

面向 5G 非正交多址接入系统的检测算法研究^①

唐万伟^{②*} 康绍莉^{***}

(* 唐山学院智能与信息工程学院 唐山 063000)

(** 北京航空航天大学电子信息工程学院 北京 100191)

(*** 中国电信科学技术研究院无线移动通信国家重点实验室 北京 100191)

摘 要 作为第 5 代(5G)移动通信系统更新换代的标志性技术——非正交多址接入(NOMA)技术相对于传统的正交技术能够大幅提高频谱效率和提升系统容量。接收机检测技术是非正交多址接入系统性能提高的关键技术,本文基于传统的消息传递算法(MPA)进行改进,在 MPA 算法的基础上加入 Turbo 译码后的先验信息进行连续迭代运算以进一步提高检测性能,称为 MPA-Turbo 译码联合迭代算法(MPA-TDJIA)。根据先验信息的加入方式提出 4 种实现方案,并在链路仿真中对其性能进行评估。仿真结果表明 MPA-TDJIA 相对于 MPA 最高可获得 1.67 dB 的性能增益。

关键词 移动通信,非正交多址接入(NOMA),消息传递算法(MPA),迭代检测,第 5 代(5G)

0 引 言

多址技术一直被认为是移动通信系统更新换代的标志性关键技术。从理论角度分析,无线信道本质上就是一个多址接入信道,不同的发射机和接收机共享时频资源。现在的蜂窝系统中采用了各种多址接入方案,如广泛应用于第 3 代移动通信技术(the 3rd generation telecommunication, 3G)中的码分多址接入(code division multiple access, CDMA)技术,应用于 4G 长期演进(long term evolution, LTE)系统的正交频分多址接入(orthogonal frequency division multiple access, OFDMA)技术。未来第 5 代(the fifth generation, 5G)网络将是一个覆盖业务更广、频谱效率更高、承载用户数更多、频谱范围更大的网络^[1]。其中移动宽带(enhanced mobile broadband, eMBB)场景中 1 Gbps 的用户体验速率、低时延高可靠(ultra-reliable and low latency communica-

tions, URLLC)场景中小于 10 ms 的端到端时延以及低功耗大连接(massive machine type communications, mMTC)场景下的每平方千米 100 万连接数密度等苛刻的指标都是第 4 代移动通信无法企及的^[2]。截止到 3GPP RAN#86 次会议,给大家提出的 5G 多址接入方案就多达 15 种之多。其中具有代表性的有图样分割多址接入(pattern division multiple access, PDMA)^[3]、多用户共享接入(multi-user shared access, MUSA)^[4]、稀疏码多址接入(sparse-code multiple access, SCMA)^[5]、基于功率域的非正交多址接入(non-orthogonal multiple access based on power, NOMA)^[6]等非正交多址接入技术。在非正交多址接入系统中,接收机的检测算法是提高整个系统的关键。消息传递算法(message passing algorithm, MPA)作为多用户检测中的经典算法,具有逼近于最大后验概率(maximum a posteriori)检测算法的良好性能^[7,8],近年来一直受到学者、工程师们的广泛关注。一些基于 MPA 的简化算法也相继被提

① 863 计划(2015AA01A709)和河北省科技计划项目(16210408)资助。

② 男,1984 年生,讲师,博士生;研究方向:移动通信多址技术、检测技术及协作通信技术;联系人,E-mail: tww1008@163.com (收稿日期:2018-04-02)

出,文献[9]利用高斯近似一部分链接,通过忽略一些边界使因子图简化,从而降低复杂度。文献[10]提出的算法通过减少迭代过程中的穷举数量来减少复杂度。文献[11]和文献[12]通过更新软信息加快收敛以便减少迭代次数。本文将对在 MPA 检测算法研究的基础上考虑如何加入 Turbo 译码后的先验信息进行连续迭代运算以便进一步提高检测性能,并称为 MPA-Turbo 译码联合迭代算法 (MPA-Turbo detection joint iteration algorithm, MPA-TD-JIA)。

1 系统模型

5G 非正交多址接入 (NOMA) 系统的一般框架如图 1 所示^[13]。按照映射资源,可以将 NOMA 技术分为基于功率域复用和基于签名复用的多址接入技术,前节所述的 PDMA, MUSA 和 SCMA 都属于后者。与当前的正交 LTE 相比,在非正交多址技术中来自用户的数据叠加在相同的时频资源上并通过高级的接收机进行解码以达到提高频谱效率和系统容量的目的。

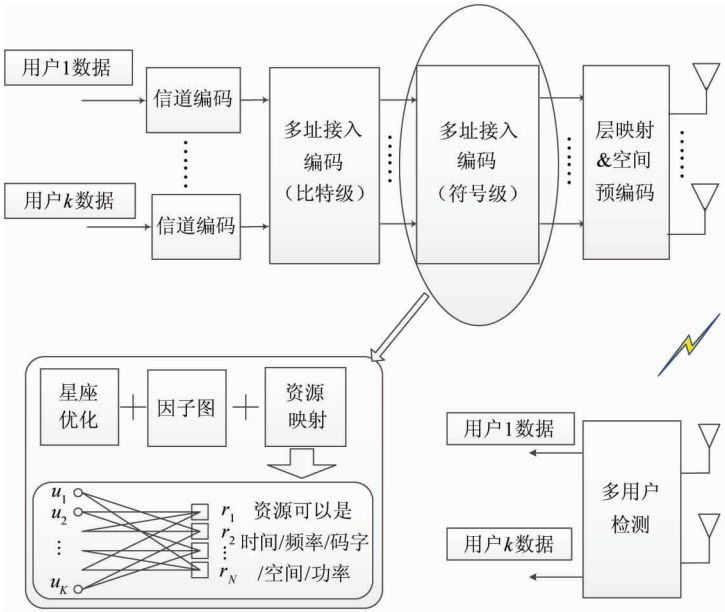


图 1 非正交多址接入技术一般框架

在图 1 中,接收端接收机的多用户检测算法是整个通信系统性能提升的关键点。文献[14]针对功率域复用的非正交多址技术的串行干扰删除 (serial interference cancellation, SIC) 算法进行了深入的研究。本文将针对基于签名复用的非正交多址接入检测技术进行研究。

下面以扩频方式的签名矩阵 $C^{[N,K]} = C^{[3,6]}$ 为例来说明 6 个用户在 3 个正交资源单元 (resource element, RE) 上复用的映射过程。如图 2 所示, 6 个用户分别选取签名矩阵中的每一列作为自己的签名序列。其中每个签名序列中的“1”代表数据被映射到相应的资源块上,例如,用户 1 的数据被映射到资源块组的 3 个资源单元上,用户 2 的数据被映

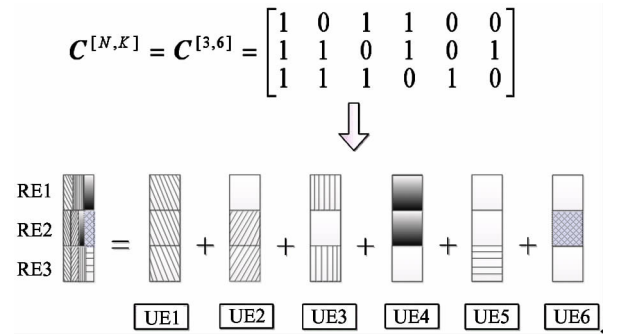


图 2 基于签名矩阵的资源映射

射到资源组的后 2 个资源单元上。6 个用户的图样列重分别为 3, 2, 2, 2, 1, 1。系统的过载率 $\alpha = K/N = 200\%$, 代表 NOMA 可以支持相当于 LTE 2 倍的用户数。

基站端接收的信号为多用户叠加的信号,可以表示为

$$\mathbf{y} = \mathbf{H}\mathbf{x} + \mathbf{n} \quad (1)$$

式中, $\mathbf{H} = \mathbf{H}_{CH} \odot \mathbf{C}^{[N,K]}$ 是非正交多址接入系统的等价信道响应矩阵,其中:

$$\mathbf{H}_{CH} = [\mathbf{h}_1, \mathbf{h}_2, \dots, \mathbf{h}_K] \quad (2)$$

$\mathbf{H}_{CH}$ 中的元素代表第 k 个用户到第 n 个 RE 间信道响应, $\odot$ 表示矩阵间点乘,接收机的主要工作就是如何从接收信号 $\mathbf{y}$ 中恢复发送信号 $\mathbf{x}$ 。

2 MPA 与 MPA-TDJIA 检测算法

2.1 MPA 检测算法

在移动通信系统的接收端,给定接收信号向量 $\mathbf{y}$ 和多用户等效信道响应矩阵 $\mathbf{H}$ 条件下,多用户发送调制符号向量 $\mathbf{x}$ 的最优检测为

$$\hat{\mathbf{x}} = \arg \max_{\mathbf{x}} p(\mathbf{x} | \mathbf{y}, \mathbf{H}) \quad (3)$$

式(3)是联合 MPA 的最优解,可以通过基于局部的 MPA 解来近似,利用贝叶斯公式进一步推导可得:

$$\hat{\mathbf{x}}_k = \arg \max_{\mathbf{x}_k} \sum_{s \in \mathbb{S}_k} P(\mathbf{x}) \prod_{n \in N_v(k)} p(\mathbf{y}_n | \mathbf{x}) \quad (4)$$

其中, $\mathbb{S}_k$ 是用户 k 的星座点构成的集合, $N_v(k)$ 是用户 k 的编码映射的时频资源序号集合。该问题可以用基于图 3 所示的因子图迭代检测的 MPA 算法来求解。

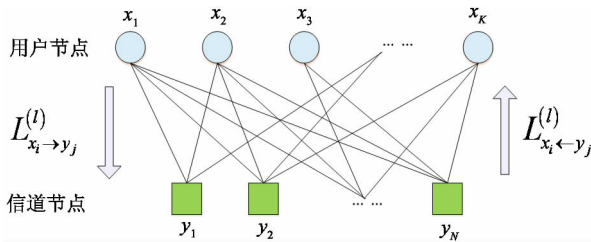


图 3 MPA 算法的因子图

对于图 3 所示的因子图,定义消息(或者外信息)是软信息的度量值,表示连接用户节点和信道节点的每条边的可靠性,一般采用对数似然比(log likelihood ratio, LLR)定义。

MPA 检测算法通过对信道节点和用户节点之间消息的迭代处理,获得最终输出给译码器的后验信息。下面分别给出一次 MPA 迭代处理过程中信

道节点和用户节点的消息处理过程。

在第 l 次迭代时用户节点 x_k 传送给信道节点 y_j 的外信息 $L_{x_k \rightarrow y_j}^l(x_k = s)$ 由式(5)计算得到。

$$L_{x_k \rightarrow y_j}^l(x_k = s) = \sum_{j' \in N_c(k) \setminus j} L_{x_k \rightarrow y_{j'}}^{l-1}(x_k = s) \quad (5)$$

式中, $L_{x_k \rightarrow y_j}^{l-1}(x_k = s)$ 是第 $l-1$ 次迭代时信道节点 y_j 传送给用户节点 x_k 的外信息, s 表示任意比特序列对应的调制符号, s_0 表示全 0 比特序列对应的调制符号, $N_v(k) \setminus j$ 为除与用户节点 x_k 相连的信道节点 j 以外的所有信道节点的集合。

在第 l 次迭代时信道节点 y_j 传送给用户节点 x_k 的外信息 $L_{x_k \leftarrow y_j}^l(x_k = s)$ 采用式(6)计算。

$$\begin{aligned} L_{x_k \leftarrow y_j}^l(x_k = s) &= \ln \frac{E \left\{ p(y_j | \mathbf{x}) | x_k = s, \right. \\ &\quad \left. \{ L_{x_{k'} \rightarrow y_j}^l(x_{k'}), k' \in N_c(j) \setminus k \} \right\}}{E \left\{ p(y_j | \mathbf{x}) | x_k = s_0, \right. \\ &\quad \left. \{ L_{x_{k'} \rightarrow y_j}^l(x_{k'}), k' \in N_c(j) \setminus k \} \right\}} \\ &= \ln \frac{\sum_{\mathbf{x}_{N_c(j) \setminus k}, x_k = s} p(y_j | \mathbf{x}) \cdot \prod_{k' \in N_c(j) \setminus k} P(x_{k'})}{\sum_{\mathbf{x}_{N_c(j) \setminus k}, x_k = s_0} p(y_j | \mathbf{x}) \cdot \prod_{k' \in N_c(j) \setminus k} P(x_{k'})} \end{aligned} \quad (6)$$

其中, $N_c(j) \setminus k$ 为除第 k 个节点以外的与信道节点 y_j 相连的所有用户节点的集合。

为减少乘法运算复杂度,可以采用 max-log 算法 $\log(\exp(a) + \exp(b)) \approx \max(a, b)$ 近似,则式(6)可以进一步简化为

$$\begin{aligned} L_{x_k \leftarrow y_j}^l(x_k = s) &\approx \max_{\mathbf{x}_{N_c(j) \setminus k}, x_k = s} \left\{ -\frac{1}{2\sigma^2} | y_j - \mathbf{h}_j^T \mathbf{x} |^2 \right\} \\ &\quad + \sum_{k' \in N_c(j) \setminus k} L_{y_j \rightarrow x_{k'}}^l(x_{k'}) \\ &= \max_{\mathbf{x}_{N_c(j) \setminus k}, x_k = s_0} \left\{ -\frac{1}{2\sigma^2} | y_j - \mathbf{h}_j^T \mathbf{x} |^2 \right\} \\ &\quad + \sum_{k' \in N_c(j) \setminus k} L_{y_j \rightarrow x_{k'}}^l(x_{k'}) \end{aligned} \quad (7)$$

其中, $\mathbf{h}_j$ 表示 $\mathbf{H}$ 的第 j 列, σ^2 表示复高斯噪声的功率, $s, N_c(j) \setminus k$ 和 $N_v(k) \setminus j$ 的定义同前文所述。

当迭代满足收敛结束条件(例如:迭代次数达到最大迭代收敛条件 $L_{\max}$)时,通过式(8):

$$L_D(x_k = s) = \sum_{j' \in N_c(k)} L_{x_k \leftarrow y_{j'}}^{\max}(x_k = s) \quad (8)$$

来计算变量节点 $x_k = s$ 的后验信息 $L_D(x_k = s)$ 。并

将其输出给译码器,用于进行译码操作。

2.2 MPA-TDJIA 检测算法

为了进一步提升 MPA 检测的性能,可以考虑把 MPA 检测器和 Turbo 译码器进行联合迭代处理。其基本原理是将译码后的信息反馈到 MPA 检测器的输入端,作为 MPA 检测的先验信息,其结构框如图 4 所示。

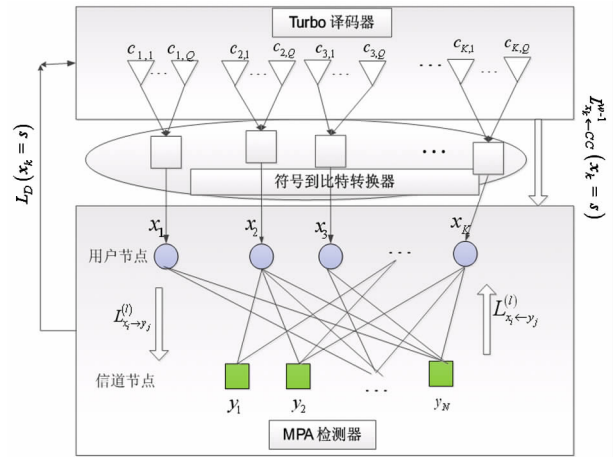


图 4 MPA-TDJIA 算法的结构框图

内部迭代次数(记为 l)指 MPA 算法内部信道节点和用户节点之间的迭代次数,外部迭代次数(记为 w)指 MPA 检测器和 Turbo 译码器之间的迭代次数。

其中, $L_{x_k \leftarrow CC}^{w-1}(x_k = s)$ 表示在第 $w - 1$ 次外迭代过程中 Turbo 信道译码器(并且经过符号与比特映射器之后)反馈至 MPA 检测器的对应用户节点的外信息。

相对于 MPA 检测, MPA-TDJIA 检测中

$L_{x_k \leftarrow y_j}^{l,w}(x_k = s)$ 、 $L_{x_k \leftarrow y_j}^{l,w}(x_k = s)$ 的计算公式更新为

$$L_{x_k \leftarrow y_j}^{l,w}(x_k = s) = \sum_{j' \in N_v(k) \setminus j} L_{x_k \leftarrow y_{j'}}^{l-1,w}(x_k = s) + L_{x_k \leftarrow CC}^{w-1}(x_k = s) \tag{9}$$

和

$$L_{x_k \leftarrow y_j}^{l,w}(x_k = s) \approx \max_{x_{N_c(j) \setminus k}, x_k = s} \left\{ -\frac{1}{2\sigma^2} |y_j - \mathbf{h}_j^T \mathbf{x}|^2 + \sum_{k' \in N_c(j) \setminus k} L_{y_j \rightarrow x_{k'}}^{l,w}(\mathbf{x}_{k'}) \right\}$$

$$- \max_{x_{N_c(j) \setminus k}, x_k = s_0} \left\{ -\frac{1}{2\sigma^2} |y_j - \mathbf{h}_j^T \mathbf{x}|^2 + \sum_{k' \in N_c(j) \setminus k} L_{y_j \rightarrow x_{k'}}^{l,w}(\mathbf{x}_{k'}) \right\} \tag{10}$$

其中, $L_{x_k \leftarrow CC}^{w-1}(x_k = s)$ 表示在第 $w - 1$ 次外迭代过程中 Turbo 信道译码器(并且经过符号与比特映射器之后)反馈至 MPA 检测器的对应用户节点的外信息。第 w 次外迭代、第 l 次内迭代过程中,用户节点传递给 Turbo 信道译码器的外信息为

$$L_{x_k \rightarrow CC}^{l,w}(x_k = s) = \sum_{j' \in N_v(j)} L_{x_k \leftarrow y_{j'}}^{l-1,w}(x_k = s) \tag{11}$$

由于数据经过信道译码会进一步提高解调数据的可靠性,将其输出的信息作为下一次 MPA 迭代检测的输入先验信息能有效提高检测器的性能,因此, MPA-TDJIA 的检测性能会优于 MPA 检测,第 3 节将针对将信道译码的外信息如何加入 MPA 算法中进行详细讨论。

2.3 检测算法复杂度分析

根据 2.1 与 2.2 节的分析可以看出 MPA-TDJIA 会比 MPA 检测算法的复杂度高,具体的复杂度分析见表 1。

表 1 两种算法复杂度比较

算法	乘法	加法	比较
MPA	$O(d_f N M^{d_f})$	$O(l d_f N Q_m M^{d_f})$	$O(l d_f N M M^{d_f})$
MPA-TDJIA	$O(d_f N M^{d_f})$	$O(w l d_f N Q_m M^{d_f})$	$O(w l d_f N M M^{d_f})$

表中, M 表示调制星座点数, $Q_m = \log_2(M)$, d_f 为扩频矩阵的最大行重。 N 为扩频矩阵的行数, l 和 w 分别为内外迭代次数。通过表 1 比较可以看出 MPA-TDJIA 接收机的复杂度将是传统 MPA 接收机的 w 倍以上,但是由于译码后的先验信息的加入会使检测性能进一步提高。

3 MPA-TDJIA 算法实施方案设计

根据上节给出的算法模型的分析可知,将 Turbo 信道译码器的外信息 $L_{x_k \leftarrow CC}^{w-1}(x_k = s)$ 加入 MPA 算法中可以通过 4 种方案来实现,具体叙述如下。

方案 1 Turbo 译码后的信息 $L_{x_k \leftarrow CC}^{w-1}(x_k = s)$ 只在 MPA 初始迭代时加入到计算 $L_{x_k \leftarrow y_j}(x_k = s)$ 中。在该方案中,MPA 算法只利用了一次信道编码带来的外信息,算法的计算复杂度是最低的。

方案 2 为了进一步利用 Turbo 译码后的外信息,在方案 2 中每次迭代计算 $L_{x_k \leftarrow y_j}(x_k = s)$ 时都加入外信息 $L_{x_k \leftarrow CC}^{w-1}(x_k = s)$ 。该方案中,MPA 算法每次迭代都需要利用信道编码带来的外信息,算法的计算复杂度相对较高。

方案 3 外信息 $L_{x_k \leftarrow CC}^{w-1}(x_k = s)$ 只在第一次迭代时加入到计算 $L_{x_k \leftarrow y_j}(x_k = s)$ 中,之后计算 $L_{x_k \leftarrow y_j}(x_k = s)$ 时不再加入。该方案与方案 1 的计算复杂度相同,只是信道编码带来的外信息加入的信息流不同。在方案 1 中,外信息被添加到信道节点到用户节点的信息流中。在方案 3 中,外信息被添加到用户节点到信道节点的信息流中。

方案 4 外信息 $L_{x_k \leftarrow CC}^{w-1}(x_k = s)$ 在每次迭代中都加入到计算 $L_{x_k \leftarrow y_j}(x_k = s)$ 的式子中。该方案与方案 2 的计算复杂度相同,只是信道编码带来的外信息加入的信息流不同。

4 种方案的示意图如图 5 所示。通过 4 种实施

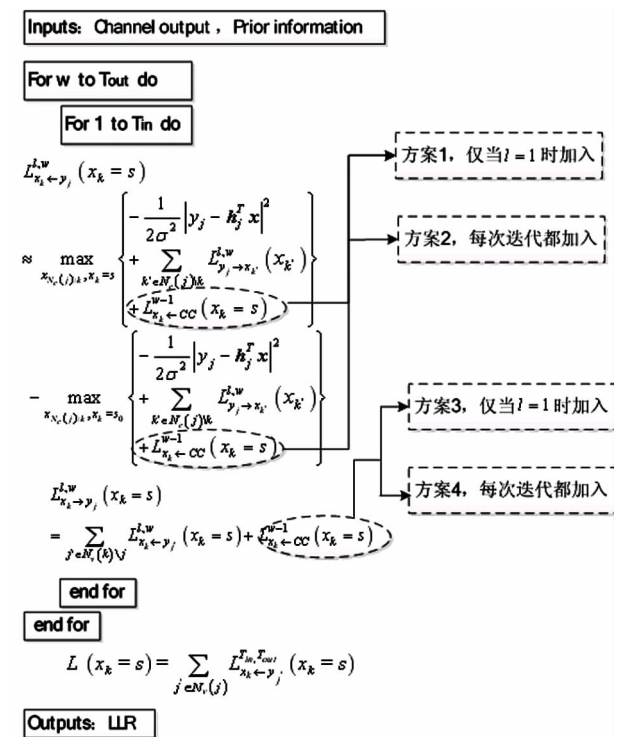


图 5 4 种实施方案示意图

方案比较可知,方案 2 和方案 4 中每次计算节点间的传递信息时都会引入 Turbo 译码得到的外信息,其性能会优于方案 1、方案 3。又由于用户节点和信道节点之间信息传递的交互性,使得方案 2 和方案 4 的性能相当。

4 链路仿真及算法评估

本节以基于扩频码的非正交多址接入方案为例进行上述算法的仿真评估,其中资源映射矩阵如图 2 所示,其表示 6 个用户的信息叠加复用 3 个正交资源单元上,系统过载率为 200%,每个用户的签名序列为签名矩阵的 1 至 6 列。信道模型采用城市宏小区非视距信道 (Urban macro-Not line of sight, Uma-NLOS),系统资源采用 6 个物理资源块 (physical resource block, PRB)。其他仿真参数如表 2 所示。

表 2 链路级仿真条件

参数	取值
链路类型	UL
载频	2 GHz
带宽	10 MHz
天线配置	1Tx2Rx
多载波	OFDMA
上行各个用户角度间隔	30°
用户移动速度	3 km/h
上行调制方式及码率	QPSK 1/2
信道编码方式	Turbo
信道估计	理想

首先验证传统的 MPA 算法中迭代次数对接收机性能的影响,MPA 分别迭代 1,2,3,4 次得到的性能曲线如图 6 所示。由图 6 可以看出,MPA 的内迭代次数会对接收机的性能产生较大影响,在误块率 (block error ratio, BLER) 为 0.01 时迭代 2 次相对于迭代 1 次的性能会有很大的增益,迭代 3 次相对于迭代 2 次会分别产生信噪比 (signal noise ratio, SNR) 约 1.8 dB,MPA 迭代 3 次以上时趋于收敛。在实际的通信链路中,由于通信环境的恶化,会使系统的工作点整体右移,这时需要根据实际环境适当

增加迭代次数以满足系统的性能要求。

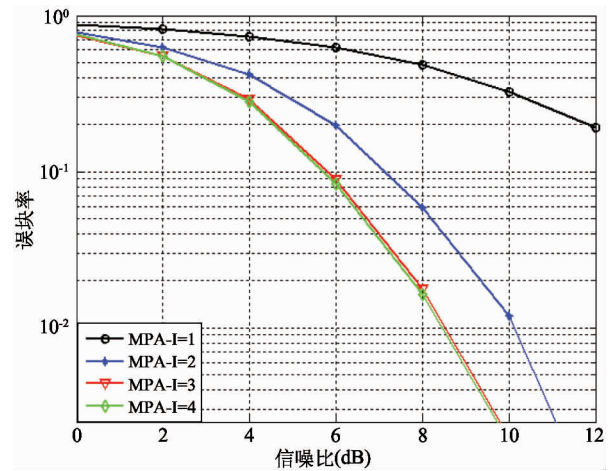


图 6 MPA 迭代次数对接收机性能的影响

为了进一步提升 MPA 检测的性能,把 MPA 检测器和 Turbo 译码器进行联合迭代处理,基于以上分析,MPA 迭代 3 次可以收敛,固定 MPA 内迭代次数为 3 次;根据第 2 节分析,方案 2 的性能会是最优,这里暂定采用方案 2,外部信息分别迭代 1,2,3,4 次进行仿真,仿真结果如图 7 所示。从图 7 中可以看到,MPA-TDJIA 相对于 MPA 有明显的性能增益,在误块率为 0.01 处,外部信息迭代 1 次、2 次和 3 次时相对于 MPA SNR 分别约有 1.4 dB、1.57 dB 和 1.67 dB 的增益。外部信息迭代 3 次以上趋于收敛。

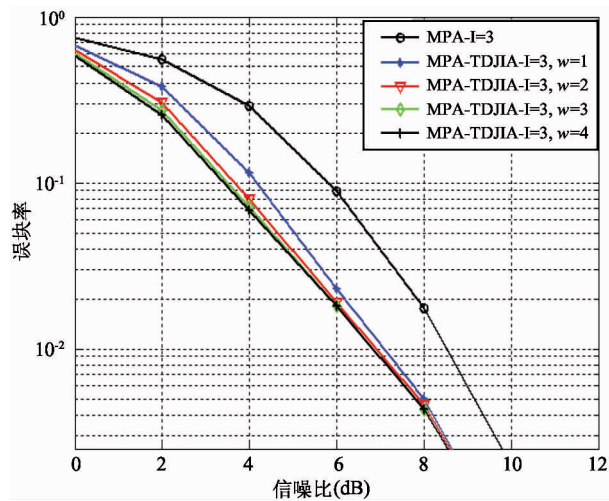


图 7 MPA-TDJIA 收敛分析以及 MPA 和 MPA-TDJIA 性能对比

图 7 表明,在满足系统的误块率小于等于 0.01

时,本文所提出的算法相对于传统的 MPA SNR 会有 1.6 dB 以上的性能增益。这意味着终端 MPA-TDJIA 可以采用更小的功率达到相同的性能。

通过图 6 和图 7 的分析可知,为保证达到系统的收敛性能,在实际通信系统中,多用户接收机设定的内外迭代次数应不少于 3 次和 4 次。

第 3 节提出的 4 种方案的仿真结果如图 8 所示。

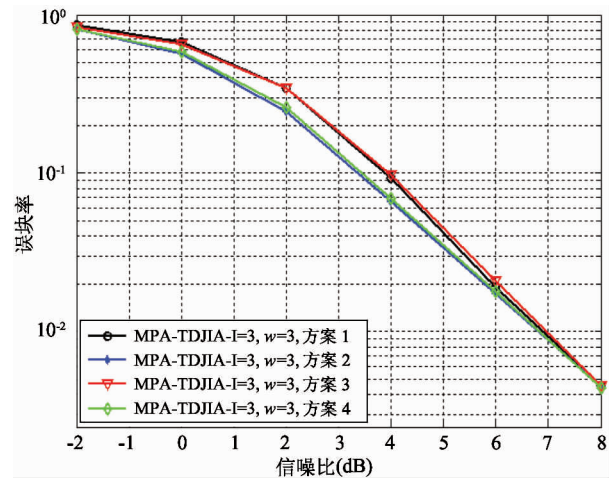


图 8 MPA-TDJIA 4 种方案性能对比

图 8 给出了 4 种方案在固定内外迭代次数都为 3 次时的链路仿真结果。由图 8 可以看出,方案 2 和方案 4 的性能较好,信道译码后的先验信息在用户节点到信道节点以及信道节点到用户节点的运算中都有参与,这使得用户信息解调的可靠性得到更充分的利用从而达到更优的性能。又因为算法中用户节点和信道节点信息互相传递的特性使得先验信息加在信道节点和用户节点间不同的信息流向传递中的效果相同,从而使得方案 2 和方案 4 具有相近的性能。

5 结 论

本文针对 5G 移动通信系统中基于签名复用的非正交多址接入技术的信号特点,在传统 MPA 的基础上提出了一种通过叠加 Turbo 译码先验信息进一步提高接收机检测性能的算法,根据先验信息的加入方式可以提出 4 种实施方案。通过分析和仿真得出,基于 MPA 的 MPA-TDJIA 检测译码性能明显优于 MPA 算法(最多可获得信噪比约 1.67 dB 的增益

@ BLER = 0.01); MPA 迭代 3 次以上时性能上趋于收敛, 固定 MPA 迭代 3 次, 译码外信息迭代 3 次以上时, 性能上趋于收敛; 提出的 4 种方案中, 方案 2 和方案 4 的性能在较低的信噪比下明显好于方案 1 和 3; 4 种方案的计算复杂度相当。作为 5G 通信系统性能提升的关键技术, 接收机检测算法一直都是研究的热点话题。本文介绍的通过信道译码的先验信息的加入来提高检测性能, 虽然可以达到性能上约 2 dB 的提升, 但接收机的计算复杂度仍是呈指数级增长, 这对于更多的用户以及更高阶的调制方式来说, 接收机的复杂度会急剧上升, 因此, 后续的研究将针对保证相近的检测性能情况下如何降低接收机的复杂度来展开, 提出一些根据用户数和调制阶数呈线性增长的接收机检测算法。

参考文献

- [1] Dai L L, Wang B C, Yuan Y F, et al. Non-orthogonal multiple access for 5G: solutions, challenges, opportunities, and future research trends[J]. *IEEE Communications Magazine*, 2015, 53(9): 74-81
- [2] 毕奇, 梁林, 杨姗, 等. 面向 5G 的非正交多址接入技术[J]. *电信科学*, 2015, 31(5): 14-21
- [3] Chen S Z, Ren B, Gao Q B, et al. Pattern division multiple access—a novel nonorthogonal multiple access for fifth-generation radio networks[J]. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 2017, 66(4): 3185-3196
- [4] Yuan Z F, Yu G H, Li W M, et al. Multi-user shared access for Internet of things[C]. In: *Proceedings of the 83rd Vehicular Technology Conference (VTC Spring)*,

- Nanjing, China, 2016. 1-5
- [5] Nikopour H, Baligh H. Sparse code multiple access[C]. In: *Proceedings of the 24th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC)*, London, UK, 2013: 332-336
- [6] Saito Y, Kishiyama Y, Benjebbour A, et al. Non-orthogonal multiple access (NOMA) for cellular future radio access. In: *Proceedings of Vehicular Technology Conference*, Dresden, Germany, 2013. 1-5
- [7] Hoshyar R, Wathan F P, Tafazolli R. Novel low-density signature for synchronous CDMA systems over AWGN channel[J]. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 2008, 56(4): 1616-1626
- [8] Guo D, Wang C C. Multiuser detection of sparsely spread CDMA[J]. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 2008, 26(3): 421-431
- [9] Alizadeh R, Bélanger N, Savaria Y, et al. Performance characterization of an SCMA decoder[J]. In: *Proceedings of the 14th IEEE International New Circuits and Systems Conference (NEWCAS)*, Vancouver, BC, 2016. 1-4
- [10] Mu H, Ma Z, Alhaji M, et al. A fixed low complexity message pass algorithm detector for up-link SCMA system[J]. *IEEE Wireless Communications Letters*, 2015, 4(6): 585-588
- [11] Du Y, Dong B H, Zhi C, et al. Shuffled multiuser detection schemes for uplink sparse code multiple access systems[J]. *IEEE Communications Letters*, 2016, 20(6): 1231-1234
- [12] Wen L, Razavi R, Imran M A, et al. Design of joint sparse graph for OFDM system[J]. *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 2015, 14(4): 1823-1836
- [13] Sun Q, Wang S, Han S F, et al. Unified framework towards flexible multiple access schemes for 5G[J]. *ZTE Communications*, 2016, 14(04): 26-34
- [14] 王茜竹, 唐超, 吴广富, 等. 一种非正交多址接入下行链路信号检测方法[J]. *重庆邮电大学学报: 自然科学版*, 2016, 28(5): 686-693

Research on detection algorithm for 5G non-orthogonal multiple access system

Tang Wanwei^{***}, Kang Shaoli^{***}

(^{*} Intelligence and Information Engineering College, Tangshan University, Tangshan 063000)

(^{**} School of Electronic and Information Engineering, Beihang University, Beijing 100191)

(^{***} State Key Laboratory of Wireless Mobile Communications, China Academy of Telecommunications Technology, Beijing 100191)

Abstract

Non-orthogonal multiple access (NOMA) can significantly improve the spectrum efficiency and system capacity, thus becoming a landmark technology for the fifth generation (5G) mobile communication system. A key technology of NOMA for such improvements is the receiver detection. An improved detection algorithm based on message passing algorithm (MPA), named as MPA Turbo detection joint iteration algorithm (MPA-TDJIA), is proposed. MPA-TDJIA can enhance the detection performance of MPA by adding the Turbo-decoded priori information. Four schemes are devised according to the ways that priori information is added, and the corresponding link level simulations are conducted. The simulation results show that, compared with MPA, MPA-TDJIA can obtain a maximum gain of 1.67 dB.

Key words: mobile communication, non-orthogonal multiple access (NOMA), message passing algorithm (MPA), iteration detection, the fifth generation (5G)