

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2022 年 1 月 27 日 (27.01.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/016657 A1

(51) 国际专利分类号:
H04B 7/0413 (2017.01) **H04B 7/0456** (2017.01)
H04B 7/0426 (2017.01)

东川路 800 号技术部, Shanghai 200240 (CN)。
束锋 (SHU, Feng); 中国上海市闵行区东川路
800 号, Shanghai 200240 (CN)。

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/111230

(22) 国际申请日: 2020 年 8 月 26 日 (26.08.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202010707389.9 2020 年 7 月 21 日 (21.07.2020) CN

(71) 申请人: 上海交通大学 (SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国上海市闵行区东川路 800 号知识产权部, Shanghai 200240 (CN)。

(72) 发明人: 吴泳澎 (WU, Yongpeng); 中国上海市闵行区东川路 800 号技术部, Shanghai 200240 (CN)。 冯杰 (FENG, Jie); 中国上海市闵行区

(74) 代理人: 上海伯瑞杰知识产权代理有限公司 (SHANGHAI BRIDGE INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国上海市龙华西路 585 号 A 座 23 楼代理部, Shanghai 200232 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) Title: MIMO TRANSMISSION METHOD FOR DISCRETE MODULATION SIGNALS

(54) 发明名称: 一种离散调制信号 MIMO 传输方法

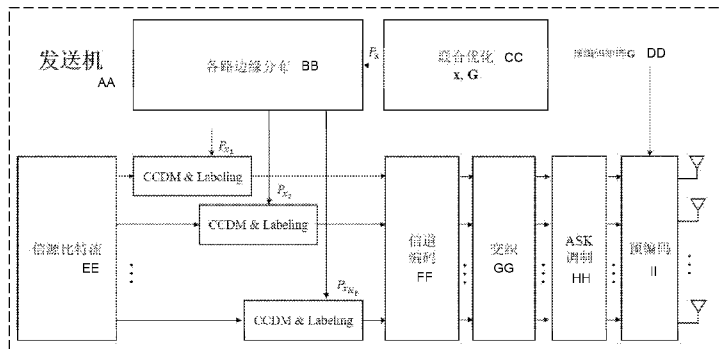


图 1

(57) Abstract: Provided is a MIMO transmission method for discrete modulation signals. The main feature of said method is to jointly optimize signal source distribution and a precoding matrix so as to maximize the mutual information of symbol vectors between a transmitting end and a receiving end, so as to enable the transmission rate to approach the Shannon limit. When the current precoding matrix G is determined, during optimization of the distribution of signal source vectors x the signal source entropy is maximized by means of Lagrange multiplication; when the current signal source vector distribution is determined, during optimization of the precoding matrix G the mutual information between transmitting and receiving vectors is maximized by means of gradient descent. A transmission rate approaching the Shannon limit is achieved in a MIMO scenario by jointly optimizing the signal source distribution and the precoding matrix. The transmitting end determines the edge distribution of each symbol and then uses probability amplitude forming technology for non-uniform modulation. On the basis of the existing single-path probability amplitude shaping technology combined with the characteristics of a MIMO system, the present invention theoretically achieves the maximum error-free transmission rate for a MIMO scenario.

ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则4.17的声明:

- 关于申请人有权申请并被授予专利(细则
4.17(ii))
- 发明人资格(细则4.17(iv))

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 本发明提供了一种离散调制信号MIMO传输方法, 该方法的主要特征在于对信源分布和预编码矩阵的联合优化来最大化发送端与接收端符号向量的互信息, 以此使传输速率逼近香农极限。在当前预编码矩阵 $\mathbf{G}$ 确定的情况下, 对信源向量 $\mathbf{x}$ 的分布的优化通过拉格朗日数乘法来最大化信源熵; 在当前信源向量分布确定的情况下, 对预编码矩阵 $\mathbf{G}$ 的优化通过梯度下降法来最大化发送与接收向量的互信息。通过联合优化信源分布和预编码矩阵在MIMO场景下实现逼近香农极限的传输速率。发送端确定各路符号的边缘分布后采用概率幅度成型技术进行非均匀调制。本发明基于现有的单路概率幅度成型技术, 结合了MIMO系统本身的特点, 从理论上实现了针对MIMO场景的最大无差错传输速率。

一种离散调制信号 MIMO 传输方法

技术领域

本发明涉及通信领域，具体地，涉及一种离散调制信号 MIMO 传输方法。

背景技术

根据香农公式，当发送功率限制为 P ，在单位噪声功率的加性高斯白噪声(AWGN)信道上进行可靠传输的成立条件是每个维度上的传输速率不超过容量-功率函数： $C(P) = 1/2 \log_2(1 + P)$ 。根据信息论，为了达到加性高斯白噪声信道的信道容量，输入信号必须满足连续均匀的高斯分布。因此，传统的均匀分布的调制方式例如幅度位移键控(ASK)和正交幅度调制(QAM)都没有达到满足高斯分布的最优条件。

为了使无线传输速率能逼近香农极限，许多学者研究并发明了一些非均匀分布的调制方式。Georg Böcherer 等学者提出了基于两极幅度位移键控的非均匀分布调制。他们提出在发送功率受限制的条件下，符号分布应满足麦克斯韦-玻尔兹曼分布来最大化符号的信息熵。在次基础上，他们又最大化了发送端和接收端的信号互信息以此来得到次优的发送端符号分布。在已知符号分布后，均匀分布的信源比特通过固定成分分布匹配(Constant Composition Distribution Matching, CCDM)和 LDPC 编码来转变为服从麦克斯韦-玻尔兹曼分布的符号序列。这种技术被称为概率幅度成型(Probabilistic Amplitude Shaping, PAS)。实验证明在 AWGN 信道下，该技术相比于传统均匀分布，在 8ASK 调制时能节省 1dB 左右的能量以达到相同的误帧率。然而，上述技术只针对单天线无线传输的情况，并不能直接套用在 MIMO 下来得到最优的符号分布。

发明内容

针对现有技术中的缺陷，本发明的目的是提供一种离散调制信号 MIMO 传输方法，该方法在 ASK 调制下和给定的 MIMO 编码矩阵下，对编码矩阵和信源符号分布进行联合优化以最大化发送端和接收端符号的互信息，由此从理论上逼近香农极限，最大化 MIMO 传输速率，从而解决现有技术中因 PAS 技术并不考虑 MIMO 本身特点而导

致功率增益有待进一步提高的问题。

本发明提供的技术方案是：

一种离散调制信号 MIMO 传输方法，其采用的离散调制信号的 MIMO 传输模型为 $\mathbf{y} = \mathbf{H}\mathbf{G}\Delta\mathbf{x} + \mathbf{n}$ ，其中 $\mathbf{x}$ 是初始的多路 ASK 星座图符号， $\mathbf{y}$ 是接收端得到的各路接收信号， $\mathbf{H}$ 是已知的信道矩阵， $\mathbf{G}$ 是 MIMO 的预编码矩阵， Δ 是星座扩展因子。其包括以下步骤：

(S1) 初始化预编码矩阵 $\mathbf{G}$ ；

(S2) 对于任意星座扩展因子 Δ ，通过调整信源多维向量 $\mathbf{x}$ 的信源分布 $P_{\mathbf{x}}$ 以最大化信源熵 $H(\mathbf{x})$ ，并根据当前预编码矩阵 $\mathbf{G}$ ，选择使互信息 $I(\mathbf{x}; \mathbf{y}) = H(\mathbf{x}) - H(\mathbf{x}|\mathbf{y})$ 最大的 Δ 和 $P_{\mathbf{x}}$ ，其中 $H(\mathbf{x}|\mathbf{y})$ 为条件熵；

(S3) 根据当前的星座扩展因子 Δ 和信源分布 $P_{\mathbf{x}}$ ，通过梯度下降法来调整预编码矩阵 $\mathbf{G}$ 来进一步最大化互信息 $I(\mathbf{x}; \mathbf{y})$ ；

(S4) 判断当前的星座扩展因子 Δ 、信源分布 $P_{\mathbf{x}}$ 和预编码矩阵 $\mathbf{G}$ 的取值是否收敛，如果不收敛则跳转至步骤 (S2)；

(S5) 根据 $\mathbf{x}$ 的分布得到 $\mathbf{x}$ 中各路符号的边缘分布，由单路概率幅度成型技术对各路信号进行非均匀调制。

本发明的进一步改进在于，步骤 (S2) 中，对于任意给定的星座扩展因子 Δ ，通过拉格朗日数乘法对信源多维向量 $\mathbf{x}$ 进行最大熵优化，最终通过最大化互信息 $I(\mathbf{x}; \mathbf{y})$ 确定最优的星座扩展因子 Δ 和信源多维向量 $\mathbf{x}$ 的信源分布 $P_{\mathbf{x}}$ 。

本发明的进一步改进在于，步骤 (S3) 包括以下步骤：

(S31) 计算互信息 $I(\mathbf{s}; \mathbf{y})$ 关于预编码矩阵 $\mathbf{G}$ 的梯度表达式；

(S32) 基于梯度下降法，对当前预编码矩阵 $\mathbf{G}$ 内各元素取值进行调整；若调整后预编码矩阵 $\mathbf{G}$ 不符合功率限制，则在梯度调整的基础上通过对 $\mathbf{G}$ 乘以一个缩放倍数来达到功率要求。

与现有技术相比，本发明具有如下的有益效果：

1. 相比于传统离散均匀调制的 MIMO 系统，本发明通过非均匀调制技术来使传输速率更逼近香农极限。

2. 相比于单天线的 PAS 非均匀调制技术，本发明针对 MIMO 系统多天线的特点，通过联合优化预编码矩阵与各路信号分布来进一步增大 MIMO 下概率幅度成型带来

的增益。

附图说明

通过阅读参照以下附图对非限制性实施例所作的详细描述，本发明的其它特征、目的和优点将会变得更明显：

图 1 为本发明提供的发送机结构图；

图 2 为本发明提供的接收机结构图。

具体实施方式

下面结合具体实施例对本发明进行详细说明。以下实施例将有助于本领域的技术人员进一步理解本发明，但不以任何形式限制本发明。应当指出的是，对本领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明构思的前提下，还可以做出若干变化和改进。这些都属于本发明的保护范围。

如图 1、2 所示，本发明的实施例提供一种离散调制信号 MIMO 传输方法，其采用的离散调制信号的 MIMO 传输模型为 $\mathbf{y} = \mathbf{H}\mathbf{G}\Delta\mathbf{x} + \mathbf{n}$ ，其中 $\mathbf{x}$ 是初始的多路 ASK 星座图符号， $\mathbf{y}$ 是接收端得到的各路接收信号， $\mathbf{H}$ 是已知的信道矩阵， $\mathbf{G}$ 是 MIMO 的预编码矩阵， Δ 是星座扩展因子。本实施例中，发送端联合优化了预编码矩阵与信源分布，从理论上最大化发送端与接收端符号之间的互信息，并结合现有的单路概率幅度成型技术，实现 MIMO 场景下的非均匀分布传输。

具体的，本实施例的离散调制信号 MIMO 传输方法包括以下步骤：

(S1) 初始化预编码矩阵 $\mathbf{G}$ ；

(S2) 对于任意星座扩展因子 Δ ，通过调整信源多维向量 $\mathbf{x}$ 的信源分布 $P_{\mathbf{x}}$ 可以最大化信源熵 $H(\mathbf{x})$ ；并根据当前预编码矩阵 $\mathbf{G}$ ，选择使互信息 $I(\mathbf{x};\mathbf{y}) = H(\mathbf{x}) - H(\mathbf{x}|\mathbf{y})$ 最大的 Δ 和 $P_{\mathbf{x}}$ ，其中 $H(\mathbf{x}|\mathbf{y})$ 为条件熵。在此过程中每一个 Δ 对应一种分布 $P_{\mathbf{x}}$ 使得在这个 Δ 下 $H(\mathbf{x})$ 是最大的。不同的 Δ 对应不同的最大 $H(\mathbf{x})$ ，我们选择能让互信息 $I(\mathbf{x},\mathbf{y})$ 最大的那个 Δ 以及对应的在这个 Δ 下让 $H(\mathbf{x})$ 最大的那个分布 $P_{\mathbf{x}}$ 。

(S3) 根据当前的星座扩展因子 Δ 和信源分布 $P_{\mathbf{x}}$ ，通过梯度下降法来调整预编码矩阵 $\mathbf{G}$ 来进一步最大化互信息 $I(\mathbf{x};\mathbf{y})$ ；

(S4) 判断当前的星座扩展因子 Δ 、信源分布 $P_{\mathbf{x}}$ 和预编码矩阵 $\mathbf{G}$ 的取值是否收敛，

如果不收敛则跳转至步骤 (S2);

(S5)根据 $\mathbf{x}$ 的分布得到 $\mathbf{x}$ 中各路符号的边缘分布,由单路概率幅度成型技术(PAS)对各路信号进行非均匀调制。

在上述步骤 (S2) 中,对于任意给定的星座扩展因子 Δ ,通过拉格朗日数乘法对信源多维向量 $\mathbf{x}$ 进行最大熵优化,最终通过最大化互信息 $I(\mathbf{x};\mathbf{y})$ 确定最优的星座扩展因子 Δ 和信源多维向量 $\mathbf{x}$ 的信源分布 $P_{\mathbf{x}}$ 。

在上述步骤 (S3) 包括以下步骤:

(S31) 计算互信息 $I(\mathbf{s};\mathbf{y})$ 关于预编码矩阵 $\mathbf{G}$ 的梯度表达式;

(S32) 基于梯度下降法,对当前预编码矩阵 $\mathbf{G}$ 内各元素取值进行调整;若调整后预编码矩阵 $\mathbf{G}$ 不符合功率限制,则在梯度调整的基础上通过对 $\mathbf{G}$ 乘以一个缩放倍数来达到功率要求。

在本实施例的发送端的后续步骤中(详见图 1),本发明采用现有的概率幅度成型(PAS)技术对各路信号进行非均匀调制和标识操作。经标识后的各路比特流又经过信道编码、交织、调制、MIMO 预编码等模块后送入信道。

本实例接收机各模块如图 2 所示,接收机的各模块为发送器各模块的逆过程。

以上对本发明的具体实施例进行了描述。需要理解的是,本发明并不局限于上述特定实施方式,本领域技术人员可以在权利要求的范围内做出各种变化或修改,这并不影响本发明的实质内容。在不冲突的情况下,本申请的实施例和实施例中的特征可以任意相互组合。

权利要求书

1. 一种离散调制信号 MIMO 传输方法, 其采用的离散调制信号的 MIMO 传输模型为 $\mathbf{y} = \mathbf{H}\mathbf{G}\Delta\mathbf{x} + \mathbf{n}$, 其中 $\mathbf{x}$ 是初始的多路 ASK 星座图符号, $\mathbf{y}$ 是接收端得到的各路接收信号, $\mathbf{H}$ 是已知的信道矩阵, $\mathbf{G}$ 是 MIMO 的预编码矩阵, Δ 是星座扩展因子; 其特征在于包括以下步骤:

(S1) 初始化预编码矩阵 $\mathbf{G}$;

(S2) 对于任意星座扩展因子 Δ , 通过调整信源多维向量 $\mathbf{x}$ 的信源分布 $P_{\mathbf{x}}$ 以最大化信源熵 $H(\mathbf{x})$, 并根据当前预编码矩阵 $\mathbf{G}$, 选择使互信息 $I(\mathbf{x}; \mathbf{y}) = H(\mathbf{x}) - H(\mathbf{x}|\mathbf{y})$ 最大的 Δ 和 $P_{\mathbf{x}}$, 其中 $H(\mathbf{x}|\mathbf{y})$ 为条件熵;

(S3) 根据当前的星座扩展因子 Δ 和信源分布 $P_{\mathbf{x}}$, 通过梯度下降法来调整预编码矩阵 $\mathbf{G}$ 来进一步最大化互信息 $I(\mathbf{x}; \mathbf{y})$;

(S4) 判断当前的星座扩展因子 Δ 、信源分布 $P_{\mathbf{x}}$ 和据编码矩阵 $\mathbf{G}$ 的取值是否收敛, 如果不收敛则跳转至步骤 (S2);

(S5) 根据 $\mathbf{x}$ 的分布得到 $\mathbf{x}$ 中各路符号的边缘分布, 由单路概率幅度成型技术对各路信号进行非均匀调制。

2. 根据权利要求 1 所述的一种离散调制信号 MIMO 传输方法, 其特征在于, 步骤 (S2) 中, 对于任意给定的星座扩展因子 Δ , 通过拉格朗日数乘法对信源多维向量 $\mathbf{x}$ 进行最大熵优化, 最终通过最大化互信息 $I(\mathbf{x}; \mathbf{y})$ 确定最优的星座扩展因子 Δ 和信源多维向量 $\mathbf{x}$ 的信源分布 $P_{\mathbf{x}}$ 。

3. 根据权利要求 1 所述的一种离散调制信号 MIMO 传输方法, 其特征在于, 步骤 (S3) 包括以下步骤:

(S31) 计算互信息 $I(\mathbf{x}; \mathbf{y})$ 关于预编码矩阵 $\mathbf{G}$ 的梯度表达式;

(S32) 基于梯度下降法, 对当前预编码矩阵 $\mathbf{G}$ 内各元素取值进行调整; 若调整后预编码矩阵 $\mathbf{G}$ 不符合功率限制, 则在梯度调整的基础上通过对 $\mathbf{G}$ 乘以一个缩放倍数来达到功率要求。

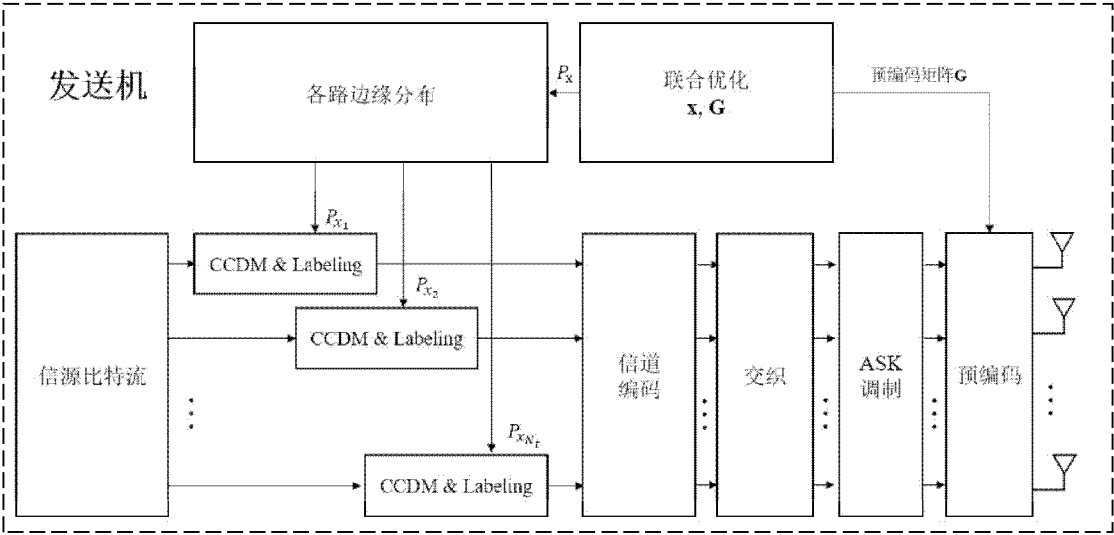


图 1

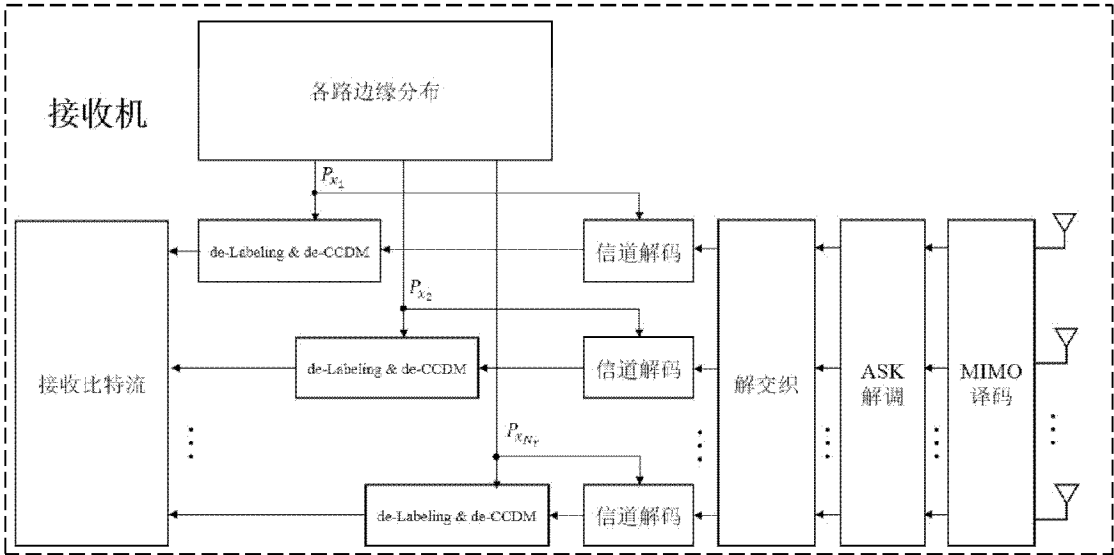


图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/111230

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04B 7/0413(2017.01)i; H04B 7/0426(2017.01)i; H04B 7/0456(2017.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, CNTXT, CNKI, VEN, USTXT, WOTXT, EPTXT, IEEE: MIMO, 多输入, 多输出, 嫡, 信源, 收敛, 互信息, 梯度, 概率幅度, 非均匀, 预编码, 扩展因子, CCDDM, probabilistic amplitude, entropy, source, convergence, mutual information, uniform, heterogeneous, precode, ratio

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	彭吉生 等 (PENG, Jisheng et al. "有限字符约束下的MIMO信道线性预编码设计 (Linear Precoding Design for MIMO Channels with Finite Alphabet Constraints)" 《高技术通讯》 (Chinese High Technology Letters), Vol. 23, No. 11, 23 January 2014 (2014-01-23), pages [1117]-[1123]	1-3
A	Georg Bocherer et al. "Bandwidth Efficient and Rate-Matched Low-Density Parity-Check Coded Modulation" 《IEEE Transactions on Communications》, 26 October 2015 (2015-10-26), pages [4651]-[4665]	1-3
A	黄爽 等 (HUANG, Shuang et al.). "自适应MIMO系统中的最优线性稀疏码设计 (Design of Optimal Linear Dispersion Code in Adaptive MIMO System)" 东南大学学报(自然科学版) (Journal of Southeast University (Natural Science Edition)), Vol. 38, No. 4, 24 September 2008 (2008-09-24), pages [569]-[573]	1-3
A	CN 107332595 A (SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 07 November 2017 (2017-11-07) entire document	1-3



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

01 March 2021

Date of mailing of the international search report

22 March 2021

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/111230**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 101902432 A (BEIHANG UNIVERSITY) 01 December 2010 (2010-12-01) entire document	1-3
A	CN 106105075 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 09 November 2016 (2016-11-09) entire document	1-3
A	US 2019280809 A1 (NOKIA SOLUTIONS & NETWORKS OY) 12 September 2019 (2019-09-12) entire document	1-3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/111230

Patent document cited in search report				Publication date (day/month/year)		Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)	
CN	107332595	A	07 November 2017	CN	107332595	B		22 September 2020	
CN	101902432	A	01 December 2010	CN	101902432	B		05 December 2012	
CN	106105075	A	09 November 2016	EP	3120474	A1		25 January 2017	
				JP	6188955	B2		30 August 2017	
				US	9088447	B1		21 July 2015	
				JP	2017502587	A		19 January 2017	
				EP	3120474	B1		25 September 2019	
				CN	106105075	B		18 June 2019	
				WO	2015141486	A1		24 September 2015	
US	2019280809	A1	12 September 2019	None					

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/111230

A. 主题的分类

H04B 7/0413(2017.01)i; H04B 7/0426(2017.01)i; H04B 7/0456(2017.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

H04B

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS, CNTXT, CNKI, VEN, USTXT, WOTXT, EPTXT, IEEE:MIMO, 多输入, 多输出, 熵, 信源, 收敛, 互信息, 梯度, 概率幅度, 非均匀, 预编码, 扩展因子, CCDF, probabilistic amplitude, entropy, source, convergence, mutual information, uniform, heterogeneous, precode, ratio

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	彭吉生等. “有限字符约束下的MIMO信道线性预编码设计” 《高技术通讯》, 第23卷, 第11期, 2014年 1月 23日 (2014 - 01 - 23), 第[1117]-[1123]页	1-3
A	Georg Bocherer等. “Bandwidth Efficient and Rate-Matched Low-Density Parity-Check Coded Modulation” 《IEEE Transactions on Communications》, 2015年 10月 26日 (2015 - 10 - 26), 第[4651]-[4665]页	1-3
A	黄爽等. “自适应MIMO系统中的最优线性稀疏码设计” 《东南大学学报(自然科学版)》, 第38卷, 第4期, 2008年 9月 24日 (2008 - 09 - 24), 第[569]-[573]页	1-3
A	CN 107332595 A (华南理工大学) 2017年 11月 7日 (2017 - 11 - 07) 全文	1-3
A	CN 101902432 A (北京航空航天大学) 2010年 12月 1日 (2010 - 12 - 01) 全文	1-3

☒ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件
--	---

国际检索实际完成的日期

2021年 3月 1日

国际检索报告邮寄日期

2021年 3月 22日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

梁柱杰

电话号码 86-(20)-28950426

C. 相关文件		
类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 106105075 A (三菱电机株式会社) 2016年 11月 9日 (2016 - 11 - 09) 全文	1-3
A	US 2019280809 A1 (NOKIA SOLUTIONS & NETWORKS OY) 2019年 9月 12日 (2019 - 09 - 12) 全文	1-3

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/111230

检索报告引用的专利文件				公布日 (年/月/日)		同族专利		公布日 (年/月/日)	
CN	107332595	A	2017年 11月 7日	CN	107332595	B		2020年 9月 22日	
CN	101902432	A	2010年 12月 1日	CN	101902432	B		2012年 12月 5日	
CN	106105075	A	2016年 11月 9日	EP	3120474	A1		2017年 1月 25日	
				JP	6188955	B2		2017年 8月 30日	
				US	9088447	B1		2015年 7月 21日	
				JP	2017502587	A		2017年 1月 19日	
				EP	3120474	B1		2019年 9月 25日	
				CN	106105075	B		2019年 6月 18日	
				WO	2015141486	A1		2015年 9月 24日	
US	2019280809	A1	2019年 9月 12日	无					