

(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
2010年7月29日 (29.07.2010)

PCT

(10) 国际公布号
WO 2010/083718 A1

- (51) 国际专利分类号:
H03M 13/37 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2009/076351
- (22) 国际申请日: 2009年12月31日 (31.12.2009)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
200910103092.5 2009年1月20日 (20.01.2009) CN
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): 重庆无线绿洲通信技术有限公司 (WOASIS TELECOMM. CO., LTD.) [CN/CN]; 中国四川省重庆市北部新区杨柳路2号A座9楼, Sichuan 401121 (CN)。
- (72) 发明人: 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): 马馨睿 (MA, Xinrui) [CN/CN]; 中国四川省重庆市北部新区杨柳路2号A座9楼, Sichuan 401121 (CN)。 段世平 (DUAN, Shiping) [CN/CN]; 中国四川省重庆市北部新区杨柳路2号A座9楼, Sichuan 401121 (CN)。 肖业平

(XIAO, Yeping) [CN/CN]; 中国四川省重庆市北部新区杨柳路2号A座9楼, Sichuan 401121 (CN)。

(74) 代理人: 北京元本知识产权代理事务所 (BEIJING YUANBEN INTELLECTUAL PROPERTY LAW OFFICE); 中国北京市海淀区花园路12号时代玉成403, Beijing 100088 (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 欧洲 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,

[见续页]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR EFFICIENT MULTI-USER MULTI-VARIANT PARALLEL TRANSMISSION

(54) 发明名称: 高效的多用户多元并行传输方法及装置

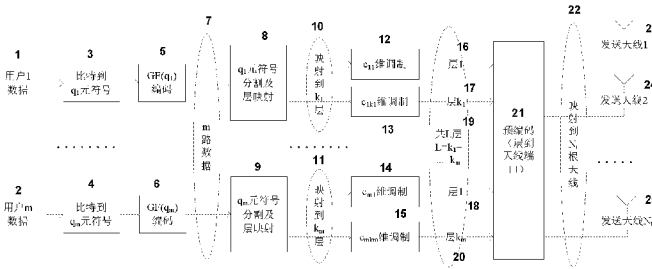


图1 / FIG. 1

- 1 DATA OF USER 1
- 2 DATA OF USER m
- 3 BITS TO SYMBOL q_1
- 4 BITS TO SYMBOL q_m
- 5 CODING OVER $GF(q_1)$
- 6 CODING OVER $GF(q_m)$
- 7 m ROAD DATA
- 8 PARTITIONING AND LAYER MAPPING SYMBOL q_1
- 9 PARTITIONING AND LAYER MAPPING SYMBOL q_m
- 10 MAPPING TO LAYER k_1
- 11 MAPPING TO LAYER k_m
- 12 c_{1k1} -DIMENSIONAL MODULATION
- 13 c_{1k1} -DIMENSIONAL MODULATION
- 14 c_{mkm} -DIMENSIONAL MODULATION
- 15 c_{mkm} -DIMENSIONAL MODULATION
- 16 LAYER 1
- 17 LAYER k_1
- 18 LAYER 1
- 19 L LAYERS IN TOTAL
- 20 LAYER k_m
- 21 PRECODING (LAYER TO PORT OF ANTENNA)
- 22 MAPPING TO THE N_s ANTENNAS
- 23 TRANSMIT ANTENNA 1
- 24 TRANSMIT ANTENNA 2
- 25 TRANSMIT ANTENNA N_s

(57) Abstract: The invention discloses a method and a device for efficient multi-user multi-variant parallel transmission. The method involves processing multi-variant coding over $GF(q)$ on each data symbol of user data symbols to obtain corresponding multiple multi-variant symbols. Multiple bits corresponding to each multi-variant symbol are partitioned to obtain multi-layer bit streams. Each multi-layer bit stream is modulated to map with corresponding constellation points to obtain modulation symbols of users. Then precoding of the modulation symbols is processed and outputted to corresponding transmitters of multiple antennas.

[见续页]



WO 2010/083718 A1



IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, **本国际公布:**
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, — 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。
GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

(57) 摘要:

本发明公开了一种高效的多用户多元并行传输方法和装置。该方法包括对多个用户数据符号中的每个进行 GF(q) 多元编码, 以得到对应的多个多元符号; 对每个多元符号对应的多个比特进行分割得到多层比特流; 每个多层比特流调制映射到相应的星座点上, 以得到用户的调制符号; 对多个调制符号进行预编码, 并输出到对应的多根天线的发射端。

高效的多用户多元并行传输方法及装置

技术领域

本发明涉及一种无线通信系统中的多元并行传输技术，特别是涉及一种结合基于因子图的多元码的多元编码调制传输技术；更进一步说，涉及一种基于以上多元编码调制技术的多用户多元码并行传输方法及装置。

背景技术

在带宽和功率都受限的条件下，提高系统的传输效率及可靠性是新一代无线通信系统需要解决的最主要问题之一。

编码调制(Coded Modulation)技术自从 ungerboeck1982 年提出 TCM 以来一直是个热门研究领域，由于采用联合信道编码和调制在不展宽频带的前提下获得所需要的编码增益，TCM 以及编码调制联合设计一直是通信特别是要求高频谱效率的无线通信中的一个重要研究方向。Ungerboeck 提出的网格编码调制 TCM 在 AWGN 信道中，不增加带宽和功率，相同的信息速率下可获得 3 - 6dB 的编码增益。Ungerboeck 同时给出了 AWGN 信道下 TCM 好码的欧氏空间度量的定义，这与传统上的采用 Hamming 距离作为好码判据不同。同样思想的分组编码调制 BCM 是用分组码代替 TCM 中的卷积码。

但是，TCM 的良好性能主要体现在高斯信道下，而在多径衰落信道下，TCM 性能并不及另一种被广泛采用的编码调制方式 - 比特交织编码调制 (BICM)。BICM 的原理比较简单，编码后的比特流通过比特交织器，之后再按顺序映射到调制星座点，这里，星座映射采用格雷映射，比特交织器可以精心设计，但采用随机交织器即可保证获得较好性能。BICM 的优点是：1、BICM 追求汉明距的最大化，尽管牺牲了一些欧氏距离特性，但使得码分集数最大，在 Rayleigh 衰落信道下具有高度的鲁棒性；2、在理想交织时，编码器和调制器分离设计，高度的设计灵活性。当前的绝大多数无线通信系统，如 2G、3G、WIMAX 等系统，均采用了 BICM 及其基础上演进的编码调制方式。

当前系统中采用的主流信道码是二元码,比如 turbo 码和 LDPC 码。当结合高阶调制时,由于编码比特在映射到调制符号时存在比特相关性,因此在解调求取比特似然信息时存在信息的丢失。这是 2 元码固有的缺陷,采用比如迭代解调译码等方法,在增加复杂度和处理时延的情况下可部分弥补这一损失。

多天线技术(MIMO)作为提高频谱效率、保证传输可靠性的重要手段,近年来在无线通信系统中得到了越来越广泛的应用。MIMO 复用如 V-BLAST 等,发端的每根天线发送独立的数据,收端每根天线的接收数据都是发端同时刻所有数据的叠加,接收端采用某种接收方式可解调数据。这样,随着天线数的增加,信道容量可极大增加。但是,前提是当信道条件良好、MIMO 空间信道相关性很小时才会获得。

1993 年, Turbo 码的引入引起了信道编码领域革命性的变革,迭代译码成为主流。1996 年, LDPC 码被重新发现,在采用软信息迭代的 BP 译码算法时能取得比 Turbo 码更好的性能。但 LDPC 码的编码复杂度较高,而具有快速编码结构的 LDPC 码性能并不比 Turbo 好。并且,更重要的,这两种码的逼近香农限的优异性能都只有在长码块时才能取得,在短码块、中高码率情况下,结合 Turbo 码或 LDPC 码的 BICM 性能并不令人满意。

二元的 Turbo 码和 LDPC 码均可用其因子图(factor-graph)来表示,采用二元 BP(置信传播)算法进行译码。而基于因子图的多元码,如多元 LDPC 码、多元 LDGM 码、多元 RA/iRA 码等,其图结构与二元码相似,不同之处在于不同的路径对应着不同的非 0 因子,因子图上的多元码仍可采用 BP 算法译码。基于因子图的多元码在中短码块长度时性能优于二元码。

以下用多元码作为基于因子图的多元码的简称。

采用多元码与高阶调制相结合的多元编码调制方式,如参考文献[3],接收端只需求取符号信息而不用求取比特似然信息,因此不存在信息丢失。更进一步的,如参考文献[4]中所示,将一个多元码编码符号(比如 GF(256)编码符号)映射到 2 个调制符号(如 16QAM 调制),同时通过 2 根

天线发送，接收端通过每根接收天线处的合成信号直接求取 GF(256) 编码符号软信息供多元译码。与 BICM 相比，在衰落信道上，由于最佳检测所获得的性能增益能够弥补非比特交织造成的时间分集损失，使得能这种方案具有较低检测时延而不失最佳性。而且，多元码的汉明距离直接对应于信号序列之间的汉明距离，有利于设计具有良好乘积距离特性的编码调制系统。已有的结果证实，多元码 + 高阶调制和多元码 + 高阶调制 + 多天线的编码调制方案在 AWGN 与衰落信道上均具有很好的性能。

相关的参考技术文献有：

- [1] G. Caire, G. Taricco and E. Biglieri, "Bit-Interleaved Coded Modulation," IEEE Trans. Inf. Theory, VOL. 44, NO. 3, May 1998.
- [2] M. C. Davey and D. Mackay, "Low-density parity check codes over GF(q)," IEEE Commun. Lett., VOL. 2, PP. 165-167, June 1998.
- [3] X. Li, M. R. Soleymani, J. Lodge, and P. S. Guinand, "Good LDPC codes over GF(q) for bandwidth efficient transmission," SPAWC 2003, pp. 95-99, June 2003.
- [4] R. Peng and R.-R. Chen, "Design of nonbinary LDPC codes over GF(q) for multiple-antenna transmission", MILCOM' 06, Washington DC, Nov. 2006.
- [5] D. Declercq and M. Fossorier, "Decoding Algorithms for Nonbinary LDPC Codes over GF(q)", IEEE Trans. On Comm. Vol. 55, pp. 633-643, April 2007.

发明内容

本发明的目的是提供一种无线通信系统中的多用户多元码并行传输方法及装置。

根据本发明第一方面，所提供的多用户多元码并行发送方法包括：

对 m 路用户数据符号中相应的一路数据符号进行 GF 多元编码，以便得到 m 路多元符号；

对所述 m 路多元符号中的每路多元符号对应的多个比特进行分割映射得到多层比特流, 从而得到 m 个多层比特流;

将 m 个多层比特流中的每个多层比特流分别调制映射到相应的星座点上, 以便得到用于 m 个用户的 L 个调制符号, 其中 $L = \sum_{i=1}^m k_i$, k_i 是 m 个多层中的第 i 个多层;

对所述 L 个符号进行维度为 $N_i \times L$ 的预编码, 输出 N_i 个符号到相应的 N_i 根发射天线端口。

根据本发明第二方面, 所提供的多用户多元码并行发送方法包括以下步骤:

对于 m 路用户数据中的第 i 路数据, 采用 $GF(q_i)$ 多元编码, 其中 $q_i = 2^{p_i}, 1 \leq i \leq m$;

将编码之后的 q_i 元符号对应的 p_i 比特进行分割映射得到 k_i 层比特流, 第 j 层包含 p_{ij} 比特, $1 \leq j \leq k_i, \sum_{j=1}^{k_i} p_{ij} = p_i$;

将映射到第 j 层的 p_{ij} 比特调制映射到星座点, 调制星座点数为 $c_{ij} = 2^{p_{ij}}$, 同一时刻, m 个用户数据块经过层映射模块共映射到 L 层, $L = \sum_{i=1}^m k_i$, 调制后得到 L 个调制符号;

对所述 L 个符号进行维度为 $N_i \times L$ 的预编码, 输出 N_i 个符号到相应的 N_i 根发射天线端口。

其中, 将编码之后的 q_i 元符号对应的 p_i 比特进行分割映射得到 k_i 层比

特流的步骤包括:

每一个 q 元符号的由比特向量 $b_1 b_2 \dots b_p$ 表示的 p 个比特向量按顺序分割为 k 层比特流, 第 j 层的比特流为 $b_{\sum_{s=1}^{p_s-p_j+1}} b_{\sum_{s=1}^{p_s-p_j+2}} \dots b_{\sum_{s=1}^{p_s}}$, $1 \leq j \leq k$, 分别映射到对应的层上。

其中, 对于映射到每一层的 p_j 个比特, 选择合适的映射规则将其调制映射到 $c_j = 2^{p_j}$ 维的星座点上。

其中, 所述的合适的映射规则包括:

对星座图上的每一个星座点及其所有相邻的星座点乘以所有的 $GF(q)$ 上的非 0 元, 计算两者之间的距离;

尽量遍历搜索所有可能的映射关系, 选择距离最大的一种作为最终的映射规则。

根据本发明的第三方面, 所提供的多用户多元码并行发送装置包括:

多个 GF 多元编码装置, 其每个 GF 多元编码装置分别对 m 路用户数据符号中相应的一路数据符号进行 GF 多元编码, 以便得到 m 路多元符号;

多个多元符号分割及层映射装置, 其每个多元符号分割及层映射装置分别接收来自相应的一个 GF 多元编码装置的已进行多元编码的 m 路多元符号中的一路多元符号, 并将该路多元符号对应的多个比特进行分割映射, 得到多层比特流, 以便得到 m 个多层比特流;

多个多维调制装置, 用来将 m 个多层比特流中的每个多层比特流分别调制映射到相应的星座点上, 以便得到用于 m 个用户的 L 个调制符号, 其

中 $L = \sum_{i=1}^m k_i$, k_i 是 m 个多层中的第 i 个多层;

预编码装置, 用来对所述 L 个符号进行维度为 $N_i \times L$ 的预编码, 并且输出 N_i 个符号到相应的 N_i 根发射天线端口。

其中, 每个多元符号分割及层映射装置通过以下方式实现多元符号分割和层映射:

每一个多元符号的由比特向量 $b_1 b_2 \dots b_p$ 表示的 p 个比特向量按顺序分割为 k 层比特流, 第 j 层的比特流为 $b_{\sum_{s=1}^j p_s - p_j + 1} \quad b_{\sum_{s=1}^j p_s - p_j + 2} \quad \dots \quad b_{\sum_{s=1}^j p_s}$, $1 \leq j \leq k$, 分别映射到对应的层上。

根据本发明第四方面, 所提供的多用户多元码并行接收方法包括以下步骤:

接收机经由 N_i 根接收天线接收 m 路用户数据信号中的第 i 个用户数据信号, 其中 $1 \leq i \leq m$;

所接收的第 i 个用户数据经过同步、均衡等处理之后, 信号进入 MIMO 检测模块进行重叠信号分离、符号软解调等处理, 得到 q_i 元的符号似然信息;

对所述的 q_i 元的符号似然信息进行解 q_i 元符号映射, 得到多元译码所需的输入符号似然信息;

对所述的输入符号似然信息进行译码, 得到 q_i 元符号; 以及

将所述 q_i 元数据符号转换成相应的数据比特。

其中，所述 MIMO 检测模块在对第 i 个用户数据信号进行重叠信号分离、符号软解调等处理，将其余路数据作为干扰处理，仅解调对应的第 i 路信号。

根据本发明的第五方面，所提供的多用户多元码并行接收装置包括：
接收 m 路用户数据信号中的第 i 个用户数据信号的天线，其中 $1 \leq i \leq m$ ；
所接收的第 i 个用户数据经过同步、均衡等处理的装置；

对经过同步、均衡等处理的第 i 个用户数据进行重叠信号分离、符号软解调等处理，以得到 q_i 元的符号似然信息的装置；

对所述的 q_i 元的符号似然信息进行解 q_i 元符号映射，以得到多元译码所需的输入符号似然信息的装置；

对所述的输入符号似然信息进行译码，以得到 q_i 元符号的装置；以及
将所述 q_i 元数据符号转换成相应的数据比特的装置。

其中，在多小区多用户多元码并行发送时， m 路用户数据符号来自多个小区，发射的 N_t 根发射天线由多个小区的天线组合而成。

其中，上述多个 GF 多元编码装置分别对多个小区的 m 路用户数据符号中相应的一路数据符号进行 GF 多元编码，发射的 N_t 根发射天线由多个小区的天线组合而成。

此外，1 个用户、1 层数据的情形是本发明最简单的场景。

而 1 个用户、多层数据的情景则是本发明的另一种场景。

使用本发明的上述方法集装置，可以在提高用户数据率的同时，避免小小区间干扰，进而增大了系统容量。

下面结合附图对本发明的细节和原理进行详细说明。

附图说明

图1. 是 QCM 发送装置的示意图;

图2. 是多元符号分割及层映射的示意图;

图3. 是 16QAM 星座图及不同映射规则的示意图;

图4. 是 QCM 接收装置的示意图;

图5. 是基于 MIMO+OFDM(A) 系统的 QCM 发送装置的示意图;

图6. 是基于 MIMO+OFDM(A) 系统的 QCM 接收装置的示意图。

具体实施方式

MIMO+OFDM(A) 技术在下一代无线通信系统中扮演着越来越重要的角色, 下面将结合基于 MIMO+OFDMA 技术的 3GPP LTE 系统详细说明本发明的基本原理、数学描述及具体实施方式,

图 1 给出了 QCM 的发送框架。

设有 m 个用户同时发送数据, 每个用户对应 1 路数据。对于第 i 路数据, 采用 $GF(q_i)$ 多元编码, $q_i = 2^{p_i}, 1 \leq i \leq m$, 将编码之后的 q_i 元符号对应的 p_i 比特进行分割映射得到 k_i 层比特流, 第 j 层包含 p_{ij} 比特, $1 \leq j \leq k_i, \sum_{j=1}^{k_i} p_{ij} = p_i$

(具体的符号分割及层映射方式见图 2), 将映射到第 j 层的 p_{ij} 比特进行调制映射到星座点, 调制星座点数为 $c_{ij} = 2^{p_{ij}}$ 。同一时刻, m 个用户数据块经过层映射模块共映射到 L 层, $L = \sum_{i=1}^m k_i$, 调制后得到 L 个调制符号, 对这 L 个符号进行维度为 $N_t \times L$ 的预编码, 输出 N_t 个符号到相应的 N_t 根发射天线端口。

图 2 详细描述了多元符号分割及层映射过程。由表 1 的高阶域元素表，每一个 q 元符号均可由 p 比特向量 $b_1 b_2 \dots b_p$ 表示，将这 p 个比特向量按顺序分割为 k 层比特流，第 j 层的比特流为 $b_{\sum_{s=1}^{p_s-p_j+1}} b_{\sum_{s=1}^{p_s-p_j+2}} \dots b_{\sum_{s=1}^{p_s}}$ ， $1 \leq j \leq k$ ，分别映射到对应的层上。

表1. 由 $p(X)=1+X+X^4$ 生成的 GF(16) 元素表

GF(16) 元素编号	对应比特表示形式
0	1 0 0 0
1	0 1 0 0
2	0 0 1 0
3	0 0 0 1
4	1 1 0 0
5	0 1 1 0
6	0 0 1 1
7	1 1 0 1
8	1 0 1 0
9	0 1 0 1
10	1 1 1 0
11	0 1 1 1
12	1 1 1 1
13	1 0 1 1
14	1 0 0 1
15	0 0 0 0

对于映射到每一层的 p_j 个比特，将其调制映射到 $c_j = 2^{p_j}$ 维的星座点上，常规的方法是采用格雷映射，图 3 给出了 16QAM 的星座图及格雷映射方式。但是，格雷映射仅对于误比特率 (BER) 是最优的，在这种场景下对于误

块率 (BLER) 并不是最优的方法, 图 3 同时给出了另一种更优的映射规则, 下面给出这种映射的选择方法。

多元码因子图的校验关系可表示为多个如下的校验方程:

$$(h_1 \otimes E_1) \oplus (h_2 \otimes E_2) \cdots \oplus (h_k \otimes E_k) = \sum_{i=1}^k h_i \otimes E_i = 0 \quad (1)$$

(1) 式中的加法和乘法运算均基于 $GF(q)$, h_i 表示因子图上相应边的非 0 元, E_i 表示边上的元素变量, 对于校验方程中的任意一条边, 假设为 h_i ,

(1) 可简化为:

$$(h_i \otimes E_i) \oplus S = 0 \rightarrow h_i \otimes E_i = S \quad (2)$$

S 表示 $GF(q)$ 上的任意元素, 等效为其他 $k-1$ 条边的校验和。对应到信号星座图上看, E_i 在发送端对应信号星座图上的某个星座点, 由于信道和噪声的影响, E_i 在接收端偏移了参考星座点。若 E_i 所有的相邻星座点乘以 h_i 后得到的结果越远离 S , 则能正确译码的概率就越高。表现在星座图上, 即是使得 E_i 的所有相邻星座点均乘以非 0 元素 h_i 后, 得到的星座点尽量远离 S , 将这一星座点到 S 的距离记为 D , 距离越远, 则 D 越大。

定义乘积距离 PD , PD 表示为以上所有可能的 D 的和, 则判别一个映射规则的好坏就是看其乘积距离的大小, 若乘积距离越大, 则该映射规则下的 QCM 方案性能越好。

具体地说, 对于映射到某层的 p_j 比特, 选定 $c_j = 2^{p_j}$ 维的星座图, 比如 $p_j = 4$ 时, 选用 16QAM 星座图, 下面以图 3 的 16QAM 星座图为例。

1. 随机给出一种映射规则;
2. 初始化 PD , $PD = 0$;
3. 对星座图上的每一个星座点 s_i 及其所有相邻的星座点 s_i^j

($i \in \{0, 3, 12, 15\}$ 时 $j \in \{0, 1\}$, $i \in \{1, 2, 4, 7, 8, 11, 13, 14\}$ 时 $j \in \{0, 1, 2\}$, $i \in \{5, 6, 9, 10\}$

时 $j \in \{0, 1, 2, 3\}$), 乘以所有的 $GF(16)$ 上的非 0 元 h_k , $0 \leq k \leq 14$ (h_{15} 表示

GF16 上的零元), 设 $S_i \otimes h_k = T_{i,k}$, $S_i^j \otimes h_k = T_{i,k}^j$ ($T_{i,k}, T_{i,k}^j$ 均为映射到星座图上的星座点), 计算 $T_{i,k}$ 与 $T_{i,k}^j$ 之间的距离 $D_{i,k}^j$, $PD_+ = D_{i,k}^j$;

4. 尽量遍历搜索所有可能的映射关系, 选择乘积距离 PD 最大的一种作为最终的映射规则。

图 4 给出了 QCM 的接收框架。这里, 仅画出了 MIMO 检测、译码等相关模块的示意图, 其余模块如同步、均衡等模块并未标出。设第 i 个用户终端有 N_{ri} 根接收天线, $1 \leq i \leq m$, 每个终端独立工作。以下均对第 i 个用户接收进行说明, 其余用户的处理过程类似。

经过同步、均衡等处理之后, 信号进入 MIMO 检测模块进行重叠信号分离、符号软解调等操作。MIMO 检测时, 接收机将其余路数据作为干扰处理, 仅解调对应的第 i 路信号。通过发送端的预编码、干扰预删除, 或者通过接收端的干扰抑制等技术, 可使得进入 MIMO 检测模块的干扰信号影响在可接受的程度。

对于传统的二元编码, MIMO 检测模块需要输出比特似然信息, 前面已经提到, 这种方法是存在信息丢失的。而对于多元的符号编码, 只需要解调输出符号似然信息, 不需要进行符号信息到比特信息的转换, 因此不存在信息的丢失。在发送端对第 i 路数据, 采用的是 $GF(q_i)$ 的多元编码, 得到的每个 q_i 元符号可由 p_i 比特表示, 分割映射到了 k_i 层独立调制映射。在 MIMO 检测时, 同时处理由同一个 q_i 元符号经过分割、映射、调制得到

的 k_i 个调制符号，解调输出 q_i 元的符号似然信息。之后按照发送端的 q_i 元符号分割及层映射规则进行解 q_i 元符号映射，可得到多元译码所需要的输入符号似然信息。

消除其余用户干扰、多径干扰及其他损失后，某时刻的收发信号可表述为：

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_{N_{ri}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & \cdots & h_{1k_i} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{N_{ri}1} & \cdots & h_{N_{ri}k_i} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_{k_i} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ \vdots \\ n_{N_{ri}} \end{bmatrix} \rightarrow Y_i = H_i X_i^T + N_i^T \quad (3)$$

X_i 表示第 i 路数据的 k_i 层的发送信号向量， Y_i 表示 N_{ri} 根接收天线接收的经过处理后的待解调信号向量， H_i 表示等效的估计得到的多输入多输出信道， N_i 表示等效的噪声向量。

最优的 MIMO 符号检测算法是最大似然方法，即遍历由 k_i 个调制信号组合而成的所有可能的重叠信号点 $X_i^j, 1 \leq j \leq 2^{\sum_{s=1}^{k_i} P_{is}} = 2^{P_i} = q_i$ ，求得每个重叠信号点与 Y_i 的欧氏距离 Ed_j ：

$$Ed_j = \|Y_i - H_i X_i^j\|^2$$

由所有点的欧式距离进而求得符号的似然信息。

球译码是一种简状态的检测算法，仅搜索出欧式距离最小的一部分重叠信号点，其复杂度由搜索半径决定。球译码算法总能找到最大似然符号，但不能得到所有符号的准确似然信息。

MMSE 是另一种低复杂度的检测算法，其准则是最大化信干噪比，由于 MMSE 是线性检测算法，性能上有一定损失。

不同的多元译码算法，要求输入不同形式的符号似然信息。采用 BP

算法或者 FFT-BP 算法时, 要求输入符号变量所有的归一化符号概率信息。采用 Log-FFT-BP 或者最小和 (MS) 算法时, 要求输入符号变量的对数似然比信息。当采用扩展的最小和 (EMS) 算法时, 只需要输入一部分符号变量的对数似然比信息。

但是, 不管采用何种译码算法, 输入到译码器的符号似然信息均是基于以上欧式距离 Ed_j 而来。

由于发送端的符号分割及层映射, 因此在接收端, MIMO 解调之后的数据需要经过一个反变换, 即解多元符号映射, 从而得到编码符号对应的符号软信息。

当小区之间具有相互协作、共享用户数据信息的能力时, 图 1 的 QCM 发送框图中的 m 个用户可以来自不同小区。例如对于用户 1 的数据, 通过 $GF(q_1)$ 元编码后映射到 k_1 层, 再与其余的用户数据经过预编码后通过 N_t 根天线发送, N_t 根天线由多个协作小区的天线组合而成, 因此, 用户 1 的 k_1 层数据由多个小区的天线联合发送。这就避免了来自相邻小区的干扰, 将原本是邻小区的干扰信号作为了用户有用信号通过相邻基站发送, 提高用户数据率的同时避免了小区间干扰, 进而增大了系统容量。

图 5、图 6 分别给出了基于 MIMO+OFDMA 系统的 QCM 发送和接收框架。

设 $m=2$, 即有 2 个用户。

对第 1 个用户, 令 $q_1=16$, $k_1=1$, 因此每个编码符号含 $p_1=4$ 比特信息, 映射到 1 层, 采用 16QAM 调制。

对第 2 个用户, 令 $q_2=64$, $k_2=2$, $p_{21}=2, p_{22}=4$, 因此每个编码符号含 $p_2=6$ 比特信息, 映射到 2 层, 第 1 层采用 QPSK 调制, 第 2 层采用 16QAM 调制。

调制方式选用本发明提出的最大化乘积距映射, 若采用常规的格雷映射, 误块率 (BLER) 性能会稍有损失。

因此, 总的映射层数 $L=3$, 设发送天线数 $N_t=4$, 采用 3×4 的预编码矩阵 P , 选用 LTE 标准中对应码本的第 0 个码字, 即

$$P = 0.288675 \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

其中，预编码矩阵 P 的第 1 列对应第 1 个用户的 1 层数据，第 2、3 两列分别对应第 2 个用户的 2 层数据。

设系统带宽为 10MHz，采用 1024 点的 FFT/IFFT。

2 个用户的数据分别经过多元编码、符号分割及层映射、调制之后，到达预编码矩阵 P，设 3 层数据长度各为 N，经过预编码后，输出 4 路 N 长的数据流到各天线端口，在天线端口处映射到相应的物理时频资源并插入导频，IFFT 后发射。

设用户终端的接收天线数为 $N_{r1} = N_{r2} = 2$ 。对每个用户，信号经过信道后，在接收端经过同步、估计等处理后，2 根天线的接收信号分别做 FFT。

对第 1 个用户，对每个子载波的信号进行 16 维的 MIMO 检测，直接输出多维符号软信息，经过解符号映射后得到 GF(16) 的符号似然信息，供多元码译码。

对第 2 个用户，对每个子载波的信号进行 64 维的 MIMO 检测，直接输出多维符号软信息，经过解符号映射后得到 GF(64) 的符号似然信息，供多元码译码。

译码可采用 BP、FFT-BP、Log-FFT-BP、MS、EMS 等译码算法，迭代收敛或达到最大迭代次数后硬判决输出判决符号，最后将判决符号转换到比特输出。

权利要求书

1、一种多用户多元码并行发送方法，包括：

对 m 路用户数据符号中相应的一路数据符号进行 GF 多元编码，以便得到 m 路多元符号；

对所述 m 路多元符号中的每路多元符号对应的多个比特进行分割映射得到多层比特流，从而得到 m 个多层比特流；

将 m 个多层比特流中的每个多层比特流分别调制映射到相应的星座点上，以便得到用于 m 个用户的 L 个调制符号，其中 $L = \sum_{i=1}^m k_i$ ， k_i 是 m 个多层中的第 i 个多层；

对所述 L 个符号进行维度为 $N_t \times L$ 的预编码，输出 N_t 个符号到相应的 N_t 根发射天线端口。

2、一种多用户多元码并行发送方法，包括以下步骤：

对于 m 路用户数据中的第 i 路数据，采用 $GF(q_i)$ 多元编码，其中 $q_i = 2^{p_i}, 1 \leq i \leq m$ ；

将编码之后的 q_i 元符号对应的 p_i 比特进行分割映射得到 k_i 层比特流，第 j 层包含 p_{ij} 比特， $1 \leq j \leq k_i$ ， $\sum_{j=1}^{k_i} p_{ij} = p_i$ ；

将映射到第 j 层的 p_{ij} 比特调制映射到星座点，调制星座点数为 $c_{ij} = 2^{p_{ij}}$ ，同一时刻， m 个用户数据块经过层映射模块共映射到 L 层， $L = \sum_{i=1}^m k_i$ ，调制后得到 L 个调制符号；

对所述 L 个符号进行维度为 $N_t \times L$ 的预编码，输出 N_t 个符号到相应的 N_t 根发射天线端口。

3、根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其中对于映射到每一层的 p_j 个比特，选择合适的映射规则将其调制映射到 $c_j = 2^{p_j}$ 维的星座点上；

其中选择合适的映射规则包括：

对星座图上的每一个星座点及其所有相邻的星座点乘以所有的 $GF(q)$ 上的非 0 元，计算两者之间的距离；

尽量遍历搜索所有可能的映射关系，选择距离最大的一种作为最终的

映射规则。

4、一种多用户多元码并行发送装置，包括：

多个 GF 多元编码装置，其每个 GF 多元编码装置分别对 m 路用户数据符号中相应的一路数据符号进行 GF 多元编码，以便得到 m 路多元符号；

多个多元符号分割及层映射装置，其每个多元符号分割及层映射装置分别接收来自相应的一个 GF 多元编码装置的已进行多元编码的 m 路多元符号中的一路多元符号，并将该路多元符号对应的多个比特进行分割映射，得到多层比特流，以便得到 m 个多层比特流；

多个多维调制装置，用来将 m 个多层比特流中的每个多层比特流分别调制映射到相应的星座点上，以便得到用于 m 个用户的 L 个调制符号，其中 $L = \sum_{i=1}^m k_i$ ， k_i 是 m 个多层中的第 i 个多层；

预编码装置，用来对所述 L 个符号进行维度为 $N_t \times L$ 的预编码，并且输出 N_t 个符号到相应的 N_t 根发射天线端口。

5、根据权利要求 2 或 4 所述的并行发送方法、装置，其中在所述方法中，将编码之后的 q_i 元符号对应的 p_i 比特进行分割映射得到 k_i 层比特流的步骤包括：

每一个 q 元符号的由比特向量 $b_1 b_2 \dots b_p$ 表示的 p 个比特向量按顺序分割为 k 层比特流，第 j 层的比特流为 $b_{\sum_{s=1}^{j-1} p_s - p_j + 1} \dots b_{\sum_{s=1}^{j-1} p_s}$ ， $1 \leq j \leq k$ ，分别映射

到对应的层上；以及

在所述装置中，每个多元符号分割及层映射装置通过以下方式实现多元符号分割和层映射：

每一个多元符号的由比特向量 $b_1 b_2 \dots b_p$ 表示的 p 个比特向量按顺序分割为 k 层比特流，第 j 层的比特流为 $b_{\sum_{s=1}^{j-1} p_s - p_j + 1} \dots b_{\sum_{s=1}^{j-1} p_s}$ ， $1 \leq j \leq k$ ，分别映射

到对应的层上。

6、一种多用户多元码并行接收方法，包括以下步骤：

接收机经由 N_i 根接收天线接收 m 路用户数据信号中的第 i 个用户数据信号，其中 $1 \leq i \leq m$ ；

所接收的第 i 个用户数据经过同步、均衡等处理之后，信号进入MIMO检测模块进行重叠信号分离、符号软解调等处理，得到 q_i 元的符号似然信息；

对所述的 q_i 元的符号似然信息进行解 q_i 元符号映射，得到多元译码所需的输入符号似然信息；

对所述的输入符号似然信息进行译码，得到 q_i 元符号；以及

将所述 q_i 元数据符号转换成相应的数据比特。

7、根据权利要求6所述的方法，其中所述MIMO检测模块在对第 i 个用户数据信号进行重叠信号分离、符号软解调等处理时，将其余路数据作为干扰处理，仅解调对应的第 i 路信号。

8、一种多用户多元码并行接收装置，包括：

接收 m 路用户数据信号中的第 i 个用户数据信号的天线，其中 $1 \leq i \leq m$ ；

所接收的第 i 个用户数据经过同步、均衡等处理的装置；

对经过同步、均衡等处理的第 i 个用户数据进行重叠信号分离、符号软解调等处理，以得到 q_i 元的符号似然信息的装置；

对所述的 q_i 元的符号似然信息进行解 q_i 元符号映射，以得到多元译码所需的输入符号似然信息的装置；

对所述的输入符号似然信息进行译码，以得到 q_i 元符号的装置；以及

将所述 q_i 元数据符号转换成相应的数据比特的装置。

9、根据权利要求1-5任一项所述的发送方法、装置，其中在多小区多用户多元码并行发送时， m 路用户数据符号来自多个小区，发射的 N_i 根发射天线由多个小区的天线组合而成；以及

多个GF多元编码装置分别对多个小区的 m 路用户数据符号中相应的

一路数据符号进行 GF 多元编码，发射的 N_t 根发射天线由多个小区的天线组合而成。

- 10、根据上述任一项权利要求所述的方法、装置，其中：
 - 1 个用户、1 层数据的情形是最简单的场景；以及
 - 1 个用户、多层数据的情景是另一种场景。

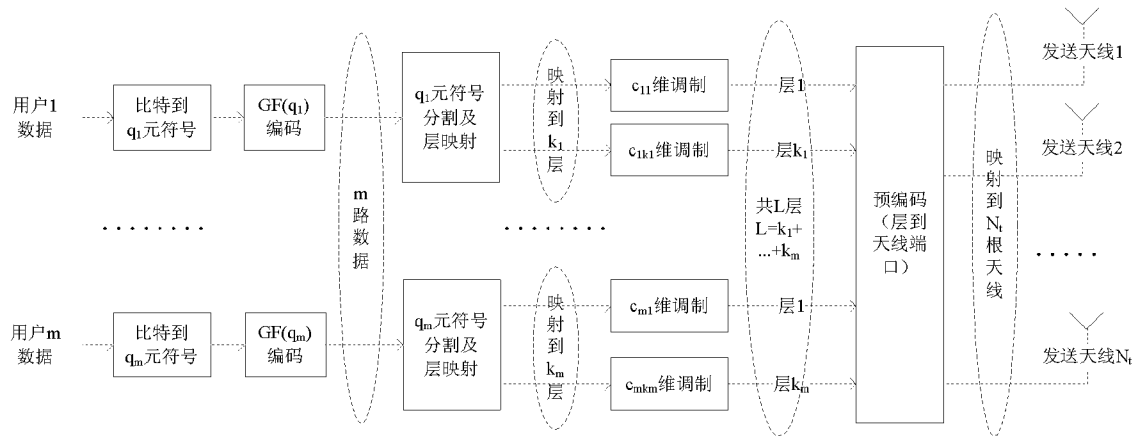


图 1.

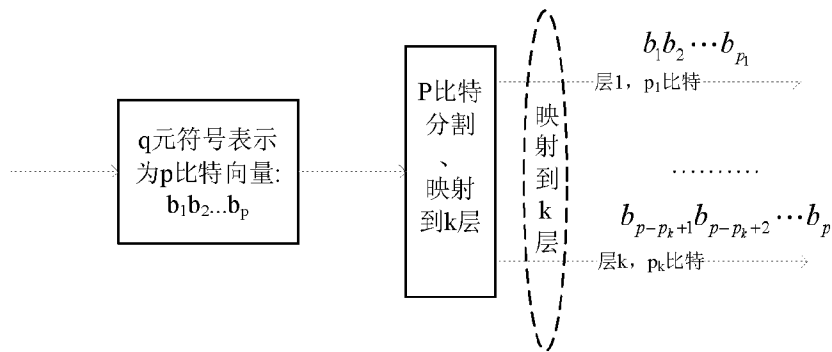


图 2.

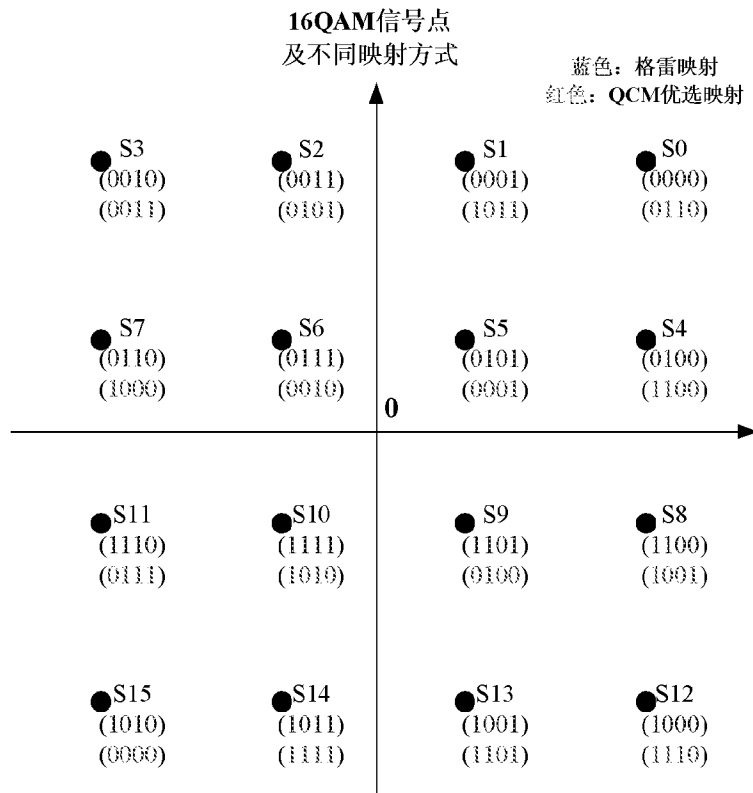


图3.

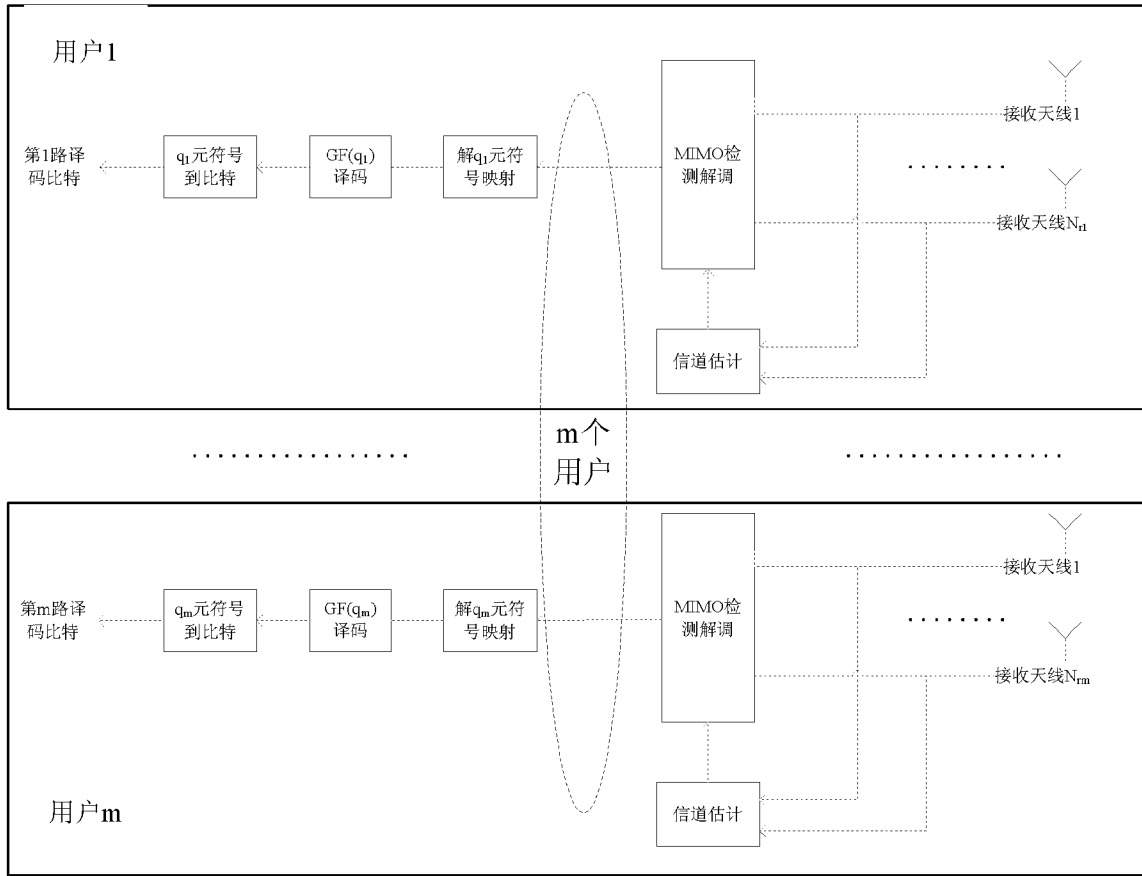


图4.

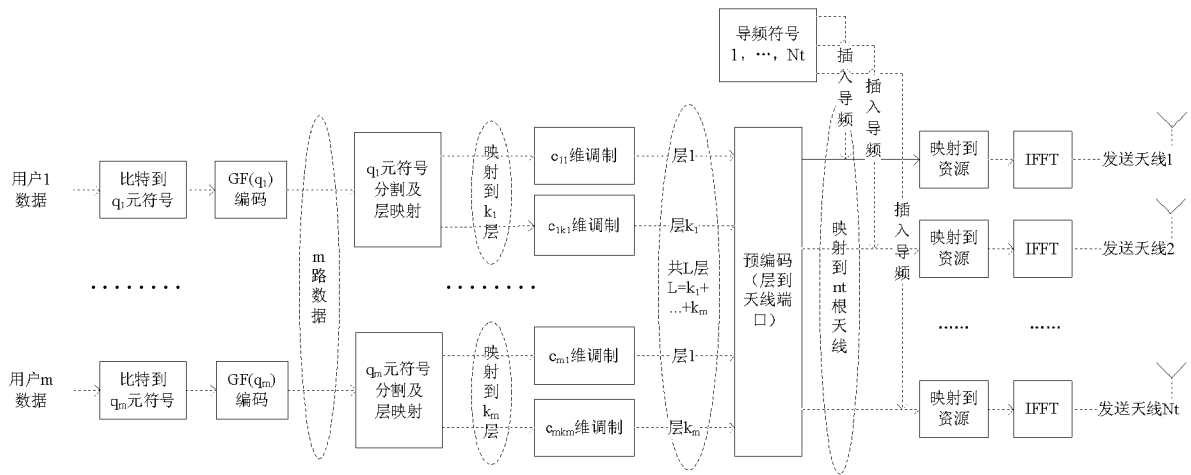


图5.

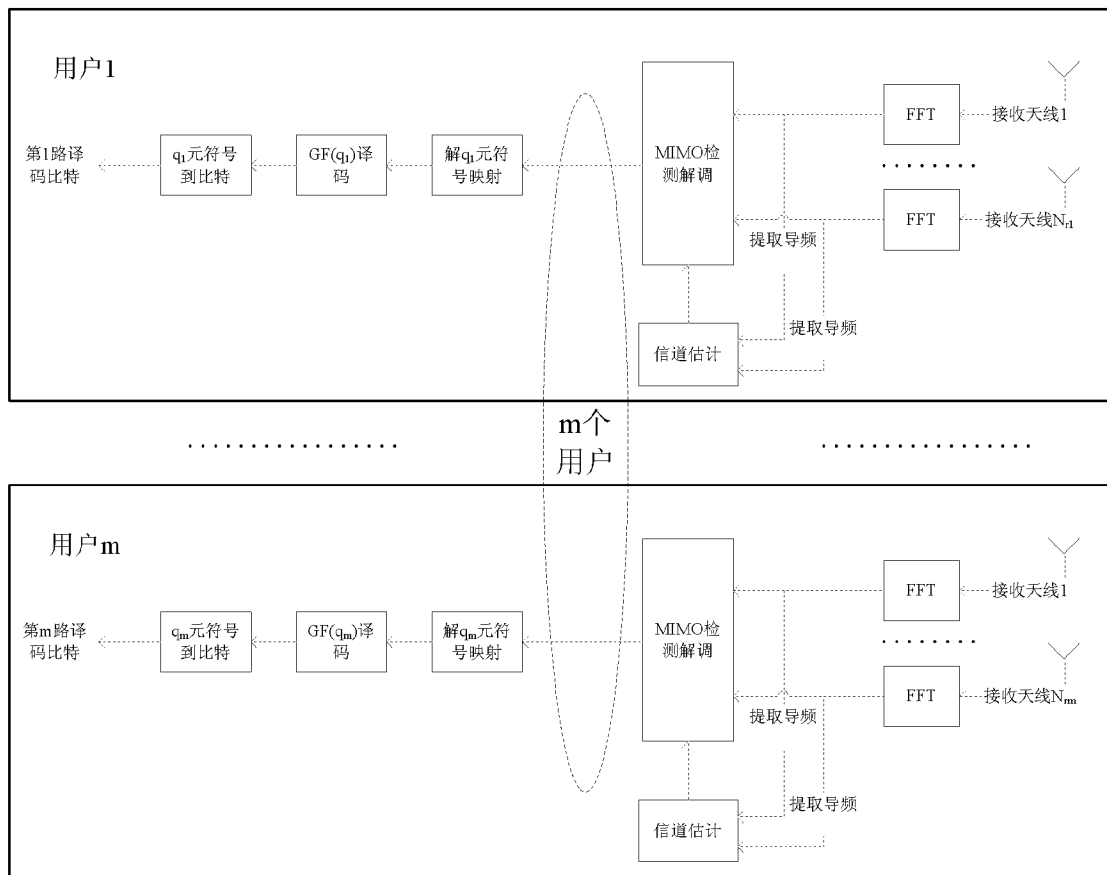


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No. PCT/CN2009/076351

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H03M 13/37 (2006.01) 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)		
IPC: H01L, H03M, H04L, H04J		
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)		
CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC, IEEE: MIMO, CODE, MULTI, ANTENNA, LAYER, MAP, MODULATE, QAM, GALOIS		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN101515844A(WOASIS TELECOMM. CO., LTD.), 26 Aug. 2009 (26.08.2009), the whole document	1-10
PX	CN101521514A(WOASIS TELECOMM. CO., LTD.), 02 Sep. 2009 (02.09.2009), the whole document	1-10
Y	CN101147351A(MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.), 19 Mar. 2008 (19.03.2008), page 1 line 18 – page 2 line 8, page 8 line 15 – page 9 line 15 of description, figures 1A, 1B, 7	1-10
Y	CN101170530A(ZTE CORPORATION), 30 Apr. 2008(30.04.2008), page 3 line 4 – page 4 line 12 of description, figures 1, 2	1-10
A	PENG, R.-H. et al., Design of nonbinary LDPC codes over GF(q) for multiple-antenna transmission, in Proc. Military Communications conference 2006, Washington, DC, 25 Oct. 2006, pages 1–7	1-10
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 Feb. 2010(01.02.2010)	Date of mailing of the international search report 25 Mar. 2010 (25.03.2010)	
Name and mailing address of the ISA/CN The State Intellectual Property Office, the P.R.China 6 Xitucheng Rd., Jimen Bridge, Haidian District, Beijing, China 100088 Facsimile No. 86-10-62019451	Authorized officer WEI, Feng Telephone No. (86-10)62413556	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2009/076351

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN101515844A	26.08.2009	None	
CN101521514A	02.09.2009	None	
CN101147351A	19.03.2008	WO2006101209A1	28.09.2006
		CN1838653A	27.09.2006
		EP1852993A1	07.11.2007
		JP2007509355T2	04.09.2008
		US2009003485A1	01.01.2009
CN101170530A	30.04.2008	None	

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2009/076351

A. 主题的分类

H03M 13/37 (2006.01) 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)

IPC: H01L, H03M, H04L, H04J

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))

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC, IEEE: 编码, 多天线, 层, 映射, 调制, 星座, 伽瓦罗, MIMO, CODE, MULTI, ANTENNA, LAYER, MAP, MODULATE, QAM, GALOIS

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
PX	CN101515844A(重庆无线绿洲通信技术有限公司), 26.8 月 2009 (26.08.2009), 全文	1-10
PX	CN101521514A(重庆无线绿洲通信技术有限公司), 02.9 月 2009 (02.09.2009), 全文	1-10
Y	CN101147351A(松下电器产业株式会社), 19.3 月 2008(19.03.2008), 说明书第 1 页 18 行至 2 页 8 行, 第 8 页 15 行至 9 页 15 行、图 1A, 1B, 7	1-10
Y	CN101170530A(中兴通讯股份有限公司), 30.4 月 2008(30.04.2008), 说明书第 3 页 4 行至 4 页 12 行、图 1, 2	1-10
A	PENG R.-H. 等, Design of nonbinary LDPC codes over GF(q) for multiple-antenna transmission, in Proc. Military Communications conference 2006, Washington, DC, 25.10 月 2006, 第 1-7 页	1-10

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
01.2 月 2010(01.02.2010)

国际检索报告邮寄日期
25.3 月 2010 (25.03.2010)

ISA/CN 的名称和邮寄地址:
中华人民共和国国家知识产权局
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
魏峰
电话号码: (86-10) 62413556

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2009/076351

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN101515844A	26.08.2009	无	
CN101521514A	02.09.2009	无	
CN101147351A	19.03.2008	WO2006101209A1	28.09.2006
		CN1838653A	27.09.2006
		EP1852993A1	07.11.2007
		JP2007509355T2	04.09.2008
		US2009003485A1	01.01.2009
CN101170530A	30.04.2008	无	