由于MZM调制指数与用户数量并不是线性关系,因此 Δ_1 和 Δ_2 一般不相等。

[0077] S609:用户反馈误码率:

[0078] 在通信过程中,用户按照预设周期将其接收信号的误码率反馈给发射机。

[0079] S610:判断是否所有用户的误码率均满足预定要求,即预设的误码率阈值,如果是,则本次调整完毕,返回步骤S602;如果不是,则返回步骤S608。

[0080] 为了提高调制指数调整的速度,本发明还提供一种基于信干噪比(SINR)的MZM调制指数动态调整方法,即每个用户实时估计其接收信道的噪声估计值,反馈给发射机,作为调整MZM调制指数的依据。图7是本发明ROF系统的MZM调制指数动态调整方法三的流程。如图7所示,本发明ROF系统的MZM调制指数动态调整方法三包括以下步骤:

[0081] S701:系统初始化:

[0082] 在ROF系统进行初始化时,初始化MZ调制器的调制指数 m 。MZM调制指数的初始化值根据ROF系统的实际情况确定。本实施例中,MZM调制指数的初始值在MZM调制指数表中查找得到,即根据ROF系统中当前各个影响因素,从MZM调制指数表查找得到对应的最佳MZM调制指数 m 。

[0083] S702:用户反馈信道噪声估计值:

[0084] 在通信过程中,每个用户按照预设周期将其接收信道的信道噪声估计值反馈给发射机。信道噪声估计是目前通信领域的惯用技术,其具体方法在此不再赘述。

[0085] S703:发射机计算各用户允许使用的MZM调制指数最大值:

[0086] 当系统中的信道间串扰可以近似为高斯分布时,系统中各用户的误码性能由各用户的SINR决定,即SINR越大,误码率越小。图8是16QAM调制方式下误码性能随SINR的变化曲线。如图8所示,对于系统预定的误码率要求,只要每个用户的SINR能够大于一定的阈值,则可以保证该用户的误码性能能够达到系统预定要求。

[0087] 本发明中,SINR定义为 $SINR = \text{接收信号功率} / (\text{干扰功率} + \text{噪声功率})$,其计算公式为:

$$[0088] \quad SINR = \frac{P_s}{\sigma_{ICI}^2 + \sigma_N^2}$$

[0089] 其中, P_s 为发射机发送信号的功率, σ_{ICI} 表示MZM非线性造成的信道间串扰大小, σ_N^2 表示用户的信道噪声估计值。根据之前的技术原理分析,本发明只考虑三阶串扰信号,那么 $\sigma_{ICI} = \alpha m^3$,其中 α 表示预设的串扰系数。根据分析可知,串扰系数 α 与工作子载波的数量有关,因此可以采用仿真得到不同工作子载波数量对应的串扰系数 α ,在计算时选择对应的串扰系数即可。表2是本实施例的串扰系数表。

[0090]

工作子载波	2	3	4	5	6	7	8
系数	9.7479 e+03	1.5990 e+04	2.2716 e+04	2.9097 e+04	3.6015 e+04	4.2324 e+04	4.8564 e+04

[0091] 表2

[0092] 那么,求解以下公式得到各用户对应的允许使用的MZM调制指数 m 的最大值:

$$[0093] \quad SINR = \frac{P_s}{\sigma_{ICI}^2 + \sigma_N^2} = \frac{P_s}{(\alpha m^3)^2 + \sigma_N^2} = TH$$

[0094] 其中,TH表示预设的信干噪比SINR的阈值,即所允许的SINR的最小值。

[0095] 在实际应用中,有可能出现某一用户由于信道质量较差,信道噪声较大,导致无法

得到满足SINR阈值的调制指数,即无法求解到满足上述阈值公式的调制指数。对于这些用户,需要改用较低调制阶数的调制方式,调制阶数越低,其对应的较低的SINR阈值更容易获得满足要求的MZM调制指数。

[0096] S704:确定MZM调制指数:

[0097] 将S703中计算得到的各用户对应的允许使用的MZM调制指数m的最大值组成一个集合 $M = \{m_1, m_2, \dots, m_N\}$,其中, m_i 表示第i个用户对应的MZM调制指数允许使用的最大值,i的取值范围为 $i = 1, 2, \dots, N$,N表示用户数量。然后从该集合M中选择最小的一个MZM调制指数作为发射机采用的MZM调制指数,即最终采用的MZM调制指数 $\tilde{m} = \min(m_1, m_2, \dots, m_N)$,该调制指数能保证对所有用户都能满足上述SINR阈值要求。

[0098] 比较方法三和方法二可知,在方法三中,在确定MZM调制指数时不需要迭代调整,因此确定最佳MZM调制指数的速度更快。

[0099] 尽管上面对本发明说明性的具体实施方式进行了描述,以便于本技术领域的技术人员理解本发明,但应该清楚,本发明不限于具体实施方式的范围,对本技术领域的普通技术人员来讲,只要各种变化在所附的权利要求限定和确定的本发明的精神和范围内,这些变化是显而易见的,一切利用本发明构思的发明创造均在保护之列。

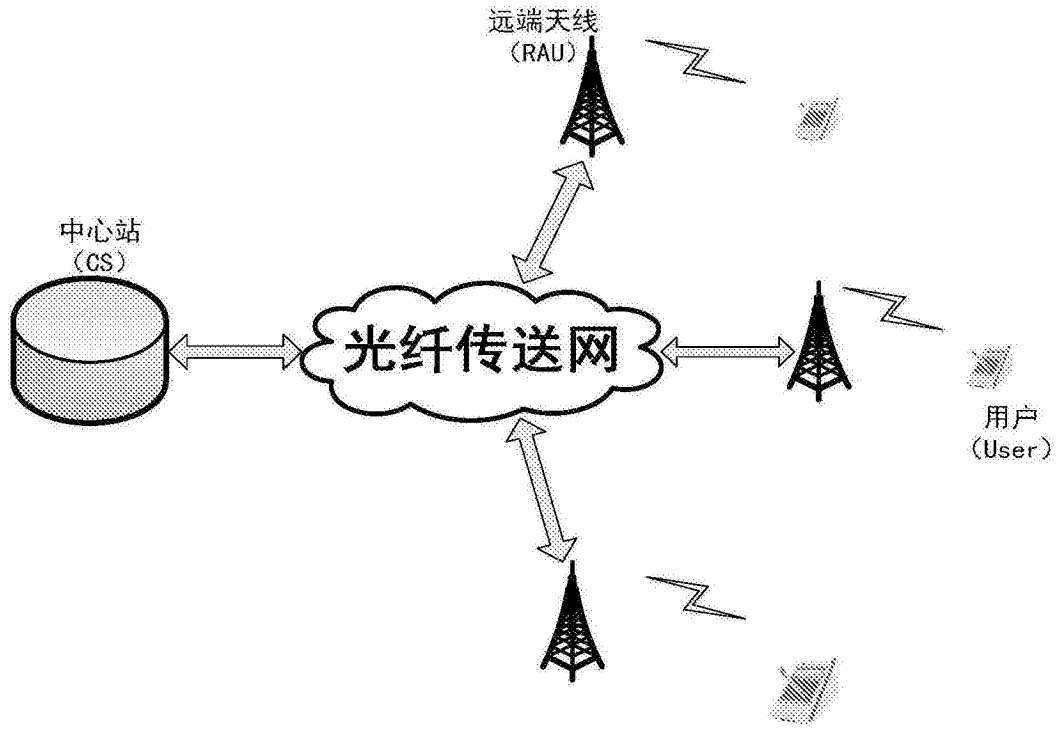


图1

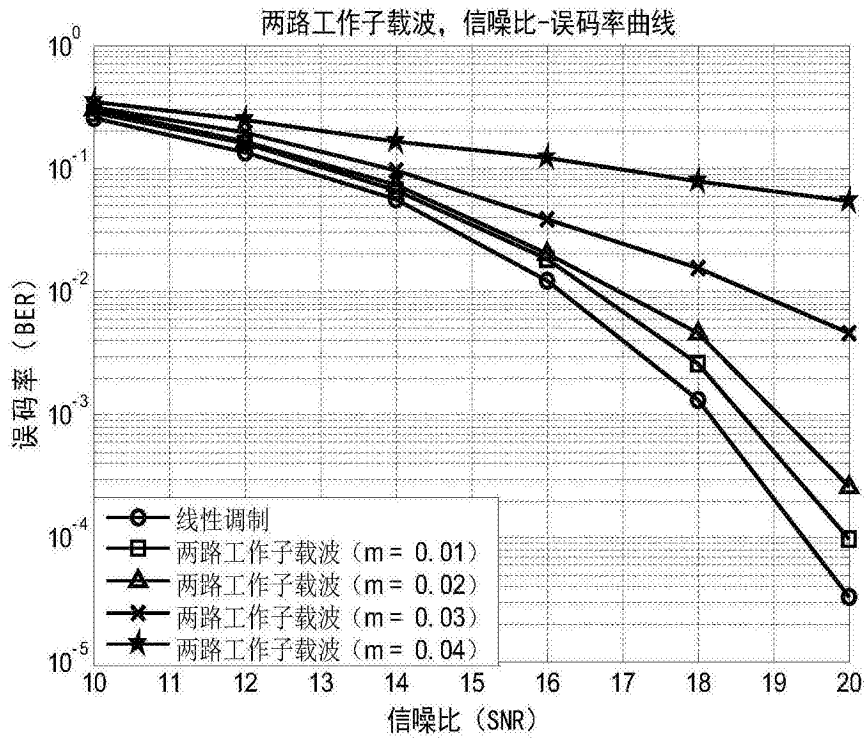


图2

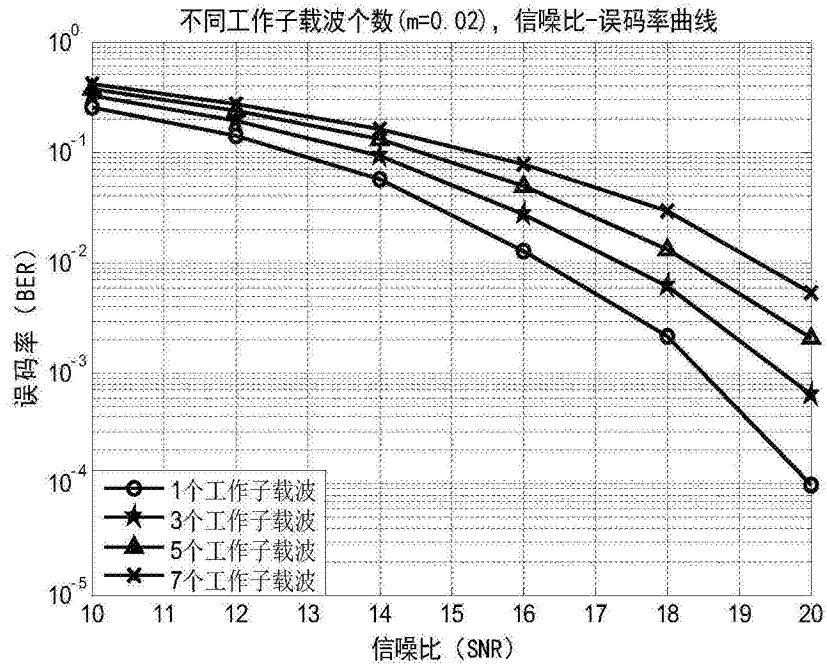


图3

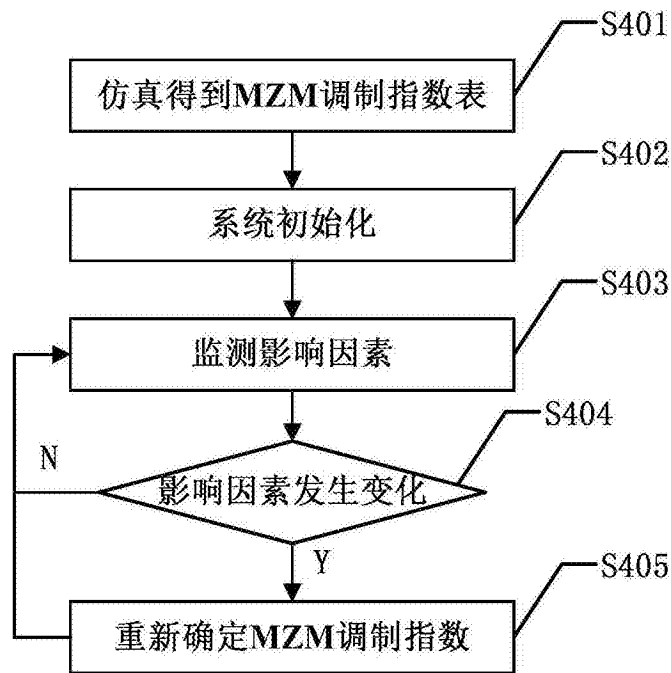


图4

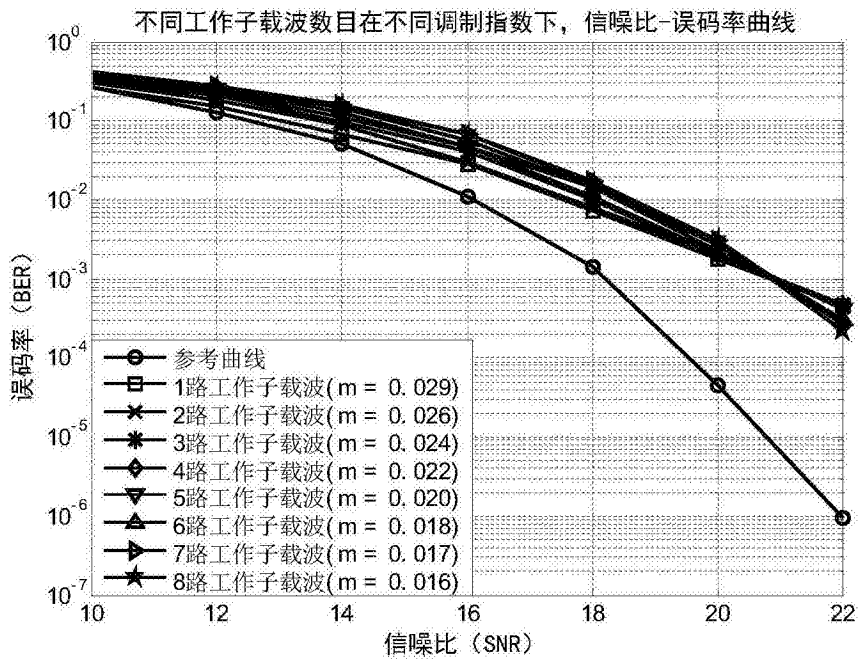


图5

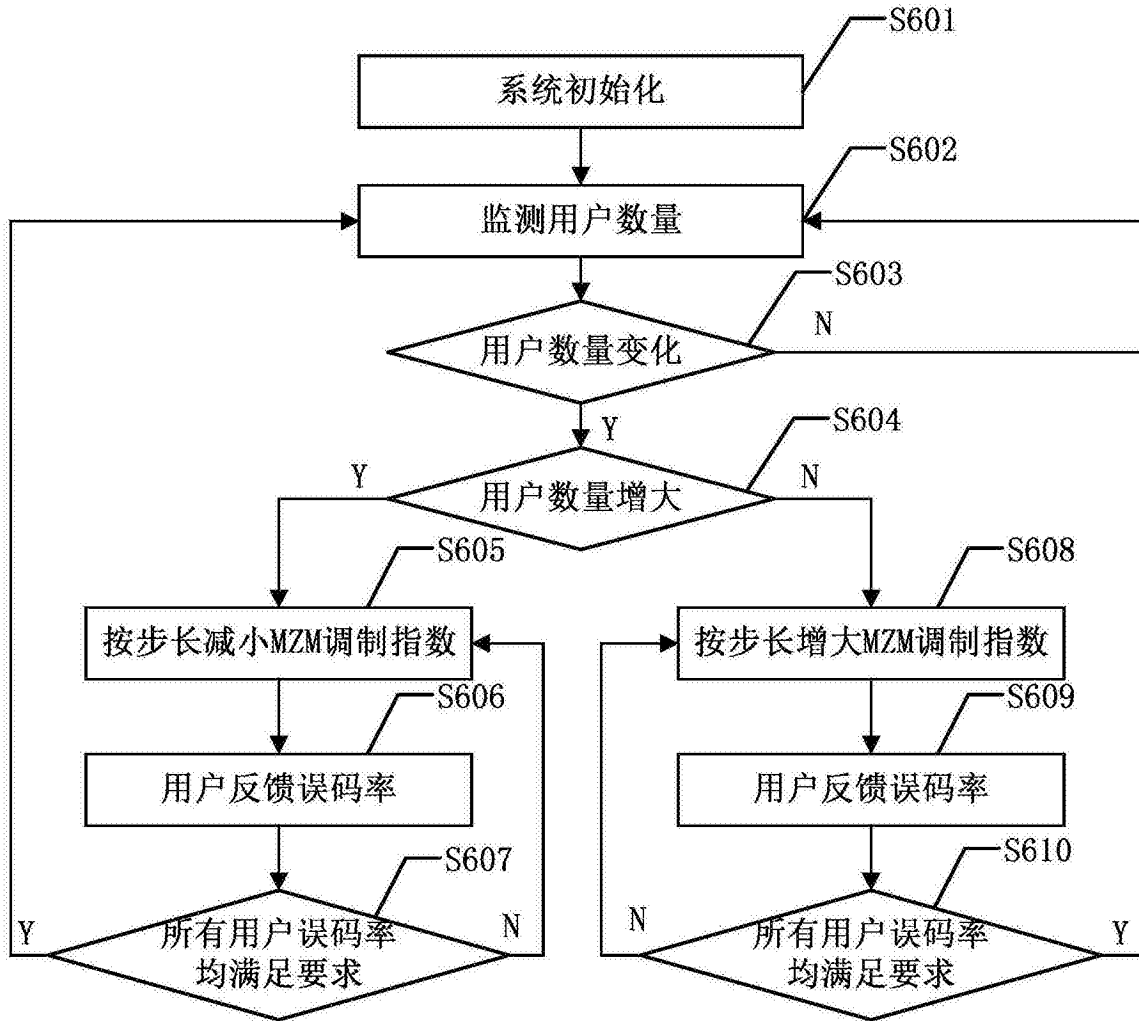


图6

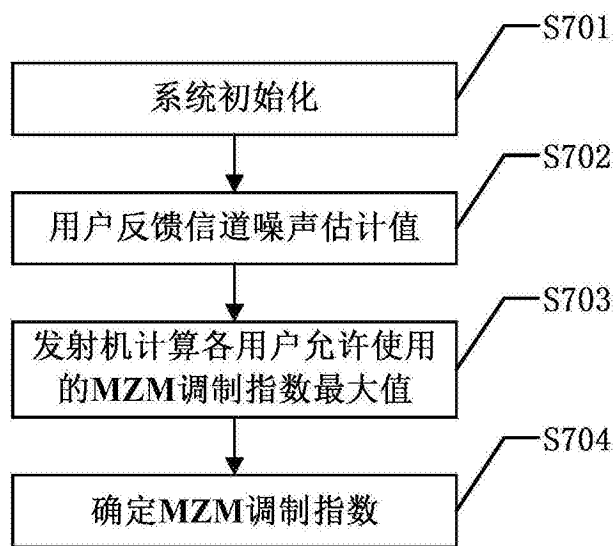


图7

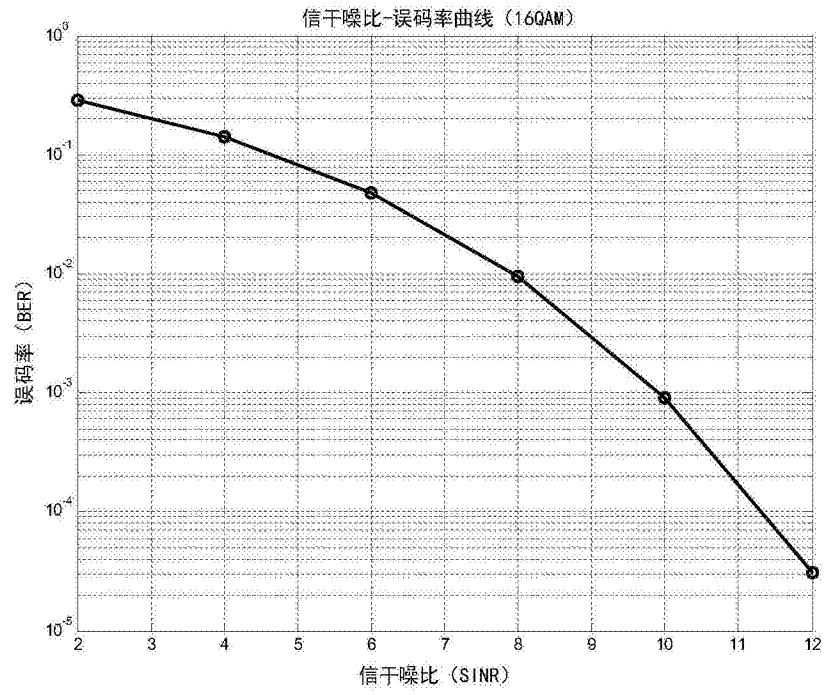


图8