

(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
2018年1月25日 (25.01.2018)

(10) 国际公布号
WO 2018/014733 A1

- (51) 国际专利分类号:
H04L 1/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2017/091961
- (22) 国际申请日: 2017年7月6日 (06.07.2017)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201610585883.6 2016年7月22日 (22.07.2016) CN
- (71) 申请人: 深圳超级数据链技术有限公司(SHENZHEN SUPERDATA LINK TECHNOLOGY LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田街道吉华路新天下华赛工业厂区2号厂房101、(二楼) 201, Guangdong 518000 (CN)。
- (72) 发明人: 刘若鹏(LIU, Ruopeng); 中国广东省深圳市南山区高新区高新中一道9号软件大厦, Guangdong 518057 (CN)。 季春霖(JI, Chunlin); 中国广东省深圳市南山区高新区高新中一道9号软件大厦, Guangdong 518057 (CN)。 徐兴安(XU, XingAn); 中国广东省深圳市南山区高新区高新中一道9号软件大厦, Guangdong 518057 (CN)。 张莎莎(ZHANG, Shasha); 中国广东省深圳市南山区高新区高新中一道9号软件大厦, Guangdong 518057 (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, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK,

(54) Title: DECODING METHOD, DEVICE SUITABLE FOR OVXDM SYSTEM AND OVXDM SYSTEM

(54) 发明名称: 一种适用于OvXDM系统译码方法、装置及OvXDM系统

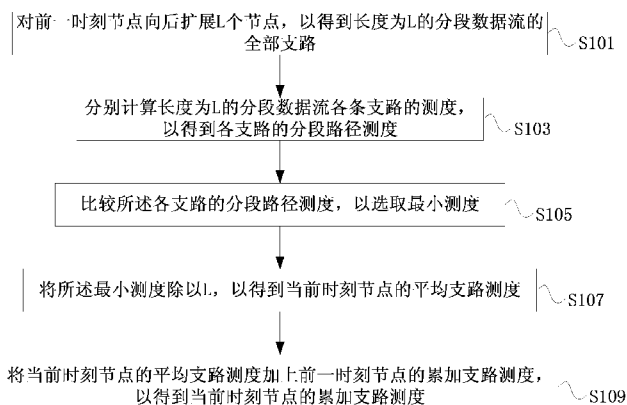


图 2

- S101 EXTEND BACKWARD L NODES FROM THE PREVIOUS NODE TO OBTAIN ALL THE BRANCHES OF THE SEGMENTED DATA STREAM WITH A LENGTH OF L;
- S103 CALCULATE THE METRIC OF EACH BRANCH OF THE SEGMENTED DATA STREAM WITH A LENGTH OF L RESPECTIVELY, TO OBTAIN THE SEGMENTED PATH METRIC OF EACH BRANCH;
- S105 COMPARE THE SEGMENTED PATH METRICS OF EACH BRANCH TO SELECT A MINIMUM METRIC;
- S107 DIVIDE THE MINIMUM METRIC BY L TO OBTAIN AN AVERAGE BRANCH METRIC OF THE NODE AT THE CURRENT MOMENT;
- S109 ADD THE AVERAGE BRANCH METRIC OF THE NODE AT THE CURRENT MOMENT TO THE CUMULATIVE BRANCH METRIC OF THE NODE AT THE PREVIOUS MOMENT TO OBTAIN THE CUMULATIVE BRANCH METRIC OF THE NODE AT THE CURRENT MOMENT.

(57) Abstract: Disclosed in the present application are a decoding method and a device suitable for an OvXDM system and an OvXDM system. During the decoding process, perform screening on access nodes in a trellis diagram corresponding to the system; an optimal path is jointly filtered by improving the calculation method of accumulative branch metric and combining weight factors; the best decoding path is filtered by expanding the node with the smallest cumulative branch metric. Applying the solution of the present application in a decoding process of an OvXDM system with a large number of overlapping multiplexing times or a larger number



WO 2018/014733 A1

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,
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, 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)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

of coding branches can reduce the system design complexity and calculation amount, make the system have a lower error rate and improve the performance.

(57) 摘要: 本申请公开了一种适用于OvXDM系统的译码方法、装置及OvXDM系统, 在译码过程中对系统对应的格状图中访问节点进行筛选, 通过改进累加支路测度计算方法, 并结合权重因子, 来共同筛选较优路径, 并对累加支路测度最小的节点进行扩展, 筛选出最佳译码路径, 在重叠复用次数或编码支路数较大的OvXDM系统译码过程中应用本申请, 会降低系统设计复杂度和计算量, 使系统具有较低误码率, 同时性能提到提升。

一种适用于 OvXDM 系统译码方法、装置及 OvXDM 系统

技术领域

本申请涉及信号处理领域，具体涉及一种适用于 OvXDM 系统的译码方法、装置及 OvXDM 系统。

背景技术

对于重叠复用系统——不管是重叠时分复用（OvTDM, Overlapped Time Division Multiplexing）系统、重叠频分复用（OvFDM, Overlapped Frequency Division Multiplexing）系统还是重叠码分复用（OvCDM, Overlapped Code Division Multiplexing）系统、重叠空分复用（OvSDM, Overlapped Space Division Multiplexing）系统、重叠混合复用（OvHDM, Overlapped Hybrid Division Multiplexing）系统等，对其进行译码时，都需要不断访问系统对应的格状图（Trellis）中的节点，并为每一个节点设置两个存储器，一个用于存储到达该节点的相对最佳路径，一个用于存储到达该节点的相对最佳路径对应的测度。在计算上述的到达该节点的相对最佳路径对应的测度时，传统的方法一般是通过将前一时刻节点的累加支路测度加上当前时刻节点的瞬时支路测度，从而可以得到当前时刻的累加支路测度。这种节点的累加支路测度虽然适用性广，但在对重叠复用系统进行译码时，往往需要如上所述一样，遍历所有状态节点及其扩展路径，才能得到一个较准确的译码结果。

发明内容

为解决上述问题，本申请提供一种适用于 OvXDM 系统的译码方法、装置及 OvXDM 系统。

根据本申请的第一方面，本申请提供一种适用于 OvXDM 系统的译码方法，包括以下步骤：

计算节点的累加支路测度；

根据计算得到的累加支路测度进行译码；

其中，任意一节点的累加支路测度通过以下步骤计算：

对前一时刻节点向后扩展 L 个节点，以得到长度为 L 的分段数据流的全部支路，其中 L 为大于 1 的整数；

分别计算长度为 L 的分段数据流各条支路的测度，以得到各支路的分段路径测度；

比较所述各支路的分段路径测度，以选取最小测度；

将所述最小测度除以 L ，以得到当前时刻节点的平均支路测度；

将当前时刻节点的平均支路测度加上前一时刻节点的累加支路测度，以得到当前时刻节点的累加支路测度。

较优地，将当前时刻节点的平均支路测度加上前一时刻节点的累加支路测度时，先将前一时刻节点的累加支路测度乘以一权重因子。

根据本申请的第二方面，本申请提供一种适用于 OvXDM 系统的译码装置，包括：

节点累加支路测度计算模块，用于计算节点的累加支路测度；

译码模块，用于根据计算得到的累加支路测度进行译码；

其中，节点累加支路测度计算模块包括：

扩展模块，用于对前一时刻节点向后扩展 L 个节点，以得到长度为 L 的分段数据流的全部支路，其中 L 为大于 1 的整数；

第一计算模块，用于分别计算长度为 L 的分段数据流各条支路的测度，以得到各支路的分段路径测度；

比较模块，用于比较所述各支路的分段路径测度，以选取最小测度；

平均支路测度计算模块，用于将所述最小测度除以 L ，以得到当前时刻节点的平均支路测度；

加法模块，用于将当前时刻节点的平均支路测度加上前一时刻节点的累加支路测度，以得到当前时刻节点的累加支路测度。

较优地，所述的应用分段路径测度的译码装置还包括权重因子模块，用于在加法模块将当前时刻节点的平均支路测度加上前一时刻节点的累加支路测度时，先将前一时刻节点的累加支路测度乘以一权重因子。

根据本申请的第三方面，本申请提供一种 OvXDM 系统，包括上述的应用分段路径测度的译码装置。

本申请的有益效果是：

依上述实施的适用于 OvXDM 系统的译码方法、装置及 OvXDM 系统，由于将当前时刻节点的平均支路测度加上前一时刻节点的累加支路测度，以得到当前时刻节点的累加支路测度，从而使得当前节点的累加支路测度的信息，不仅包含了当前节点之前的支路测度信息，还包括了当前节点之后的支路测度的一定信息，这使得当前节点的累加支路测度更具参考性，使得译码可靠度更高，筛选出的译码路径更准确和可靠；另外，由于本申请对节点的累加支路测度的计算提出了改进，因而无需像传统做法一样遍历所有状态节点及其扩展路径，

也可以取得很准确的译码结果。

附图说明

图 1 为本申请一种实施例的适用于 OvXDM 系统的译码方法的流程示意图；

图 2 为本申请一种实施例的适用于 OvXDM 系统的译码方法中计算节点的累加支路测度的流程示意图；

图 3 为本申请一种实施例的适用于 OvXDM 系统的译码装置的结构示意图；

图 4 为本申请一种实施例的适用于 OvXDM 系统的译码装置中的节点累加支路测度计算模块的结构示意图；

图 5 为现有技术中 OvFDM 系统的发送端的结构示意图；

图 6 为现有技术中 OvFDM 系统的符号编码叠加的示意图；

图 7 (a) 为现有技术中 OvFDM 系统的接收端的信号接受框图；

图 7 (b) 为 OvFDM 系统的接收端的接收信号检测框图；

图 8 为现有技术中重叠复用次数为 3 时 OvFDM 系统的输入-输出关系的码树图；

图 9 为现有技术中重叠复用次数为 3 时 OvFDM 系统的节点状态转移图；

图 10 为现有技术中重叠复用次数为 3 时 OvFDM 系统对应的格状图；

图 11 为第一种实施例中 OvFDM 系统的译码路径示意图；

图 12 为现有技术中 OvTDM 系统的发送端的结构示意图；

图 13 为现有技术中 OvTDM 系统的符号编码叠加的示意图；

图 14 (a) 为现有技术中 OvTDM 系统的接收端的预处理单元示意图；

图 14 (b) 为 OvTDM 系统的接收端的序列检测单元的示意图；

图 15 为现有技术中重叠复用次数为 3 时 OvTDM 系统的输入-输出关系的码树图；

图 16 为现有技术中重叠复用次数为 3 时 OvTDM 系统的节点状态转移图；

图 17 为现有技术中重叠复用次数为 3 时 OvTDM 系统对应的格状图；

图 18 为第二种实施例中 OvTDM 系统的译码路径示意图；

图 19 为现有技术中 OvCDM 系统的结构示意图；

图 20 为现有技术中 OvCDM 系统的编码器的结构示意图；

图 21 为现有技术中 OvCDM 系统的编码矩阵图；

图 22 为现有技术中 OvCDM 系统的译码器的结构示意图；

图 23 为本申请第三种实施例中 OvCDM 系统对应的格状图；

图 24 为本申请第三种实施例中 OvCDM 系统的译码路径示意图。

具体实施方式

下面通过具体实施方式结合附图对本申请作进一步详细说明。

本申请公开了一种适用于 OvXDM 系统的译码方法,在一实施例中,OvXDM 系统为 OvTDM 系统、OvFDM 系统、OvCDM 系统、OvSDM 系统或 OvHDM 系统。

需要说明的是,本申请中的测度表示两个信号之间的距离,定义为:

$$d = \sqrt[p]{|y_i - x_i|^p}, 0 < p < \infty。$$

当 $p=2$ 时即为欧氏距离,欧氏距离是两个信号之间的真实距离,能够真实的反应实际信号和理想信号之间的距离,本专利中欧氏距离定义为

$$d = \sqrt{\sum_i^N (y_i - x_i)^2}。$$

如图 1 所示,本申请的适用于 OvXDM 系统的译码方法包括步骤 S100 和 S300,下面具体说明。

步骤 S100、计算节点的累加支路测度。如图 2 所示,在一实施例中,任一节点的累加支路测度通过步骤 S101~S109,即步骤 S100 包括步骤 S101~S1109。

S101、对前一时刻节点向后扩展 L 个节点,以得到长度为 L 的分段数据流的全部支路,其中 L 为大于 1 的整数。对于一个 M 维的系统, M 为大于或等于 2 的整数,每个节点扩展后包括 M 个到达节点,那么对前一时刻节点向后扩展 L 个节点后,每个到达节点对应 M^{L-1} 条扩展支路,所有到达节点共计 M^L 条支路。。在一实施例中,当 OvXDM 系统为 OvTDM 系统或 OvFDM 系统时,支路长度 L 小于或等于系统的重叠复用次数,当支路长度 L 等于系统的重叠复用次数时,此时进行译码的性能最好;当 OvXDM 系统为 OvCDM 系统时,支路长度 L 小于或等于系统的编码支路数,当支路长度 L 等于系统的编码支路数,此时进行译码的性能最好。

S103、分别计算长度为 L 的分段数据流各支路的测度,以得到各支路的分段路径测度。换句话说,就是计算步骤 S101 中的长度为 L 的分段数据流的每个到达节点对应的 M^{L-1} 条扩展支路的测度,作为各支路的分段路径测度,包含 M 个到达节点, M 是系统的维数,取值为大于或等于 2 的整数。

S105、比较所述各支路的分段路径测度,以选取最小测度。换句话说,就是比较步骤 S103 中的每个到达节点的 M^{L-1} 条支路的分段路径测度,从中选取最小测度作为对应到达节点的最小测度,共计得到 M 个最小测度, M 是系统的维数,取值为大于或等于 2 的整数。S107、将所述最小测度除以 L,以得到当前时

刻节点的平均支路测度。换句话说，就是求得每个到达节点对应路径的平均支路测度，包含 M 个平均支路测度。

S109、将当前时刻节点的平均支路测度加上前一时刻节点的累加支路测度，以得到当前时刻节点的累加支路测度。传统译码方案中，当前时刻的累加支路测度是通过将当前时刻节点的瞬时支路测度加上前一时刻节点的累加支路测度，而当前时刻节点的瞬时支路测度，即是前一时刻节点到当前时刻节点这一长度为 1 的支路的测度。因此，可以看到，本申请在计算时，是将平均支路测度来代替瞬时支路测度，从而使得当前节点的累加支路测度的信息，不仅包含了当前节点之前的支路测度信息，还包括了当前节点之后的支路测度的一定信息，这使得当前节点的累加支路测度更具参考性，使得在步骤 S300 中进行的译码可靠度更高，筛选出的译码路径更准确和可靠。需要说明的是，由于初始时刻节点并不存在前一时刻节点，因此在计算初始时刻节点的累加支路测度时，其就是初始时刻节点的平均支路测度，即初始时刻节点的累加支路测度等于初始时刻节点的平均支路测度。另外，当计算最后若干个时刻节点的累加支路测度，可能其后面不存在足够长度的支路，即后面即使扩展到最后一个时刻节点，其之间的支路的长度也可能小于 $L-1$ ，此时，有几个解决方式，例如，假设数据帧长度为 N ，当译码深度到达 $N-L$ 时，最后 L 个符号可通过上述选取最小测度对应的路径作为译码输出。

在较优实施例中，步骤 S109 在将当前时刻节点的平均支路测度加上前一时刻节点的累加支路测度时，先将前一时刻节点的累加支路测度乘以一权重因子，这样，再将与权重因子相乘过后的累加支路测度与前一时刻节点的累加支路测度相加，以得到当前时刻节点的累加支路测度。引入权重因子的目的，是使得距离当前时刻节点越远的节点，其测度对当前时刻节点的测度影响越小。权重因子由系统的平坦衰落宽度来决定，在一实施例中，权重因子的取值范围为大于等于 0.9 且小于等于 1。

步骤 S300、根据计算得到的累加支路测度进行译码。在一较优的实施例中，步骤 S300 中的译码规则包括从初始时刻的节点开始，每次都选取最小累加支路测度的节点进行扩展。当然，步骤 S300 中的译码规则也可以是现有的译码规则，或未来可能出现的译码规则，只要此译码规则需要使用到节点的测度，就可以适用本申请中的改进的节点的累加支路测度。由于本申请对节点的累加支路测度的计算提出了改进，因而无需像传统做法一样遍历所有状态节点及其扩展路径，也可以取得很准确的译码结果，例如，如上所述，每次只选取最小累加支路测度的节点进行扩展，而不是每次都对所有节点和支路进行扩展并计算测度。

具体地，在一实施例中，步骤 S109 会得到 M 个累加支路测度，即对应 M 个到达节点。对这 M 个累加支路测度进行比较，从中选取测度最小者对应的到达状态节点，按照如上方法对其节点扩展和路径选取。重复以上步骤，从第 n 步开始只保留前 r_n 条到达节点及其累加支路测度， r_n 由系统容忍的性能损失决定，将具有较大平均支路测度的路径及其测度全部抛弃。

对应地，本申请还公开了一种适用于 OvXDM 系统的译码装置，这种适用于 OvXDM 系统的译码装置尤其适用于 OvXDM 系统，在一实施例中，OvXDM 系统为 OvTDM 系统、OvFDM 系统、OvCDM 系统、OvSDM 系统或 OvHDM 系统。

请参照图 3，本申请的适用于 OvXDM 系统的译码装置包括节点累加支路测度计算模块 100 和译码模块 300，下面具体说明。

节点累加支路测度计算模块 100 用于计算节点的累加支路测度。在一实施例中，请参照图 4，节点累加支路测度计算模块 100 包括扩展模块 101、第一计算模块 103、比较模块 105、平均支路测度计算模块 107 和加法模块 109，在一较优实施例中，还可以包括权重因子模块 111。

扩展模块 101 用于对前一时刻节点向后扩展 L 个节点，以得到长度为 L 的分段数据流的全部支路，其中 L 为大于 1 的整数。在一实施例中，当 OvXDM 系统为 OvTDM 系统或 OvFDM 系统时，支路长度 L 小于或等于系统的重叠复用次数；当 OvXDM 系统为 OvCDM 系统时，支路长度 L 小于或等于系统的编码支路数。

第一计算模块 103 用于分别计算长度为 L 的分段数据流各条支路的测度，以得到各支路的分段路径测度。

比较模块 105 用于比较所述各支路的分段路径测度，以选取最小测度。

平均支路测度计算模块 107 用于将上述最小测度除以 L，以得到当前时刻节点的平均支路测度。

加法模块 109 用于将当前时刻节点的平均支路测度加上前一时刻节点的累加支路测度，以得到当前时刻节点的累加支路测度。

权重因子模块 111 用于在加法模块 109 将当前时刻节点的平均支路测度加上前一时刻节点的累加支路测度时，先将前一时刻节点的累加支路测度乘以一权重因子。权重因子由系统的平坦衰落宽度来决定，在一实施例中，权重因子的取值范围为大于等于 0.9 且小于等于 1。引入权重因子的目的，是使得距离当前时刻节点越节点，其测度对当前时刻节点的测度影响越小。

译码模块 300 用于根据计算得到的累加支路测度进行译码。在一实施例中，译码模块 300 包括最小累加支路测度扩展模块，最小累加支路测度扩展模块用于从初始时刻的节点开始，每次都选取最小累加支路测度的节点进行扩展。

本申请还公开了一种 OvXDM 系统，其包括本申请的应用分段路径测度的译码装置，在一实施例中，本申请公开的 OvXDM 系统为 OvTDM 系统、OvFDM 系统、OvCDM 系统、OvSDM 系统或 OvHDM 系统。

下面再通过若干实施例对本申请进行进一步地说明。

实施例一

本实施例不妨以 OvFDM 系统为例进行说明。

如图 5 所示，为现有技术中 OvFDM 系统发送端，其首先将频域信号按照一定的规律进行编码，然后将频域信号转换为时域信号即进行傅氏反变换，之后才将信号发送出去。具体地，先根据设计参数生成一个初始包络波形；然后根据重叠复用次数将上述初始包络波形在频域上按预定的频谱间隔进行移位，得到各子载波包络波形；再将输入数据序列与各自对应的子载波包络波形相乘，得到各子载波的调制包络波形；再将各子载波的调制包络波形在频域上进行叠加，得到频域上的复调制包络波形，最后将上述频域上的复调制包络波形变换为时域上的复调制包络波形以发送，其中频谱间隔为子载波频谱间隔 ΔB ，其中子载波频谱间隔 $\Delta B = B/K$ ， B 为所述初始包络波形的带宽， K 为重叠复用次数。如图 6 所示，为上述过程中将各子载波的调制包络波形在频域上进行叠加反映到符号编码上的叠加过程示意图。如图 7 所示，为现有技术中 OvFDM 系统接收端，其通过天线收到的信号是时域的信号，如果要对接收信号译码，首先需要将时域信号转换为频域信号，即进行傅氏变换之后才能处理。具体地，先对接收信号在时间域形成符号同步；然后对各个符号时间区间的接收信号进行取样、量化，使它变成接收数字信号序列；将时域信号转换为频域信号，再对该频率域信号以频谱间隔 ΔB 分段，形成实际接收信号分段频谱；再形成接收信号频谱与发送的数据符号序列之间的一一对应关系，最后根据此种一一对应的关系，检测数据符号序列。具体译码过程可参见图 8、图 9 和图 10，图 8 为重叠复用次数 $K=3$ 时的系统输入-输出关系的码树图，图 9 为对应图 8 中的节点的状态转移图，图 10 为重叠复用次数 $K=3$ 时的系统对应的格状 (Trellis) 图，节点的支路扩展过程可从系统对应的格状图中清楚地看出。需要说明的是，OvFDM 系统中的傅氏反变换和傅氏变换都涉及采样点数的设置，两者的采样点数应保持一致，且取值为 2^n ， n 为正整数。

因为 OvFDM 系统所用的重叠复用调制编码方法,使得 OvFDM 系统的系统符号间本身就具有相互关联的特性,但传统译码方法并未充分利用好这一点,本申请对现有技术中 OvFDM 系统的改进之一在于,改进了系统译码过程中节点的累加支路测度计算方法,将平均支路测度来代替瞬时支路测度,从而使得当前节点的累加支路测度的信息,不仅包含了当前节点之前的支路测度信息,还包括了当前节点之后的支路测度的一定信息,这使得当前节点的累加支路测度更具参考性,使得筛选出的译码路径更准确和可靠。

另外,传统的 OvFDM 系统的译码规则一般采用维特比 (Viterbi) 译码,对于 OvFDM 系统,由于译码过程中,需要对格状图中每个节点进行扩展,因此节点数决定了译码的复杂度,而对于重叠次数为 K 和调制维度为 M 的系统 (M 是大于等于 2 的整数),其对应的格状图中稳定状态的节点数为 M^{K-1} ,因此译码复杂度会随着重叠次数 K 而指数增加。而在 OvFDM 系统中,系统的频谱效率为 $2K/\text{符号}$,因此重叠次数 K 越大频谱效率越高。因此,一方面出于提高频谱效率的要求使得重叠次数 K 越大越好,另一方面出于降低译码复杂度的要求使得重叠次数 K 越小越好,特别地,当重叠次数 K 增加到一定值,例如 K 大于 8 后,译码复杂度急剧增加,现有的译码方法难以满足实时译码的要求,频谱效率与译码复杂度、译码效率形成了一对矛盾需求。针对此问题,本实施例中在计算累加支路测度时,令支路长度 L 等于重叠复用次数 K ,就可以达到与复杂的维特比算法一样的效果。另外,本申请采用的译码规则,也不需要像维特比算法一样遍历所有状态节点及其扩展路径,只需要从初始时刻的节点开始,每次都选取最小累加支路测度的节点进行扩展,因此可以大幅度降低译码复杂度,并提高译码效率,其译码复杂度并不会像传统译码方案一样随着重叠复用次数 K 的增加而急剧增加,解决了频谱效率与译码复杂度、译码效率这一对矛盾需求。

下面具体说明。

假设系统接收端收到的符号数据流为: $y_0, y_1, \dots, y_{L-1}, y_L, \dots, y_N$, 系统发送端发送的符号数据为: $u_0, u_1, \dots, u_{L-1}, u_L, \dots, u_N$, 其中 L 为分段路径长度,即上述的扩展支路长度, N 为帧数据长度,重叠复用次数为 K , L 小于或等于 K , 当 $L=K$ 时就是最优算法,其性能与 viterbi 算法完全一致。以二元输入数据 $\{+1, -1\}$ 为例,即 $M=2$ 。在系统对应的格状图中节点转移时,每个节点将向其后的两个节点转移,其中转移的上节点表示新输入数据 $+1$ 时的到达节点,下节点表示新输入数据 -1 时的到达节点,我们将根据节点在格状图中的位置将他们分别称之为原点,第一节点,第二节点等等。相邻节点之间的连线就是支路,支路相连成完整折线的就是最终译码路径。

(1) 计算扩展的长度为 L 的各支路的测度

$$\text{公式为: } D_{i,j}^L = \sum_{n=i}^{i+L-1} d_n, j=0 \sim 2^{L-1};$$

其中 L 为分段路径长度, $L \leq K$ 。当 K 很大时, L 在可容忍计算复杂度前提下越大越好。因为 OvFDM 系统符号间本身就具有相互关联的特性, 通过本申请的应用分段路径测度的译码方法, 强化了测度之间的参考性, 使得筛选出的译码路径可靠度更高。

从格状图的节点 i 出发长度为 L 的分段数据流为 $u_i, u_{i+1}, \dots, u_{i+L}$, i 表示帧符号序列索引, 从 u_i 到 u_{i+1} 有两个到达节点, 分为上节点 $u_i=+1$ 和下节点 $u_i=-1$, u_{i+1} 到 u_{i+L} 共计有 2^{L-1} 种理想序列排序, 即 $u_i=+1$ 的上节点分段数据流 $u_i, u_{i+1}, \dots, u_{i+L}$ 共计有 2^{L-1} 种理想序列排序, $u_i=-1$ 的下节点分段数据流 $u_i, u_{i+1}, \dots, u_{i+L}$ 也有 2^{L-1} 种理想序列排序。

分别计算接收符号数据流 $y_i, y_{i+1}, \dots, y_{i+L}$ 与上节点的 2^{L-1} 种序列的分段路径测度 $D_{i,j}^L, j=0 \sim 2^{L-1}$, 和与下节点的 2^{L-1} 种分段路径测度 $D_{i,j}^L, j=0 \sim 2^{L-1}$ 。

(2) 计算平均支路测度

$$\text{平均支路测度公式: } \bar{d}_i^r = \frac{1}{L} * \sum_{n=i}^{i+L-1} d_n = \frac{1}{L} * D_{i,\min}^L;$$

对 (1) 中求得的 2^{L-1} 种长度为 L 的支路比较得出最小测度对应的路径, 上下节点对应的最小测度的索引 j 分别为 \min_+ 、 \min_- , 再对其求平均, 即得到平均支路测度, 上节点的平均支路测度为 $\bar{d}_i^r = D_{i,\min_+}^L / L$, 下节点的平均支路测度为 $\bar{d}_i^r = D_{i,\min_-}^L / L$ 。

(3) 计算累加支路测度

$$\text{累加支路测度公式: } \bar{d}_i^e = \bar{d}_i^r + \alpha * \bar{d}_{i-1}^e;$$

α 表示权重因子, 取值为小数 $\alpha \in [0.9, 1]$, 由系统平坦衰落宽度决定。含义为随着译码深度的增加, 距离当前节点越远的节点其测度影响越小。

\bar{d}_i^e 表示当前节点的累加支路测度。

\bar{d}_i^r 表示当前节点的平均支路测度。

\bar{d}_{i-1}^e 表示当前节点之前的前一节点的累加支路测度。

由 (2) 得到 u_i 的上下节点平均支路测度, 将 u_{i-1} 的累加支路测度乘上相应的权重因子, 分别与上下节点的平均支路测度相加, 分别得到 $u_i=+1$ 的累加支路测度和 $u_i=-1$ 的累加支路测度。

当 $i=0$ 时, 即为原点, 也就是初始时刻的节点, 此时仅存在平均支路测度, 不存在前一节点的累加测度, 在计算时, 在数学上可以直接令原点的平均支路测度为原点的累加支路测度。

(4) 译码规则

由(3)得到 u_i 的上、下节点的累加支路测度, 对其进行大小比较, 选取测度较小的节点对其进行节点扩展, 同样是从当前节点选取长度为 L 的分段数据流, 按照(1)~(3)的方式对其进行节点测度选取和扩展, 每扩展一次增加一个到达节点。

在一实施例中, 可以在扩展到某一节点后只保留前 r_n 条到达节点及其累加支路测度, r_n 由系统容忍的性能损失决定, 将具有较大平均支路测度的路径及其测度全部抛弃。

在一实施例中, 当信噪比很高时, 一旦某分段路径的测度远小于其它分段路径时, 可以直接从该分段路径向前扩展, 使译码复杂度进一步大幅度降低。

(5) 判决输出

对其余的数据帧符号按照(1)~(4)的方式进行筛选和扩展, 如此进行直至数据帧结束, 将具有最小平均支路测度到达节点的路径判决输出, 此路径即为最终的译码结果。

上述过程, 以二维 OvFDM 系统为例, 其采用矩形复用窗 $H = \{11111\}$, 需要说明的是, 本申请的应用分段路径测度的译码方法, 也可以适用于各种复用窗函数调制的 OvFDM 系统。不妨令重叠重数 $K=5$, 因此系统对应的格状图完全展开后有 $2^{K-1}=16$ 个节点, 本案例中选取分段路径长度 $L=3$, $r_n=4$ 。发送码序列为 $x_i = \{+1, -1, -1, +1, -1, +1, +1, -1, +1, -1\}$, 经过 OvFDM 系统波形复用后, 得到接收序列为 $y_i = \{+1, 0, -1, 0, -1, -1, +1, +1, +1, +1\}$ 。按照本实施例的应用分段路径测度的译码方法对接收到的序列 y_i 进行译码, 其译码路径请参照图 11, 最终得到了正确的译码结果。

实施例二

本实施例不妨以 OvTDM 系统为例进行说明。

如图 12 所示, 为现有技术中 OvTDM 系统发送端, 先根据设计参数生成一个时域内的初始包络波形; 然后根据重叠复用次数将上述初始包络波形在时域上按预定的时间间隔进行移位, 得到各个时刻的偏移包络波形; 再将输入数据序列与各个时刻的偏移包络波形相乘, 得到各个时刻的调制包络波形; 再将各个时刻的调制包络波形在时域上进行叠加, 得到时域上的复调制包络波形以发送, 其中时间间隔为 Δt , $\Delta t = T/K$, T 为所述初始包络波形的时域宽度, K 为重叠复用次数。如图 13 所示, 为上述过程中将各个时刻的调制包络波形在时域上进行叠加反映到符号编码上的叠加过程示意图。如图 14 所示, 为现有技术中

OvTDM 系统接收端，其对每一帧内的接收信号形成接收数字信号序列，再对形成的接收数字信号序列实施检测，以得到所述帧长内的调制在全部符号上的调制数据的判决，具体地，先对接收信号进行同步，包括载波同步、帧同步、符号时间同步等，再根据取样定理，对每一帧内的接收信号进行数字化处理，接着对接收到的波形按照波形发送时间间隔切割，之后按照一定的译码算法对切割后的波形进行译码。具体译码过程中参见图 15、图 16 和图 17，图 15 为重叠复用次数 $K=3$ 时的系统输入-输出关系的码树图，图 16 为对应图 15 中的节点的状态转移图，图 17 为重叠复用次数 $K=3$ 时的系统对应的格状 (Trellis) 图，节点的支路扩展过程可从系统对应的格状图中清楚地看出。

因为 OvTDM 系统所用的重叠复用调制编码方法，使得 OvTDM 系统的系统符号间本身就具有相互关联的特性，但传统译码方法并未充分利用好这一点，本申请对现有技术中 OvTDM 系统的改进之一在于，改进了系统译码过程中节点的累加支路测度计算方法，将平均支路测度来代替瞬时支路测度，从而使得当前节点的累加支路测度的信息，不仅包含了当前节点之前的支路测度信息，还包括了当前节点之后的支路测度的一定信息，这使得当前节点的累加支路测度更具参考性，使得筛选出的译码路径更准确和可靠。

另外，传统的 OvTDM 系统的译码规则一般采用维特比 (Viterbi) 译码，对于 OvTDM 系统，由于译码过程中，需要对格状图中每个节点进行扩展，因此节点数决定了译码的复杂度，而对于重叠次数为 K 和调制维度为 M 的系统 (M 是大于等于 2 的整数)，其对应的格状图中稳定状态的节点数为 M^{K-1} ，因此译码复杂度会随着重叠次数 K 而指数增加。而在 OvTDM 系统中，系统的频谱效率为 $2K/\text{符号}$ ，因此重叠次数 K 越大频谱效率越高。因此，一方面出于提高频谱效率的要求使得重叠次数 K 越大越好，另一方面出于降低译码复杂度的要求使得重叠次数 K 越小越好，特别地，当重叠次数 K 增加到一定值，例如 K 大于 8 后，译码复杂度急剧增加，现有的译码方法难以满足实时译码的要求，频谱效率与译码复杂度、译码效率形成了一对矛盾需求。针对此问题，本实施例中在计算累加支路测度时，令支路长度 L 等于重叠复用次数 K ，就可以达到与复杂的维特比算法一样的效果。另外，本申请采用的译码规则，也不需要像维特比算法一样遍历所有状态节点及其扩展路径，只需要从初始时刻的节点开始，每次都选取最小累加支路测度的节点进行扩展，因此可以大幅度降低译码复杂度，并提高译码效率，其译码复杂度并不会像传统译码方案一样随着重叠复用次数 K 的增加而急剧增加，解决了频谱效率与译码复杂度、译码效率这一对矛盾需求。

下面具体说明。

假设系统接收端收到的符号数据流为： $y_0, y_1, \dots, y_{L-1}, y_L, \dots, y_N$ ，系统发送端发送的符号数据为： $u_0, u_1, \dots, u_{L-1}, u_L, \dots, u_N$ ，其中 L 为分段路径长度，即上述的扩展支路长度， N 为帧数据长度，重叠复用次数为 K ， L 小于或等于 K ，当 $L=K$ 时就是最优算法，其性能与 viterbi 算法完全一致。以二元输入数据 $\{+1, -1\}$ 为例，在系统对应的格状图中节点转移时，每个节点将向其后的两个节点转移，其中转移的上节点表示新输入数据 $+1$ 时的到达节点，下节点表示新输入数据 -1 时的到达节点，我们将根据节点在格状图中的位置将他们分别称之为原点，第一节点，第二节点等等。相邻节点之间的连线就是支路，支路相连成完整折线的就是最终译码路径。

(1) 计算扩展的长度为 L 的各支路的测度

$$\text{公式为: } D_{i,j}^L = \sum_{n=i}^{i+L-1} d_n, j=0 \sim 2^{L-1};$$

其中 L 为分段路径长度， $L \leq K$ 。当 K 很大时， L 在可容忍计算复杂度前提下越大越好。因为 OvTDM 系统符号间本身就具有相互关联的特性，通过本申请的应用分段路径测度的译码方法，强化了测度之间的参考性，使得筛选出的译码路径可靠度更高。

从格状图的节点 i 出发长度为 L 的分段数据流为 $u_i, u_{i+1}, \dots, u_{i+L}$ ， i 表示帧符号序列索引，从 u_i 到 u_{i+1} 有两个到达节点，分为上节点 $u_i=+1$ 和下节点 $u_i=-1$ ， u_{i+1} 到 u_{i+L} 共计有 2^{L-1} 种理想序列排序，即 $u_i=+1$ 的上节点分段数据流 $u_i, u_{i+1}, \dots, u_{i+L}$ 共计有 2^{L-1} 种理想序列排序， $u_i=-1$ 的下节点分段数据流 $u_i, u_{i+1}, \dots, u_{i+L}$ 也有 2^{L-1} 种理想序列排序。

分别计算接收符号数据流 $y_i, y_{i+1}, \dots, y_{i+L}$ 与上节点的 2^{L-1} 种序列的分段路径测度 $D_{i,j}^L, j=0 \sim 2^{L-1}$ ，和与下节点的 2^{L-1} 种分段路径测度 $D_{i,j}^L, j=0 \sim 2^{L-1}$ 。

(2) 计算平均支路测度

$$\text{平均支路测度公式: } \bar{d}_i^r = \frac{1}{L} * \sum_{n=i}^{i+L-1} d_n = \frac{1}{L} * D_{i,\min}^L;$$

对 (1) 中求得的 2^{L-1} 种长度为 L 的支路比较得出最小测度对应的路径，上下节点对应的最小测度的索引 j 分别为 \min_+ 、 \min_- ，再对其求平均，即得到平均支路测度，上节点的平均支路测度为 $\bar{d}_i^r = D_{i,\min_+}^L / L$ ，下节点的平均支路测度为 $\bar{d}_i^r = D_{i,\min_-}^L / L$ 。

(3) 计算累加支路测度

$$\text{累加支路测度公式: } \bar{d}_i^e = \bar{d}_i^r + \alpha * \bar{d}_{i-1}^e;$$

α 表示权重因子，取值为小数 $\alpha \in [0.9, 1]$ ，由系统平坦衰落宽度决定。含义为随着译码深度的增加，距离当前节点越远的节点其测度影响越小。

d_i^e 表示当前节点的累加支路测度。

\bar{d}_i^r 表示当前节点的平均支路测度。

\bar{d}_{i-1}^e 表示当前节点之前的前一节点的累加支路测度。

由 (2) 得到 u_i 的上下节点平均支路测度, 将 u_{i-1} 的累加支路测度乘上相应的权重因子, 分别与上下节点的平均支路测度相加, 分别得到 $u_i=+1$ 的累加支路测度和 $u_i=-1$ 的累加支路测度。

当 $i=0$ 时, 即为原点, 也就是初时时刻的节点, 此时仅存在平均支路测度, 不存在前一节点的累加测度, 在计算时, 在数学上可以直接令原点的平均支路测度为原点的累加支路测度。

(4) 译码规则

由 (3) 得到 u_i 的上、下节点的累加支路测度, 对其进行大小比较, 选取测度较小的节点对其进行节点扩展, 同样是从当前节点选取长度为 L 的分段数据流, 按照 (1) ~ (3) 的方式对其进行节点测度选取和扩展, 每扩展一次增加一个到达节点。

在一实施例中, 可以在扩展到某一节点后只保留前 r_n 条到达节点及其累加支路测度, r_n 由系统容忍的性能损失决定, 将具有较大平均支路测度的路径及其测度全部抛弃。

在一实施例中, 当信噪比很高时, 一旦某分段路径的测度远小于其它分段路径时, 可以直接从该分段路径向前扩展, 使译码复杂度进一步大幅度降低。

(5) 判决输出

对其余的数据帧符号按照 (1) ~ (4) 的方式进行筛选和扩展, 如此进行直至数据帧结束, 将具有最小平均支路测度到达节点的路径判决输出, 此路径即为最终的译码结果。

上述过程, 以二维 OvFDM 系统为例, 其采用矩形复用窗 $H = \{11111\}$, 需要说明的是, 本申请的应用分段路径测度的译码方法, 也可以适用于各种复用窗函数调制的 OvFDM 系统。不妨令重叠重数 $K=5$, 因此系统对应的格状图完全展开后有 $2^{K-1}=16$ 个节点, 本案例中选取分段路径长度 $L=3$, $r_n=4$ 。发送码序列为 $x_i = \{+1, -1, -1, +1, -1, +1, +1, -1, +1, -1\}$, 经过 OvFDM 系统波形复用后, 得到接收序列为 $y_i = \{+1, 0, -1, 0, -1, -1, +1, +1, +1, +1\}$ 。按照本实施例的应用分段路径测度的译码方法对接收到的序列 y_i 进行译码, 其译码路径请参照图 18, 最终得到了正确的译码结果。

实施例三

本实施例不妨以 OvCDM 系统为例进行说明

OvCDM 系统的重叠码分复用的核心是重叠和复用，目的是提高通信系统的频谱效率。OvCDM 系统将卷积编码系数推广到复数域的广义卷积编码模型，通过符号重叠产生约束关系，主要参数包括编码支路数 K' 路和编码约束长度 L' ，其系统结构图如图 19 所示，对应的编码器结构如附图 20 所示。OvCDM 系统的关键是编码矩阵，即卷积扩展系数，要求其满足线性关系，此时输入序列与输出序列一一对应，因此理论上可以无误差的解码，一般通过计算机搜索所有测度较大的矩阵作为编码矩阵，其编码矩阵排列如附图 21 所示。

先给出传统 OvCDM 系统的编码过程。

(1) 将待发送数据经过串并转换成为 K' 路子数据流，第 i 路上的数据流记为 $u_i = u_{i,0}u_{i,1}u_{i,2}\dots$ 。比如 $K'=2$ 时， $u_0 = u_{0,0}u_{0,1}u_{0,2}\dots$ ， $u_1 = u_{1,0}u_{1,1}u_{1,2}\dots$ 。

(2) 将每一路数据送入一个移位寄存器进行加权叠加，第 i 路的加权系数为 $b_i = b_{i,0}b_{i,1}b_{i,2}\dots$ ，其为一复向量。

(3) 把各路信号相加输出，得到最终 OvCDM 编码器的输出为 $c = c_0c_1c_2\dots$ ， $c = \sum_i u_i * b_i$ 。

OvCDM 的码率为 $r_{OvCDM} = \frac{kn}{n+l-1}$ ，其中 n 为子数据流长度。当 n 很长时，由移位寄存器拖尾所带来的码率损失可以忽略不计，于是有 $r_{OvCDM} \approx k$ 。

传统的二元域卷积编码模型码率一般小于 1，会导致频谱效率损失。而 OvCDM 的复数域的卷积编码码率等于 1，单路的卷积编码扩展不会导致频谱效率损失，还会增加额外的编码增益。

接收端收到信号后，先对信号进行同步、信道估计、数字化处理，再对处理后的数据进行快速译码。译码算法的核心是通过计算接收信号与理想状态的测度，采用路径存储器和测度判决出最佳的译码路径，得到最终的检测序列，序列检测过程框图如附图 22 所示。

因为 OvCDM 系统所用的调制编码方法，使得 OvCDM 系统的系统符号间本身就具有相互关联的特性，但传统译码方法并未充分利用好这一点，本申请对现有技术中 OvCDM 系统的改进之一在于，改进了系统译码过程中节点的累加支路测度计算方法，将平均支路测度来代替瞬时支路测度，从而使得当前节点的累加支路测度的信息，不仅包含了当前节点之前的支路测度信息，还包括了当前节点之后的支路测度的一定信息，这使得当前节点的累加支路测度更具参考性，使得筛选出的译码路径更准确和可靠。

另外,传统的 OvCDM 系统的译码规则一般采用维特比 (Viterbi) 译码,对于一个编码支路数为 K' 的 M 维调制 OvCDM 系统,其对应的格状图中稳定状态的节点数为 $M^{K'-1}$,因此译码复杂度会随着编码支路数 K' 而指数增加。而在 OvCDM 系统中,需要尽可能大的编码支路数 K' ,以使得频谱效率越高,但是同时译码复杂度会随 K' 的增加而急剧增加,因此频谱效率与译码复杂度、译码效率形成了一对矛盾需求。针对此问题,本实施例中在计算累加支路测度时,令支路长度 L 等于编码支路数 K' ,就可以达到与复杂的维特比算法一样的效果。另外,本申请采用的译码规则,也不需要像维特比算法一样遍历所有状态节点及其扩展路径,只需要从初始时刻的节点开始,每次都选取最小累加支路测度的节点进行扩展,因此可以大幅度降低译码复杂度,并提高译码效率,其译码复杂度并不会像传统译码方案一样随着编码支路数 K' 的增加而急剧增加,解决了频谱效率与译码复杂度、译码效率这一对矛盾需求。

下面具体说明。

(1) 计算扩展的长度为 L 的各支路的测度

$$\text{公式为: } D_{i,j}^L = \sum_{n=i}^{i+L-1} d_n, j=0 \sim 2^{L-1};$$

其中 L 为分段路径长度, $L \leq L'$ 。当 L' 很大时, L 在可容忍计算复杂度前提下越大越好。因为 OvCDM 系统符号间本身就具有相互关联的特性,通过本申请的应用分段路径测度的译码方法,强化了测度之间的参考性,使得筛选出的译码路径可靠度更高。

从格状图的节点 i 出发长度为 L 的分段数据流为 $u_i, u_{i+1}, \dots, u_{i+L}$, i 表示帧符号序列索引,分别计算接收符号数据流 $y_i, y_{i+1}, \dots, y_{i+L}$ 与分段数据流之间的测度,以得到各支路的分段路径测度。

(2) 计算平均支路测度

$$\text{平均支路测度公式: } \bar{d}_i^r = \frac{1}{L} * \sum_{n=i}^{i+L-1} d_n = \frac{1}{L} * D_{i,\min}^L;$$

对 (1) 中求得的各支路的分段路径测度比较得出最小测度对应的路径,再对其求平均,即得到平均支路测度。

(3) 计算累加支路测度

$$\text{累加支路测度公式: } \bar{d}_i^e = \bar{d}_i^r + \alpha * \bar{d}_{i-1}^e;$$

α 表示权重因子,取值为小数 $\alpha \in [0.9, 1]$,由系统平坦衰落宽度决定。含义为随着译码深度的增加,距离当前节点越远的节点其测度影响越小。

\bar{d}_i^e 表示当前节点的累加支路测度。

\bar{d}_i^r 表示当前节点的平均支路测度。

d_{i-1}^e 表示当前节点之前的前一节点的累加支路测度。

由 (2) 得到 u_i 的各到达节点的平均支路测度, 将 u_{i-1} 的累加支路测度乘上相应的权重因子, 分别与各到达节点的平均支路测度相加, 得到各到达节点当前时刻的累加支路测度。

当 $i=0$ 时, 即为原点, 也就是初始时刻的节点, 此时仅存在平均支路测度, 不存在前一节点的累加测度, 在计算时, 在数学上可以直接令原点的平均支路测度为原点的累加支路测度。

(4) 译码规则

由 (3) 得到 u_i 的各到达节点当前时刻的累加支路测度, 对其进行大小比较, 选取测度较小的节点对其进行节点扩展, 同样是从当前节点选取长度为 L 的分段数据流, 按照 (1) ~ (3) 的方式对其进行节点测度选取和扩展, 每扩展一次增加一个到达节点。

在一实施例中, 可以在扩展到某一节点后只保留前 r_n 条到达节点及其累加支路测度, r_n 由系统容忍的性能损失决定, 将具有较大平均支路测度的路径及其测度全部抛弃。

在一实施例中, 当信噪比很高时, 一旦某分段路径的测度远小于其它分段路径时, 可以直接从该分段路径向前扩展, 使译码复杂度进一步大幅度降低。

(5) 判决输出

对其余的数据帧符号按照 (1) ~ (4) 的方式进行筛选和扩展, 如此进行直至数据帧结束, 将具有最小平均支路测度到达节点的路径判决输出, 此路径即为最终的译码结果。

上述过程, 以输入数据流为 $u = \{+1, -1, -1, -1, -1, +1, -1, +1, +1, -1, +1, -1, -1, -1, +1\}$, $K'=2$, $L'=2$, $L=2$, $r_n=4$, 编码矩阵 $B = \begin{bmatrix} 1 & j \\ j & 1 \end{bmatrix}$ 的 OvCDM 为例, 这些参数设计下对应的 OvCDM 系统的格状图如图 23 所示。

(1) 编码

首先对于 $K'=2$, 将输入数据流 u 转换为两路, 对应为:

$$u_1 = \{+1, -1, -1, -1, +1, +1, -1, -1\}$$

$$u_2 = \{-1, -1, +1, +1, -1, -1, -1, +1\}$$

每一路的卷积系数表示为: $b_0 = [1 \ j], b_1 = [j \ 1]$, 参照附图 20 编码结构和附图 23 的格状图, 其编码输出为 $c = \{1-j, -2, -2, 0, 2-2j, 0, -2, -2\}$ 。

(2) 译码

经过信号同步、信道估计、数字化处理后, 接收端得到信号序列, 为方便说明, 假定为理想状态, 此时接收信号序列为 $c = \{1-j, -2, -2, 0, 2-2j, 0, -2, -2\}$, 按

照上述中的应用分段路径测度的译码方法，对接收到的序列进行译码，其译码路径如附图 24 所示，最终得到正确的译码结果。

本申请公开的适用于 OvXDM 系统的译码方法、装置及 OvXDM 系统，在译码过程中对系统对应的格状图中访问节点进行筛选，通过改进累加支路测度计算方法，并结合权重因子，来共同筛选较优路径，并对累加支路测度最小的节点进行扩展，筛选出最佳译码路径，在重叠复用次数或编码支路数较大的 OvXDM 系统译码过程中应用本申请，会降低系统设计复杂度和计算量，使系统具有较低误码率，同时性能提到提升。

以上内容是结合具体的实施方式对本申请所作的进一步详细说明，不能认定本申请的具体实施只局限于这些说明。对于本申请所属技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本申请发明构思的前提下，还可以做出若干简单推演或替换。

权 利 要 求 书

1. 一种适用于 OvXDM 系统的译码方法，其特征在于，包括以下步骤：
计算节点的累加支路测度；
根据计算得到的累加支路测度进行译码；
其中，任意一节点的累加支路测度通过以下步骤计算：
对前一时刻节点向后扩展 L 个节点，以得到长度为 L 的分段数据流的全部支路，其中 L 为大于 1 的整数；分别计算长度为 L 的分段数据流各条支路的测度，以得到各支路的分段路径测度；
比较所述各支路的路径测度，以选取最小测度；
将所述最小测度除以 L，以得到当前时刻节点的平均支路测度；
将当前时刻节点的平均支路测度加上前一时刻节点的累加支路测度，以得到当前时刻节点的累加支路测度。
2. 如权利要求 1 所述的适用于 OvXDM 系统的译码方法，其特征在于，将当前时刻节点的平均支路测度加上前一时刻节点的累加支路测度时，先将前一时刻节点的累加支路测度乘以一权重因子。
3. 如权利要求 2 所述的适用于 OvXDM 系统的译码方法，其特征在于，所述权重因子的取值范围为大于等于 0.9 且小于等于 1。
4. 如权利要求 1 至 3 中任一项所述的适用于 OvXDM 系统的译码方法，其特征在于，所述 OvXDM 系统为 OvTDM 系统、OvFDM 系统、OvCDM 系统、OvSDM 系统或 OvHDM 系统。
5. 如权利要求 4 所述的适用于 OvXDM 系统的译码方法，其特征在于，当所述 OvXDM 系统为 OvTDM 系统或 OvFDM 系统时，支路长度 L 小于或等于系统的重叠复用次数；当所述 OvXDM 系统为 OvCDM 系统时，支路长度 L 小于或等于系统的编码支路数。
6. 如权利要求 1 所述的适用于 OvXDM 系统的译码方法，其特征在于，所述根据计算得到的累加支路测度进行译码，包括：从初始时刻的节点开始，每次都选取最小累加支路测度的节点进行扩展。
7. 一种适用于 OvXDM 系统的译码装置，其特征在于，包括：
节点累加支路测度计算模块，用于计算节点的累加支路测度；
译码模块，用于根据计算得到的累加支路测度进行译码；
其中，节点累加支路测度计算模块包括：
扩展模块，用于对前一时刻节点向后扩展 L 个节点，以得到长度为 L 的分段数据流的全部支路，其中 L 为大于 1 的整数；

第一计算模块，用于分别计算长度为 L 的分段数据流各条支路的测度，以得到各支路的路径测度；

比较模块，用于比较所述各支路的路径测度，以选取最小测度；

平均支路测度计算模块，用于将所述最小测度除以 L ，以得到当前时刻节点的平均支路测度；

加法模块，用于将当前时刻节点的平均支路测度加上前一时刻节点的累加支路测度，以得到当前时刻节点的累加支路测度。

8. 如权利要求 7 所述的适用于 OvXDM 系统的译码装置，其特征在于，还包括权重因子模块，用于在加法模块将当前时刻节点的平均支路测度加上前一时刻节点的累加支路测度时，先将前一时刻节点的累加支路测度乘以一权重因子。

9. 如权利要求 8 所述的适用于 OvXDM 系统的译码装置，其特征在于，所述权重因子模块中的权重因子的取值范围为大于等于 0.9 且小于等于 1。

10. 如权利要求 7 至 9 中任一项所述的适用于 OvXDM 系统的译码装置，其特征在于，当所述 OvXDM 系统为 OvTDM 系统或 OvFDM 系统时，支路长度 L 小于或等于系统的重叠复用次数；当所述 OvXDM 系统为 OvCDM 系统时，支路长度 L 小于或等于系统的编码支路数。

11. 如权利要求 7 所述的适用于 OvXDM 系统的译码装置，其特征在于，所述译码模块包括最小累加支路测度扩展模块，用于从初始时刻的节点开始，每次都选取最小累加支路测度的节点进行扩展。

12. 一种 OvXDM 系统，其特征在于，包括权利要求 7 至 11 中任一项所述的译码装置。

13. 如权利要求 12 所述的 OvXDM 系统，其特征在于，所述 OvXDM 系统为 OvTDM 系统、OvFDM 系统、OvCDM 系统、OvSDM 系统或 OvHDM 系统。

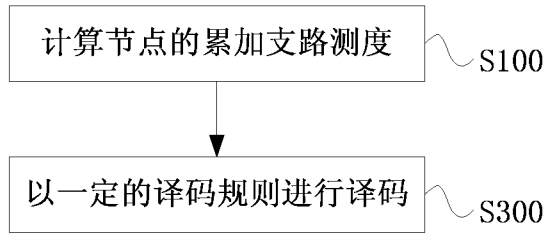


图 1

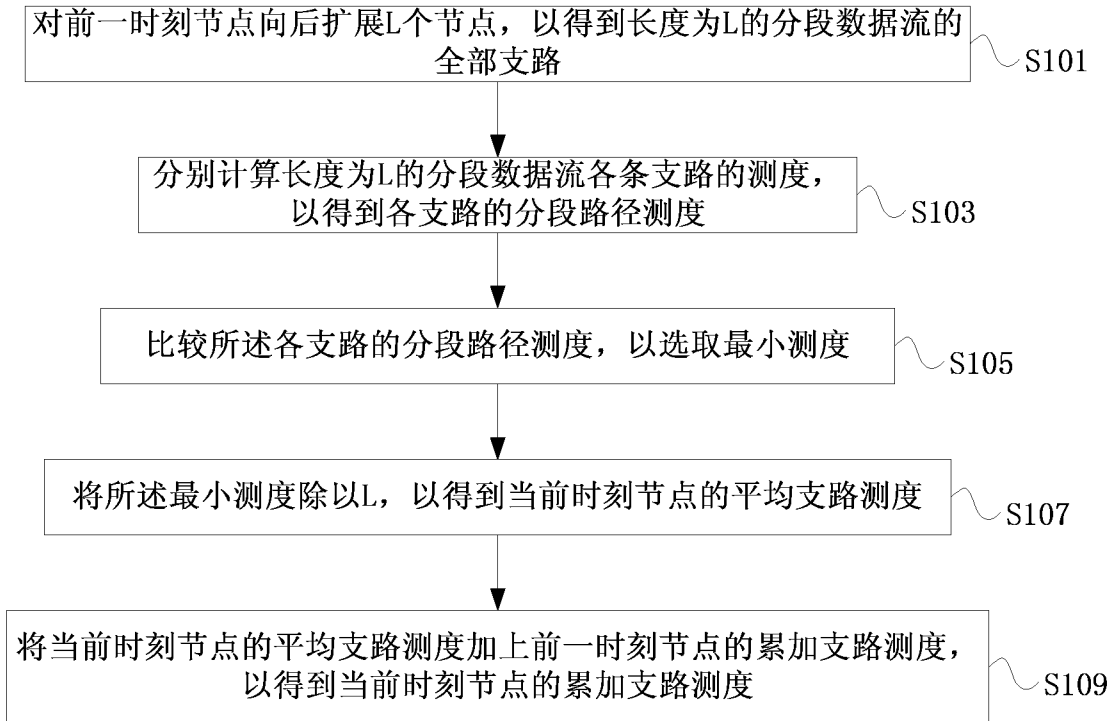


图 2

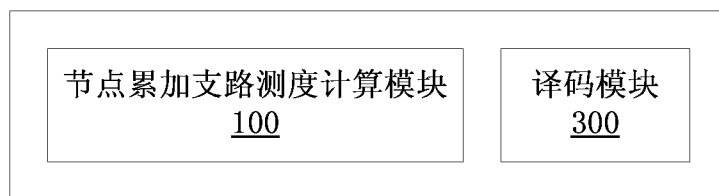


图 3

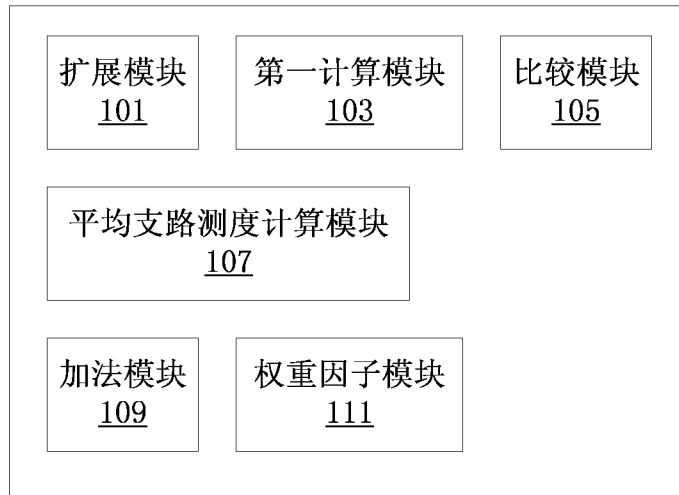


图 4

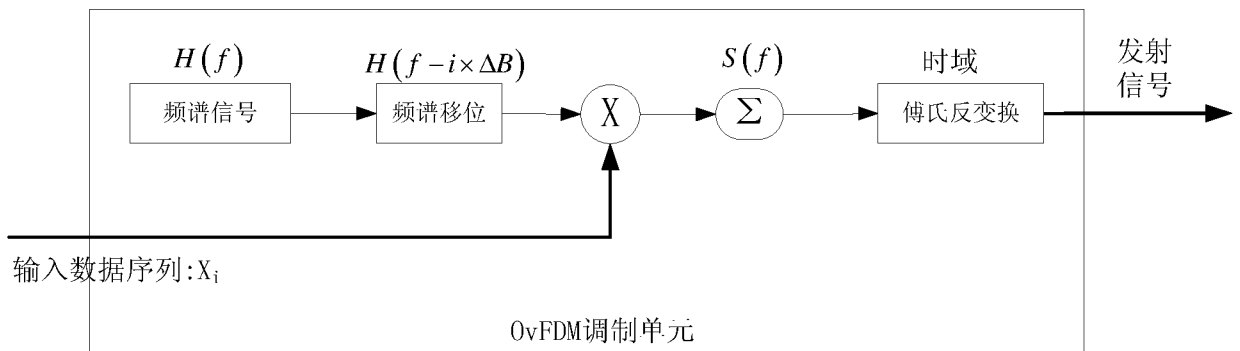
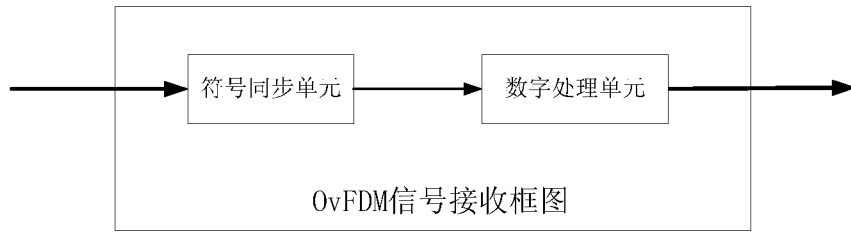


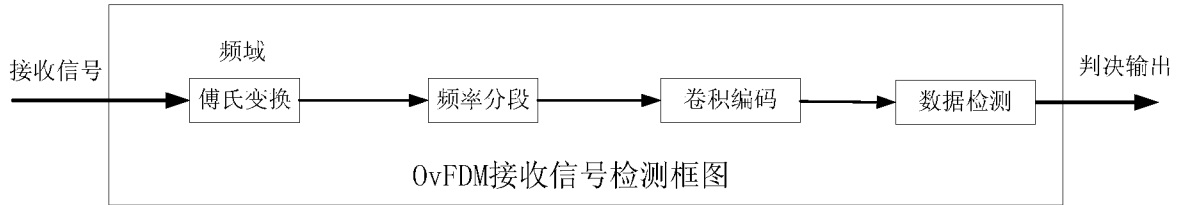
图 5

$$\begin{matrix}
 A_0X_0 & A_1X_0 & A_2X_0 & \cdots & A_{k-1}X_0 \\
 A_0X_1 & A_1X_1 & A_2X_1 & \cdots & A_{k-1}X_1 \\
 A_0X_2 & A_1X_2 & A_2X_2 & \cdots & A_{k-1}X_2 \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 A_0X_{k-1} & A_1X_{k-1} & A_2X_{k-1} & \cdots & A_{k-1}X_{k-1}
 \end{matrix}$$

图 6



(a)



(b)

图 7

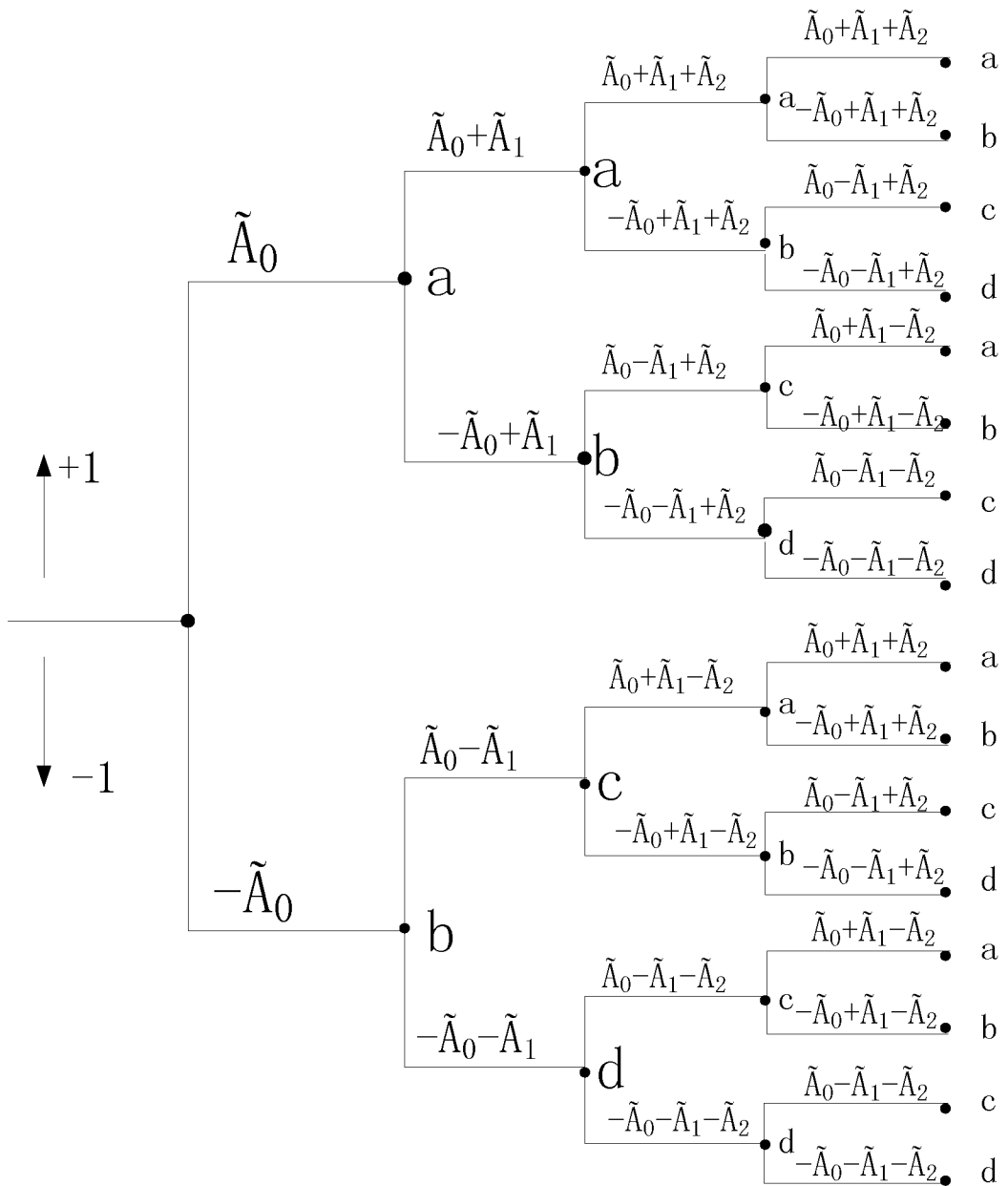


图 8

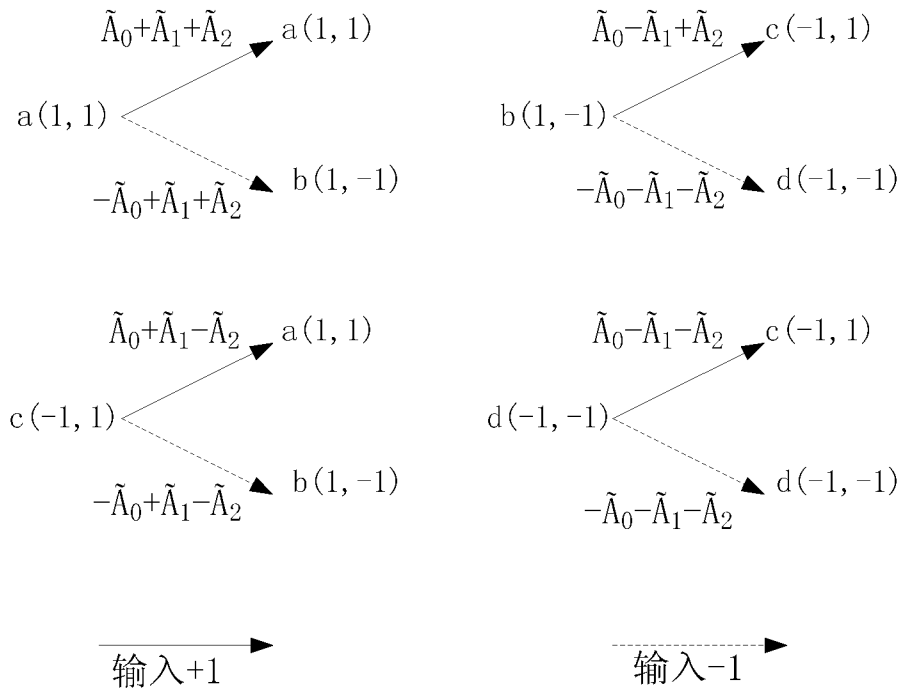


图 9

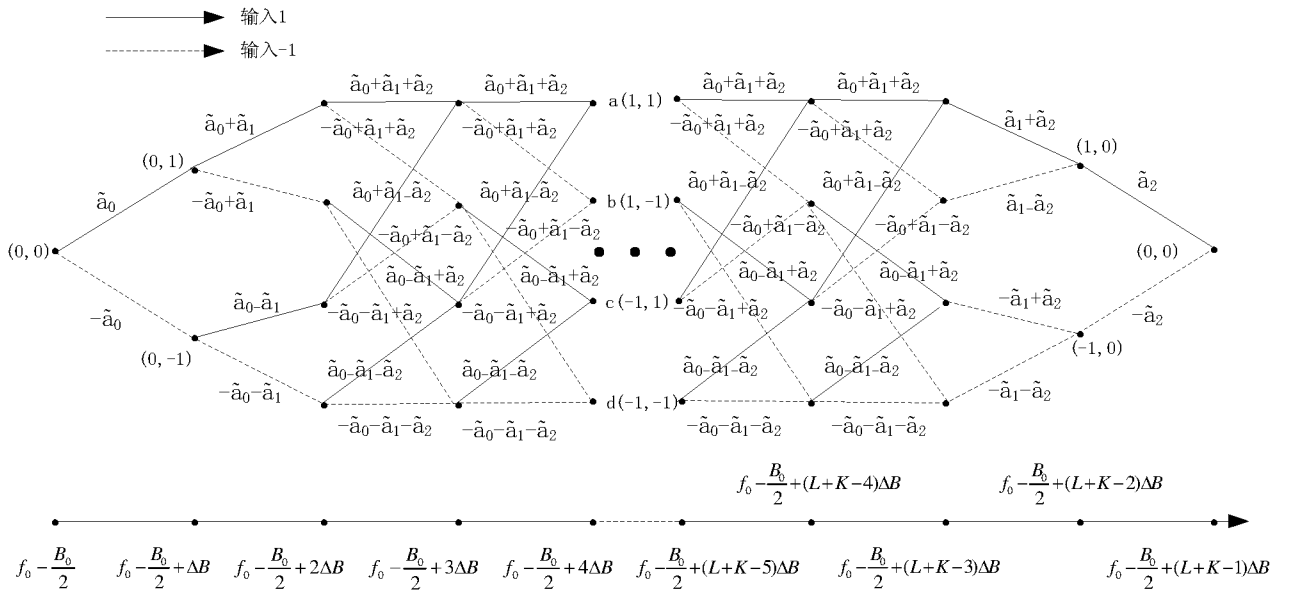


图 10

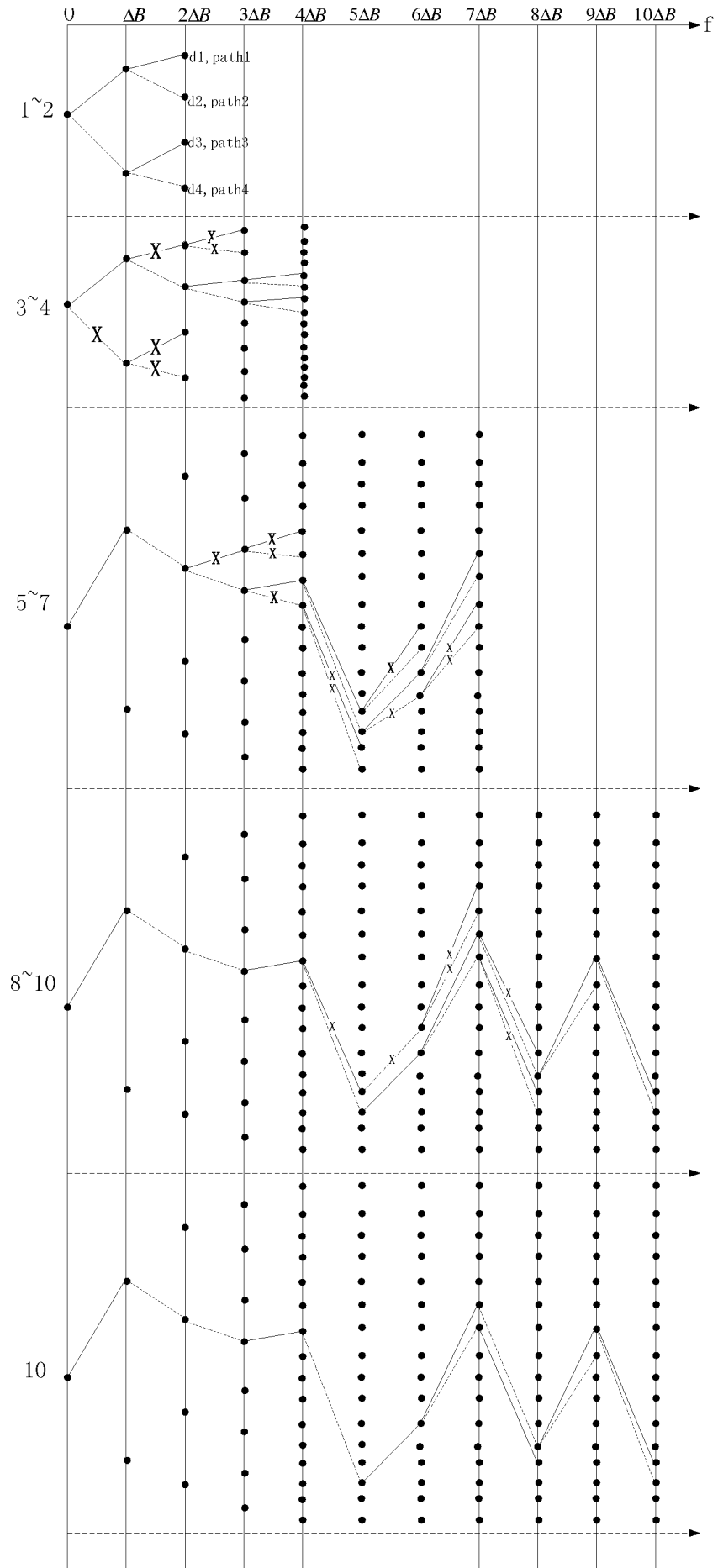


图 11
6/13

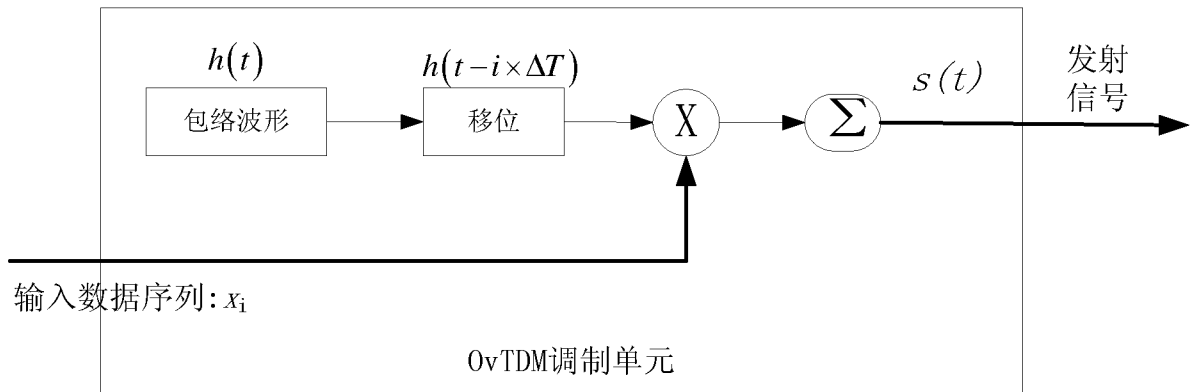


图 12

$$\begin{array}{ccccccc}
 a_0X_0 & a_1X_0 & a_2X_0 & \cdots & a_{k-1}X_0 & & \\
 & a_0X_1 & a_1X_1 & a_2X_1 & \cdots & a_{k-1}X_1 & \\
 & & a_0X_2 & a_1X_2 & a_2X_2 & \cdots & a_{k-1}X_2 \\
 & & & & \cdots & & \\
 & & & & a_0X_{k-1} & a_1X_{k-1} & a_2X_{k-1} & \cdots & a_{k-1}X_{k-1}
 \end{array}$$

图 13

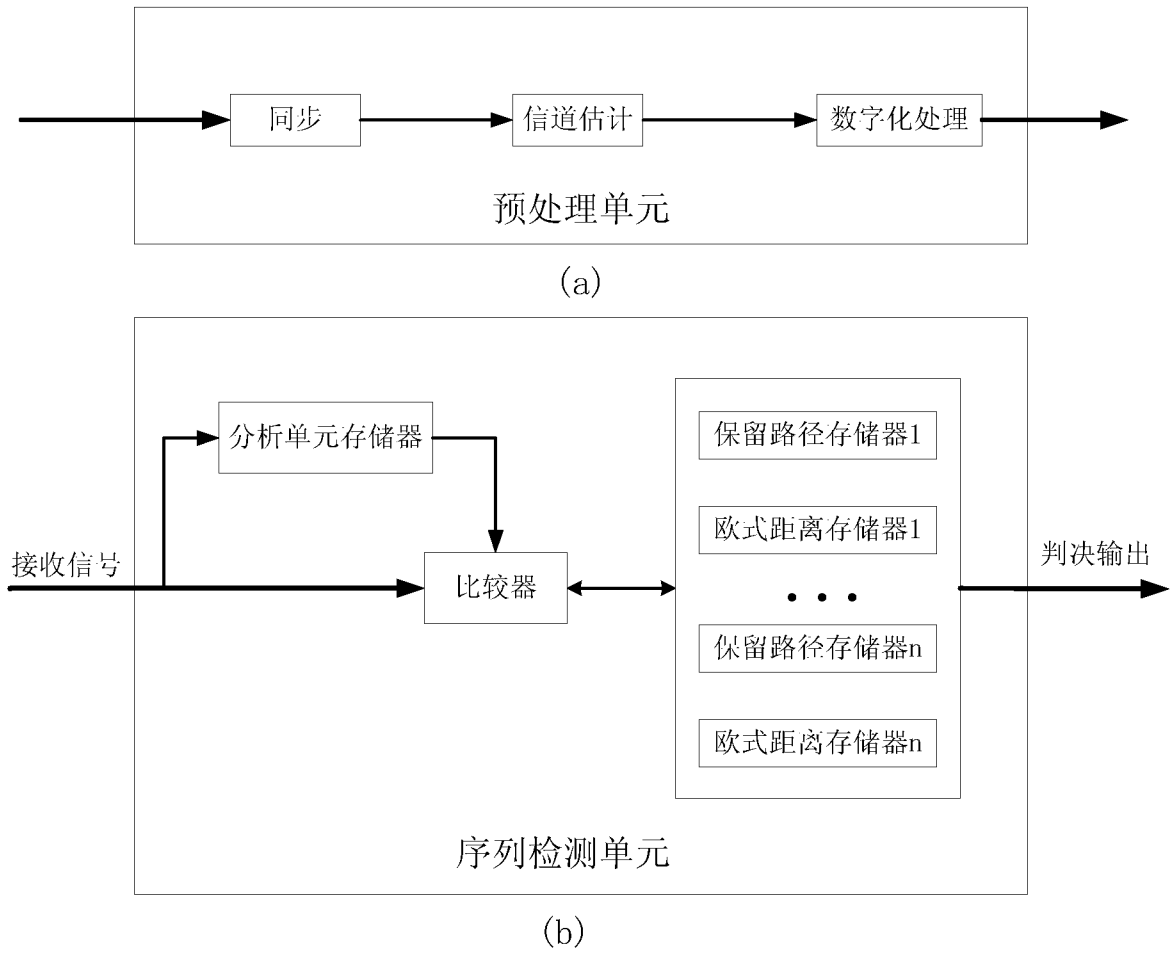


图 14

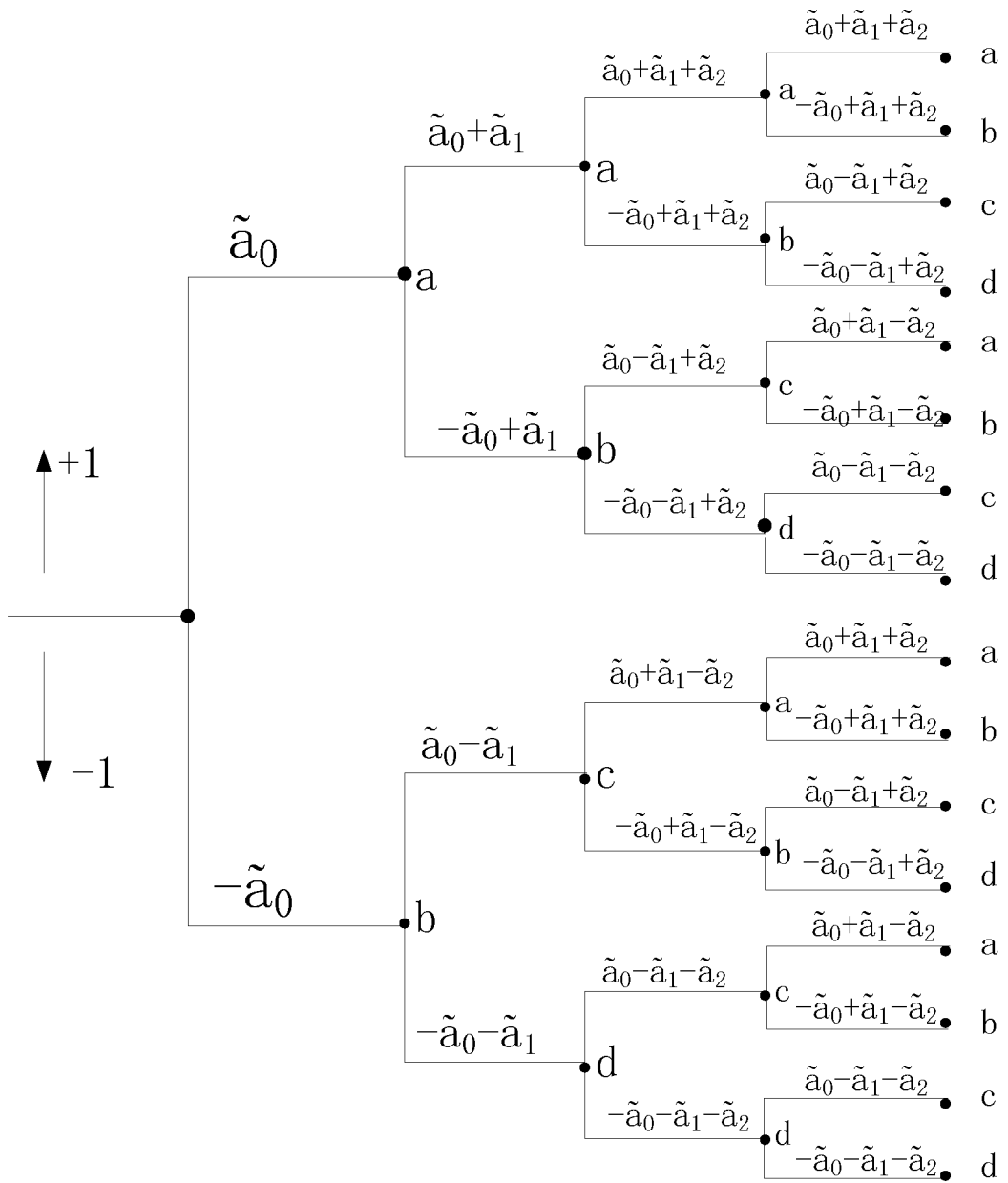


图 15

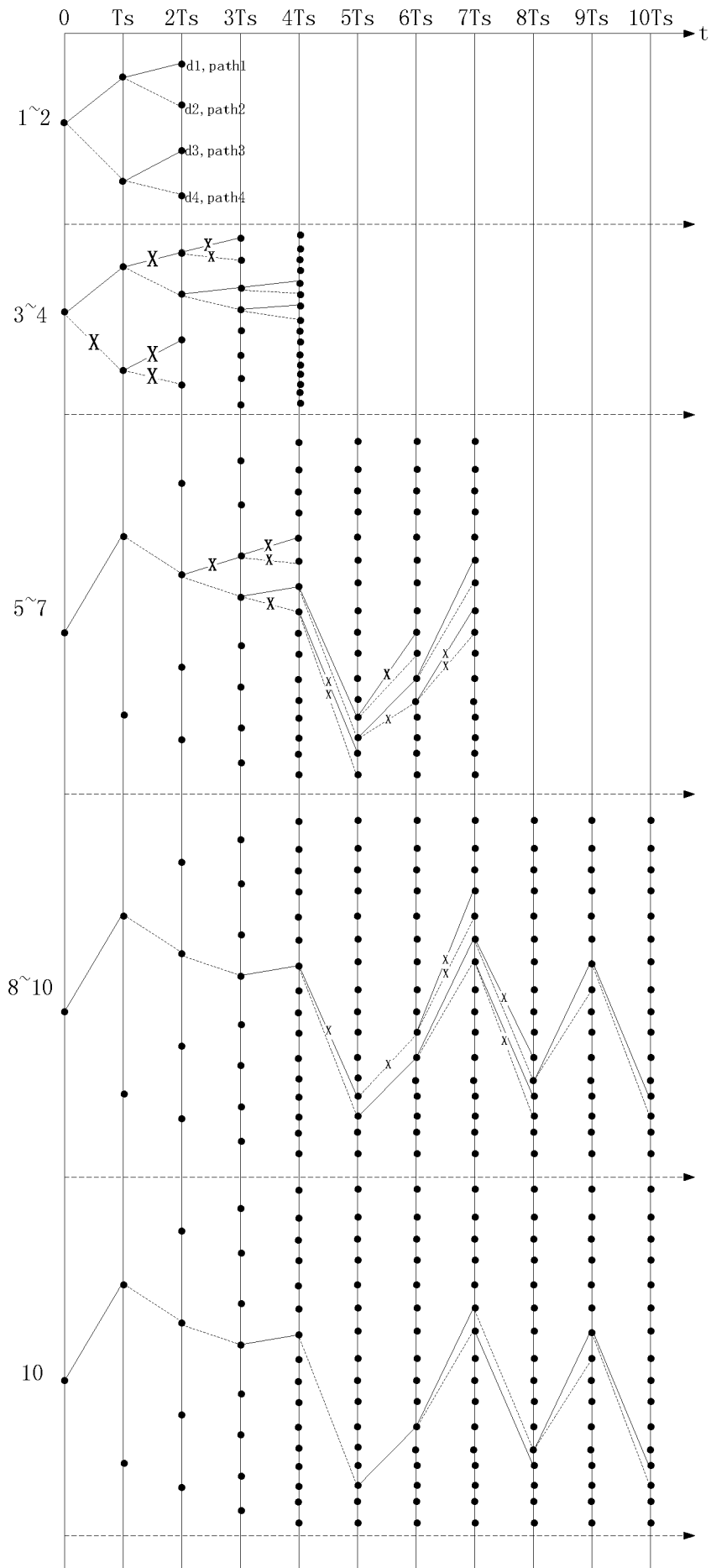


图 18

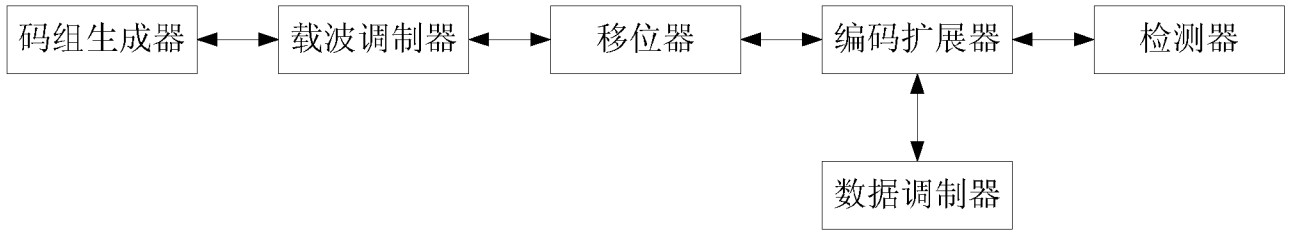


图 19

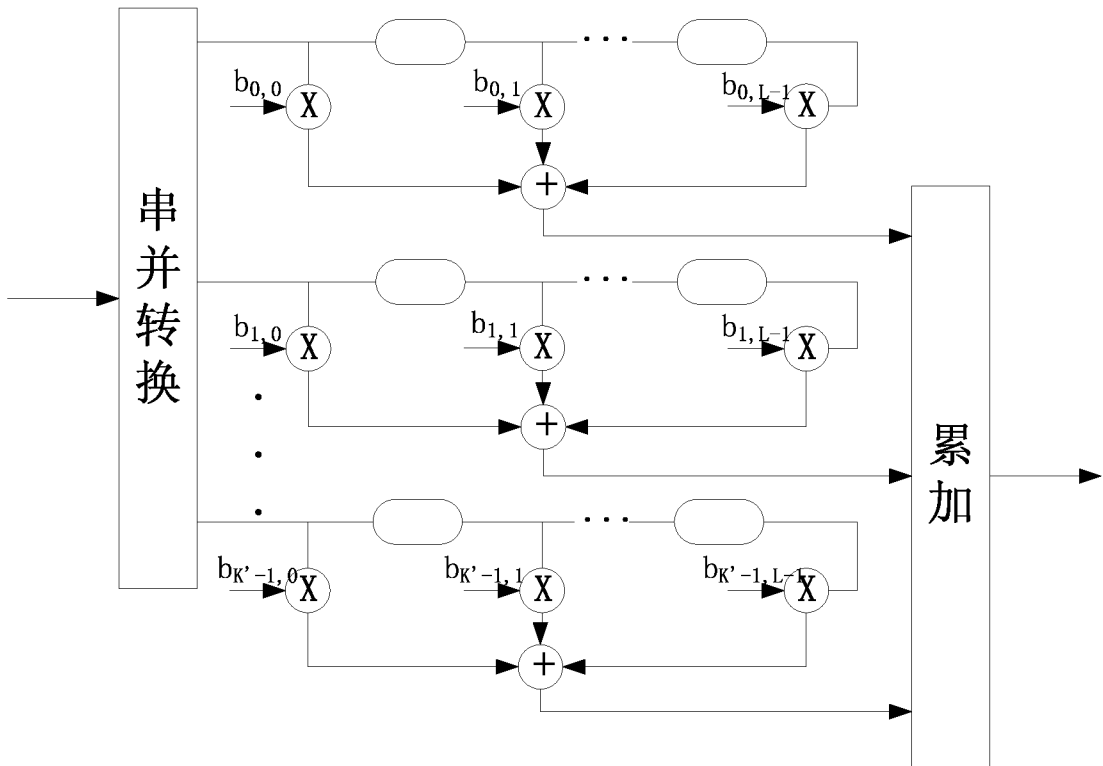


图 20

$$B = \begin{bmatrix} b_{0,0} & b_{0,1} & \dots & b_{0,L'-1} \\ b_{1,0} & b_{1,1} & \dots & b_{1,L'-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{K'-1,0} & b_{K'-1,1} & \dots & b_{K'-1,L'-1} \end{bmatrix}$$

图 21

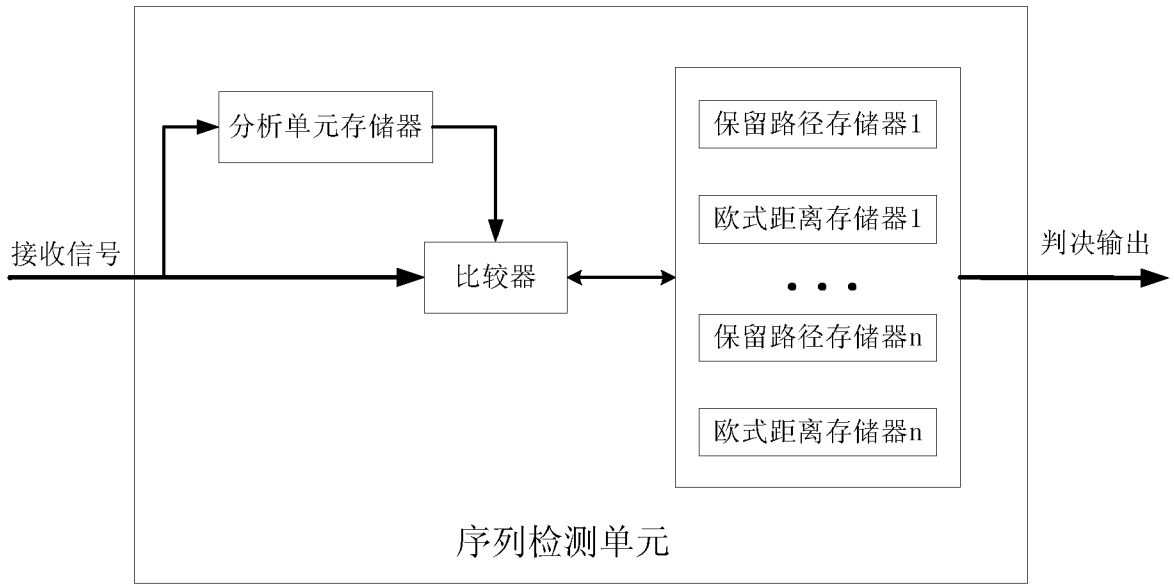


图 22

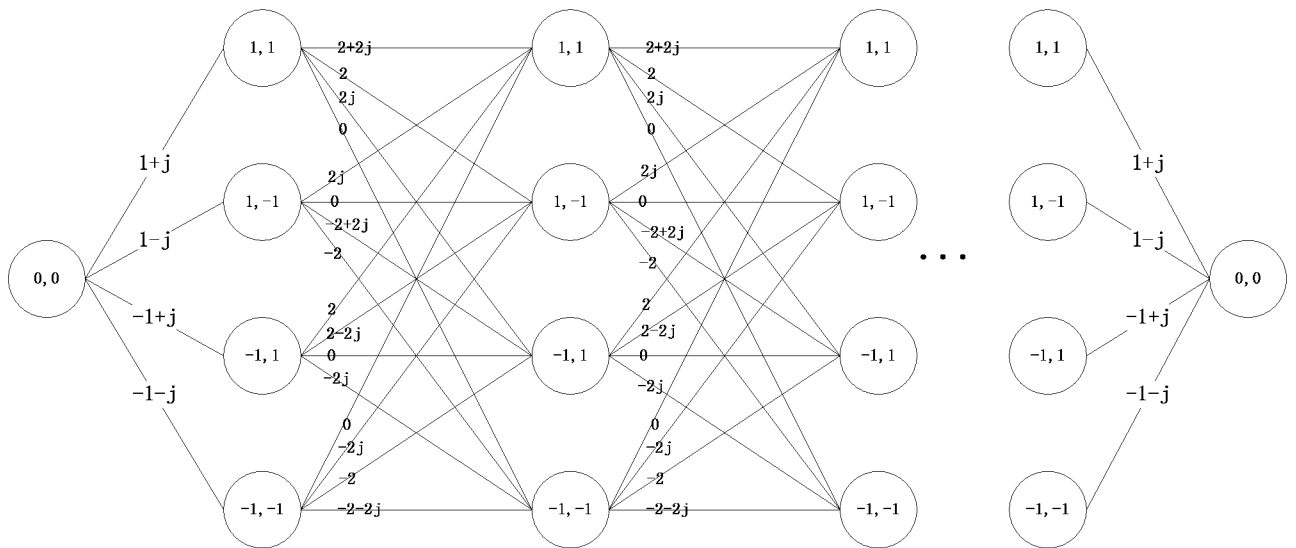


图 23

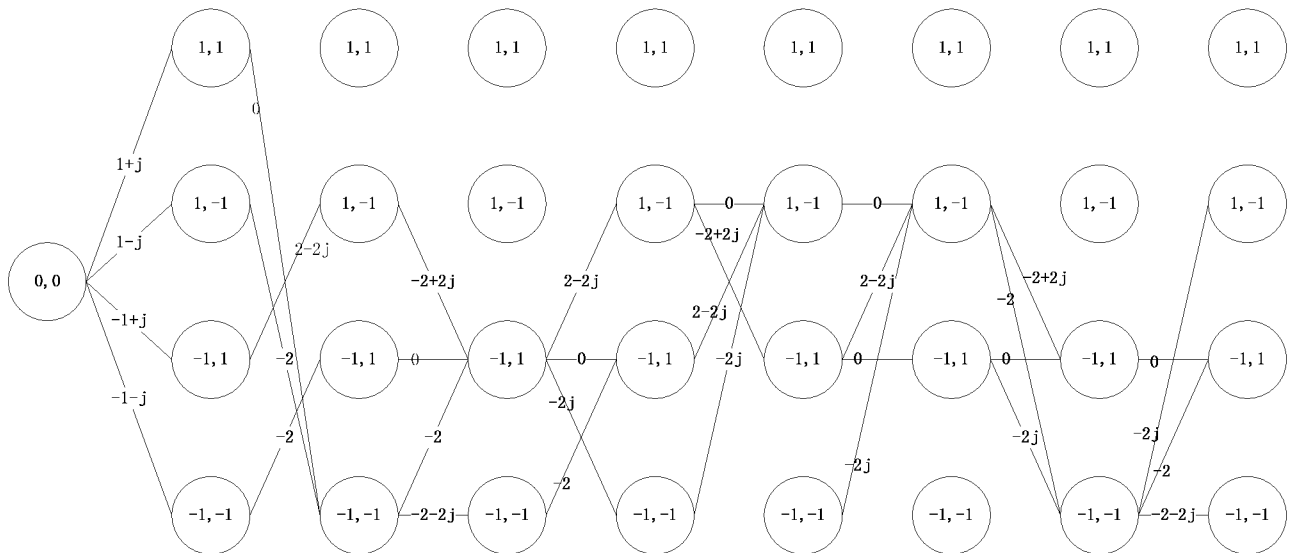


图 24

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2017/091961

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L 1/00 (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)

H04L; H03M; 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; WPI; EPODOC; CNKI; IEEE: measure, overlap, multiplexing, OV?DM, decod+, calculat+, accumulative, add+, branch path, metric, extend+, expand+, node, select+, minimum, average

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 103427850 A (ZTE CORP.), 04 December 2013 (04.12.2013), description, paragraphs [0027]-[0032]	1-13
A	CN 101997553 A (ZTE CORP.), 30 March 2011 (30.03.2011), the whole document	1-13
A	CN 101262232 A (SHANDONG UNIVERSITY), 10 September 2008 (10.09.2008), the whole document	1-13
A	US 2011075649 A1 (RESEARCH INSTITUTE OF TSINGHUA UNIVERSITY IN SHENZHEN), 31 March 2011 (31.03.2011), the whole document	1-13

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search
12 September 2017 (12.09.2017)

Date of mailing of the international search report
30 September 2017 (30.09.2017)

Name and mailing address of the ISA/CN:
State Intellectual Property Office of the P. R. China
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao
Haidian District, Beijing 100088, China
Facsimile No.: (86-10) 62019451

Authorized officer
LIN, Guirong
Telephone No.: (86-10) **62413380**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2017/091961

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103427850 A	04 December 2013	None	
CN 101997553 A	30 March 2011	None	
CN 101262232 A	10 September 2008	None	
US 2011075649 A1	31 March 2011	None	

A. 主题的分类 H04L 1/00 (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) H04L; H03M; 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; WPI; EPODOC; CNKI; IEEE: 重叠, 复用, 译码, 解码, 计算, 累加, 支路, 分支, 测度, 度量, 扩展, 节点, 选取, 最小, 平均, overlap, multiplexing, OV?DM, decod+, calculat+, accumulative, add+, branch path, metric, extend+, expand+, node, select+, minimum, average				
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 103427850 A (中兴通讯股份有限公司) 2013年 12月 4日 (2013 - 12 - 04) 说明书第[0027]-[0032]段	1-13		
A	CN 101997553 A (中兴通讯股份有限公司) 2011年 3月 30日 (2011 - 03 - 30) 全文	1-13		
A	CN 101262232 A (山东大学) 2008年 9月 10日 (2008 - 09 - 10) 全文	1-13		
A	US 2011075649 A1 (RESEARCH INSTITUTE OF TSINGHUA UNIVERSITY IN SHENZHEN) 2011年 3月 31日 (2011 - 03 - 31) 全文	1-13		
<input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。				
<table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="width:50%; border:none; vertical-align: top;"> * 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 </td> <td style="width:50%; border:none; vertical-align: top;"> “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 </td> </tr> </table>			* 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
* 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	国际检索报告邮寄日期			
2017年 9月 12日	2017年 9月 30日			
ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员			
中华人民共和国国家知识产权局 (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	林桂荣			
传真号 (86-10) 62019451	电话号码 (86-10) 62413380			

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/091961

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	103427850	A	2013年 12月 4日	无	
CN	101997553	A	2011年 3月 30日	无	
CN	101262232	A	2008年 9月 10日	无	
US	2011075649	A1	2011年 3月 31日	无	