



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106656419 B

(45)授权公告日 2019.11.29

(21)申请号 201611166447.1

(22)申请日 2016.12.16

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 106656419 A

(43)申请公布日 2017.05.10

(73)专利权人 西安电子科技大学  
地址 710071 陕西省西安市雁塔区太白南路2号

(72)发明人 刘科文 王子龙

(74)专利代理机构 西安铭泽知识产权代理事务所(普通合伙) 61223

代理人 潘宏伟

(51)Int.Cl.  
H04L 1/00(2006.01)

(56)对比文件

US 2016211867 A1,2016.07.21,  
CN 105356971 A,2016.02.24,  
CN 105656603 A,2016.06.08,  
US 2016254937 A1,2016.09.01,  
Bin Ren等.Advanced IDD receiver for PDMA uplink system.《2016 IEEE/CIC International Conference on Communications in China (ICCC)》.2016,全文.  
Lu Lei等.Prototype for 5G New Air Interface Technology SCMA and Performance Evaluation.《China Communications》.2015,第12卷全文.

审查员 代悦宁

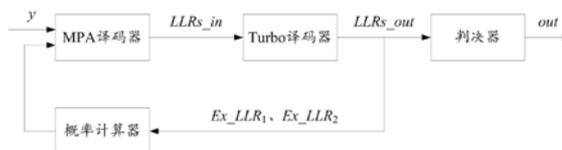
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种SCMA系统的Max-Log型MPA检测算法的性能补偿方法

(57)摘要

本发明提供了一种SCMA系统的Max-Log型MPA检测算法的性能补偿方法,涉及无线通信技术领域,以对Max-Log简化带来的检测和分离性能损失进行弥补。仿真结果表明本发明的补偿方法能够带来0.5~1dB的信噪比增益,即其能在一定程度上弥补由于Max-Log简化带来的性能损失,这个性能弥补方法将对提升SCMA多址接入方案在未来无线通信系统中的可行性具有重要意义。



1. 一种稀疏码多址接入SCMA系统的Max-Log型消息传递算法MPA检测算法的性能补偿方法,其特征在于,包括:

Max-Log型MPA译码器对多用户信号y进行检测和分离,输出的信号LLRs\_in经过Turbo译码器译码,输出信号LLRs\_out经概率计算器再次反馈输出至所述Max-Log型MPA译码器的输入端,经过一定次数的迭代检测后,所述Turbo译码器的输出信号LLRs\_out最终输出至判决器进行判决;

所述概率计算器的处理方法具体包括:所述Turbo译码器输出的信号LLRs\_out包括第一比特的软信息 $Ex\_LLR_1$ 和第二比特的软信息 $Ex\_LLR_2$ ,所述第一比特的软信息表达式为:

$$Ex\_LLR_1 = \ln\left(\frac{P(b_1=1)}{P(b_1=0)}\right) = \ln\left(\frac{P(b_1=1)}{1-P(b_1=1)}\right) \quad (1)$$

所述第二比特的软信息表达式为:

$$Ex\_LLR_2 = \ln\left(\frac{P(b_2=1)}{P(b_2=0)}\right) = \ln\left(\frac{P(b_2=1)}{1-P(b_2=1)}\right) \quad (2)$$

其中, $b_1$ 和 $b_2$ 表示两个连续的输出比特, $P(b_1=1)$ 表示输出比特 $b_1$ 为1的检测概率值, $P(b_1=0)$ 表示输出比特 $b_1$ 为0的检测概率值, $P(b_2=1)$ 表示输出比特 $b_2$ 为1的检测概率值, $P(b_2=0)$ 表示输出比特 $b_2$ 为0的检测概率值;

根据式(1)可得:

$$P(b_1=1) = \frac{e^{\frac{Ex\_LLR_1}{2}}}{e^{\frac{Ex\_LLR_1}{2}} + e^{\frac{-Ex\_LLR_1}{2}}} \quad (3)$$

$$P(b_1=0) = \frac{e^{\frac{-Ex\_LLR_1}{2}}}{e^{\frac{Ex\_LLR_1}{2}} + e^{\frac{-Ex\_LLR_1}{2}}} \quad (4)$$

由式(2)可得:

$$P(b_2=1) = \frac{e^{\frac{Ex\_LLR_2}{2}}}{e^{\frac{Ex\_LLR_2}{2}} + e^{\frac{-Ex\_LLR_2}{2}}} \quad (5)$$

$$P(b_2=0) = \frac{e^{\frac{-Ex\_LLR_2}{2}}}{e^{\frac{Ex\_LLR_2}{2}} + e^{\frac{-Ex\_LLR_2}{2}}} \quad (6)$$

由式(3)、(4)、(5)和(6)可得反馈给MPA译码器的每个SCMA输入符号的对数先验信息为:

$$\ln(P(b_1 = i) * P(b_2 = j)) = \ln\left(e^{\frac{(2*i-1)Ex\_LLR_1}{2}}\right) - \ln\left(e^{\frac{Ex\_LLR_1}{2}} + e^{\frac{-Ex\_LLR_1}{2}}\right) + \ln\left(e^{\frac{(2*j-1)Ex\_LLR_2}{2}}\right) - \ln\left(e^{\frac{Ex\_LLR_2}{2}} + e^{\frac{-Ex\_LLR_2}{2}}\right) \quad (7)$$

其中, i和j的取值为0或1, 对式(7)采用Max-Log方法简化得到:

$$\ln(P(b_1 = i) * P(b_2 = j)) \approx \frac{(2*i-1)Ex\_LLR_1}{2} - \max\left(\frac{Ex\_LLR_1}{2}, \frac{-Ex\_LLR_1}{2}\right) + \frac{(2*j-1)Ex\_LLR_2}{2} - \max\left(\frac{Ex\_LLR_2}{2}, \frac{-Ex\_LLR_2}{2}\right) \quad (8)$$

将由式(8)计算得到的简化后的对数先验信息输入至所述Max-Log型MPA译码器。

2. 如权利要求1所述的方法, 其特征在于, 所述概率计算器的迭代检测次数为2次。

## 一种SCMA系统的Max-Log型MPA检测算法的性能补偿方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及无线通信技术领域,特别涉及一种SCMA系统的Max-Log型MPA检测算法的性能补偿方法。

### 背景技术

[0002] SCMA (Sparse Code Multiple Access) 多址接入算法是为满足未来5G系统的大容量、海量连接、低延时的需求而设计的新型多址接入算法。相对于已有的对时频接入资源采用正交利用方式的CDMA及OFDM多址接入技术,SCMA采用的是将不同用户的信息以非正交的方式叠加到时频接入资源上的多址接入方式。在相同的时频接入资源条件下,SCMA多址接入技术可以提供更大的接入容量和更低的接入时延。SCMA多址接入系统主要由SCMA编码和MPA检测,Turbo编码和译码共四部分构成。其中,SCMA编码、MPA(消息传递算法)检测模块分别实现了用户信息向时频接入物理资源的非正交映射和从时频接入资源上分离出用户的信息的功能,它们是SCMA多址接入系统的核心模块。Turbo编码、译码模块是为了提升SCMA系统核心模块分离性能的辅助模块,其对整体系统的性能的实现具有重要作用。

[0003] 基本MPA检测算法虽然可完成SCMA的用户信号检测和分离的功能,但其中使用的大量指数运算会带来较大的数据动态变化范围,运行程序时很容易导致溢出。另外在采用查表法获取指数运算值时会需要大量存储空间。这些问题使SCMA接入方式在实际使用中面临着计算复杂度高,硬件资源开销大等瓶颈。和turbo码的Max-Log-map简化算法类似,在实际使用中常采用Max-Log简化运算来取代指数运算,即用一定的性能损失来换取运算速度的提升和存储资源的节省。

[0004] 相对于基本的MPA检测算法,Max-Log简化型MPA检测方法可以显著降低计算复杂度和减少硬件开销。但相应地,Max-Log简化也会带来较大程度的用户信号检测和分离性能损失。

### 发明内容

[0005] 本发明实施例提供了一种SCMA系统的Max-Log型MPA检测算法的性能补偿方法,用以解决现有技术中存在的问题。

[0006] 一种SCMA系统的Max-Log型MPA检测算法的性能补偿方法,包括:

[0007] Max-Log型MPA译码器对多用户信号 $y$ 进行检测和分离,输出的信号LLRs\_in经过Turbo译码器译码,输出信号LLRs\_out经概率计算器再次反馈输出至所述Max-Log型MPA译码器的输入端,经过一定次数的迭代检测后,所述Turbo译码器的输出信号LLRs\_out最终输出至判决器进行判决;

[0008] 所述概率计算器的处理方法具体包括:所述Turbo译码器输出的信号LLRs\_out包括第一比特的软信息 $Ex\_LLR_1$ 和第二比特的软信息 $Ex\_LLR_2$ ,所述第一比特的软信息表达式为:

$$[0009] \quad Ex\_LLR_1 = \log\left(\frac{P(b_1=1)}{P(b_1=0)}\right) = \log\left(\frac{P(b_1=1)}{1-P(b_1=1)}\right) \quad (1)$$

[0010] 所述第二比特的软信息表达式为：

$$[0011] \quad Ex\_LLR_2 = \log\left(\frac{P(b_2=1)}{P(b_2=0)}\right) = \log\left(\frac{P(b_2=1)}{1-P(b_2=1)}\right) \quad (2)$$

[0012] 其中,  $b_1$ 和 $b_2$ 表示两个连续的输出比特,  $P(b_1=1)$ 表示输出比特 $b_1$ 为1的检测概率值,  $P(b_1=0)$ 表示输出比特 $b_1$ 为0的检测概率值,  $P(b_2=1)$ 表示输出比特 $b_2$ 为1的检测概率值,  $P(b_2=0)$ 表示输出比特 $b_2$ 为0的检测概率值；

[0013] 根据式(1)可得：

$$[0014] \quad P(b_1=1) = \frac{e^{\frac{Ex\_LLR_1}{2}}}{e^{\frac{Ex\_LLR_1}{2}} + e^{\frac{-Ex\_LLR_1}{2}}} \quad (3)$$

$$[0015] \quad P(b_1=0) = \frac{e^{\frac{-Ex\_LLR_1}{2}}}{e^{\frac{Ex\_LLR_1}{2}} + e^{\frac{-Ex\_LLR_1}{2}}} \quad (4)$$

[0016] 由式(2)可得：

$$[0017] \quad P(b_2=1) = \frac{e^{\frac{Ex\_LLR_2}{2}}}{e^{\frac{Ex\_LLR_2}{2}} + e^{\frac{-Ex\_LLR_2}{2}}} \quad (5)$$

$$[0018] \quad P(b_2=0) = \frac{e^{\frac{-Ex\_LLR_2}{2}}}{e^{\frac{Ex\_LLR_2}{2}} + e^{\frac{-Ex\_LLR_2}{2}}} \quad (6)$$

[0019] 由式(3)、(4)、(5)和(6)可得反馈给MPA译码器的每个SCMA输入符号的对数先验信息为：

[0020]

$$[0020] \quad \log(P(b_1=i) * P(b_2=j)) = \log\left(e^{\frac{(2*i-1)Ex\_LLR_1}{2}}\right) - \log\left(e^{\frac{Ex\_LLR_1}{2}} + e^{\frac{-Ex\_LLR_1}{2}}\right) + \log\left(e^{\frac{(2*j-1)Ex\_LLR_2}{2}}\right) - \log\left(e^{\frac{Ex\_LLR_2}{2}} + e^{\frac{-Ex\_LLR_2}{2}}\right) \quad (7)$$

[0021] 其中,  $i$ 和 $j$ 的取值为0或1, 对式(7)采用Max-Log方法简化得到：

[0022]

$$\log(P(b_1 = i) * P(b_2 = j)) \approx \frac{(2*i-1)Ex - LLR_1}{2} - \max\left(\frac{Ex - LLR_1}{2}, \frac{-Ex - LLR_1}{2}\right) + \frac{(2*j-1)Ex - LLR_2}{2} - \max\left(\frac{Ex - LLR_2}{2}, \frac{-Ex - LLR_2}{2}\right) \quad (8)$$

[0023] 将由式(8)计算得到的简化后的对数先验信息输入至所述Max-Log型MPA译码器。

[0024] 优选地,所述概率计算器的迭代检测次数为2次。

[0025] 本发明的有益效果在于:本发明中提出了一种对经Max-Log简化的MPA检测模块进行外迭代的优化方法,以对Max-Log简化带来的检测和分离性能损失进行弥补。仿真结果表明本发明的补偿方法能够带来0.5~1dB的信噪比增益,即其能在一定程度上弥补由于Max-Log简化带来的性能损失,这个性能弥补方法将对提升SCMA多址接入方案在未来无线通信系统中的可行性具有重要意义。

## 附图说明

[0026] 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的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0027] 图1为常用的Max-Log型MPA-Turbo检测系统结构图;

[0028] 图2为本发明实施例中使用的Max-Log型MPA-Turbo检测系统结构图;

[0029] 图3为不同信噪比下的Max-Log型MPA检测系统的仿真图;

[0030] 图4为不同迭代次数下的Max-Log型MPA检测仿真图。

## 具体实施方式

[0031] 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。

[0032] 在介绍本发明的技术方案前,首先对一些技术术语进行解释:

[0033] Max-Log型MPA-Turbo检测系统:如图1所示,常用的Max-Log型MPA-Turbo检测系统如图1所示,多用户信号y经过Max-Log型MPA译码器译码后得到采用对数似然比形式的外信息LLRs\_in,该外信息LLRs\_in经过Turbo译码器译码后得到外信息LLRs\_out,最后经过判决器处理后输出。

[0034] 本发明和现有技术的区别在于:在Max-Log型MPA-Turbo检测系统中增加一个概率计算器,如图2所示,经过Turbo译码器处理的信号不是直接输出至判决器进行判决输出,而是经概率计算器处理后反馈输出至Max-Log型MPA译码器输入端,再次进行检测处理。在反复迭代检测一定次数后,Turbo译码器译输出信号LLRs\_out将最终输出至判决器进行最终判决。在本实施例中,所述概率计算器的迭代检测次数为2次。

[0035] 下面对本发明的技术方案进行详细说明。

[0036] 本发明实施例提供了一种SCMA系统的Max-Log型MPA检测算法的性能补偿方法,包括:

[0037] Max-Log型MPA译码器对多用户信号 $y$ 进行检测和分离,输出的信号LLRs\_in经过Turbo译码器译码,输出信号LLRs\_out经概率计算器再次反馈输出至所述Max-Log型MPA译码器的输入端,经过一定次数的迭代检测后,所述Turbo译码器的输出信号LLRs\_out最终输出至判决器进行判决;

[0038] 所述概率计算器的处理方法具体包括:所述Turbo译码器输出的信号LLRs\_out包括第一比特的软信息 $Ex\_LLR_1$ 和第二比特的软信息 $Ex\_LLR_2$ ,所述第一比特的软信息表达式为:

$$[0039] \quad Ex\_LLR_1 = \log\left(\frac{P(b_1=1)}{P(b_1=0)}\right) = \log\left(\frac{P(b_1=1)}{1-P(b_1=1)}\right) \quad (1)$$

[0040] 所述第二比特的软信息表达式为:

$$[0041] \quad Ex\_LLR_2 = \log\left(\frac{P(b_2=1)}{P(b_2=0)}\right) = \log\left(\frac{P(b_2=1)}{1-P(b_2=1)}\right) \quad (2)$$

[0042] 其中, $b_1$ 和 $b_2$ 表示两个连续的输出比特, $P(b_1=1)$ 表示输出比特 $b_1$ 为1的检测概率值, $P(b_1=0)$ 表示输出比特 $b_1$ 为0的检测概率值, $P(b_2=1)$ 表示输出比特 $b_2$ 为1的检测概率值, $P(b_2=0)$ 表示输出比特 $b_2$ 为0的检测概率值;

[0043] 根据式(1)可得:

$$[0044] \quad P(b_1=1) = \frac{e^{\frac{Ex\_LLR_1}{2}}}{e^{\frac{Ex\_LLR_1}{2}} + e^{\frac{-Ex\_LLR_1}{2}}} \quad (3)$$

$$[0045] \quad P(b_1=0) = \frac{e^{\frac{-Ex\_LLR_1}{2}}}{e^{\frac{Ex\_LLR_1}{2}} + e^{\frac{-Ex\_LLR_1}{2}}} \quad (4)$$

[0046] 由式(2)可得:

$$[0047] \quad P(b_2=1) = \frac{e^{\frac{Ex\_LLR_2}{2}}}{e^{\frac{Ex\_LLR_2}{2}} + e^{\frac{-Ex\_LLR_2}{2}}} \quad (5)$$

$$[0048] \quad P(b_2=0) = \frac{e^{\frac{-Ex\_LLR_2}{2}}}{e^{\frac{Ex\_LLR_2}{2}} + e^{\frac{-Ex\_LLR_2}{2}}} \quad (6)$$

[0049] 由式(3)、(4)、(5)和(6)可得反馈给MPA译码器的每个SCMA输入符号的对数先验信息为:

[0050]

$$\log(P(b_1 = i) * P(b_2 = j)) = \log\left(e^{\frac{(2*i-1)Ex\_LLR_1}{2}}\right) - \log\left(e^{\frac{Ex\_LLR_1}{2}} + e^{\frac{-Ex\_LLR_1}{2}}\right) + \log\left(e^{\frac{(2*j-1)Ex\_LLR_2}{2}}\right) - \log\left(e^{\frac{Ex\_LLR_2}{2}} + e^{\frac{-Ex\_LLR_2}{2}}\right) \quad (7)$$

[0051] 其中, i和j的取值为0或1, 由式(7)可知, 经过上述计算得到的反馈给MPA译码器的对数先验信息也具有计算复杂度大的缺点, 因此对式(7)采用Max-Log方法简化得到:

[0052]

$$\log(P(b_1 = i) * P(b_2 = j)) \approx \frac{(2*i-1)Ex\_LLR_1}{2} - \max\left(\frac{Ex\_LLR_1}{2}, \frac{-Ex\_LLR_1}{2}\right) + \frac{(2*j-1)Ex\_LLR_2}{2} - \max\left(\frac{Ex\_LLR_2}{2}, \frac{-Ex\_LLR_2}{2}\right) \quad (8)$$

[0053] 将由式(8)计算得到的简化后的对数先验信息输入至Max-Log型MPA译码器。

[0054] 图3中的两条曲线分别为采用外迭代机制和不采用外迭代机制的Max-Log型MPA简化检测算法的仿真曲线。从两条曲线的差异上可以明显看出, 本文中提出的外迭代性能弥补方案相对已有的Max-Log简化方案能带来0.5~1dB的信噪比增益, 即其能在一定程度上弥补由于Max-Log简化带来的性能损失。另外, 在图4仿真图中给出了补充的在不同外迭代次数下的系统性能仿真结果。通过进一步分析可知在不同的信噪比情况下, 系统的整体性能都在迭代2次时发生突变, 而后增加迭代次数对系统性能变化的影响较小。因此, 在实际采用外迭代的设计中选取较大的迭代次数是无太大的意义的, 实际应用中可将迭代次数选取为2。

[0055] 本领域内的技术人员应明白, 本发明的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此, 本发明可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且, 本发明可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质(包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

[0056] 本发明是参照根据本发明实施例的方法、设备(系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器, 使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0057] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中, 使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品, 该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

[0058] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上, 使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理, 从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一



个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0059] 尽管已描述了本发明的优选实施例,但本领域内的技术人员一旦得知了基本创造性概念,则可对这些实施例作出另外的变更和修改。所以,所附权利要求意欲解释为包括优选实施例以及落入本发明范围的所有变更和修改。

[0060] 显然,本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

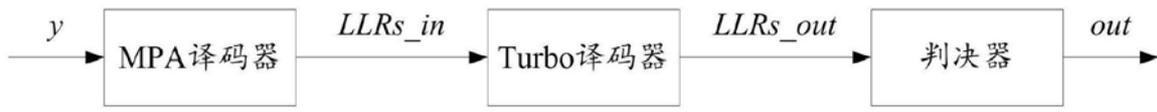


图1

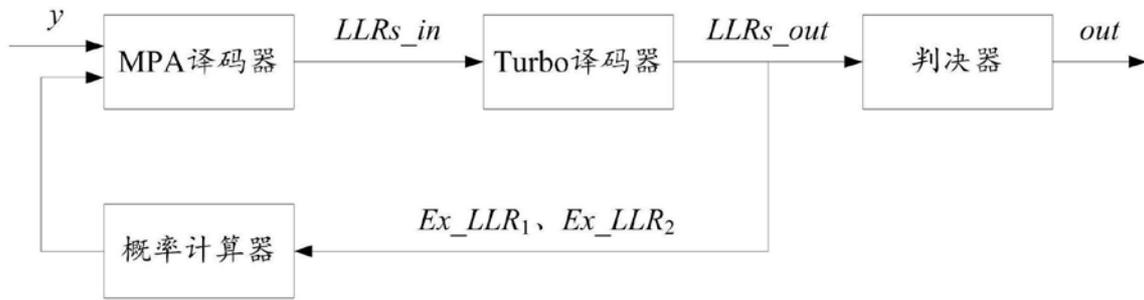


图2

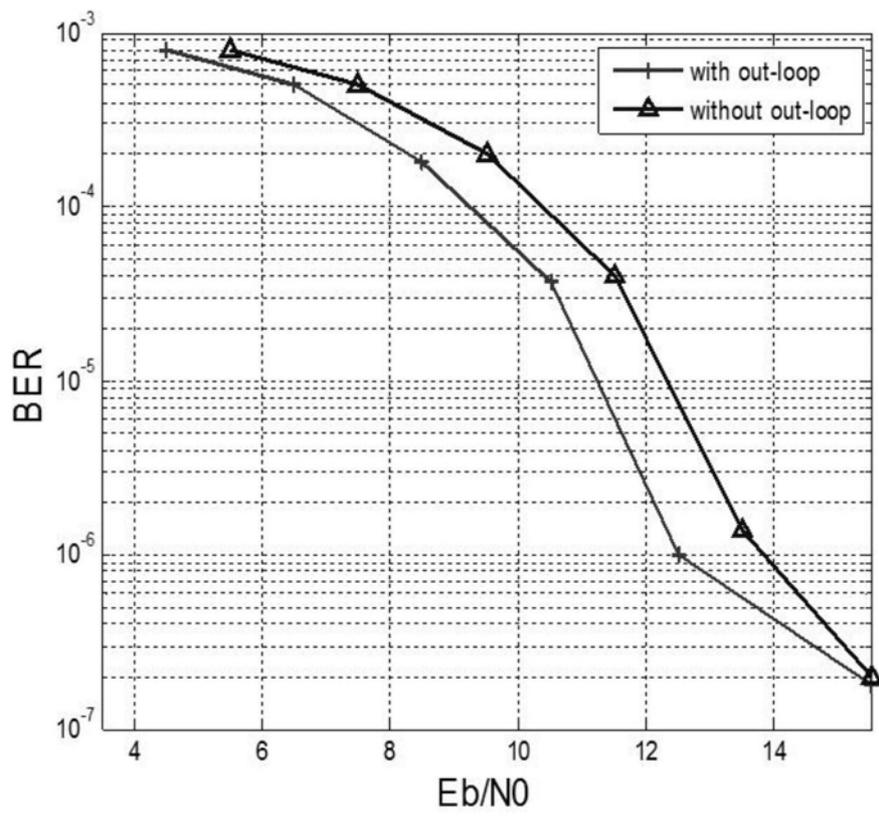


图3

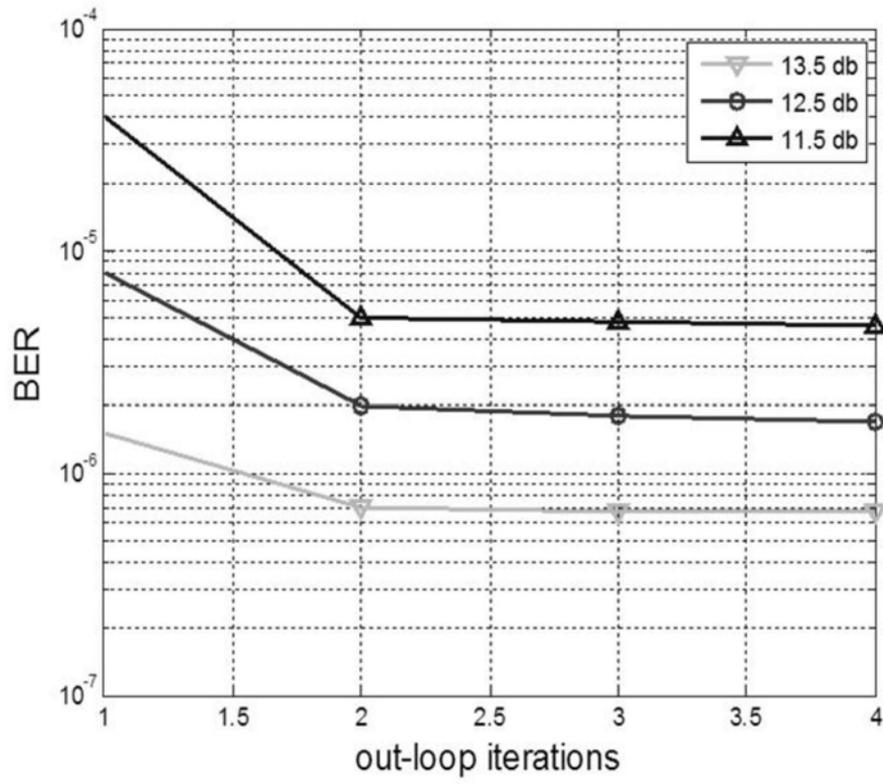


图4