

(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
2011年6月3日 (03.06.2011)

PCT

(10) 国际公布号
WO 2011/063694 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01L 19/00 (2006.01) H04N 7/28 (2006.01)
H03M 7/30 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2010/078126
- (22) 国际申请日: 2010年10月26日 (26.10.2010)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
200910249855.7 2009年11月27日 (27.11.2009) CN
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): 中兴通讯股份有限公司 (ZTE CORPORATION) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。
- (72) 发明人: 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): 林志斌 (LIN, Zhibin) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。 邓峥 (DENG, Zheng) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。 袁浩 (YUAN, Hao) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区高新技术产业

园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。 卢晶 (LU, Jing) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。 邱小军 (QIU, Xiaojun) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。 黎家力 (LI, Jiali) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。 陈国明 (CHEN, Guoming) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。 彭科 (PENG, Ke) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。 刘开文 (LIU, Kaiwen) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。

- (74) 代理人: 北京安信方达知识产权代理有限公司 (AFD CHINA INTELLECTUAL PROPERTY LAW OFFICE); 中国北京市海淀区学清路8号B座1601A, Beijing 100192 (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,

[见续页]

(54) Title: HIERARCHICAL AUDIO CODING, DECODING METHOD AND SYSTEM

(54) 发明名称: 一种可分层音频编码、解码方法及系统

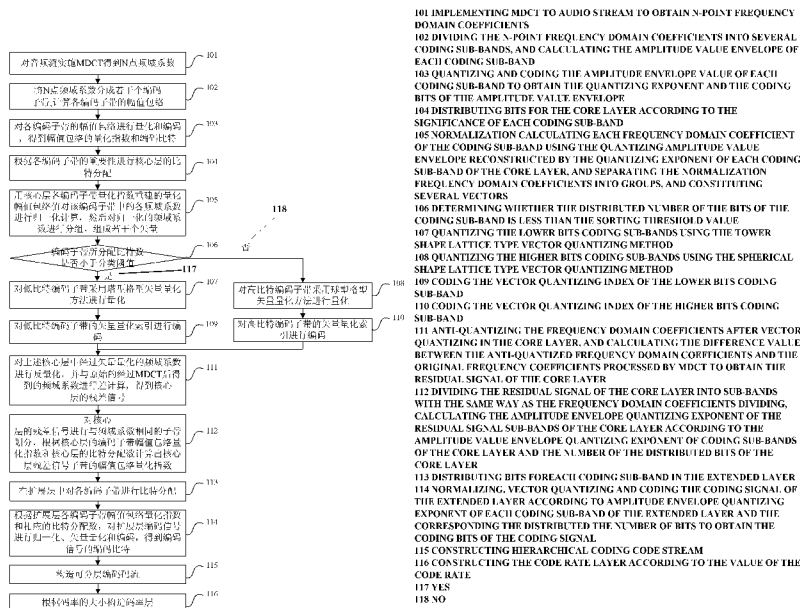
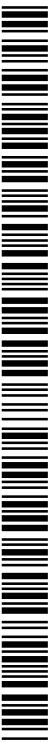


图1 / Fig.1

(57) Abstract: A hierarchical audio coding, decoding method and system are provided. The hierarchical audio coding method includes: dividing the frequency domain coefficients of audio signal processed by Modified Discrete Cosine Transform (MDCT) into several coding sub-bands; and quantizing and coding the amplitude envelope value of the coding sub-band of the core layer to obtain the coding bits of the frequency domain coefficients of the core layer; calculating the amplitude envelope value of each coding sub-band of the residual signal of the core layer; calculating the amplitude envelope value of each coding sub-band of the extended layer; distributing the bits of each coding sub-band of the extended layer, and quantizing and coding the coding signal of the extended layer to obtain the coding bits of the coding signal of the extended layer; multiplexing and packaging the amplitude envelope coding bits of each coding sub-band composed by the frequency domain coefficients of the core layer and the coding bits of the coding signal of the extended layer, and then transmitting to the end of the decoding end.

[见续页]



WO 2011/063694 A1



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。

NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

(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,

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

(57) 摘要:

提供一种可分层音频编码、解码方法及系统。可分层音频编码方法包括: 将音频信号经过 MDCT 后的频域系数划分成多个编码子带, 并对编码子带的幅值包络值进行量化和编码; 对核心层各编码子带进行比特分配, 并对核心层频域系数进行量化和编码得到核心层频域系数的编码比特; 计算核心层残差信号各编码子带的幅值包络值; 对扩展层各编码子带进行比特分配, 并对扩展层编码信号进行量化和编码得到扩展层编码信号的编码比特; 以及将核心层和扩展层频域系数构成的各编码子带的幅值包络编码比特、核心层频域系数的编码比特和扩展层编码信号的编码比特复用打包后, 传送给解码端。

一种可分层音频编码、解码方法及系统

技术领域

本发明涉及一种可分层音频编码、解码方法及系统。

5

背景技术

可分层音频编码是指以分层的方式组织音频编码的码流，一般分成一个核心层和若干个扩展层，解码器可以在没有高层（譬如扩展层）编码码流的情况下实现只对低层（譬如核心层）编码码流进行解码，解码的层数越多，
10 音质提高得越大。

可分层编码技术对于通信网络有非常重要的实用价值。一方面，数据的传输可以由不同信道共同合作完成，而每个信道的丢包率都有可能不同，这时候往往需要对数据进行可分层处理，将数据中重要的部分放在丢包率相对较低的稳定信道中传输，而将数据中次要的部分放在丢包率相对较高的非稳定信道中传输，从而保证当非稳定信道丢包时只会产生相对的音质下降，而不会出现一帧数据完全无法解码的情况。另一方面，某些通信网络（比如因特网）的带宽很不稳定，不同用户之间的带宽各不相同，不能采用一个固定的码率来兼顾不同带宽用户的需求，而采用可分层的编码方案就可以使得不同用户在各各自所拥有的带宽条件下获得最佳的音质享受。

15

传统的可分层音频编码方案，比如 ITU（International Telecommunication Union，国际电信联合会）的标准 G.729.1 和 G.VBR，所采用的方式为核心层使用语音编码，扩展层采用时域或者变换域编码。核心层与扩展层之间的编码方式相互独立，这样就会造成编码效率低，同时在中低码率的传输条件下对音乐信号编码质量有影响。另外一些可分层方案，如 MPEG4（Moving
25 Picture Experts Group 4，运动图像专家组-4）所采用的 BSAC（Bit-Slice Arithmetic Code，比特时间片算术编码）可变码率（或者可伸缩）的编码方案，仅从数据本身的大小出发进行比特分配和可分层操作，没有考虑到整个信号本身的残差感知分布特性，不能利用核心层已有的信息帮助扩展层进行编码，使得编码效率不高。

发明内容

本发明所要解决的技术问题是，克服现有技术的不足，提供一种高效的可分层音频编码、解码方法及系统。

- 5 为了解决上述技术问题，本发明提供一种可分层音频编码方法，该方法包括：

将音频信号经过修正离散余弦变换 MDCT 后的频域系数，划分为核心层频域系数和扩展层频域系数，将所述核心层频域系数和扩展层频域系数划分成多个编码子带，并对所述编码子带的幅值包络值进行量化和编码；

- 10 根据核心层各编码子带的幅值包络值对核心层各编码子带进行比特分配，然后对核心层频域系数进行量化和编码得到核心层频域系数的编码比特；

根据核心层各编码子带的幅值包络值和比特分配数计算核心层残差信号各编码子带的幅值包络值；

- 15 根据由核心层残差信号和扩展层频域系数构成的扩展层编码信号和由所述扩展层编码信号构成的各编码子带的幅值包络值对扩展层各编码子带进行比特分配，然后对扩展层编码信号进行量化和编码得到扩展层编码信号的编码比特；以及

- 20 将核心层频域系数和扩展层频域系数构成的各编码子带的幅值包络编码比特、核心层频域系数的编码比特和扩展层编码信号的编码比特复用打包后，传送给解码端。

此外，在将音频信号经过修正离散余弦变换 MDCT 后的频域系数，划分为核心层频域系数和扩展层频域系数，将所述核心层频域系数和扩展层频域系数划分成多个编码子带的步骤中，

- 25 将 MDCT 变换后的频域系数分成多个等间隔编码子带，或者按照听觉感知特性划分成多个非均匀编码子带；将低频编码子带划分为核心层编码子带，将高频编码子带划分为扩展层编码子带。

此外，根据编码子带幅值包络值对各编码子带进行变步长比特分配；

在比特分配过程中，对比特分配数为 0 的编码子带分配比特的步长是 1

个比特，比特分配后重要性降低的步长为 1，对比特分配数大于 0 且小于分类阈值的编码子带追加分配比特时的比特分配步长为 0.5 个比特，比特分配后重要性降低的步长为 0.5，对比特分配数大于等于所述分类阈值的编码子带追加分配比特时的比特分配步长为 1，比特分配后重要性降低的步长为 1；

5 比特分配数是一个编码子带中单个频域系数所分配到的比特数。

此外，在对核心层频域系数和扩展层编码信号进行量化和编码的步骤中，

对比特分配数小于分类阈值的编码子带的待量化矢量采用塔型格型矢量量化方法进行量化和编码，对比特分配数大于所述分类阈值的编码子带的待量化矢量采用球型格型矢量量化方法进行量化和编码；

10 比特分配数是一个编码子带中单个频域系数所分配到的比特数。

此外，在根据核心层各编码子带的幅值包络值和比特分配数计算核心层残差信号各编码子带的幅值包络值的步骤中，

采用如下方法计算核心层残差信号各编码子带的幅值包络值：

15 对核心层频域系数的量化值进行反量化，并与核心层频域系数进行差计算，得到核心层残差信号；

将核心层残差信号按与核心层频域系数相同的方法划分成编码子带，根据核心层各编码子带幅值包络值和比特分配数推算出核心层残差信号各编码子带的幅值包络值。

20 此外，推算出核心层残差信号各编码子带的幅值包络值的步骤包括：计算核心层各编码子带的幅值包络量化指数，并与对应编码子带的量化指数修正值进行差计算，得到核心层残差信号各编码子带的幅值包络量化指数；

各编码子带的量化指数修正值大于等于 0，且当核心层对应编码子带的比特分配数增加时不减小；以及

25 当核心层的编码子带的比特分配数为 0 时，量化指数修正值为 0，当核心层的编码子带的比特分配数为所限定的最大比特分配数时，核心层残差信号在该编码子带的幅值包络值为零。

此外，编码子带的量化指数修正值是根据核心层比特分配数得到的，当核心层编码子带的比特分配数分别为 0、1、1.5、2、2.5、3、3.5、4、4.5、5、

6、7 或 8 时，该编码子带所对应的量化指数修正值分别取 0、1、2、3、4、5、5、6、7、7、9、10 或 12；

此外，得到核心层频域系数的编码比特的步骤包括：

5 计算核心层各编码子带的幅值包络量化指数，对核心层各编码子带进行比特分配；以及

根据核心层各编码子带的幅值包络量化指数重建的核心层各编码子带的量化幅值包络值对各编码子带的频域系数进行归一化，根据核心层各编码子带的比特分配数分别使用塔型格型矢量量化方法和球型格型矢量量化方法进行量化和编码，得到核心层频域系数的编码比特；

10 其中，得到扩展层编码信号的编码比特的步骤包括：

用核心层残差信号和扩展层频域系数构成扩展层编码信号；

根据扩展层编码信号各编码子带的幅值包络量化指数，对扩展层各编码子带进行比特分配；以及

15 根据扩展层各编码子带的幅值包络量化指数重建的扩展层各编码子带的量化幅值包络值对各编码子带的编码信号进行归一化，根据扩展层各编码子带的比特分配数分别使用塔型格型矢量量化方法和球型格型矢量量化方法进行量化和编码，得到扩展层编码信号的编码比特。

20 此外，在核心层频域系数和扩展层频域系数构成的各编码子带的幅值包络编码比特、核心层频域系数的编码比特和扩展层编码信号的编码比特复用打包后，传送给解码端的步骤中，

按照如下码流格式进行复用打包：

25 将核心层的边信息比特写入码流的帧头后面，将核心层的编码子带幅值包络编码比特写入比特流复用器 MUX，然后将核心层频域系数的编码比特写入 MUX；以及将扩展层的边信息比特写入 MUX，将扩展层频域系数编码子带的幅值包络编码比特写入 MUX，然后将扩展层编码信号的编码比特写入 MUX；

根据所要求的码率，将满足码率要求的比特数传送到解码端。

此外，将扩展层编码信号编码比特按照各编码子带重要性的初始值从大

到小排序的顺序写入码流，传送到解码端。

此外，核心层的边信息包括 MDCT 系数构成的编码码子带幅值包络的霍夫曼编码标志位比特、核心层频域系数的霍夫曼编码标志位比特和迭代次数比特；

- 5 扩展层的边信息包括扩展层编码信号的霍夫曼编码标志位比特和迭代次数比特。

此外，将满足码率要求的比特数传送到解码端的步骤包括：

按照所限定的最大编码码率的比特数在整个所需编码的频带范围内，对核心层和扩展层编码，使得在编码频带范围内达到最大编码码率；

- 10 在核心层编码比特之后，将扩展层编码信号的编码比特按照各编码码子带重要性初始值从大到小的顺序写入比特流复用器；以及

按照将编码码子带重要性初始值小的编码码子带的编码比特先舍去的原则，将满足码率要求的比特数传送到解码端；

- 15 其中，将核心层对应的码率记为 L0 层，根据扩展层舍去比特数的多少将扩展层对应的各个码率分别记为 L1_1 层、L1_2 层、直至 L1_K 层，其中 L1_K 层的码率就是所述最大编码码率。

此外，编码频带范围为 0~13.6kHz，最大编码码率为 64kbps 时，采用如下编码码率分层方法将满足码率要求的比特数传送到解码端：

- 20 将编码频带范围 0~13.6kHz 中 0~6.4kHz 内的 MDCT 频域系数划分成核心层，核心层所对应的最大码率是 32kbps，记为 L0 层；扩展层的编码频带范围为 0~13.6kHz，其最大码率为 64kbps，记为 L_{1_5} 层；

在送到解码端之前，根据舍去比特数的多少将码率划分为 L_{1_1} 层，对应 36kbps，L_{1_2} 层，对应 40kbps，L_{1_3} 层，对应 48kbps，L_{1_4} 层，对应 56kbps，及 L_{1_5} 层，对应 64kbps。

- 25 此外，在将音频信号经过修正离散余弦变换 MDCT 后的频域系数，划分为核心层频域系数和扩展层频域系数的步骤之后，所述方法还包括：把扩展层的频域系数按照频率从小到大的顺序分成 M 个部分，它们分别是扩展层 1 到扩展层 M 的频域系数，其中扩展层 1 中频域系数的频率最小，扩展层 M 中

频域系数的频率最大;

在对核心层频域系数进行量化和编码的步骤之后,所述方法还包括:对核心层频域系数的量化值进行反量化,并与核心层频域系数进行差计算,得到核心层残差信号;

- 5 在所述根据核心层各编码子带的幅值包络值和比特分配数计算核心层残差信号各编码子带的幅值包络值的步骤中,将核心层残差信号按与核心层相同的方法划分成编码子带,根据核心层各编码子带的幅值包络值和比特分配数推算出核心层残差信号各编码子带的幅值包络值;

- 10 在所述根据由核心层残差信号和扩展层频域系数构成的扩展层编码信号和由所述扩展层编码信号构成的各编码子带的幅值包络值对扩展层各编码子带进行比特分配,然后对扩展层编码信号进行量化和编码得到扩展层编码信号的编码比特的步骤中,

- 15 用核心层残差信号和扩展层 1 的频域系数构成扩展层 1 的编码信号,根据扩展层 1 的编码信号计算各编码子带的幅值包络量化指数,对扩展层 1 各编码子带进行比特分配;根据扩展层 1 的各编码子带的比特分配数对扩展层 1 的编码信号进行量化和编码;

对扩展层 i 的编码信号的量化值进行反量化,并与扩展层 i 的编码信号进行差计算,得到扩展层 i 的残差信号;

- 20 将扩展层 i 的残差信号按与扩展层 i 相同的方法划分成编码子带,根据扩展层 i 的各编码子带幅值包络值和比特分配数推算出扩展层 i 的残差信号各子带的幅值包络值;

根据扩展层 i 的残差信号和扩展层 $i+1$ 的频域系数构成扩展层 $i+1$ 的编码信号,根据扩展层 $i+1$ 的编码信号各编码子带的幅值包络量化指数,对扩展层 $i+1$ 的各编码子带进行比特分配;以及

- 25 根据扩展层 $i+1$ 各编码子带的幅值包络量化指数重建的扩展层 $i+1$ 各编码子带的量化幅值包络值和编码比特数对扩展层 $i+1$ 各编码子带的编码信号进行归一化、矢量量化和编码,得到扩展层 $i+1$ 的编码信号的编码比特;

所述 $i=1, \dots, N-1$, N 为大于 2 的正整数。

此外，按照如下码流格式进行复用打包：

在核心层的编码比特之后，根据扩展层编号的大小，将编号小的扩展层的比特先写入比特流复用器 MUX，然后将编号大的扩展层的比特再写入比特流复用器 MUX，即先写入扩展层 i 的比特再将扩展层 $i+1$ 的比特写入 MUX；

- 5 在同一个扩展层中，先将该扩展层的边信息比特写入 MUX，然后将该扩展层频域系数编码子带的幅值包络编码比特写入 MUX，然后将该扩展层编码信号的编码比特写入 MUX；

根据所要求的码率，将满足码率要求的比特数传送到解码端。

- 10 此外，采用如下编码码率分层方法将满足码率要求的比特数传送到解码端：

按照所定最大编码码率的比特数在整个所需编码的频带范围内，对核心层和扩展层 1 到扩展层 M 进行编码，使得在编码频带范围内达到所定最大编码码率；

- 15 在核心层编码比特之后，将编号小的扩展层的比特优先写入比特流复用器，在同一个扩展层中将编码子带重要性初始值大的编码子带的编码比特优先写入比特流复用器；

对于每一个扩展层，根据各个分层的码率设计要求，把比特流复用器后部不必要的比特舍去，既按照将编码子带重要性初始值小的编码子带的编码比特先舍去的原则，将满足码率要求的比特数传送到解码端；

- 20 将核心层对应的码率记为 L_0 层，根据所定传送码率的要求将各个扩展层对应的最大码率分别记为 $L_1_K_1$ 层、 $L_2_K_2$ 层、直至 $L_M_K_M$ 层，其中 $L_M_K_M$ 层的码率就是编码器所要求的最大码率；

- 25 在扩展层 i 和扩展层 $i+1$ 之间，根据舍去比特数的多少进一步将码率层细化，即在 $L_i_K_i$ 层和 $L_{i+1_K_{i+1}}$ 层之间根据舍去比特数的多少，划分出 L_{i+1_1} 层、 L_{i+1_2} 层，直至 $L_{i+1_K_{i+1}}$ 层。

此外，编码频带范围为 $0 \sim 20\text{kHz}$ ，最大编码码率为 96kbps 时，采用如下编码码率分层方法将满足码率要求的比特数传送到解码端：

将编码频带范围 $0 \sim 20\text{kHz}$ 中 $0 \sim 6.4\text{kHz}$ 内的 MDCT 频域系数划分成核

心层，核心层所对应的最大码率是 32kbps，记为 L0 层；

扩展层 1 的编码频带范围为 0 ~ 13.6kHz，其最大码率为 64kbps，记为 L_{1_5} 层；扩展层 2 的编码频带范围为 0 ~ 20kHz，其最大码率为 96kbps，记为 L_{2_2} 层；

- 5 在送到解码端之前，根据舍去比特数的多少可以将 L_{1_5} 层和 L_{2_2} 层之间进一步划分为 L_{2_1} 层，对应 80kbps，及 L_{2_2} 层，对应 96kbps。

本发明还提供一种可分层音频解码方法，该方法包括：

对编码端传送过来的比特流进行解复用，对核心层频域系数的幅值包络编码比特进行解码，得到核心层各编码子带的幅值包络值；

- 10 根据核心层各编码子带的幅值包络值，对核心层各编码子带进行比特分配，并推算出核心层残差信号的幅值包络值；对扩展层的频域系数幅值包络编码比特进行解码，得到扩展层频域系数幅值包络值；根据核心层残差信号的幅值包络值和扩展层频域系数幅值包络值对扩展层各编码子带进行比特分配；以及

- 15 根据核心层的比特分配数和扩展层的比特分配数，分别对核心层频域系数编码比特和扩展层编码信号的编码比特进行解码，得到核心层频域系数和扩展层编码信号，将扩展层编码信号按照频带顺序重新排列，并和核心层频域系数相加，得到全体带宽的频域系数，对全体带宽的频域系数进行修正离散余弦逆变换 IMDCT，得到输出的音频信号。

- 20 此外，推算残差信号的幅值包络值的方法为：

推算出核心层残差信号的幅值包络值的步骤包括：

计算核心层各编码子带的幅值包络量化指数，并与对应编码子带的量化指数修正值进行差计算，得到核心层残差信号各编码子带的幅值包络量化指数；

- 25 根据扩展层 i 的各编码子带幅值包络和比特分配数推算出扩展层 i 的残差信号各子带的幅值包络值；

各编码子带的量化指数修正值大于等于 0，且当核心层对应编码子带的比特分配数增加时不减小；以及

当核心层的编码子带的比特分配数为 0 时，量化指数修正值为 0，当编码子带的比特分配数为所限定的最大比特分配数时，核心层残差信号在该编码子带的幅值包络值为零。

此外，编码子带的量化指数修正值是根据核心层比特分配数得到的，当
5 核心层编码子带的比特分配数分别为 0、1、1.5、2、2.5、3、3.5、4、4.5、5、6、7 或 8 时，该编码子带所对应的量化指数修正值分别取 0、1、2、3、4、5、5、6、7、7、9、10 或 12；

此外，得到核心层频域系数和扩展层编码信号的步骤包括：

10 根据核心层各编码子带的比特分配数、量化幅值包络值和边信息对核心层频域系数编码比特进行解码、反量化及反归一化处理，得到核心层频域系数；以及

根据扩展层各编码子带的比特分配数、扩展层编码信号的量化幅值包络值和边信息对该扩展层编码信号的编码比特进行解码、反量化及反归一化处理，得到扩展层编码信号。

15 此外，在对扩展层编码信号的编码比特进行解码的步骤中，
采用如下顺序对扩展层编码信号的编码比特进行解码：

在不同的扩展层中，各层解码的顺序是先对扩展层编号小的低扩展层的幅值包络和各编码子带的编码比特进行解码，然后再对扩展层编号大的高扩展层的幅值包络和各编码子带的编码信号进行解码，解码过程中计算已解码
20 的比特数，当已解码的比特数满足总比特数要求时停止解码；

在同一个扩展层中，各编码子带解码的顺序是根据各个编码子带重要性的初始值决定的，重要性大的编码子带优先解码，如果有两个编码子带具有相同的重要性，则低频编码子带优先解码，解码过程中计算已解码的比特数，当已解码的比特数满足总比特数要求时停止解码。

25 此外，当从编码端送往解码端的码率为 64kbps 时，在解码端截取不同的比特数进行解码，可以到 36kbps，40kbps，48kbps，56kbps 或 64kbps 的解码码率。

当从编码端送往解码端的码率为 96kbps 时，在解码端截取不同的比特数

进行解码，可以到 80kbps 或 96kbps 的解码码率。

本发明还提供一种可分层音频编码系统，该系统包括：修正离散余弦变换 MDCT 单元、幅值包络计算单元、幅值包络量化和编码单元、核心层比特分配单元、核心层频域系数矢量量化和编码单元以及比特流复用器；该系统
5 还包括：扩展层编码信号生成单元、残差信号幅值包络生成单元、扩展层比特分配单元以及扩展层编码信号矢量量化和编码单元；其中：

所述 MDCT 单元设置为，对输入的音频信号进行修正离散余弦变换，生成核心层频域系数和扩展层频域系数；

所述幅值包络计算单元设置为，将所述核心层频域系数和扩展层频域系数
10 中待编码的部分划分为核心层频域系数编码码子带和扩展层频域系数编码码子带，并计算各编码码子带的幅值包络值；

所述幅值包络量化和编码单元设置为，将所述核心层频域系数编码码子带
15 和扩展层频域系数编码码子带的幅值包络值进行量化和编码，生成核心层频域系数和扩展层频域系数各编码码子带的幅值包络量化指数和幅值包络的编码比特；

所述核心层比特分配单元设置为，进行核心层的比特分配，得到核心层
各编码码子带的比特分配数；

所述核心层频域系数矢量量化和编码单元设置为，使用根据核心层各编
20 码子带的幅值包络量化指数重建的核心层各编码码子带的量化幅值包络值和比特分配数对核心层各编码码子带的频域系数进行归一化、矢量量化和编码，得到核心层频域系数的编码比特；

所述扩展层编码信号生成单元设置为，生成残差信号，得到由残差信号
和扩展层频域系数构成的扩展层编码信号；

所述残差信号幅值包络生成单元设置为，根据核心层各编码码子带的幅值
25 包络量化指数与对应编码码子带的比特分配数，得到残差信号各编码码子带的幅值包络量化指数；

所述扩展层比特分配单元设置为，根据残差信号各编码码子带的幅值包络
量化指数和扩展层频域系数各编码码子带的幅值包络量化指数进行扩展层的比

特分配，得到扩展层编码信号各编码子带的比特分配数；

所述扩展层编码信号矢量量化和编码单元设置为，使用根据扩展层各编码子带的幅值包络量化指数重建的扩展层各编码子带的量化幅值包络值和比特分配数对扩展层各编码子带的编码信号进行归一化、矢量量化和编码，得到扩展层编码信号的编码比特；

所述比特流复用器设置为，将核心层边信息比特、核心层各编码子带的幅值包络的编码比特、核心层频域系数的编码比特、扩展层边信息比特，扩展层频域系数各幅值包络的编码比特和扩展层编码信号的编码比特进行打包。

10 此外，所述扩展层编码信号生成单元还包括残差信号生成单元和扩展层编码信号合成单元；

所述残差信号生成单元设置为，对核心层频域系数的量化值进行反量化，并与核心层频域系数进行差计算，得到核心层残差信号；

15 所述扩展层编码信号合成单元设置为，将核心层残差信号和扩展层的频域系数按频带的顺序合成，得到扩展层编码信号。

此外，所述残差信号幅值包络生成单元还包含量化指数修正值获取单元和残差信号幅值包络量化指数计算单元；

20 所述量化指数修正值获取单元设置为，根据核心层各编码子带比特分配数推算残差信号各编码子带的量化指数修正值，各编码子带的量化指数修正值大于等于 0，且当核心层对应编码子带的编码比特数增加时不减，如果核心层的编码子带的比特分配数为 0，则量化指数修正值为 0，如果编码子带的比特分配数为所限定的最大比特分配数，则残差信号在该编码子带的幅值包络值为零；

25 所述残差信号幅值包络量化指数计算单元设置为，将核心层各编码子带的幅值包络量化指数与对应编码子带的量化指数修正值进行差计算，得到核心层残差信号各编码子带的幅值包络量化指数。

此外，所述比特流复用器是设置为，将扩展层编码信号编码比特按照各编码子带重要性的初始值从大到小的顺序写入码流，对于具有相同重要性的

编码子带，低频编码子带的编码比特优先写入码流。

本发明还提供一种可分层音频解码系统，该系统包括：比特流解复用器、核心层幅值包络解码单元、核心层比特分配单元、核心层解码和反量化单元；该系统还包括：扩展层幅值包络解码单元、核心层残差信号幅值包络生成单元、扩展层比特分配单元、扩展层编码信号解码和反量化单元、频域系数生成单元、噪声填充单元和修正离散余弦逆变换 IMDCT 单元；其中：

所述核心层幅值包络解码单元设置为，对所述比特流解复用器输出的核心层编码子带幅值包络编码比特进行解码，得到核心层各编码子带的幅值包络量化指数；

10 所述核心层比特分配单元设置为，进行核心层的比特分配，得到核心层各编码子带的比特分配数；

所述核心层解码和反量化单元设置为，根据核心层各编码子带的幅值包络量化指数计算得到核心层各编码子带的量化幅值包络值，使用核心层各编码子带的比特分配数和量化幅值包络值对所述比特流解复用器输出的核心层频域系数编码比特进行解码、反量化及反归一化处理，得到核心层的频域系数；

所述扩展层幅值包络解码单元设置为，对比特流解复用器输出的扩展层频域系数幅值包络编码比特进行解码，得到扩展层频域系数各编码子带的幅值包络量化指数；

20 所述核心层残差信号幅值包络生成单元设置为，根据核心层各编码子带的幅值包络量化指数与对应编码子带的比特分配数计算得到残差信号各编码子带的幅值包络量化指数；

所述扩展层比特分配单元设置为，根据残差信号各编码子带的幅值包络量化指数和扩展层频域系数各编码子带的幅值包络量化指数进行扩展层的比特分配，得到扩展层编码信号各编码子带的比特分配数；

25 所述扩展层编码信号解码和反量化单元设置为，使用扩展层各编码子带的幅值包络量化指数计算得到扩展层各编码子带的量化幅值包络值，使用扩展层各编码子带的编码比特数和量化幅值包络值对所述比特流解复用器输出

的扩展层编码信号的编码比特进行解码、反量化及反归一化处理，得到扩展层编码信号；

5 所述频域系数生成单元设置为，根据频带顺序对所述扩展层编码信号解码和反量化单元输出的扩展层的编码信号进行重新排序，然后与所述核心层解码和反量化单元输出的核心层频域系数做和计算，得到频域系数输出值；

所述噪声填充单元设置为，对编码过程中未分配编码比特的编码子带进行噪声填充；

IMDCT 单元设置为，对进行了噪声填充后的全体频域系数进行 IMDCT，得到输出的音频信号。

10 此外，所述核心层残差信号幅值包络生成单元还包括量化指数修正值获取单元和残差信号幅值包络量化指数计算单元；

15 所述量化指数修正值获取单元设置为，根据核心层各编码子带比特分配数推算残差信号各编码子带的量化指数修正值，并根据对应编码子带频域系数的绝对值进行调整，其中，各编码子带的量化指数修正值大于等于 0，且当核心层对应编码子带的编码比特数增加时不减小，如果核心层的编码子带的比特分配数为 0，则量化指数修正值为 0，如果编码子带的比特分配数为所限定的最大比特分配数，则残差信号在该编码子带的幅值包络值为零；

20 所述残差信号幅值包络量化指数计算单元设置为，将核心层各编码子带的幅值包络量化指数与对应编码子带的量化指数修正值进行差计算，得到核心层残差信号各编码子带的幅值包络量化指数。

25 此外，所述扩展层编码信号解码和反量化单元是设置为，对扩展层编码信号各编码子带解码的顺序是根据各编码子带重要性的初始值决定的，重要性大的编码子带优先解码，如果有两个编码子带具有相同的重要性，则低频编码子带优先解码，解码过程中计算已解码的比特数，当已解码的比特数满足总比特数要求时停止解码。

综上所述，本发明通过在核心层和扩展层中采用相同的子带划分和比特分配方法，并根据核心层幅值包络信息计算出扩展层幅值包络信息，在核心层与扩展层比特分配中都充分考虑信号本身的分布特性，使得核心层与扩展

层之间紧密相连，并且在扩展层码流中不包括残差信号幅值包络信息，提高了可分层音频编解码的效率，同时也提高了代码利用率。

附图概述

- 5 图 1 是本发明第一实施例增强型可分层音频编码方法的流程图；
图 2 是本发明实施例在矢量量化后进行比特分配修正的方法流程图；
图 3 是本发明第一实施例增强型可分层音频编码系统的结构示意图；
图 3a 是本发明第一实施例可分层编码码流的示意图；
图 4 是本发明第一实施例增强型可分层音频解码方法的流程图；
10 图 5 是本发明第一实施例增强型可分层音频解码系统的结构示意图；
图 6 是本发明第二实施例扩展型可分层音频编码方法的流程图；
图 6a 是本发明第二实施例可分层编码码流的示意图；
图 7 是本发明第二实施例扩展型可分层音频编码系统的结构示意图；
图 8 是本发明第二实施例扩展型可分层音频解码方法的流程图；
15 图 9 是本发明第二实施例扩展型可分层音频解码系统的结构示意图；
图 10 是本发明中采用在频带范围分层和根据码率分层的的关系示意图。

本发明的较佳实施方式

- 20 本发明的核心思想是，对核心层的量化噪声进行补偿，在核心层和扩展层中采用相同的子带划分方法和比特分配方法，并根据核心层幅值包络信息计算出核心层的残差信号的幅值包络信息，因此可以提高核心层的音质质量而在扩展层码流中不传送残差信号幅值包络信息。

下面将结合附图和实施例对本发明进行详细描述。

第一实施例

- 25 图 1 是本发明第一实施例增强型可分层音频编码方法的流程图。本实施例中以帧长为 20ms，采样率为 32kHz 的音频流为例具体说明本发明的可分层

音频编码方法。在其它帧长和采样率条件下，本发明的方法同样适用。如图 1 所示，该方法包括：

5 步骤 101：对帧长为 20ms、采样率为 32kHz 的音频流实施 MDCT (Modified Discrete Cosine Transform, 修正离散余弦变换) 得到 N 个频域采样点上的频域系数。

本步骤的具体实现方式可以是：

将当前帧的 N 点时域采样信号 $x(n)$ 与上一帧的 N 点时域采样信号 $x_{old}(n)$ 组成 2N 点时域采样信号 $\bar{x}(n)$ ，2N 点的时域采样信号可由下式表示：

$$\bar{x}(n) = \begin{cases} x_{old}(n) & n = 0, 1, \dots, N-1 \\ x(n-N) & n = N, N+1, \dots, 2N-1 \end{cases} \quad (1)$$

10 对 $\bar{x}(n)$ 实施 MDCT，得到如下频域系数：

$$X(k) = \sum_{n=0}^{2N-1} \bar{x}(n)w(n)\cos\left[\frac{\pi}{N}\left(n+\frac{1}{2}+\frac{N}{2}\right)\left(k+\frac{1}{2}\right)\right] \quad k = 0, \dots, N-1 \quad (2)$$

其中， $w(n)$ 表示正弦窗函数，表达式为：

$$w(n) = \sin\left[\frac{\pi}{2N}\left(n+\frac{1}{2}\right)\right] \quad n = 0, \dots, 2N-1 \quad (3)$$

15 此外，当帧长为 20ms，采样率为 32kHz 时， $N=640$ （其他帧长及采样率可同样算出相应的 N）。

步骤 102：将 N 点频域系数分成若干个子带，所述子带可以是均匀划分，也可以是非均匀划分，在本实施例中采用非均匀子带划分，计算各个子带的频域幅值包络（简称幅值包络）。

本步骤可以采用如下子步骤实现：

20 步骤 102a：将所需编码的频带范围内的频域系数分成 L 个子带（可以称为编码子带）；

本实施例中，所需编码的频带范围是 0 ~ 13.6kHz，可以按照人耳感知特性进行非均匀子带划分，表 1 给出了一个具体的划分方式。

25 在表 1 中将 0 ~ 13.6kHz 频带范围内的频域系数划分成 28 个编码子带，也就是 $L=28$ ；并将 13.6kHz 以上的频域系数置为 0。

在本实施例中，还划分出核心层的频域范围。选择表 1 中的 0~15 号子带作为核心层的子带，共有 $L_{core}=16$ 个子带。核心层的频带范围是 0~6.4kHz。

子带序号	起始频率点 (LIndex)	结束频率点 (HIndex)	子带宽度 (BandWidth)
0	0	7	8
1	8	15	8
2	16	23	8
3	24	31	8
4	32	47	16
5	48	63	16
6	64	79	16
7	80	95	16
8	96	111	16
9	112	127	16
10	128	143	16
11	144	159	16
12	160	183	24
13	184	207	24
14	208	231	24
15	232	255	24
16	256	279	24
17	280	303	24
18	304	327	24
19	328	351	24
20	352	375	24
21	376	399	24
22	400	423	24
23	424	447	24
24	448	471	24
25	472	495	24
26	496	519	24
27	520	543	24

表 1

步骤 102b: 按照以下公式计算各编码子带的幅值包络:

$$Th(j) = \sqrt{\frac{1}{HIndex(j) - LIndex(j) + 1} \sum_{k=LIndex(j)}^{HIndex(j)} X(k)X(k)} \quad j=0,1,\dots,L-1 \quad (4)$$

其中, $LIndex(j)$ 和 $HIndex(j)$ 分别表示第 j 个编码子带的起始频率点和结束频率点, 其具体数值如表 1 所示。

- 5 步骤 103: 对各编码子带的幅值包络值进行量化和编码, 得到幅值包络的量化指数和幅值包络的编码比特, 幅值包络的编码比特需要传送到比特流复用器 (MUX) 中。

采用以下公式 (5) 对各编码子带幅值包络进行量化, 得到各编码子带幅值包络的量化指数, 即量化器的输出值:

$$10 \quad Th_q(j) = \lfloor 2 \log_2 Th(j) \rfloor \quad (5)$$

其中, $\lfloor x \rfloor$ 表示向下取整, $Th_q(0)$ 为第一个编码子带的幅值包络量化指数, 将其范围限制在 $[-5, 34]$ 内, 即当 $Th_q(0) < -5$ 时, 令 $Th_q(0) = -5$; 当 $Th_q(0) > 34$ 时, 令 $Th_q(0) = 34$ 。

根据量化指数重建的量化幅值包络为 $2^{Th_q(j)/2}$ 。

- 15 使用 6 比特对第一个编码子带的幅值包络量化指数进行编码, 即消耗 6 比特。

各编码子带幅值包络量化指数间的差分运算值采用如下公式计算:

$$\Delta Th_q(j) = Th_q(j+1) - Th_q(j) \quad j=0,\dots,L-2 \quad (6)$$

可以对幅值包络进行如下修正以保证 $\Delta Th_q(j)$ 的范围在 $[-15, 16]$ 之内:

- 20 如果 $\Delta Th_q(j) < -15$, 则令 $\Delta Th_q(j) = -15$, $Th_q(j) = Th_q(j+1) + 15$, $j = L-2, \dots, 0$;

如果 $\Delta Th_q(j) > 16$, 则令 $\Delta Th_q(j) = 16$, $Th_q(j+1) = Th_q(j) + 16$, $j = 0, \dots, L-2$;

- 对 $\Delta Th_q(j)$, $j = 0, \dots, L-2$ 进行霍夫曼 (Huffman) 编码, 并计算此时所消耗的比特数 (称为霍夫曼编码比特, Huffman coded bits)。如果此时霍夫曼编码比特大于等于固定分配的比特数 (在本实施例中大于 $(L-1) \times 5$), 则不使用
25 霍夫曼编码方式对 $\Delta Th_q(j)$, $j = 0, \dots, L-2$ 进行编码, 并置霍夫曼编码标志位

$Flag_huff_rms = 0$; 否则利用霍夫曼编码对 $\Delta Th_q(j), j=0, \dots, L-2$ 进行编码, 并置霍夫曼编码标志位 $Flag_huff_rms = 1$ 。幅值包络量化指数的编码比特 (即幅值包络差分值的编码比特) 和霍夫曼编码标志位需要被传送到 MUX 中。

5 步骤 104: 根据码率失真理论和编码子带幅值包络信息计算核心层各编码子带重要性的初始值, 并根据各编码子带的重要性进行核心层的比特分配。

本步骤可以采用如下子步骤实现:

步骤 104a: 计算核心层单个频域系数的比特消耗平均值:

10 从 20ms 帧长可提供的总的比特数 $bits_available$ 中抽出用于核心层编码的比特数 $bits_available_core$, 扣除核心层边信息消耗的比特数 bit_sides_core 和核心层编码子带幅值包络量化指数所消耗掉的比特数 $bits_Th_core$, 得到剩余的可用于核心层频域系数编码的比特数 $bits_left_core$, 即:

$$bits_left_core = bits_available_core - bit_sides_core - bits_Th_core \quad (7)$$

15 边信息包括霍夫曼编码标志 $Flag_huff_rms$ 、 $Flag_huff_PLVQ$ 和迭代次数 $count$ 的比特。 $Flag_huff_rms$ 用于标识是否对核心层和扩展层编码子带幅值包络量化指数使用了霍夫曼编码; $Flag_huff_PLVQ_core$ 用于标识是否在对频域系数进行矢量编码时使用了霍夫曼编码, 而迭代次数 $count$ 用于标识比特分配修正时的迭代次数 (详见后续步骤中的描述)。

计算核心层单个频域系数的比特消耗平均值为 \bar{R}_core :

$$\bar{R}_core = \frac{bits_left_core}{HIndex(L_core - 1) + 1} \quad (8)$$

20 其中, L_core 为核心层编码子带的个数。

步骤 104b: 根据码率失真理论计算在最大量化信噪比增益条件下的最佳比特值:

25 通过拉格朗日方法优化基于独立高斯分布随机变量的码率失真度, 可计算得到该码率失真度界限下各编码子带的最大量化信噪比增益条件下的最佳比特值为:

$$rr_core(j) = [\bar{R}_core + R_{min_core}(j)], \quad j = 0, \dots, L_core - 1 \quad (9)$$

其中,

$$R_{\min_core}(j) = \frac{1}{2}[Th_q(j) - mean_Th_q_core] \quad j = 0, \dots, L_core - 1 \quad (10)$$

以及

$$mean_Th_q_core = \frac{1}{HIndex(L_core - 1) + 1} \sum_{i=0}^{L_core-1} Th_q(i)[HIndex(i) - LIndex(i) + 1] \quad (11)$$

5 步骤 104c: 计算各编码子带在进行比特分配时的重要性初始值:

使用上述最佳比特值, 以及符合人耳感知特性的比例因子, 可以得到在实际比特分配中用于控制比特分配的各编码子带的重要性初始值:

$$rk(j) = \alpha \times rr_core(j) = \alpha[\bar{R}_core + R_{\min_core}(j)], \quad j = 0, \dots, L_core - 1 \quad (12)$$

其中 α 为比例因子, 该因子跟编码码率相关, 可通过统计分析得到, 通常 $0 < \alpha < 1$, 在本实施例中 α 取值为 0.4; $rk(j)$ 表示在进行比特分配时第 j 个编码子带的重要性。

步骤 104d: 根据各编码子带的重要性进行核心层的比特分配; 具体描述如下:

首先从各 $rk(j)$ 中找到最大值所在的编码子带, 假设该编码子带的编号为 j_k , 然后增加该编码子带中每个频域系数的编码比特数 $region_bit(j_k)$, 并降低该编码子带的重要性; 同时计算该子带编码消耗比特总数 $bit_band_used(j_k)$; 最后计算所有编码子带所消耗比特数的总和 $sum(bit_band_used(j))$, $j=0, \dots, L_core - 1$; 重复上述过程直至消耗比特数的总和满足可提供比特限制条件下的最大值。

20 本步骤中的比特分配方法可以由如下伪代码表示:

令 $region_bit(j)=0, \quad j=0, 1, \dots, L_core - 1$;

对于编码子带 $0, 1, \dots, L_core - 1$:

{

寻找 $j_k = \arg \max_{j=0, \dots, L-1} [rk(j)]$;

25 如果 $region_bit(j_k) < \text{分类阈值}$

{

如果 $region_bit(j_k)=0$
 令 $region_bit(j_k) = region_bit(j_k) + 1$;
 计算 $bit_band_used(j_k) = region_bit(j_k) * BandWidth(j_k)$;
 令 $rk(j_k) = rk(j_k) - 1$;
 5 否则如果 $region_bit(j_k) \geq 1$
 令 $region_bit(j_k) = region_bit(j_k) + 0.5$;
 计算 $bit_band_used(j_k) = region_bit(j_k) * BandWidth(j_k) * 0.5$;
 令 $rk(j_k) = rk(j_k) - 0.5$;
 }
 10 否则如果 $region_bit(j_k) \geq$ 分类阈值
 {
 令 $region_bit(j_k) = region_bit(j_k) + 1$;
 令 $rk(j_k) = \begin{cases} rk(j_k) - 1 & \text{if } region_bit(j_k) < MaxBit \\ -100 & \text{else} \end{cases}$;
 计算 $bit_band_used(j_k) = region_bit(j_k) \times BandWidth(j_k)$;
 15 }
 计算 $bit_used_all = \sum(bit_band_used(j)) \quad j=0,1,\dots,L_core - 1$;
 如果 $bit_used_all < bits_left_core - 24$, 返回并在各编码子带中重新寻找 j_k , 循环计算比特分配数 (或称为编码比特数); 其中 24 为编码子带宽度的最大值。
 20 否则, 结束循环, 计算比特分配数, 输出此时的比特分配数。
 }
 最后, 根据子带的重要性, 将剩余的不到 24 个比特按如下原则分配给满足要求的编码子带, 优先在比特分配为 1 的编码子带中给每个频域系数分配 0.5 个比特, 同时降低该编码子带的重要性 0.5; 否则给比特分配为 0 的子带中每个频域系数分配 1 个比特, 同时降低该编码子带的重要性 1, 直至 $bit_left - bit_used_all < 4$, 比特分配结束。
 25

上述分类阈值的取值范围为大于等于 2 且小于等于 8，本实施例中可以为 5。

其中，MaxBit 为编码子带中单个频域系数所能分配到的最大的比特分配数，单位为 bit/频域系数。本实施例中采用 MaxBit=9。这个值可以根据编解
5 码器的编码码率适当调整。region_bit(j)为第 j 个编码子带中单个频域系数所分配的比特数，也就是该子带中单个频域系数的编码比特数。

此外，本步骤中也可以将 $Th_q(j)$ 、或将 $\lfloor \mu \times \log_2[Th(j)] + \nu \rfloor$ 作为各编码子带的比特分配重要性初始值进行核心层的比特分配， $j=0, \dots, L_core - 1$ ； $\mu > 0$ 。

步骤 105：用核心层各编码子带量化指数重建的量化幅值包络值对该编
10 码子带中的各频域系数进行归一化计算，然后对归一化的频域系数进行分组，组成若干个矢量；

使用编码子带 j 的量化幅值包络 $2^{Th_q(j)/2}$ 对该编码子带中所有频域系数 X_j 进行归一化处理：

$$X_j^{normalized} = \frac{X_j}{2^{Th_q(j)/2}};$$

15 将编码子带中连续的 8 个系数分组构成 1 个 8 维矢量。根据表 1 对编码子带的划分，编码子带 j 中的系数正好可以分组构成 Lattice_D8(j)个 8 维矢量。各个归一化后分组的 8 维待量化矢量可表示为 Y_j^m ，其中 m 表示该 8 维矢量在编码子带中的位置，其范围在 0 到 Lattice_D8(j)-1 之间。

20 步骤 106：判断编码子带 j 所分配比特数 region_bit(j)的大小，如果所分配比特数 region_bit(j)小于分类阈值，则执行步骤 107 和步骤 109，即对该编码子带中待量化矢量采用塔型格型矢量量化方法进行量化和编码；如果所分配比特数 region_bit(j)大于等于该阈值，则执行步骤 108 和步骤 110，即对该编码子带中的待量化矢量采用球型格型矢量量化方法进行量化和编码；本实施例的阈值采用 5 比特。

25 步骤 107：对低比特编码子带采用塔型格型矢量量化方法进行量化，此时子带 j 所分配到的比特数满足： $1 \leq \text{region_bit}(j) < 5$ ；

本发明采用基于 D_8 格点的 8 维格型矢量量化，其中 D_8 格点定义如下：

$$D_8 = \left\{ v = (v_1, v_2, \dots, v_8)^T \in Z^8 \mid \sum_{i=1}^8 v_i = \text{even} \right\}$$

其中 Z^8 表示 8 维的整数空间。将 8 维矢量映射到 (即量化到) D_8 格点的基本方法描述如下:

5 设 x 为任意实数, $f(x)$ 表示取和 x 相邻的两个整数中相距较近的整数的取整量化, $w(x)$ 表示取相邻的两个整数中相距较远的整数的取整量化。对任意矢量 $X = (x_1, x_2, \dots, x_8) \in R^8$, 同样可定义 $f(X) = (f(x_1), f(x_2), \dots, f(x_8))$ 。在 $f(X)$ 中选择取整量化误差的绝对值最大的分量中的最小下标, 记为 k , 由此定义 $g(X) = (f(x_1), f(x_2), \dots, w(x_k), \dots, f(x_8))$, 则 $f(X)$ 或 $g(X)$ 中有一个且只有一个是 D_8 格点的数值, 此时量化器输出 D_8 格点的量化值为:

$$10 \quad f_{D_8}(x) = \begin{cases} f(X), & \text{if } f(X) \in D_8 \\ g(X), & \text{if } g(X) \in D_8 \end{cases}$$

将待量化矢量量化到 D_8 格点的方法及求解 D_8 格点索引的具体步骤如下:

步骤 107a : 待量化矢量的能量规整;

15 量化之前需要对待量化矢量进行能量规整。根据待量化矢量所在编码子带 j 所分配的比特数 $region_bit(j)$, 从表 2 中查询到该比特数所对应的码本序号 (index) 和能量缩放因子 (scale); 然后根据下面的公式对待量化矢量进行能量规整:

$$\tilde{Y}_{j,scale}^m = (Y_j^m - \mathbf{a}) * scale(index)$$

其中, Y_j^m 表示编码子带 j 中第 m 个归一化后的待量化 8 维矢量, $\tilde{Y}_{j,scale}^m$ 表示对 Y_j^m 进行能量规整后的 8 维矢量, $\mathbf{a} = (2^{-6}, 2^{-6}, 2^{-6}, 2^{-6}, 2^{-6}, 2^{-6}, 2^{-6}, 2^{-6})$ 。

20 表 2 塔式格型矢量量化比特数与码本序号、能量缩放因子及最大塔面能量半径的对应关系

比特数 <i>region_bit</i>	码本序号 <i>Index</i>	能量缩放因子 <i>Scale</i>	最大塔面能量半径 <i>LargeK</i>
--------------------------	----------------------	------------------------	---------------------------

1	0	0.5	2
1.5	1	0.65	4
2	2	0.85	6
2.5	3	1.2	10
3	4	1.6	14
3.5	5	2.25	22
4	6	3.05	30
4.5	7	4.64	44

步骤 107b : 对规整后的矢量进行格点量化;

将能量规整后的 8 维矢量 $\tilde{Y}_{j,scale}^m$ 量化到 D_8 格点 \tilde{Y}_j^m 上:

$$\tilde{Y}_j^m = f_{D_8}(\tilde{Y}_{j,scale}^m)$$

5 其中, $f_{D_8}(\bullet)$ 表示将某个 8 维矢量映射到 D_8 格点的量化算子。

步骤 107c : 根据 D_8 格点 \tilde{Y}_j^m 的塔面能量对 $\tilde{Y}_{j,scale}^m$ 的能量进行截断;

计算 D_8 格点 \tilde{Y}_j^m 的能量并和编码码本中的最大塔面能量半径 $LargeK(index)$ 进行比较。如果不大于最大塔面能量半径, 则计算该格点在码

本中的索引; 否则将该编码子带规整后的待量化矢量 $\tilde{Y}_{j,scale}^m$ 进行能量截断,

10 直到能量截断后的待量化矢量的量化格点的能量不大于最大塔面能量半径;

这时对能量截断后的待量化矢量持续增加其自身的一个小能量, 直至其量化到 D_8 格点的能量超过最大塔面能量半径; 取最后一个能量不超过最大塔面能量半径的 D_8 格点作为待量化矢量的量化值。具体过程可以用下面伪代码描述:

15 计算 \tilde{Y}_j^m 的塔面能量, 即求编码子带 j 中第 m 个矢量的各分量绝对值之和,

$$temp_K = sum(|\tilde{Y}_j^m|)$$

```


$$Ybak = \tilde{Y}_j^m$$


$$Kbak = temp\_K$$

If  $temp\_K > LargeK(index)$ 
{
5      While  $temp\_K > LargeK(index)$ 
      {
          
$$\tilde{Y}_{j, scale}^m = \tilde{Y}_{j, scale}^m / 2 ,$$

          
$$\tilde{Y}_j^m = f_{D_8}(\tilde{Y}_{j, scale}^m)$$

          
$$temp\_K = sum(|\tilde{Y}_j^m|)$$

10     }
      
$$w = \tilde{Y}_{j, scale}^m / 16$$

      
$$Ybak = \tilde{Y}_j^m$$

      
$$Kbak = temp\_K$$

      While  $temp\_K \leq LargeK(index)$ 
15     {
          
$$Ybak = \tilde{Y}_j^m$$

          
$$Kbak = temp\_K$$

          
$$\tilde{Y}_{j, scale}^m = \tilde{Y}_{j, scale}^m + w$$

          
$$\tilde{Y}_j^m = f_{D_8}(\tilde{Y}_{j, scale}^m)$$

20     }
          
$$temp\_K = sum(|\tilde{Y}_j^m|)$$

      }
    }

$$\tilde{Y}_j^m = Ybak$$


$$temp\_K = Kbak$$


```

这时的 \tilde{Y}_j^m 是最后一个能量不超过最大塔面能量半径的 D_8 格点， $temp_K$ 是该格点的能量。

步骤 107d：生成 D_8 格点 \tilde{Y}_j^m 在码本中的量化索引；

根据以下步骤，通过计算得到 D_8 格点 \tilde{Y}_j^m 在码本中的索引。具体步骤如

5 下：

步骤 1：根据塔面能量的大小，分别对各个塔面上的格点进行标号。

对于维数为 L 的整数格点网格 Z^L ，定义能量半径为 K 的塔面为：

$$S(L, K) = \{Y = (y_1, y_2, \dots, y_L) \in Z^L \mid \sum_{i=1}^L |y_i| = K\}$$

记 $N(L, K)$ 为 $S(L, K)$ 中格点的个数，对于整数格 Z^L 来说， $N(L, K)$ 有如下的

10 递推关系：

$$N(L, 0) = 1 \quad (L \geq 0), \quad N(0, K) = 0 \quad (K \geq 1)$$

$$N(L, K) = N(L-1, K) + N(L-1, K-1) + N(L, K-1) \quad (L \geq 1, K \geq 1)$$

对于能量半径为 K 的塔面上的整数格点 $Y = (y_1, y_2, \dots, y_L) \in Z^L$ ，用 $[0, 1, \dots, N(L, K)-1]$ 中的某一个数 b 来标识，并称 b 为该格点的标号。求解标号

15 b 的步骤如下：

步骤 1.1：令 $b=0$ ， $i=1$ ， $k=K$ ， $l=L$ ，根据上述的递推公式，计算 $N(m, n)$ ， $(m \leq L, n \leq K)$ 。定义：

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} 1 & x > 0 \\ 0 & x = 0 \\ -1 & x < 0 \end{cases}$$

步骤 1.2：如果 $y_i=0$ ，则 $b=b+0$ ；

20 果 $|y_i|=1$ ，则 $b = b + N(l-1, k) + \left\lceil \frac{1 - \text{sgn}(y_i)}{2} \right\rceil N(l-1, k-1)$ ；

如果 $|y_i|>1$ ，则

$$b = b + N(l-1, k) + 2 \sum_{j=1}^{|y_i|-1} N(l-1, k-j) \\ + \left[\frac{1 - \text{sgn}(y_i)}{2} \right] N(l-1, k - |y_i|)$$

步骤 1.3: $k = k - |y_i|, l = l - 1, i = i + 1$, 如果此时 $k = 0$, 则停止搜索, b 为 Y 的标号, 否则继续步骤 1.2)。

步骤 2: 对所有塔面上的格点进行统一标号。

5 根据各个塔面的格点数和每个格点在各自塔面上的标号, 计算每个格点在全体塔面中的标号:

$$\text{index_}b(j, m) = b(j, m) + \sum_{kk=0}^{K-2} N(8, kk)$$

其中, kk 为偶数。此时的 $\text{index_}b(j, m)$ 即为 D_8 格点 \tilde{Y}_j^m 在码本中的索引。也就是编码子带 j 中第 m 个 8 维矢量的索引。

10 步骤 107e: 重复步骤 107a ~107d, 直到所有编码比特大于 0 的编码子带的各个 8 维矢量都完成索引生成; 转向步骤 109。

步骤 108: 对高比特编码子带采用球型格型矢量量化方法进行量化, 此时子带 j 所分配到的比特数满足: $5 \leq \text{region_bit}(j) \leq 9$;

此处同样采用基于 D_8 格的 8 维格型矢量量化。

15 步骤 108a: 根据编码子带 j 中单个频域系数所分配到的比特数 $\text{region_bit}(j)$ 对该编码子带归一化后的第 m 个待量化矢量 Y_j^m 进行如下能量规整:

$$\hat{Y}_j^m = \beta(Y_j^m - \mathbf{a})$$

其中, $\mathbf{a} = (2^{-6}, 2^{-6}, 2^{-6}, 2^{-6}, 2^{-6}, 2^{-6}, 2^{-6}, 2^{-6})$,

$$\beta = \frac{2^{\text{region_bit}(j)}}{\text{scale}(\text{region_bit}(j))},$$

20 而 $\text{scale}(\text{region_bit}(j))$ 表示编码子带中单个频域系数的比特分配数为 $\text{region_bit}(j)$ 时的能量缩放因子, 根据表 3 可查到它们的对应关系。

表 3 球型格型矢量量化的比特分配数与能量缩放因子的对应关系

比特分配数 <i>region_bit</i>	能量缩放因子 <i>scale</i>
5	6
6	6.2
7	6.5
8	6.2
9	6.6

步骤 108b: 生成 D_8 格点的索引矢量。

将编码子带 j 中进行能量缩放后的第 m 个待量化矢量 \hat{Y}_j^m 映射到 D_8 的格点 \tilde{Y}_j^m 上:

$$5 \quad \tilde{Y}_j^m = f_{D_8}(\hat{Y}_j^m)$$

判断 $f_{D_8}(\tilde{Y}_j^m / 2^{\text{region_bit}(j)})$ 是否为零矢量, 即它的各个分量是否都为零, 如果是则称为零矢量条件满足, 否则称为零矢量条件不满足。

如果零矢量条件满足, 那么索引矢量可由下面的索引矢量生成公式得到:

$$\mathbf{k} = (\tilde{Y}_j^m \mathbf{G}^{-1}) \bmod 2^{\text{region_bit}(j)}$$

10 输出此时 D_8 格点 \tilde{Y}_j^m 的索引矢量 \mathbf{k} , 其中 \mathbf{G} 为 D_8 格点的生成矩阵, 形式如下:

$$\mathbf{G} = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

如果零矢量条件不满足, 将矢量 \hat{Y}_j^m 的值除以 2, 直至零矢量条件 $f_{D_8}(\tilde{Y}_j^m / 2^{\text{region_bit}(j)})$ 成立; 并备份 \hat{Y}_j^m 自身的小倍数值为 w , 然后对缩减后的矢

量 \hat{Y}_j^m 加上备份的小倍数值 w ，再量化到 D_8 格点，判断零矢量条件是否满足；如果零矢量条件不满足，则根据索引矢量计算公式得到最近满足零矢量条件的 D_8 格点的索引矢量 \mathbf{k} ，否则继续对矢量 \hat{Y}_j^m 增加备份的小倍数值 w ，然后再量化到 D_8 格点，直至零矢量不条件满足；最后根据索引矢量计算公式得到最近满足零矢量条件的 D_8 格点的索引矢量 \mathbf{k} ；输出 D_8 格点 \tilde{Y}_j^m 的索引矢量 \mathbf{k} 。

这个过程也可通过下面的伪代码描述：

```

temp_D = fD8( $\tilde{Y}_j^m / 2^{\text{region\_bit}(j)}$ )
Ybak =  $\tilde{Y}_j^m$ 
Dbak = temp_D
10 While temp_D ≠ 0
{
 $\hat{Y}_j^m = \hat{Y}_j^m / 2$ 
 $\tilde{Y}_j^m = f_{D_8}(\hat{Y}_j^m)$ 
temp_D = fD8( $\tilde{Y}_j^m / 2^{\text{region\_bit}(j)}$ )
15 }
w =  $\hat{Y}_j^m / 16$ 
Ybak =  $\tilde{Y}_j^m$ 
Dbak = temp_D
20 While temp_D = 0
{
Ybak =  $\tilde{Y}_j^m$ 
Dbak = temp_D

```

$$\hat{Y}_j^m = \hat{Y}_j^m + w$$

$$\tilde{Y}_j^m = f_{D_8}(\hat{Y}_j^m)$$

$$temp_D = f_{D_8}(\tilde{Y}_j^m / 2^{region_bit(j)})$$

$$\}$$

5 $\tilde{Y}_j^m = Ybak$

$k = (\tilde{Y}_j^m \mathbf{G}^{-1}) \bmod 2^{region_bit(j)}$

转向步骤 110;

步骤 109: 对低比特编码子带的矢量量化索引进行编码, 此时子带 j 所分配的比特数满足: $1 \leq region_bit(j) < 5$;

10 根据塔型格型矢量量化方法得到各个编码子带中每个 8 维矢量的矢量量化索引 $index_b(j,k)$, 其中 k 表示编码子带 j 的第 k 个 8 维矢量。对量化索引 $index_b(j,k)$ 进行霍夫曼编码的步骤如下:

15 步骤 109a: 在单个频域系数所分配到的比特数为大于 1 小于 5 但除去 2 的所有编码子带中, 对每个矢量量化索引的自然二进制码中每 4 位分成一组并对其进行霍夫曼编码。

步骤 109b: 在单个频域系数所分配到的比特数为 2 的所有编码子带中, 对每个 8 维矢量的塔型格型矢量量化索引使用 15 个比特进行编码。在 15 个比特中, 对 3 组 4 位比特和 1 组 3 位比特分别进行霍夫曼编码。

20 步骤 109c: 当编码子带的单个频域系数所分配到的比特数为 1 时, 如果量化索引小于 127, 则对量化索引使用 7 个比特进行编码, 把 7 个比特分成 1 组 3 比特和 1 组 4 比特, 分别对两组进行霍夫曼编码; 如果量化索引等于 127, 则它的自然二进制码值为 "1111 1110", 把前面 7 个 1 分成 1 组 3 比特和 1 组 4 比特, 分别对两组进行霍夫曼编码; 如果量化索引等于 128, 则它的自然二进制码值为 "1111 1111", 把前面 7 个 1 分成 1 组 3 比特和 1 组 4 比特, 分别

25 对两组进行霍夫曼编码。

对量化索引进行霍夫曼编码的方法可用如下伪代码描述:

在所有的 $region_bit(j) = 1.5$ 和 $2 < region_bit(j) < 5$ 的编码子带内

{

n 在 $[0, region_bit(j) \times 8/4 - 1]$ 的范围内, 步长为 1 递增, 做如下循环:

{

5 将 $index_b(j,k)$ 右移 $4*n$ 位,

计算 $index_b(j,k)$ 低 4 比特位 tmp , 也就是 $tmp = \text{and}(index_b(j,k), 15)$

计算 tmp 在码本中的码字及其比特消耗数:

$plvq_codebook(j,k) = plvq_code(tmp+1);$

$plvq_count(j,k) = plvq_bit_count(tmp+1);$

10 其中 $plvq_codebook(j,k)$, 和 $plvq_count(j,k)$ 分别为 j 子带第 k 个 8 维矢量的霍夫曼编码码本中的码字和比特消耗数; $plvq_bit_count$ 和 $plvq_code$ 根据表 4 查找。

更新采用霍夫曼编码后的比特消耗总数:

$bit_used_huff_all = bit_used_huff_all + plvq_bit_count(tmp+1);$

15 }

}

在 $region_bit(j) = 2$ 的编码子带内

{

20 n 在 $[0, region_bit(j) \times 8/4 - 2]$ 的范围内, 步长为 1 递增, 做如下循环:

{

将 $index_b(j,k)$ 右移 $4*n$ 位,

计算 $index_b(j,k)$ 低 4 比特位 tmp , 也就是 $tmp = \text{and}(index_b(j,k), 15)$

计算 tmp 在码本中的码字及其比特消耗:

25 $plvq_count(j,k) = plvq_bit_count(tmp+1);$

plvq_codebook(j,k) = plvq_code (tmp+1);

其中 plvq_count(j,k), 和 plvq_codebook(j,k)分别为 j 子带第 k 个 8 维矢量的霍夫曼比特消耗数和码字; plvq_bit_count 和 plvq_code 根据表 4 查找。

更新采用霍夫曼编码后的比特消耗总数:

5 bit_used_huff_all = bit_used_huff_all + plvq_bit_count(tmp+1);
}

{

下面需要处理一个 3 比特情况:

在 $index_b(j,k)$ 右移 $[region_bit(j) \times 8/4 - 2] * 4$ 位后,

10 计算 $index_b(j,k)$ 低 3 比特位 tmp , 也就是 $tmp = \text{and}(index_b(j,k), 7)$

计算 tmp 在码本中的码字及其比特消耗:

plvq_count(j,k) = plvq_bit_count_r2_3(tmp+1);

plvq_codebook(j,k) = plvq_code_r2_3(tmp+1);

15 其中 plvq_count(j,k), 和 plvq_codebook(j,k)分别为 j 子带第 k 个 8 维矢量的霍夫曼比特消耗数和码字; plvq_bit_count_r2_3 和 plvq_code_r2_3 根据表 5 查找。

更新采用霍夫曼编码后的比特消耗总数:

bit_used_huff_all = bit_used_huff_all + plvq_bit_count(tmp+1);
}

20 }

在 $region_bit(j) = 1$ 的编码子带内

{

如果 $index_b(j,k) < 127$

25 {

{

计算 $index_b(j,k)$ 低 4 比特位 tmp , 也就是 $tmp = \text{and}(index_b(j,k), 15)$

计算 tmp 在码本中的码字及其比特消耗:

$plvq_count(j,k) = plvq_bit_count_r1_4(tmp+1);$

5 $plvq_codebook(j,k) = plvq_code_r1_4(tmp+1);$

其中 $plvq_count(j,k)$, 和 $plvq_codebook(j,k)$ 分别为 j 子带第 k 个 8 维矢量的霍夫曼比特消耗数和码字; $plvq_bit_count_r1_4$ 和 $plvq_code_r1_4$ 根据表 6 查找。

更新采用霍夫曼后的比特消耗总数:

10 $bit_used_huff_all = bit_used_huff_all + plvq_bit_count(tmp+1);$

}

{

下面需要处理一个 3 比特情况:

15 将 $index_b(j,k)$ 右移 4 位,

计算 $index_b(j,k)$ 低 3 比特位 tmp , 也就是 $tmp = \text{and}(index_b(j,k), 7)$

计算 tmp 在码本中的码字及其比特消耗:

$plvq_count(j,k) = plvq_bit_count_r1_3(tmp+1);$

$plvq_codebook(j,k) = plvq_code_r1_3(tmp+1);$

20 其中 $plvq_count(j,k)$, 和 $plvq_codebook(j,k)$ 分别为 j 子带第 k 个 8 维矢量的霍夫曼比特消耗数和码字; 码本 $plvq_bit_count_r1_3$ 和 $plvq_code_r1_3$ 根据表 7 查找。

更新采用霍夫曼后的比特消耗总数:

$bit_used_huff_all = bit_used_huff_all + plvq_bit_count(tmp+1);$

25 }

}

如果 $index_b(j,k)=127$

{ 它的二进制值为"1111 1110"

5 对于前三个"1"和后四个"1"分别查找表 7 和表 6 的霍夫曼码表, 计算方法同前面 $index_b(j,k)<127$ 下的情况.

更新采用霍夫曼后的比特消耗总数: 总共需要 8 个比特.

}

如果 $index_b(j,k)=128$

10 { 它的二进制值为"1111 1111"

对于前三个"1"和后四个"1"分别查找表 7 和表 6 的霍夫曼码表, 计算方法同前面 $index_b(j,k)<127$ 下的情况.

更新采用霍夫曼后的比特消耗总数: 总共需要 8 个比特.

}

15

}

表 4 塔式矢量量化霍夫曼码表

<i>Tmp</i>	Plvq_bit_count	plvq_code
0	2	0
1	4	6
2	4	1
3	4	5
4	4	3
5	4	7
6	4	13

7	4	10
8	4	11
9	5	30
10	5	25
11	5	18
12	5	9
13	5	14
14	5	2
15	4	15

表 5 塔式矢量量化霍夫曼码表

<i>Tmp</i>	Plvq_bit_count_r2_3	plvq_code_r2_3
0	1	0
1	4	1
2	4	15
3	5	25
4	3	3
5	3	5
6	4	7
7	5	9

5

表 6 塔式矢量量化霍夫曼码表

<i>Tmp</i>	Plvq_bit_count_r1_4	plvq_code_r1_4
0	3	7

1	5	13
2	5	29
3	4	14
4	4	3
5	4	6
6	4	1
7	4	0
8	4	8
9	4	12
10	4	4
11	4	10
12	4	9
13	4	5
14	4	11
15	4	2

表 7 塔式矢量量化霍夫曼码表

<i>Tmp</i>	Plvq_bit_count_r1_3	plvq_code_r1_3
0	2	1
1	3	0
2	3	2
3	4	7
4	4	15
5	3	6
6	3	4

7	3	3
---	---	---

步骤 109d: 判断霍夫曼编码是否节省比特。

将所有低比特编码子带的集合记为 C, 计算属于 C 中所有编码子带的 8 维矢量的量化矢量索引经过霍夫曼编码后消耗比特的总数 $bit_used_huff_all$ 。

5 将 $bit_used_huff_all$ 和给 C 中所有编码子带说分配比特数的总数 $sum(bit_band_used(j), j \in C)$ 进行比较, 如果 $bit_used_huff_all < sum(bit_band_used(j), j \in C)$, 则传输霍夫曼编码后的量化矢量索引, 同时设置霍夫曼编码标志 $Flag_huff_PLVQ$ 为 1; 否则, 直接对量化矢量索引进行自然编码, 并设置霍夫曼编码标志 $Flag_huff_PLVQ$ 为 0。

10 步骤 109e: 比特分配数的修正。

若霍夫曼编码标志 $Flag_huff_PLVQ$ 为 0, 则不修正编码子带的比特分配。若霍夫曼编码标志 $Flag_huff_PLVQ$ 为 1, 则利用霍夫曼编码节省下来的比特对编码子带的比特分配进行修正。

如图 2 所示, 比特分配修正流程具体包括如下步骤:

15 步骤 109f: 计算霍夫曼编码节省的比特数, 令 $count=0$:

$$diff_huff = sum(bit_band_used(j), j \in C) - bit_used_huff_all$$

步骤 109g: 如果 $diff_huff$ 大于零, 则在各 $rk(j)$ ($j=0, \dots, L-1$) 中寻找最大值 $rk(j_k)$, 用公式表示为:

$$j_k = \arg \max_{j=0, \dots, L-1} [rk(j)]$$

20 步骤 109h: 判断 $region_bit(j_k)+1$ 是否小于等于 9, 如果是则执行步骤 109i, 否则将 j_k 对应的编码子带的重要性调整到最低 (例如令 $rk(j_k)=-100$), 表示无需再对该编码子带的比特分配数进行修正, 并跳转至步骤 109g。

步骤 109i: 判断 $diff_huff - (region_bit(j_k)+1) \times BandWidth(j_k)$ 是否大于等于 0, 如果大于等于 0, 则执行步骤 109j, 即修正编码子带 j_k 的比特分配数 $region_bit(j_k)$, 降低子带重要性 $rk(j_k)$ 的值, 令比特分配修正迭代次数 $count=count+1$, 并对编码子带 j_k 重新进行矢量量化和霍夫曼编码, 最后更新

diff_huff 的值；否则比特分配修正流程结束。

步骤 109j: 在比特分配修正过程中, 对比特分配数为 0 的编码子带分配 1 个比特, 比特分配后重要性降低 1, 对比特分配数大于 0 且小于 5 的编码子带分配 0.5 个比特, 比特分配后重要性降低 0.5, 对比特分配数大于 5 的编码子带分配 1 个比特, 比特分配后重要性降低 1。

步骤 109k: 判断比特分配修正迭代次数 *count* 是否小于等于 Maxcount, 如果是, 则跳转至步骤 109f, 否则比特分配修正流程结束。

上述 Maxcount 为比特分配修正迭代次数上限值, 该值由编码比特流及其采样率决定, 本实施例中采用 Maxcount=31。

10 转向步骤 111。

步骤 110: 对高比特编码子带的矢量量化索引进行编码, 此时子带 *j* 所分配的比特数满足: $5 \leq \text{region_bit}(j) \leq 9$ 。

根据 108 的方法, 对编码比特数为 5 到 9 的编码子带中的 8 维矢量进行量化后得到矢量索引 $k = \{k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6, k_7, k_8\}$, 根据单个频域系数所分配到的比特数对索引矢量 *k* 的各个分量进行直接编码, 得到该矢量的编码比特。

步骤 111: 对上述核心层中经过矢量量化的频域系数进行反量化, 并与原始的经过 MDCT 后得到的频域系数进行差计算, 得到核心层的残差信号。

步骤 112: 对核心层的残差信号进行与频域系数相同的子带划分, 根据核心层的编码子带幅值包络量化指数和核心层的比特分配数 (即各 $\text{region_bit}(j)$, $j=0, \dots, L_{\text{core}} - 1$) 计算出核心层残差信号子带的幅值包络量化指数。

本步骤可以采用如下子步骤实现:

步骤 112a: 根据核心层各编码子带中单个频域系数所分配的比特数 $\text{region_bit}(j)$, $j=0, \dots, L_{\text{core}} - 1$, 计算得到核心层残差信号幅值包络量化指数的修正值 $\text{diff}(\text{region_bit}(j))$, $j=0, \dots, L_{\text{core}} - 1$;

其中, $\text{region_bit}(j) = 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 6, 7, 8$, $j=0, \dots, L_{\text{core}} - 1$, 而幅值包络量化指数修正值可通过以下规则进行设置:

- $\text{diff}(\text{region_bit}(j)) \geq 0$; 且
- 当 $\text{region_bit}(j) > 0$ 时, $\text{diff}(\text{region_bit}(j))$ 随着 $\text{region_bit}(j)$ 值的增大而不减。

5 为了得到更好的编解码效果, 可以对各比特分配数 (region_bit) 下计算出的子带幅值包络量化指数和直接从残差信号计算出的子带幅值包络量化指数的差值进行统计, 得到概率最高的幅值包络量化指数修正值, 如表 8 所示:

region_bit	diff
1	1
1.5	2
2	3
2.5	4
3	5
3.5	5
4	6
4.5	7
5	7
6	9
7	10
8	12

表 8

步骤 112b: 根据核心层中编码子带 j 的幅值包络量化指数和表 8 中的量化指数修正值, 计算出核心层残差信号第 j 个子带的幅值包络量化指数:

$$10 \quad Th'_q(j) = Th_q(j) - \text{diff}(\text{region_bit}(j)), \quad j=0, \dots, L_{\text{core}} - 1$$

其中, $Th_q(j)$ 是核心层中编码子带 j 的幅值包络量化指数。

需要注意的是, 当核心层中某个编码子带的比特分配数为 0 时, 则无需对核心层残差信号的编码子带幅值包络进行修正, 这时核心层的残差信号子带幅值包络值与核心层的编码子带幅值包络值相同。

此外，当核心层中某个编码子带比特分配数 $\text{region_bit}(j)=9$ 时，置核心层残差信号第 j 个编码子带的量化幅值包络值为零。

步骤 113: 在扩展层中对各编码子带进行比特分配:

5 扩展层的编码信号由核心层的残差信号，和核心层频率范围以上的 MDCT 系数构成。扩展层子带划分由表 1 决定。子带 $0, \dots, L_{\text{core}} - 1$ 中的编码信号是核心层残差信号， $L_{\text{core}}, \dots, L - 1$ 中的编码信号是相应子带中的 MDCT 系数。

10 根据计算出的核心层残差信号的子带幅值包络量化指数、扩展层中的 MDCT 系数构成编码子带的幅值包络量化指数以及扩展层可用比特数，采用与核心层相同的比特分配方案在整个扩展层频带范围内计算扩展层各编码子带重要性的初始值，并对各个编码子带进行比特分配。

15 本实施例中，扩展层频带范围是 $0 \sim 13.6\text{kHz}$ 。音频流的总码率为 64kbps ，核心层的码率为 32kbps ，则扩展层的最大码率为 64kbps 。根据核心层码率和扩展层最大码率计算出扩展层中总的可用的比特数，然后进行比特分配，直至比特完全消耗。

步骤 114: 根据扩展层各编码子带幅值包络量化指数和相应的比特分配数，对扩展层编码信号进行归一化、矢量量化和编码，得到编码信号的编码比特。其中，扩展层中编码信号的矢量构成、矢量量化方法和编码方法分别与核心层中频域系数的矢量构成、矢量量化方法和编码方法相同。

20 步骤 115: 如图 3a 所示，采用如下方式构造可分层编码码流: 首先将核心层的边信息按如下顺序写入比特流复用器 MUX， Flag_huff_rms 、 $\text{Flag_huff_PLVQ_core}$ 和 count ; 然后将核心层的编码子带幅值包络编码比特写入 MUX，然后将核心层频域系数的编码比特写入 MUX; 然后将扩展层的矢量编码霍夫曼编码标志位 $\text{Flag_huff_PLVQ_ext}$ 和扩展层迭代次数 count_ext 25 写入 MUX，然后将扩展层中 MDCT 系数构成的编码子带 ($L_{\text{core}}, \dots, L - 1$) 的幅值包络编码比特写入 MUX，然后将扩展层编码信号的编码比特写入 MUX; 最后将按上述顺序写成的可分层码流传送到解码端;

其中，扩展层编码信号编码比特的写入顺序按照各编码子带重要性的初

始值排序。即重要性初始值大的编码子带的编码比特优先写入码流，对于具有相同重要性的编码子带，低频编码子带优先。

5 由于扩展层中的残差信号的幅值包络是由核心层的幅值包络和比特分配数计算出来的，因此不用传送到解码端。这样既可以增加核心层带宽的编码精度又不必附加比特用以传送残差信号的幅值包络值。

步骤 116: 根据码率的大小构造码率层。

根据所要求传送的码率，把比特流复用器后部不必要的比特舍去后，将满足码率要求的比特数传送到解码端。即按照编码子带重要性从小到大的顺序舍去不必要的比特。

10 在本实施例中，编码频带范围为 0 ~ 13.6kHz，最大码率为 64kbps，按码率分层的方法如下：

将编码频带范围 0 ~ 6.4kHz 内的 MDCT 频域系数划分成核心层，核心层所对应的最大码率是 32kbps，记为 L0 层；扩展层的编码频带范围为 0 ~ 13.6kHz，其最大码率为 64kbps，记为 L_{1_5} 层；

15 在送到解码端之前，根据舍去比特数的多少可以将码率划分为 L_{1_1} 层，对应 36kbps，L_{1_2} 层，对应 40kbps，L_{1_3} 层，对应 48kbps，L_{1_4} 层，对应 56kbps 及 L_{1_5} 层，对应 64kbps。

图 10 表示了根据频带范围分层和根据码率分层的关系。

20 图 3 是本发明第一实施例增强型可分层音频编码系统的结构示意图，如图 3 所示，该系统包含：MDCT 单元 301、幅值包络计算单元 302、幅值包络量化和编码单元 303、核心层比特分配单元 304、核心层频域系数矢量量化和编码单元 305、扩展层编码信号生成单元 306、残差信号幅值包络生成单元 307、扩展层比特分配单元 308、扩展层编码信号矢量量化和编码单元 309、比特流复用器 (MUX) 310；其中：

25 MDCT 单元设置为，对输入的音频流进行 MDCT，生成频域系数；

幅值包络计算单元设置为，将 MDCT 单元输出的频域系数进行子带划分，并计算各编码子带的频域幅值包络值。根据幅值包络对应的子带位置，它可分成核心层的幅值包络和扩展成的幅值包络；

幅值包络量化和编码单元设置为，对幅值包络计算单元输出的各编码子带的幅值包络值进行量化和编码，生成子带幅值包络的量化指数和幅值包络量化指数的编码比特；

5 核心层比特分配单元设置为，根据幅值包络量化和编码单元输出的子带幅值包络的量化指数计算各编码子带重要性的初始值，并根据各编码子带的重要性进行核心层的比特分配；

核心层频域系数矢量量化和编码单元设置为，利用量化后的各编码子带的幅值包络值对该编码子带中的频域系数进行归一化处理，然后对需要编码的频域系数进行矢量量化和编码，生成频域系数的矢量量化值和编码比特；

10 扩展层编码信号生成单元设置为，对上述经过矢量量化的频域系数进行反量化，并与MDCT单元输出的核心层频带范围以内的频域系数进行差计算，得到核心层残差信号。核心层残差信号和MDCT单元输出的核心层范围以上的频域系数构成扩展层编码信号；

15 残差信号幅值包络生成单元设置为，对残差信号进行与频域系数相同的子带划分，根据核心层各编码子带的幅值包络量化指数和比特分配数计算出残差信号各编码子带的幅值包络量化指数；

扩展层比特分配单元设置为，在扩展层对各编码子带进行比特分配，生成扩展层各编码子带的比特分配数；

20 编码信号矢量量化和编码单元设置为，根据扩展层的编码信号子带幅值包络量化指数和相应的比特分配数对编码信号归一化、矢量量化和编码得到编码信号的编码比特；

比特流复用器设置为，将边信息、编码子带幅值包络编码比特、核心层频域系数的编码比特、扩展层的编码信号的编码比特发送给解码端。

图3中的各单元(模块)的具体功能详见对图1所示流程的描述。

25 图4是本发明第一实施例增强型可分层音频解码方法的流程图。如图4所示，该方法包括：

步骤401：从编码端传送过来的可分层码流中(即从比特流解复用器DeMUX中)提取一帧的编码比特；

提取出编码比特后，首先对边信息进行解码，然后根据 $Flag_huff_rms$ 的值对该帧中核心层的各幅值包络编码比特进行霍夫曼解码或直接解码，得到核心层各编码子带的幅值包络量化指数 $Th_q(j)$, $j=0, \dots, L_core - 1$ 。

5 步骤 402: 根据核心层各编码子带的幅值包络量化指数计算出核心层各编码子带重要性初始值，并利用子带重要性对核心层各编码子带进行比特分配，得到核心层的比特分配数；解码端的比特分配方法和编码端的比特分配方法完全相同。在比特分配过程中，比特分配步长及比特分配后编码子带重要性降低的步长是变化的。

10 在完成上述比特分配过程后，根据编码端核心层的比特分配修正次数 $count$ 值和各编码子带的重要性，对编码子带再进行 $count$ 次比特分配，然后比特分配全过程结束。

15 在比特分配过程中，对比特分配数为 0 的编码子带分配比特的步长是 1 个比特，比特分配后重要性降低的步长为 1，对比特分配数大于 0 且小于某个阈值的编码子带追加分配比特时的比特分配步长为 0.5 个比特，比特分配后重要性降低的步长也为 0.5，对比特分配数大于等于该阈值的编码子带追加分配比特时的比特分配步长为 1，比特分配后重要性降低的步长也为 1；

步骤 403: 利用核心层的比特分配数和各编码子带的量化幅值包络值，并根据 $Flag_huff_PLVQ_core$ 对频域系数的编码比特进行解码、反量化及反归一化处理，得到核心层频域系数。

20 步骤 404: 在对频域系数的编码比特进行解码、反量化时，根据核心层编码子带比特分配数将各个编码子带划分成低比特子带和高比特子带，对低比特子带和高比特子带分别使用塔型格型矢量量化反量化方法和球型格型矢量量化反量化方法进行反量化，转向步骤 405 和步骤 406。

25 步骤 405: 根据边信息，对低比特编码子带进行霍夫曼解码或者直接进行自然解码得到低比特编码子带的塔型格型矢量量化的索引，对所有塔型格型矢量量化的索引进行反量化及反归一化，得到该编码子带的频域系数；转向步骤 407。

405a) 如果 $Flag_huff_PLVQ=0$ ，直接解码得到低比特编码子带 j 的第 m

个矢量量化的索引 $\text{index_b}(j,m)$, 如果 $\text{Flag_huff_PLVQ}=1$, 那么根据编码子带单个频域系数的比特分配数所对应的霍夫曼编码码表, 得到低比特编码子带 j 的第 m 个矢量量化的索引 $\text{index_b}(j,m)$;

5 当编码子带的单个频域系数所分配到的比特数为 1 时, 如果量化索引的自然二进制码值小于 "1111 111", 则按照自然二进制码值计算量化索引; 如果量化索引的自然二进制码值等于 "1111 111", 则继续读入下一位比特, 如果下一位比特是 0, 则量化索引值为 127, 如果下一位比特是 1, 则量化索引值为 128。

10 405b) 对该量化索引的塔式格型矢量反量化的过程实际上是矢量量化过程 107 的逆过程, 反量化过程如下:

405c) 确定矢量量化索引所在的能量塔面及在该能量塔面上的标号:

在塔面能量从 2 到 $\text{LargeK}(\text{region_bit}(j))$ 中寻找 kk , 使得下面的不等式满足:

$$N(8,kk) \leq \text{index_b}(j,m) < N(8,kk+2),$$

15 如果找到这样的 kk , 则 $K=kk$ 为量化索引 $\text{index_b}(j,m)$ 所对应 D_8 格点所在塔面的能量, $b = \text{index_b}(j,m) - N(8,kk)$ 为该 D_8 格点在所在塔面上的索引标号;

如果找不到这样的 kk , 则量化索引 $\text{index_b}(j,m)$ 所对应 D_8 格点的塔面能量 $K=0$ 及索引标号 $b=0$;

20 405d) 求解塔面能量为 K 和索引标号为 b 的 D_8 格点矢量 $Y=(y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8)$ 的具体步骤如下:

步骤 1: 令 $Y=(0,0,0,0,0,0,0,0)$, $x_b=0$, $i=1$, $k=K$, $l=8$;

步骤 2: 如果 $b=x_b$ 那么 $y_i=0$; 跳转至步骤 6;

步骤 3: 如果 $b < x_b + N(l-1, k)$, 则 $y_i=0$, 跳转至步骤 5;

否则, $x_b = x_b + N(l-1, k)$; 令 $j=1$;

25 步骤 4: 如果 $b < x_b + 2 * N(l-1, k-j)$, 则

如果 $x_b \leq b < x_b + N(l-1, k-j)$, 则 $y_i=j$;

如果 $b \geq x_b + N(l-1, k-j)$, 则 $y_i=-j$, $x_b = x_b + N(l-1, k-j)$;

否则 $x_b = x_b + 2 * N(l-1, k-j)$, $j = j + 1$; 继续本步骤;

步骤 5: 更新 $k = k - |y_i|$, $l = l - 1$, $i = i + 1$, 如果 $k > 0$, 则跳转到步骤 2;

步骤 6: 如果 $k > 0$, 则 $y_8 = k - |y_i|$, $Y = (y_1, y_2, \dots, y_8)$ 为所求格点。

405e) 对所求 D_8 格点进行能量反规整, 得到

$$5 \quad \bar{Y}_j^m = (Y + \mathbf{a}) / scale(index)$$

其中, $\mathbf{a} = (2^{-6}, 2^{-6}, 2^{-6}, 2^{-6}, 2^{-6}, 2^{-6}, 2^{-6}, 2^{-6})$, $scale(index)$ 是缩放因子, 可从表 2 查找到。

405f) 对 \bar{Y}_j^m 进行反归一化处理, 得到解码端恢复出的编码码子带 j 的第 m 个矢量的频域系数:

$$10 \quad \bar{X}_j^m = 2^{Th_q(j)/2} \cdot \bar{Y}_j^m$$

其中, $Th_q(j)$ 为第 j 个编码码子带的幅值包络量化指数。

步骤 406: 对高比特编码码子带直接解码得到高比特编码码子带的矢量量化索引, 对所有矢量量化索引进行反量化及反归一化, 得到该编码码子带的频域系数。

15 对高比特编码码子带的编码比特直接进行自然解码得到高比特编码码子带 j 的第 m 个索引矢量 \mathbf{k} , 对该索引矢量进行球型格型矢量量化的反量化过程实际上是量化过程的逆过程, 具体步骤如下:

406a) 计算 $x = \mathbf{k} * \mathbf{G}$, 并计算 $ytemp = x / (2^{(region_bit(j))})$; 其中, \mathbf{k} 为矢量量化的索引矢量, $region_bit(j)$ 表示编码码子带 j 中单个频域系数的比特分配数;

20 \mathbf{G} 为 D_8 格点的生成矩阵, 形式如下:

$$\mathbf{G} = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

406b) 计算 $y = x - f_{D8}(ytemp) * (2^{(region_bit(j))})$;

406c) 对所求 D_8 格点进行能量反规整, 得到

$$\bar{Y}_j^m = y * scale(region_bit(j)) / (2^{region_bit(j)}) + \mathbf{a},$$

其中, $\mathbf{a} = (2^{-6}, 2^{-6}, 2^{-6}, 2^{-6}, 2^{-6}, 2^{-6}, 2^{-6}, 2^{-6})$, $scale(region_bit(j))$ 是缩放因子, 可从表 3 查找到。

- 5 406d) 对 \bar{Y}_j^m 进行反归一化处理, 得到解码端恢复出的编码子带 j 的第 m 个矢量的频域系数:

$$\bar{X}_j^m = 2^{Th_q(j)/2} \cdot \bar{Y}_j^m$$

其中, $Th_q(j)$ 为第 j 个编码子带的幅值包络量化指数。

- 10 步骤 407: 利用核心层各编码子带的幅值包络量化指数和核心层的比特分配数计算核心层残差信号的子带幅值包络量化指数; 解码端的计算方法与编码端的计算方法完全相同。

根据 $Flag_huff_rms$ 的值对核心层频域范围以上的各幅值包络编码比特进行霍夫曼解码或直接解码, 得到扩展层相应编码子带的幅值包络量化指数 $Th_q(j)$, $j=L_core, \dots, L-1$ 。

- 15 步骤 408: 扩展层编码信号是由核心层残差信号和扩展层频域系数构成, 根据扩展层各编码子带的幅值包络量化指数计算各编码子带重要性的初始值, 并使用各编码子带的重要性对扩展层各编码子带进行比特分配, 得到扩展层各编码子带的比特分配数; 解码端的编码子带重要性初始值的计算和比特分配方法与编码端的编码子带重要性初始值的计算方法和比特分配方法相
20 同。

步骤 409: 计算扩展层编码信号。

利用扩展层的比特分配数对编码信号的编码比特进行解码和反量化, 并利用扩展层各编码子带的量化幅值包络值对反量化后的数据进行反归一化, 得到扩展层的编码信号。

- 25 扩展层的解码及反量化的方法和核心层解码及反量化的方法相同。

本步骤中, 各编码子带解码的顺序是根据各个编码子带重要性的初始值决定的。如果有两个编码子带具有相同的重要性, 则低频编码子带优先解码, 同时计算已解码的比特数, 当已解码的比特数满足总比特数要求时停止解码。

例如，从编码端送往解码端的码率为 64kbps，但是由于网络原因，解码端只能得到码流前面 48kbps 的信息，或解码端只支持 48kbps 的解码，所以当解码端解码到 48kbps 时就停止解码。

5 步骤 410：将扩展层解码得到的编码信号按频率大小重新排列，并将相同频率下的核心层频域系数和扩展层编码信号相加得到频域系数输出值。

步骤 411：对编码过程中未分配编码比特的子带或传输过程中丢失了的子带进行噪声填充。

10 步骤 412：对噪声填充后的频域系数进行 IMDCT (Inverse Modified Discrete Cosine Transform, 修正离散余弦逆变换)，得到最终的音频输出信号。

图 5 是本发明第一实施例增强型可分层音频解码系统的结构示意图，如图 5 所示，该系统包含：比特流解复用器 (DeMUX) 501、核心层幅值包络解码单元 502、核心层比特分配单元 503、核心层解码和反量化单元 504、核
15 心层残差信号幅值包络生成单元 505、扩展层幅值包络解码单元 506、扩展层比特分配单元 507、扩展层编码信号解码和反量化单元 508、频域系数生成单元 509、噪声填充单元 510、IMDCT 单元 511；其中：

比特流解复用器设置为，输出幅值包络编码比特、频域系数编码比特和扩展层编码信号编码比特；

20 核心层幅值包络解码单元设置为，根据边信息中的 $Flag_huff_rms$ 值对比特流解复用器输出的核心层幅值包络编码比特进行霍夫曼解码或直接解码，得到核心层各编码子带的幅值包络量化指数 $Th_q(j)$, $j=0, \dots, L_core-1$ ；

25 核心层比特分配单元设置为，根据核心层幅值包络解码单元输出的核心层各编码子带的幅值包络量化指数计算各编码子带重要性的初始值，并使用各编码子带的重要性对核心层各编码子带进行比特分配，得到核心层的比特分配数；

核心层解码和反量化单元设置为，利用核心层的比特分配数和量化幅值包络值，并根据边信息中的 $Flag_huff_PLVQ_core$ 值对频域系数的编码比特进行解码、反量化及反归一化处理，得到核心层频域系数；

核心层残差信号幅值包络生成单元设置为，利用核心层各编码子带的幅值包络量化指数和核心层的比特分配数计算核心层相应编码子带残差信号的幅值包络量化指数；

5 扩展层幅值包络解码单元设置为，根据边信息中的 Flag_huff_rms 值对比特流解复用器输出的核心层范围以上的幅值包络编码比特进行霍夫曼解码或直接解码，得到扩展层中相应编码子带的幅值包络量化指数 $Th_q(j)$, $j=L_core, \dots, L-1$;

10 扩展层比特分配单元设置为，根据扩展层各编码子带编码信号的幅值包络量化指数计算各编码子带重要性的初始值，并使用各编码子带的重要性对扩展层各编码子带进行比特分配，得到扩展层的比特分配数；

扩展层编码信号解码和反量化单元设置为，利用扩展层的比特分配数对扩展层编码信号的编码比特进行解码，并利用扩展层编码信号编码子带的量化幅值包络值对解码得到的数据进行矢量反量化和反归一化，得到扩展层的编码信号；

15 频域系数生成单元设置为，将核心层解码和反量化单元输出的核心层频域系数和扩展层编码信号解码和反量化单元输出的扩展层编码信号相加，得到频域系数输出值；

噪声填充单元设置为，对频域系数生成单元输出的频域系数输出值中未分配比特的子带进行噪声填充；

20 IMDCT 单元设置为，对噪声填充后的频域系数进行 IMDCT，得到最终的音频输出信号。

第二实施例

25 图 6 是本发明第二实施例扩展型可分层音频编码方法的流程图。本实施例中以帧长为 20ms，采样率为 48kHz 的音频流为例具体说明本发明的可分层音频编码方法。在其它帧长和采样率条件下，本发明的方法同样适用。如图 6 所示，该方法包括：

步骤 601: 对帧长为 20ms、采样率为 48kHz 的音频流实施 MDCT(Modified

Discrete Cosine Transform, 修正离散余弦变换) 得到 N 点频域系数, 在本实施例中 N=960。

本步骤的具体实现方法可参照步骤 101。

5 步骤 602: 将 N 点频域系数分成若干非均匀子带, 计算各编码子带的幅值包络 (简称幅值包络)。

102a: 将所需编码的频带范围内的频域系数分成 L 个子带 (可以称为编码子带);

本实施例中, 所需编码的频带范围是 0~20kHz, 可以按照人耳感知特性进行非均匀子带划分, 表 9 给出了一个具体的划分方式。

10 在表 9 中将 0~20kHz 频带范围内的频域系数划分成 36 个编码子带, 也就是 L=36; 并将 20kHz 以上的频域系数置为 0。

15 在本实施例中, 还划分出核心层的频带范围。选择表 9 中的 0~15 号子带作为核心层的编码子带, 共有 $L_{core}=16$ 个子带, 核心层的频带范围是 0~6.4kHz; 选择表 9 中的 0~27 号子带作为扩展层 1 的编码子带, 共有 L1=28 个编码子带, 扩展层 1 的频率范围是 0~13.6kHz; 选择表 9 中的 0~35 号子带作为扩展层 2 的编码子带, 共有 L=36 个子带, 扩展层 2 频率范围是 0~20kHz。

表 9 实施例 2 中的编码子带

子带序号	起始频率点 (LIndex)	结束频率点 (HIndex)	子带宽度 (BandWidth)
0	0	7	8
1	8	15	8
2	16	23	8
3	24	31	8
4	32	47	16
5	48	63	16
6	64	79	16
7	80	95	16
8	96	111	16
9	112	127	16

10	128	143	16
11	144	159	16
12	160	183	24
13	184	207	24
14	208	231	24
15	232	255	24
16	256	279	24
17	280	303	24
18	304	327	24
19	328	351	24
20	352	375	24
21	376	399	24
22	400	423	24
23	424	447	24
24	448	471	24
25	472	495	24
26	496	519	24
27	520	543	24
28	544	575	32
29	576	607	32
30	608	639	32
31	640	671	32
32	672	703	32
33	704	735	32
34	736	767	32
35	768	799	32

计算各编码子带幅值包络的具体方法可参照步骤 102。

步骤 603: 对各编码子带的幅值包络值进行量化和编码, 得到各编码子带的幅值包络量化指数和幅值包络的编码比特, 幅值包络的编码比特需要传送到 MUX 中。

5

本步骤的具体实现方法可参照步骤 103。

步骤 604: 根据码率失真理论和编码码子带幅值包络信息计算各编码码子带重要性的初始值, 并根据核心层各编码码子带的重要性进行核心层的比特分配。

本步骤的具体实现方法可参照步骤 104。

- 5 步骤 605: 用核心层各编码码子带的量化幅值包络值 ($2^{Th_q(j)/2}$) 对该编码码子带中的各频域系数进行归一化计算, 然后对归一化的频域系数进行分组, 组成若干个矢量; 对所述矢量进行矢量量化和编码, 生成频域系数的矢量量化值和编码比特; 频域系数的编码比特需要传送到 MUX 中。

本步骤的具体实现方法可参照步骤 105 至 110。

- 10 步骤 606: 对上述经过矢量量化的核心层频域系数进行反量化, 并与原始的经过 MDCT 后得到的频域系数进行差计算, 得到核心层残差信号, 记为残差信号 1, 由残差信号 1 和扩展层 1 的频域系数构成扩展层 1 的编码信号; 同样, 由扩展层 $k-1$ 的编码信号与经过矢量量化的扩展层 $k-1$ 的编码信号的反量化值进行差计算得到扩展层 $k-1$ 的残差信号, 记为残差信号 k , 由残差信号 k 和扩展层 k 的频域系数构成扩展层 k 的编码信号。
- 15

步骤 607: 对残差信号 k 进行与扩展层 $k-1$ 的编码信号同样的子带划分, 并计算残差信号 k 的子带幅值包络量化指数。

- 根据核心层的子带幅值包络量化指数和核心层的比特分配数可计算出残差信号 1 的编码码子带幅值包络量化指数。同样, 高扩展层中的残差信号的编码码子带幅值包络量化指数可以利用低扩展层残差信号编码码子带包络量化指数和低扩展层的比特分配数推算出来的; 也就是说, 扩展层 k ($k>1$) 中的残差信号 k 子带包络量化指数是由扩展层 $k-1$ 的编码信号编码码子带包络量化指数和相应的修正值计算出来的。
- 20

本步骤的具体实现方法可参照步骤 112。

- 25 步骤 608: 在各扩展层中对各编码码子带进行比特分配 (即对各扩展层编码信号的各编码码子带进行比特分配)。

根据计算出的扩展层编码信号的幅值包络量化指数, 采用与核心层相同的比特分配方案在各扩展层中计算各编码码子带重要性的初始值, 并对各编码

子带进行比特分配；本实例中音频流的总码率为 96kbps，核心层的码率为 32kbps，扩展层 1 的最大码率为 64kbps，扩展层 2 的最大码率为 96kbps。分别计算各扩展层可提供的编码比特数，然后进行比特分配，直至比特完全消耗。各扩展层的比特分配方法与核心层的比特分配方法相同。

5 步骤 609：根据计算出的扩展层编码信号编码子带的量化幅值包络值和相应的比特分配数，对编码信号进行归一化、矢量量化和编码，得到编码信号的编码比特。其中，各扩展层编码信号的矢量构成，矢量量化方法和编码方法都分别与核心层中频域系数的矢量构成，矢量量化方法和编码方法相同。

10 步骤 610：如图 6a 所示，采用如下方法构造可分层编码码流：首先将核心层的边信息按如下顺序写入比特流复用器 MUX，*Flag_huff_rms*，*Flag_huff_PLVQ_core* 和 *count*；然后将核心层的编码子带幅值包络编码比特写入 MUX，然后将核心层频域系数的编码比特写入 MUX；然后按各扩展层的顺序将扩展层中的 *Flag_huff_PLVQ* 和 *count* 写入 MUX 后，将扩展层频域系数的编码子带幅值包络编码比特写入 MUX，然后将编码信号的编码比特写
15 入 MUX；最后将按上述顺序写成的可分层码流传送到解码端；

其中，编码信号编码比特的写入顺序是按照扩展层从低到高的顺序将各个扩展层的编码比特写入码流；即先写完第 $k-1$ 个扩展层的边信息、频域系数编码子带幅值包络编码比特和编码信号编码比特后再写第 k 个扩展层的边信息、频域系数编码子带幅值包络编码比特和编码信号编码比特。而在各扩
20 展层中，写入编码信号编码比特的顺序是根据各子带的初始重要性排序的；即初始重要性大的子带的编码信号编码比特优先写入码流。

步骤 611：根据码率的大小构造码率层。

25 根据所要求传送的码率，把比特流复用器后部不必要的比特舍去后，将满足码率要求的比特数传送到解码端。即按照编码子带重要性从小到大的顺序舍去不必要的比特。

在本实施例中，编码频带范围为 0~20kHz，最大码率为 96kbps，按码率分层的方法如下：

将编码频带范围 0~6.4kHz 内的 MDCT 频域系数划分成核心层，核心层

所对应的最大码率是 32kbps, 记为 L0 层;

扩展层 1 的编码频带范围为 0 ~ 13.6kHz, 其最大码率为 64kbps, 记为 L_{1_5} 层; 扩展层 2 的编码频带范围为 0 ~ 20kHz, 其最大码率为 96kbps, 记为 L_{2_2} 层;

- 5 在送到解码端之前, 根据舍去比特数的多少可以将 L_{1_5} 层和 L_{2_2} 层之间进一步划分为 L_{2_1} 层, 对应 80kbps 及 L_{2_2} 层, 对应 96kbps。

图 10 表示了根据频带范围分层和根据码率分层的关系。

10 图 7 是本发明第二实施例扩展型可分层音频编码系统的结构示意图, 如图 7 所示, 该系统包含: MDCT 单元 701、幅值包络计算单元 702、幅值包络量化和编码单元 703、核心层比特分配单元 704、频域系数矢量量化和编码单元 705、扩展层编码信号生成单元、残差信号幅值包络生成单元、扩展层比特分配单元、编码信号矢量量化和编码单元、多路复用器 706。

15 图 7 中为了清晰地描述各扩展层之间的数据交互关系, 将扩展层编码信号生成单元进一步划分为: 扩展层编码信号生成单元 1 至扩展层编码信号生成单元 K; 将残差信号幅值包络生成单元进一步划分为: 残差信号幅值包络生成单元 1 至残差信号幅值包络生成单元 K; 将扩展层比特分配单元进一步划分为: 扩展层比特分配单元 1 至扩展层比特分配单元 K; 将编码信号矢量量化和编码单元进一步划分为: 编码信号矢量量化和编码单元 1 至编码信号
20 矢量量化和编码单元 K。

MDCT 单元设置为, 对输入的音频流进行 MDCT, 生成频域系数;

幅值包络计算单元设置为, 将 MDCT 单元输出的频域系数进行子带划分, 并计算各编码子带的频域包络值;

25 幅值包络量化和编码单元设置为, 对幅值包络计算单元输出的各编码子带的幅值包络值进行量化和编码, 生成各编码子带的幅值包络量化指数和幅值包络的编码比特;

核心层比特分配单元设置为, 根据幅值包络量化和编码单元输出的核心层各编码子带的幅值包络量化指数进行核心层的比特分配;

频域系数矢量量化和编码单元设置为, 利用核心层各编码子带的量化幅值包络值对该子带中的频域系数进行归一化处理, 然后对需要编码的频域系数进行矢量量化和编码, 生成核心层频域系数的矢量量化值和编码比特;

5 扩展层编码信号生成单元 1 设置为, 对频域系数矢量量化和编码单元输出的经过矢量量化的频域系数进行反量化, 并与 MDCT 单元输出的频域系数进行差计算, 得到核心层残差信号 (记为残差信号 1), 由残差信号 1 和扩展层 1 的频域系数构成扩展层 1 的编码信号 (记为编码信号 1);

10 扩展层编码信号生成单元 $i+1$ 设置为, 对扩展层 i 的编码信号矢量量化和编码单元 i 输出的经过矢量量化的编码信号 i 进行反量化, 并将其与扩展层编码信号生成单元 i 输出的未经过矢量量化的编码信号 i 进行差计算, 得到扩展层 i 的残差信号 (记为残差信号 $i+1$), 由残差信号 $i+1$ 和扩展层 $i+1$ 的频域系数构成扩展层 $i+1$ 的编码信号 (记为编码信号 $i+1$); 其中, $i=1, \dots, K-1$, K 为扩展层个数。

15 残差信号幅值包络生成单元 1 设置为, 对核心层的残差信号进行与核心层频域系数相同的子带划分, 根据核心层的编码子带幅值包络量化指数和核心层的比特分配数计算出核心层的残差信号 (残差信号 1) 的编码子带幅值包络量化指数;

20 残差信号幅值包络生成单元 $i+1$ 设置为, 根据扩展层 i 的编码子带幅值包络量化指数和比特分配数计算出扩展层 i 的残差信号 (残差信号 $i+1$) 的编码子带幅值包络量化指数; 其中, $i=1, \dots, K-1$, K 为扩展层个数;

扩展层比特分配单元 i 设置为, 在扩展层 i 中对各编码子带进行比特分配, 生成扩展层 i 的各编码子带的比特分配数; 其中, $i=1, \dots, K$, K 为扩展层个数;

25 编码信号矢量量化和编码单元 i 设置为, 根据扩展层 i 的编码信号编码子带量化幅值包络值和相应的比特分配数对编码信号归一化、矢量量化和编码得到编码信号 i 的编码比特; 其中, $i=1, \dots, K$, K 为扩展层个数;

多路复用器设置为, 将边信息、频域系数各编码子带幅值包络编码比特、核心层频域系数的编码比特、各扩展层的边信息和编码信号的编码比特发送给解码端。

图 8 是本发明第二实施例扩展型可分层音频解码方法的流程图。如图 8 所示，该方法包括：

5 步骤 801：从编码端传送过来的可分层码流中（即从多路分离器 DeMUX 中）提取一帧的编码比特；

提取出编码比特后，首先对边信息进行解码，然后根据 Flag_huff_rms 的值对该帧中的各幅值包络编码比特进行霍夫曼解码或直接解码，得到核心层各编码子带的幅值包络量化指数 $Th_q(j)$, $j=0, \dots, L_{core} - 1$ 。

10 步骤 802：根据核心层各编码子带的幅值包络量化指数计算出核心层各编码子带重要性初始值，并利用子带重要性对核心层各编码子带进行比特分配，得到核心层的比特分配数（即 Region_bit(j), $j=0, \dots, L_{core} - 1$ ）；解码端的比特分配方法和编码端的比特分配方法完全相同。在比特分配过程中，比特分配步长及比特分配后编码子带重要性降低的步长是变化的。

15 在完成上述比特分配过程后，根据编码端核心层的比特分配修正次数 count 值和各编码子带的重要性，对编码子带再进行 count 次比特分配，然后比特分配全过程结束。

20 在比特分配过程中，对比特分配数为 0 的编码子带分配比特的步长是 1 个比特，比特分配后重要性降低的步长为 1，对比特分配数大于 0 且小于某个阈值的编码子带追加分配比特时的比特分配步长为 0.5 个比特，比特分配后重要性降低的步长也为 0.5，对比特分配数大于等于该阈值的编码子带追加分配比特时的比特分配步长为 1，比特分配后重要性降低的步长也为 1；

步骤 803：利用核心层的比特分配数和各编码子带的量化幅值包络值 $(2^{Th_q(j)/2})$ ，并根据 Flag_huff_PLVQ 对核心层频域系数的编码比特进行解码、反量化及反归一化处理，得到核心层频域系数。

25 步骤 804：利用核心层各编码子带的幅值包络量化指数和核心层的比特分配数计算核心层残差信号各编码子带的幅值包络量化指数；解码端的计算方法与编码端的计算方法完全相同。核心层的残差信号和扩展层 1 的频域系数构成扩展层 1 的编码信号。

同样，高扩展层中的残差信号编码信号子带幅值包络量化指数是利用低扩展层编码信号编码信号子带幅值包络量化指数和低扩展层比特分配数推算出来的，即扩展层 $i-1$ 的残差信号子带包络量化指数是由扩展层 $i-1$ 的编码信号编码信号子带幅值包络量化指数和相应的修正值计算出来的。扩展层 $i-1$ 的残差信号和扩展层 i 的频域系数构成扩展层 i 的编码信号。

步骤 805：根据各扩展层各编码信号子带编码信号的幅值包络量化指数计算各编码信号子带的重要性的初始值，并根据各编码信号子带的重要性对该扩展层的各编码信号子带进行比特分配，得到该扩展层的比特分配数；解码端的编码信号子带重要性的初始值的计算和比特分配方法与编码端的各编码信号子带重要性的初始值的计算方法和比特分配方法相同。

步骤 806：计算扩展层编码信号。

利用扩展层的比特分配数对编码信号编码比特进行解码和矢量反量化，并利用扩展层编码信号各编码信号子带的量化幅值包络值对反量化数据进行反归一化，得到扩展层的编码信号。

本步骤中，各扩展层编码信号解码的顺序是从低扩展层到高扩展层，而在同一扩展层中各编码信号子带编码信号解码的顺序是根据各个编码信号子带重要性的初始值决定的。如果有两个编码信号子带具有相同的重要性，则低频编码信号子带优先解码，同时计算已解码的比特数，当已解码的比特数满足总比特数要求时停止解码。

步骤 807：将核心层频域系数和各扩展层编码信号相加得到频域系数输出值。

步骤 808：对编码过程中未分配编码比特的子带进行噪声填充。

步骤 809：对噪声填充后的频域系数进行 IMDCT，得到最终的音频输出信号。

图 9 是本发明第二实施例扩展型可分层音频解码系统的结构示意图，如图 9 所示，该系统包含：比特流解复用器 (DeMUX) 901、幅值包络解码单元 902、核心层比特分配单元 903、核心层解码和反量化单元 904、残差信号幅值包络生成单元、扩展层比特分配单元、编码信号解码和反量化单元、频

域系数生成单元 905、噪声填充单元 906 和 IMDCT 单元 907。

图 9 中为了清晰地描述各扩展层之间的数据交互关系，将残差信号幅值包络生成单元进一步划分为：残差信号幅值包络生成单元 1 至残差信号幅值包络生成单元 K；将扩展层比特分配单元进一步划分为：扩展层比特分配单元 1 至扩展层比特分配单元 K；将编码信号解码和反量化单元进一步划分为：编码信号解码和反量化单元 1 至编码信号解码和反量化单元 K。

比特流解复用器设置为，输出幅值包络编码比特、频域系数编码比特和各扩展层的编码信号编码比特；

幅值包络解码单元设置为，根据边信息中的 Flag_huff_rms 值对比特流解复用器输出的幅值包络编码比特进行霍夫曼解码或直接解码，得到核心层各编码子带的幅值包络量化指数 $Th_q(j)$, $j=0, \dots, L_{core} - 1$ ；

核心层比特分配单元设置为，根据幅值包络解码单元输出的核心层各编码子带的幅值包络量化指数计算出核心层各编码子带重要性初始值，并利用子带重要性对核心层各编码子带进行比特分配，得到核心层的比特分配数（即 Region_bit(j), $j=0, \dots, L_{core} - 1$ ）；

核心层解码和反量化单元设置为，利用核心层的比特分配数和各编码子带的量化幅值包络值（ $2^{Th_q(j)/2}$ ），并根据边信息中的 Flag_huff_PLVQ 值对频域系数的编码比特进行解码、反量化及反归一化处理，得到核心层频域系数；

残差信号幅值包络生成单元 1 设置为，利用核心层各编码子带的幅值包络量化指数和核心层的比特分配数计算核心层的各编码子带残差信号的幅值包络量化指数；

残差信号幅值包络生成单元 i+1 设置为，利用扩展层 i 中各编码子带的幅值包络量化指数和扩展层 i 的比特分配数计算扩展层 i 的各编码子带残差信号的幅值包络量化指数；其中， $i=1, \dots, K - 1$ ，K 为扩展层个数；

扩展层比特分配单元 i 设置为，根据扩展层 i 的各编码子带编码信号的幅值包络量化指数计算扩展层 i 的各编码子带重要性的初始值，并使用扩展层 i 的各编码子带重要性对扩展层 i 的各编码子带进行比特分配，得到扩展层 i

的比特分配数；其中， $i=1,\dots,K$ ， K 为扩展层个数；

编码信号解码和反量化单元 i 设置为，利用扩展层 i 的比特分配数对编码信号 i 编码比特进行解码和矢量反量化，并利用扩展层 i 的编码信号编码子带的量化幅值包络值对反量化数据进行反归一化，得到扩展层 i 的编码信号；

5 其中， $i=1,\dots,K$ ， K 为扩展层个数；

频域系数生成单元设置为，将核心层解码和反量化单元输出的核心层频域系数和编码信号解码和反量化单元输出的各扩展层编码信号相加，得到频域系数输出值；

10 噪声填充单元设置为，对频域系数生成单元输出的频域系数输出值中未分配编码比特的子带进行噪声填充；

IMDCT单元设置为，对噪声填充后的频域系数进行IMDCT，得到最终的音频输出信号。

15 本领域普通技术人员可以理解上述方法中的全部或部分步骤可通过程序来指令相关硬件完成，所述程序可以存储于计算机可读存储介质中，如只读存储器、磁盘或光盘等。可选地，上述实施例的全部或部分步骤也可以使用一个或多个集成电路来实现。相应地，上述实施例中的各模块/单元可以采用硬件的形式实现，也可以采用软件功能模块的形式实现。本发明不限制于任何特定形式的硬件和软件的结合。

20 工业实用性

25 本发明提供的可分层音频编码、解码方法及系统，通过在核心层和扩展层中采用相同的子带划分和比特分配方法，并根据核心层幅值包络信息计算出扩展层幅值包络信息，在核心层与扩展层比特分配中都充分考虑信号本身的分布特性，使得核心层与扩展层之间紧密相连，并且在扩展层码流中不包括残差信号幅值包络信息，提高了可分层音频编解码的效率，同时也提高了代码的利用率。

权 利 要 求 书

1、一种可分层音频编码方法，该方法包括：

将音频信号经过修正离散余弦变换 MDCT 后的频域系数，划分为核心层频域系数和扩展层频域系数，将所述核心层频域系数和扩展层频域系数划分
5 成多个编码子带，并对所述编码子带的幅值包络值进行量化和编码；

根据核心层各编码子带的幅值包络值对核心层各编码子带进行比特分配，然后对核心层频域系数进行量化和编码得到核心层频域系数的编码比特；

根据核心层各编码子带的幅值包络值和比特分配数计算核心层残差信号各编码子带的幅值包络值；

10 根据由核心层残差信号和扩展层频域系数构成的扩展层编码信号和由所述扩展层编码信号构成的各编码子带的幅值包络值对扩展层各编码子带进行比特分配，然后对扩展层编码信号进行量化和编码得到扩展层编码信号的编码比特；以及

15 将核心层频域系数和扩展层频域系数构成的各编码子带的幅值包络编码比特、核心层频域系数的编码比特和扩展层编码信号的编码比特复用打包后，传送给解码端。

2、如权利要求 1 所述的方法，其中，在将音频信号经过修正离散余弦变换 MDCT 后的频域系数，划分为核心层频域系数和扩展层频域系数，将所述核心层频域系数和扩展层频域系数划分成多个编码子带的步骤中，

20 将 MDCT 变换后的频域系数分成多个等间隔编码子带，或者按照听觉感知特性划分成多个非均匀编码子带；将低频编码子带划分为核心层编码子带，将高频编码子带划分为扩展层编码子带。

3、如权利要求 1 所述的方法，其中，

在对核心层频域系数和扩展层编码信号进行量化和编码的步骤中，

25 对比特分配数小于分类阈值的编码子带的待量化矢量采用塔型格型矢量量化方法进行量化和编码，对比特分配数大于所述分类阈值的编码子带的待量化矢量采用球型格型矢量量化方法进行量化和编码；

比特分配数是一个编码码子带中单个频域系数所分配到的比特数。

4、如权利要求 1 所述的方法，其中，在根据核心层各编码码子带的幅值包络值和比特分配数计算核心层残差信号各编码码子带的幅值包络值的步骤中，

采用如下方法计算核心层残差信号各编码码子带的幅值包络值：

- 5 对核心层频域系数的量化值进行反量化，并与核心层频域系数进行差计算，得到核心层残差信号；

将核心层残差信号按与核心层频域系数相同的方法划分成编码码子带，根据核心层各编码码子带幅值包络值和比特分配数推算出核心层残差信号各编码码子带的幅值包络值。

- 10 5、如权利要求 4 所述的方法，其中，推算出核心层残差信号各编码码子带的幅值包络值的步骤包括：

计算核心层各编码码子带的幅值包络量化指数，并与对应编码码子带的量化指数修正值进行差计算，得到核心层残差信号各编码码子带的幅值包络量化指数；

- 15 各编码码子带的量化指数修正值大于等于 0，且当核心层对应编码码子带的比特分配数增加时不减小；以及

当核心层的编码码子带的比特分配数为 0 时，量化指数修正值为 0，当核心层的编码码子带的比特分配数为所限定的最大比特分配数时，核心层残差信号在该编码码子带的幅值包络值为零。

- 20 6、如权利要求 1 所述的方法，其中，得到核心层频域系数的编码比特的步骤包括：

计算核心层各编码码子带的幅值包络量化指数，对核心层各编码码子带进行比特分配；以及

- 25 根据核心层各编码码子带的幅值包络量化指数重建的核心层各编码码子带的量化幅值包络值对各编码码子带的频域系数进行归一化，根据核心层各编码码子带的比特分配数分别使用塔型格型矢量量化方法和球型格型矢量量化方法进行量化和编码，得到核心层频域系数的编码比特；

其中，得到扩展层编码信号的编码比特的步骤包括：

用核心层残差信号和扩展层频域系数构成扩展层编码信号；

根据扩展层编码信号各编码子带的幅值包络量化指数，对扩展层各编码子带进行比特分配；以及

5 根据扩展层各编码子带的幅值包络量化指数重建的扩展层各编码子带的量化幅值包络值对各编码子带的编码信号进行归一化，根据扩展层各编码子带的比特分配数分别使用塔型格型矢量量化方法和球型格型矢量量化方法进行量化和编码，得到扩展层编码信号的编码比特。

7、如权利要求 1 所述的方法，其中，在核心层频域系数和扩展层频域系数构成的各编码子带的幅值包络编码比特、核心层频域系数的编码比特和扩展层编码信号的编码比特复用打包后，传送给解码端的步骤中，

按照如下码流格式进行复用打包：

15 将核心层的边信息比特写入码流的帧头后面，将核心层的编码子带幅值包络编码比特写入比特流复用器 MUX，然后将核心层频域系数的编码比特写入 MUX；以及将扩展层的边信息比特写入 MUX，将扩展层频域系数编码子带的幅值包络编码比特写入 MUX，然后将扩展层编码信号的编码比特写入 MUX；

根据所要求的码率，将满足码率要求的比特数传送到解码端。

8、如权利要求 7 所述的方法，其中，

20 核心层的边信息包括 MDCT 系数构成的编码子带幅值包络的霍夫曼编码标志位比特、核心层频域系数的霍夫曼编码标志位比特和迭代次数比特；

扩展层的边信息包括扩展层编码信号的霍夫曼编码标志位比特和迭代次数比特。

9、如权利要求 7 所述的方法，其中，将满足码率要求的比特数传送到解码端的步骤包括：

25 按照所限定的最大编码码率的比特数在整个所需编码的频带范围内，对核心层和扩展层编码，使得在编码频带范围内达到最大编码码率；

在核心层编码比特之后，将扩展层编码信号的编码比特按照各编码子带重要性初始值从大到小的顺序写入比特流复用器；以及

按照将编码子带重要性初始值小的编码子带的编码比特先舍去的原则，将满足码率要求的比特数传送到解码端；

其中，将核心层对应的码率记为 L0 层，根据扩展层舍去比特数的多少将扩展层对应的各个码率分别记为 L1_1 层、L1_2 层、直至 L1_K 层，其中 L1_K 层的码率就是所述最大编码码率。

10、如权利要求 1 至 4 中任一权利要求所述的方法，其中，

在将音频信号经过修正离散余弦变换 MDCT 后的频域系数，划分为核心层频域系数和扩展层频域系数的步骤之后，所述方法还包括：把扩展层的频域系数按照频率从小到大的顺序分成 M 个部分，它们分别是扩展层 1 到扩展层 M 的频域系数，其中扩展层 1 中频域系数的频率最小，扩展层 M 中频域系数的频率最大；

在对核心层频域系数进行量化和编码的步骤之后，所述方法还包括：对核心层频域系数的量化值进行反量化，并与核心层频域系数进行差计算，得到核心层残差信号；

15 在所述根据核心层各编码子带的幅值包络值和比特分配数计算核心层残差信号各编码子带的幅值包络值的步骤中，将核心层残差信号按与核心层相同的方法划分成编码子带，根据核心层各编码子带的幅值包络值和比特分配数推算出核心层残差信号各编码子带的幅值包络值；

20 在所述根据由核心层残差信号和扩展层频域系数构成的扩展层编码信号和由所述扩展层编码信号构成的各编码子带的幅值包络值对扩展层各编码子带进行比特分配，然后对扩展层编码信号进行量化和编码得到扩展层编码信号的编码比特的步骤中，

25 用核心层残差信号和扩展层 1 的频域系数构成扩展层 1 的编码信号，根据扩展层 1 的编码信号计算各编码子带的幅值包络量化指数，对扩展层 1 各编码子带进行比特分配；根据扩展层 1 的各编码子带的比特分配数对扩展层 1 的编码信号进行量化和编码；

对扩展层 i 的编码信号的量化值进行反量化，并与扩展层 i 的编码信号进行差计算，得到扩展层 i 的残差信号；

将扩展层 i 的残差信号按与扩展层 i 相同的方法划分成编码子带, 根据扩展层 i 的各编码子带幅值包络值和比特分配数推算出扩展层 i 的残差信号各子带的幅值包络值;

5 根据扩展层 i 的残差信号和扩展层 $i+1$ 的频域系数构成扩展层 $i+1$ 的编码信号, 根据扩展层 $i+1$ 的编码信号各编码子带的幅值包络量化指数, 对扩展层 $i+1$ 的各编码子带进行比特分配; 以及

根据扩展层 $i+1$ 各编码子带的幅值包络量化指数重建的扩展层 $i+1$ 各编码子带的量化幅值包络值和编码比特数对扩展层 $i+1$ 各编码子带的编码信号进行归一化、矢量量化和编码, 得到扩展层 $i+1$ 的编码信号的编码比特;

10 所述 $i=1, \dots, N-1$, N 为大于 2 的正整数。

11、如权利要求 1 或 7 所述的方法, 其中, 在将核心层频域系数和扩展层频域系数构成的各编码子带的幅值包络编码比特、核心层频域系数的编码比特和扩展层编码信号的编码比特复用打包的处理中,

按照如下码流格式进行复用打包:

15 在核心层的编码比特之后, 根据扩展层编号的大小, 将编号小的扩展层的比特先写入比特流复用器 MUX, 然后将编号大的扩展层的比特再写入比特流复用器 MUX;

20 在同一个扩展层中, 先将该扩展层的边信息比特写入 MUX, 然后将该扩展层频域系数编码子带的幅值包络编码比特写入 MUX, 然后将该扩展层编码信号的编码比特写入 MUX;

根据所要求的码率, 将满足码率要求的比特数传送到解码端。

12、一种可分层音频解码方法, 该方法包括:

对编码端传送过来的比特流进行解复用, 对核心层频域系数的幅值包络编码比特进行解码, 得到核心层各编码子带的幅值包络值;

25 根据核心层各编码子带的幅值包络值, 对核心层各编码子带进行比特分配, 并推算出核心层残差信号的幅值包络值; 对扩展层的频域系数幅值包络编码比特进行解码, 得到扩展层频域系数幅值包络值; 根据核心层残差信号的幅值包络值和扩展层频域系数幅值包络值对扩展层各编码子带进行比特分

配；以及

根据核心层的比特分配数和扩展层的比特分配数，分别对核心层频域系数编码比特和扩展层编码信号的编码比特进行解码，得到核心层频域系数和扩展层编码信号，将扩展层编码信号按照频带顺序重新排列，并和核心层频域系数相加，得到全体带宽的频域系数，对全体带宽的频域系数进行修正离散余弦逆变换 IMDCT，得到输出的音频信号。

13、如权利要求 12 所述的方法，其中，推算出核心层残差信号的幅值包络值的步骤包括：

10 计算核心层各编码子带的幅值包络量化指数，并与对应编码子带的量化指数修正值进行差计算，得到核心层残差信号各编码子带的幅值包络量化指数；

根据扩展层 i 的各编码子带幅值包络和比特分配数推算出扩展层 i 的残差信号各子带的幅值包络值；

15 各编码子带的量化指数修正值大于等于 0，且当核心层对应编码子带的比特分配数增加时不减小；以及

当核心层的编码子带的比特分配数为 0 时，量化指数修正值为 0，当编码子带的比特分配数为所限定的最大比特分配数时，核心层残差信号在该编码子带的幅值包络值为零。

20 14、如权利要求 12 所述的方法，其中，得到核心层频域系数和扩展层编码信号的步骤包括：

根据核心层各编码子带的比特分配数、量化幅值包络值和边信息对核心层频域系数编码比特进行解码、反量化及反归一化处理，得到核心层频域系数；以及

25 根据扩展层各编码子带的比特分配数、扩展层编码信号的量化幅值包络值和边信息对该扩展层编码信号的编码比特进行解码、反量化及反归一化处理，得到扩展层编码信号。

15、如权利要求 12 或 14 所述的方法，其中，在对扩展层编码信号的编码比特进行解码的步骤中，

采用如下顺序对扩展层编码信号的编码比特进行解码:

在不同的扩展层中,各层解码的顺序是先对扩展层编号小的低扩展层的幅值包络和各编码子带的编码比特进行解码,然后再对扩展层编号大的高扩展层的幅值包络和各编码子带的编码信号进行解码,解码过程中计算已解码的比特数,当已解码的比特数满足总比特数要求时停止解码;

在同一个扩展层中,各编码子带解码的顺序是根据各个编码子带重要性的初始值决定的,重要性大的编码子带优先解码,如果有两个编码子带具有相同的重要性,则低频编码子带优先解码,解码过程中计算已解码的比特数,当已解码的比特数满足总比特数要求时停止解码。

10 16、一种可分层音频编码系统,该系统包括:修正离散余弦变换 MDCT 单元、幅值包络计算单元、幅值包络量化和编码单元、核心层比特分配单元、核心层频域系数矢量量化和编码单元以及比特流复用器;该系统还包括:扩展层编码信号生成单元、残差信号幅值包络生成单元、扩展层比特分配单元以及扩展层编码信号矢量量化和编码单元;其中:

15 所述 MDCT 单元设置为,对输入的音频信号进行修正离散余弦变换,生成核心层频域系数和扩展层频域系数;

所述幅值包络计算单元设置为,将所述核心层频域系数和扩展层频域系数中待编码的部分划分为核心层频域系数编码子带和扩展层频域系数编码子带,并计算各编码子带的幅值包络值;

20 所述幅值包络量化和编码单元设置为,将所述核心层频域系数编码子带和扩展层频域系数编码子带的幅值包络值进行量化和编码,生成核心层频域系数和扩展层频域系数各编码子带的幅值包络量化指数和幅值包络的编码比特;

25 所述核心层比特分配单元设置为,进行核心层的比特分配,得到核心层各编码子带的比特分配数;

所述核心层频域系数矢量量化和编码单元设置为,使用根据核心层各编码子带的幅值包络量化指数重建的核心层各编码子带的量化幅值包络值和比特分配数对核心层各编码子带的频域系数进行归一化、矢量量化和编码,得

到核心层频域系数的编码比特;

所述扩展层编码信号生成单元设置为,生成残差信号,得到由残差信号和扩展层频域系数构成的扩展层编码信号;

5 所述残差信号幅值包络生成单元设置为,根据核心层各编码子带的幅值包络量化指数与对应编码子带的比特分配数,得到残差信号各编码子带的幅值包络量化指数;

所述扩展层比特分配单元设置为,根据残差信号各编码子带的幅值包络量化指数和扩展层频域系数各编码子带的幅值包络量化指数进行扩展层的比特分配,得到扩展层编码信号各编码子带的比特分配数;

10 所述扩展层编码信号矢量量化和编码单元设置为,使用根据扩展层各编码子带的幅值包络量化指数重建的扩展层各编码子带的量化幅值包络值和比特分配数对扩展层各编码子带的编码信号进行归一化、矢量量化和编码,得到扩展层编码信号的编码比特;

15 所述比特流复用器设置为,将核心层边信息比特、核心层各编码子带的幅值包络的编码比特、核心层频域系数的编码比特、扩展层边信息比特,扩展层频域系数各幅值包络的编码比特和扩展层编码信号的编码比特进行打包。

17、如权利要求 16 所述的系统,其中,

20 所述扩展层编码信号生成单元还包括残差信号生成单元和扩展层编码信号合成单元;

所述残差信号生成单元设置为,对核心层频域系数的量化值进行反量化,并与核心层频域系数进行差计算,得到核心层残差信号;

所述扩展层编码信号合成单元设置为,将核心层残差信号和扩展层的频域系数按频带的顺序合成,得到扩展层编码信号。

25 18、如权利要求 16 所述的系统,其中,

所述残差信号幅值包络生成单元还包括量化指数修正值获取单元和残差信号幅值包络量化指数计算单元;

所述量化指数修正值获取单元设置为,根据核心层各编码子带比特分配

数推算残差信号各编码子带的量化指数修正值，各编码子带的量化指数修正值大于等于 0，且当核心层对应编码子带的编码比特数增加时不减小，如果核心层的编码子带的比特分配数为 0，则量化指数修正值为 0，如果编码子带的比特分配数为所限定的最大比特分配数，则残差信号在该编码子带的幅值包络值为零；

所述残差信号幅值包络量化指数计算单元设置为，将核心层各编码子带的幅值包络量化指数与对应编码子带的量化指数修正值进行差计算，得到核心层残差信号各编码子带的幅值包络量化指数。

19、如权利要求 16 所述的系统，其中，

10 所述比特流复用器是设置为，将扩展层编码信号编码比特按照各编码子带重要性的初始值从大到小的顺序写入码流，对于具有相同重要性的编码子带，低频编码子带的编码比特优先写入码流。

20、一种可分层音频解码系统，该系统包括：比特流解复用器、核心层幅值包络解码单元、核心层比特分配单元、核心层解码和反量化单元；该系统还包括：扩展层幅值包络解码单元、核心层残差信号幅值包络生成单元、扩展层比特分配单元、扩展层编码信号解码和反量化单元、频域系数生成单元、噪声填充单元和修正离散余弦逆变换 IMDCT 单元；其中：

20 所述核心层幅值包络解码单元设置为，对所述比特流解复用器输出的核心层编码子带幅值包络编码比特进行解码，得到核心层各编码子带的幅值包络量化指数；

所述核心层比特分配单元设置为，进行核心层的比特分配，得到核心层各编码子带的比特分配数；

25 所述核心层解码和反量化单元设置为，根据核心层各编码子带的幅值包络量化指数计算得到核心层各编码子带的量化幅值包络值，使用核心层各编码子带的比特分配数和量化幅值包络值对所述比特流解复用器输出的核心层频域系数编码比特进行解码、反量化及反归一化处理，得到核心层的频域系数；

所述扩展层幅值包络解码单元设置为，对比特流解复用器输出的扩展层

频域系数幅值包络编码比特进行解码，得到扩展层频域系数各编码子带的幅值包络量化指数；

5 所述核心层残差信号幅值包络生成单元设置为，根据核心层各编码子带的幅值包络量化指数与对应编码子带的比特分配数计算得到残差信号各编码子带的幅值包络量化指数；

所述扩展层比特分配单元设置为，根据残差信号各编码子带的幅值包络量化指数和扩展层频域系数各编码子带的幅值包络量化指数进行扩展层的比特分配，得到扩展层编码信号各编码子带的比特分配数；

10 所述扩展层编码信号解码和反量化单元设置为，使用扩展层各编码子带的幅值包络量化指数计算得到扩展层各编码子带的量化幅值包络值，使用扩展层各编码子带的编码比特数和量化幅值包络值对所述比特流解复用器输出的扩展层编码信号的编码比特进行解码、反量化及反归一化处理，得到扩展层编码信号；

15 所述频域系数生成单元设置为，根据频带顺序对所述扩展层编码信号解码和反量化单元输出的扩展层的编码信号进行重新排序，然后与所述核心层解码和反量化单元输出的核心层频域系数做和计算，得到频域系数输出值；

所述噪声填充单元设置为，对编码过程中未分配编码比特的编码子带进行噪声填充；

20 IMDCT 单元设置为，对进行了噪声填充后的全体频域系数进行 IMDCT，得到输出的音频信号。

21、如权利要求 20 所述的系统，其中，

所述核心层残差信号幅值包络生成单元还包括量化指数修正值获取单元和残差信号幅值包络量化指数计算单元；

25 所述量化指数修正值获取单元设置为，根据核心层各编码子带比特分配数推算残差信号各编码子带的量化指数修正值，并根据对应编码子带频域系数的绝对值进行调整，其中，各编码子带的量化指数修正值大于等于 0，且当核心层对应编码子带的编码比特数增加时不减小，如果核心层的编码子带的比特分配数为 0，则量化指数修正值为 0，如果编码子带的比特分配数为所

限定的最大比特分配数，则残差信号在该编码子带的幅值包络值为零；

所述残差信号幅值包络量化指数计算单元设置为，将核心层各编码子带的幅值包络量化指数与对应编码子带的量化指数修正值进行差计算，得到核心层残差信号各编码子带的幅值包络量化指数。

5 22、如权利要求 20 所述的系统，其中，

所述扩展层编码信号解码和反量化单元是设置为，对扩展层编码信号的各编码子带解码的顺序是根据各编码子带重要性的初始值决定的，重要性大的编码子带优先解码，如果有两个编码子带具有相同的重要性，则低频编码子带优先解码，解码过程中计算已解码的比特数，当已解码的比特数满足总
10 比特数要求时停止解码。

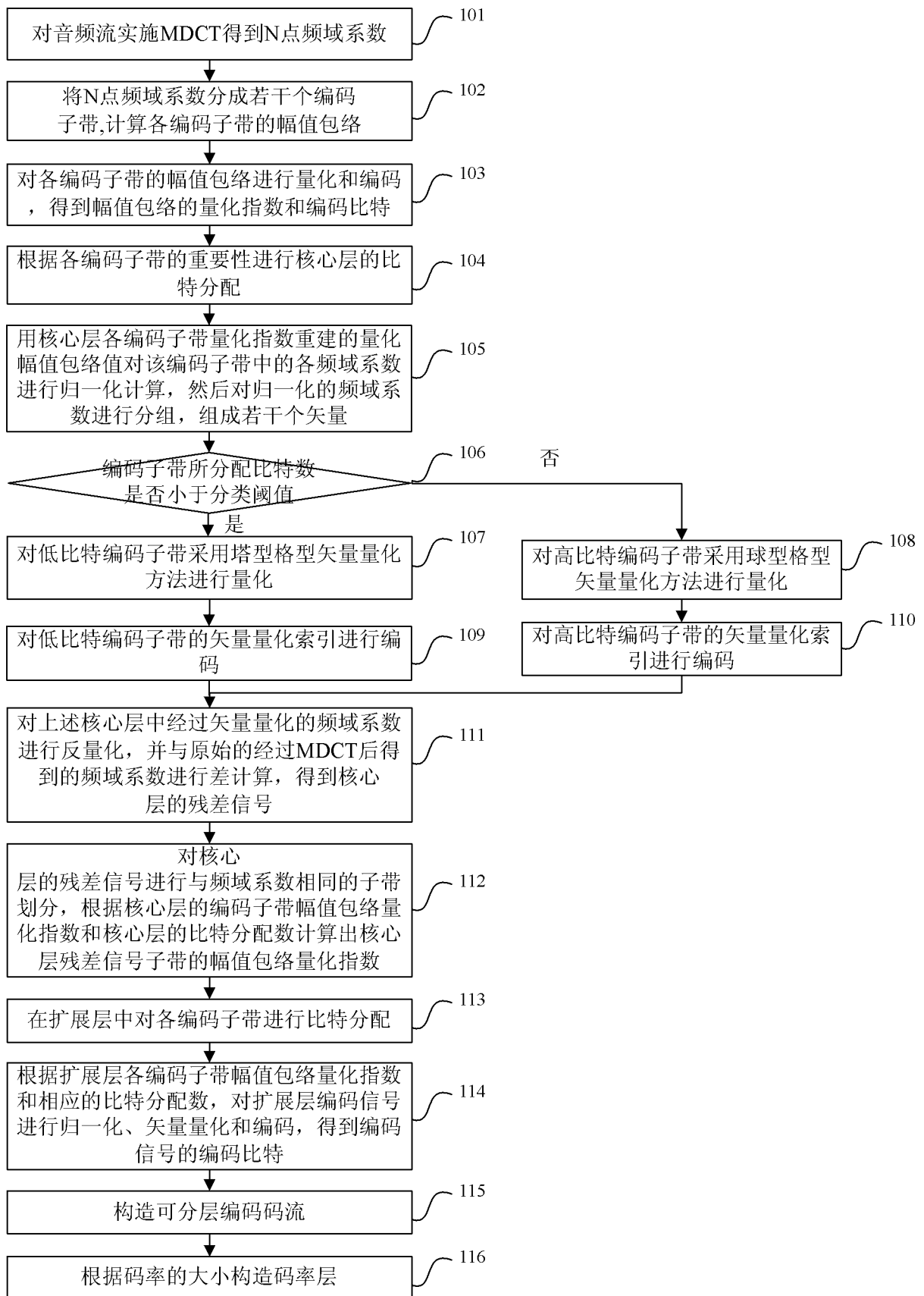


图 1

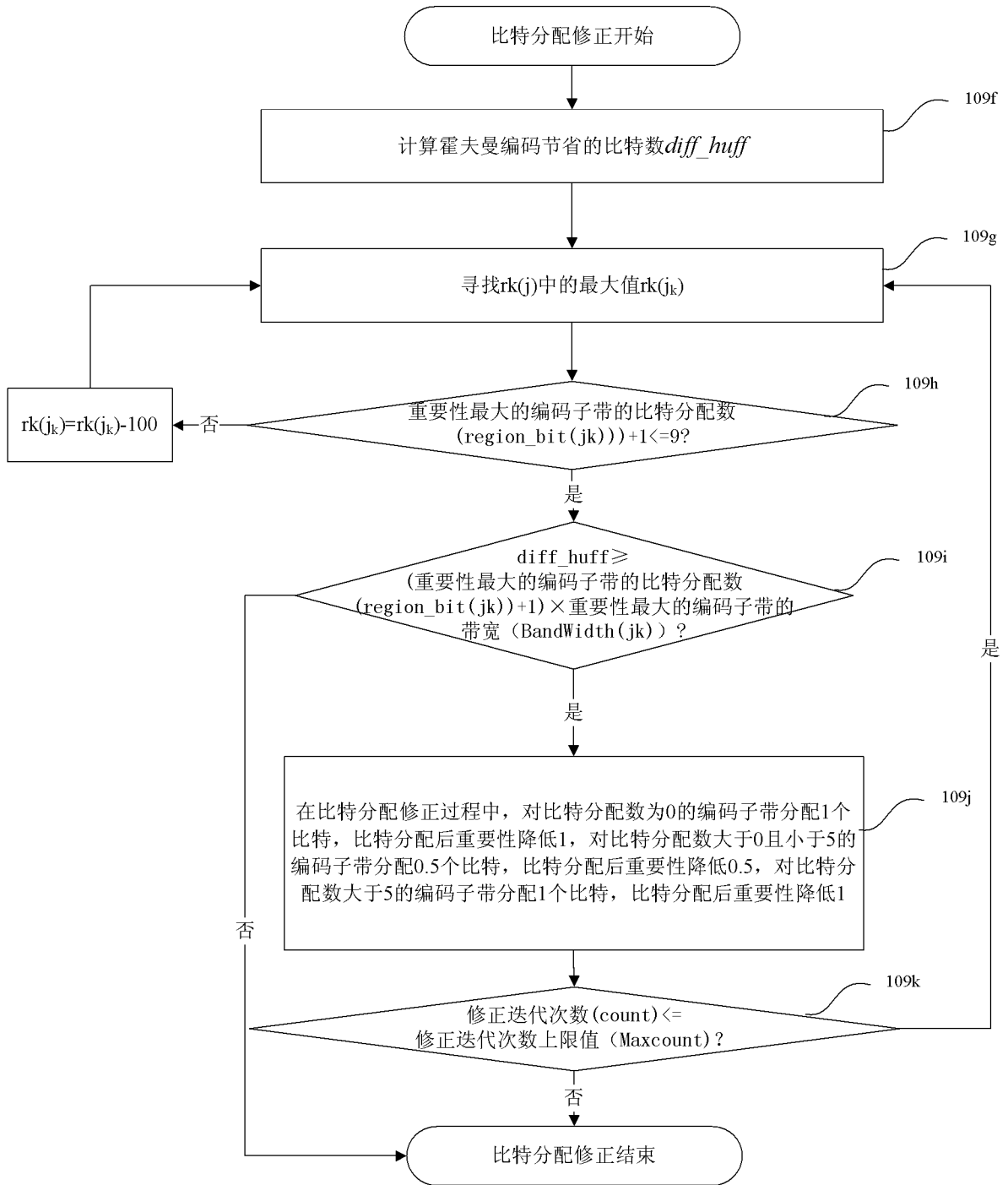


图 2

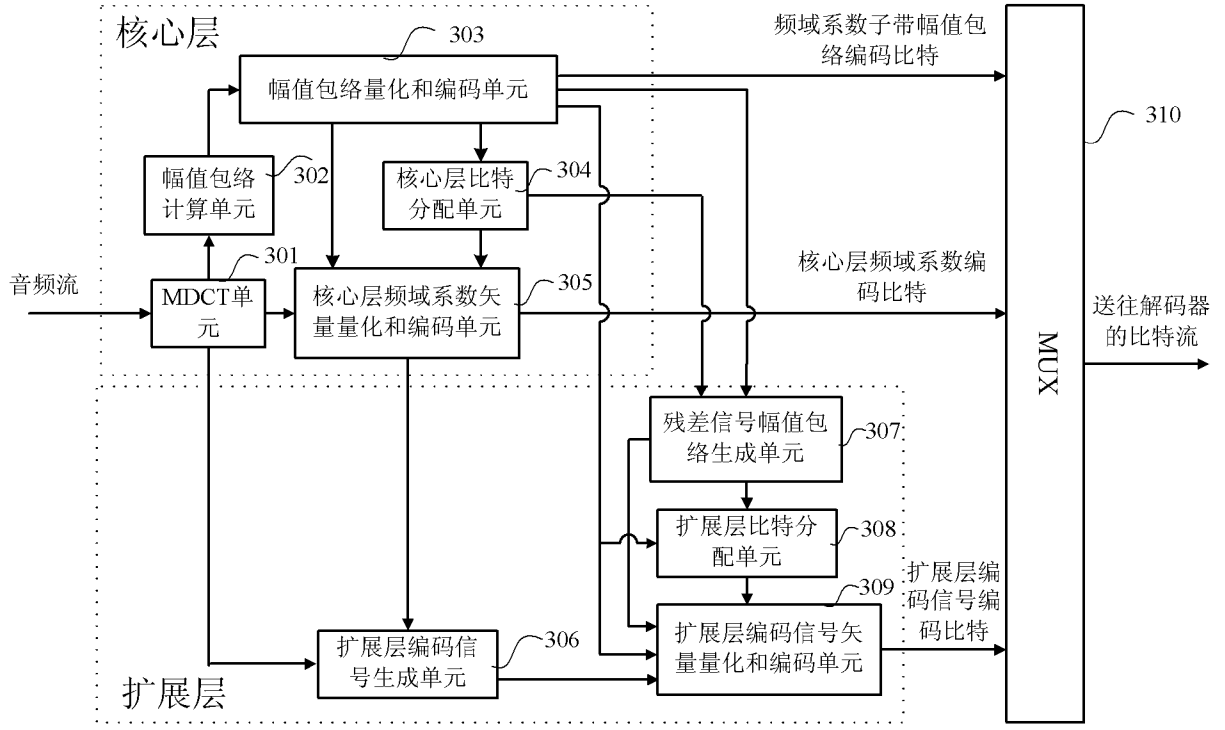


图 3

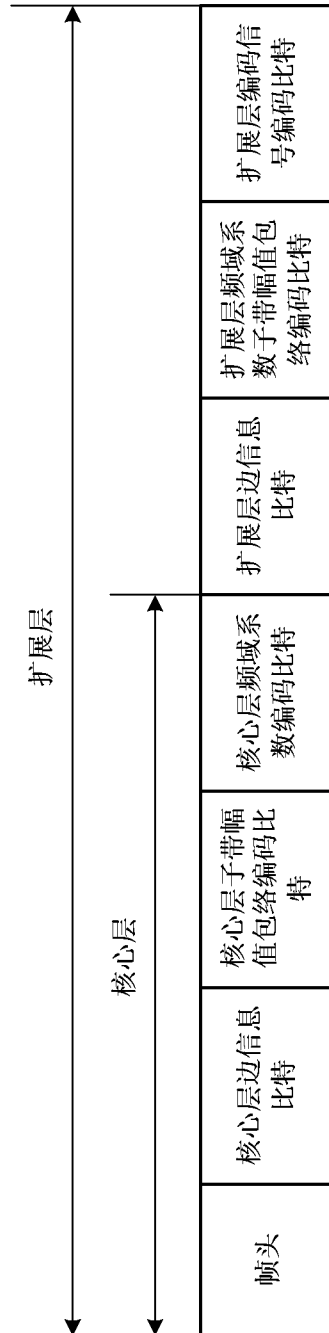


图 3a

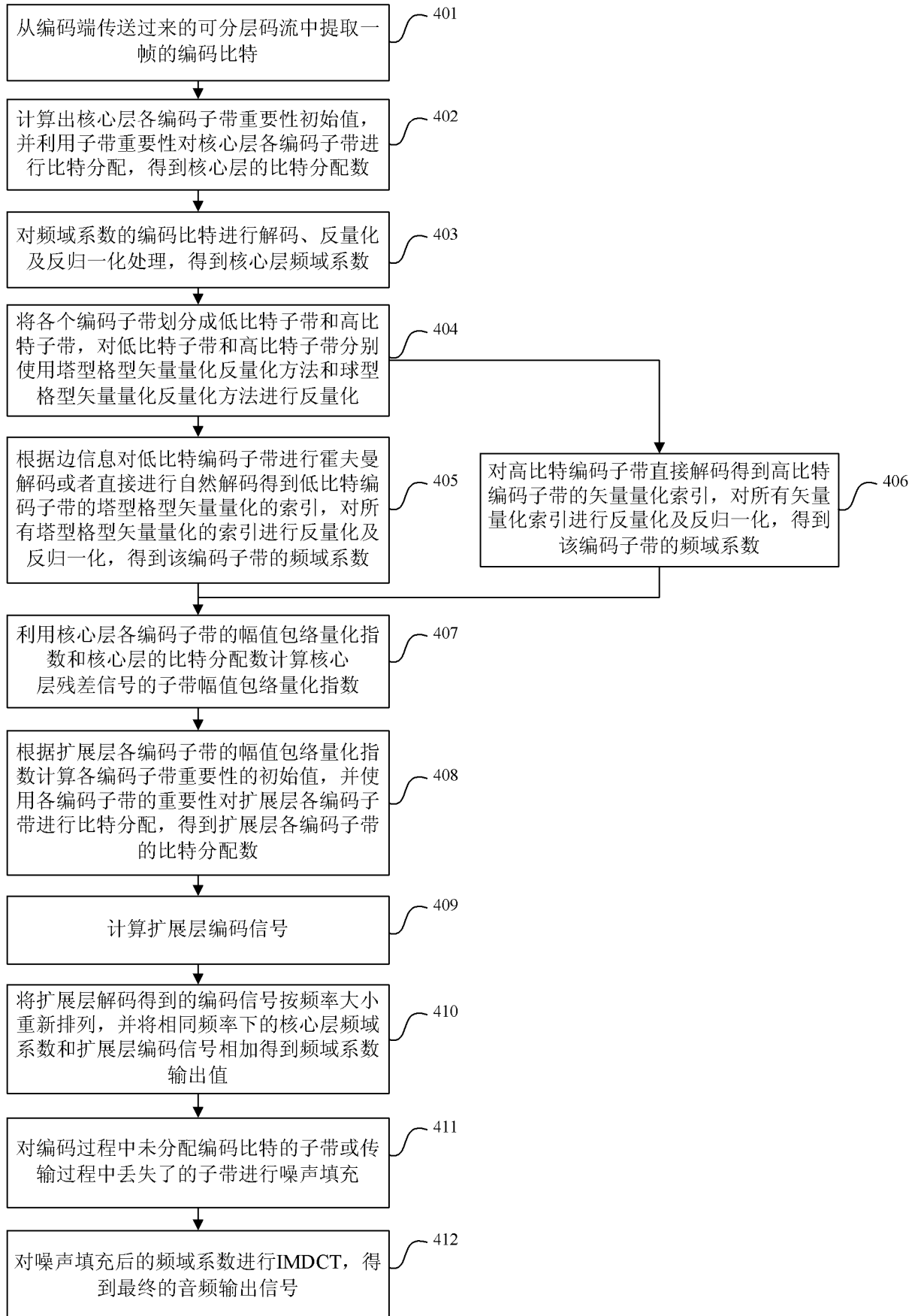


图 4

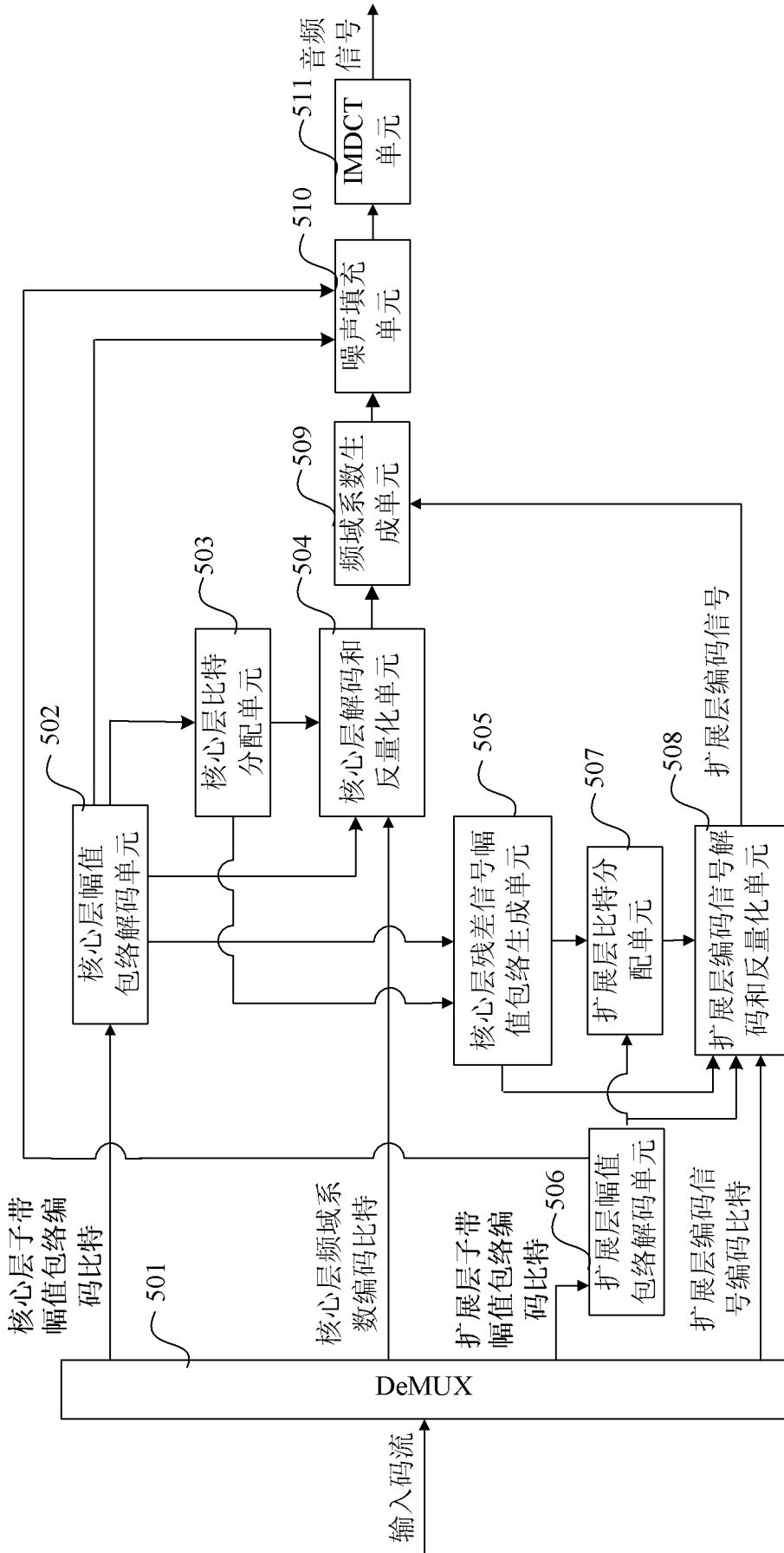


图5

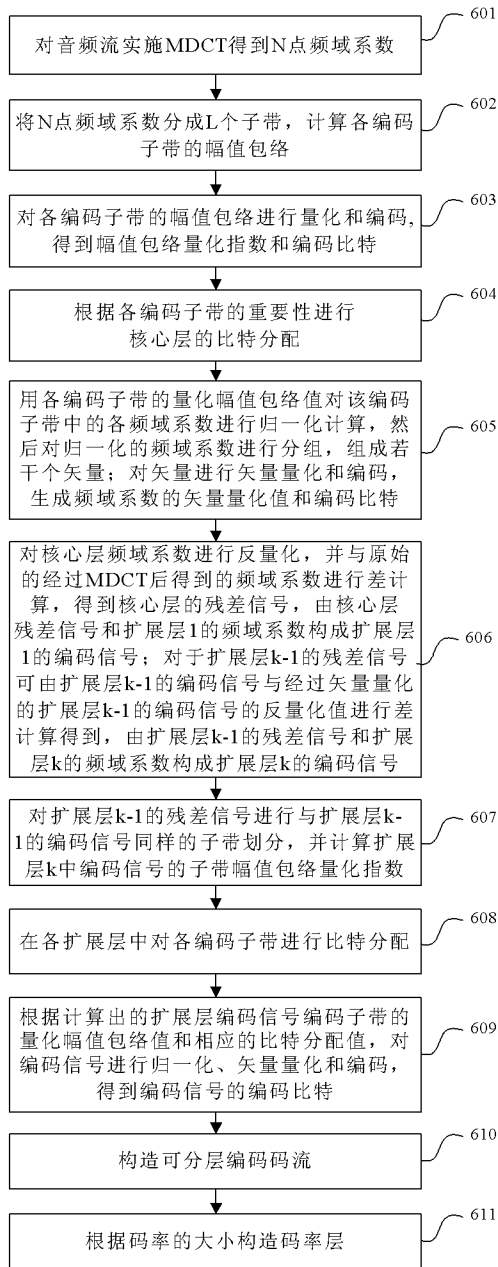


图 6

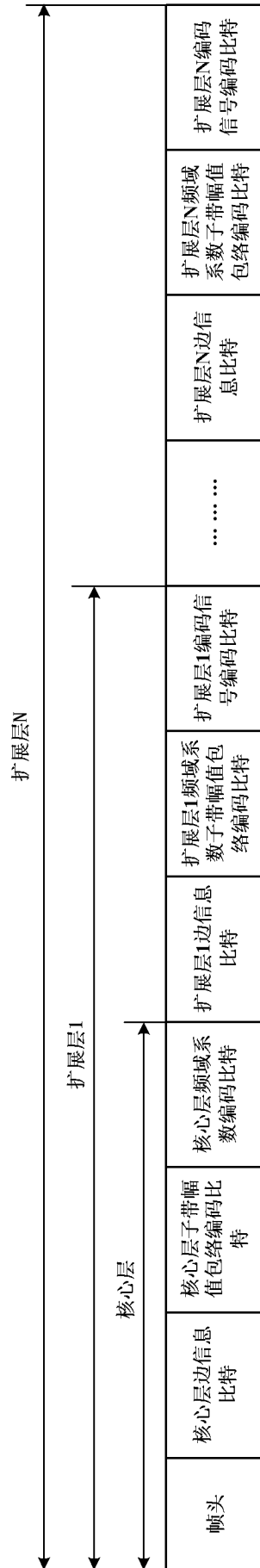


图 6a

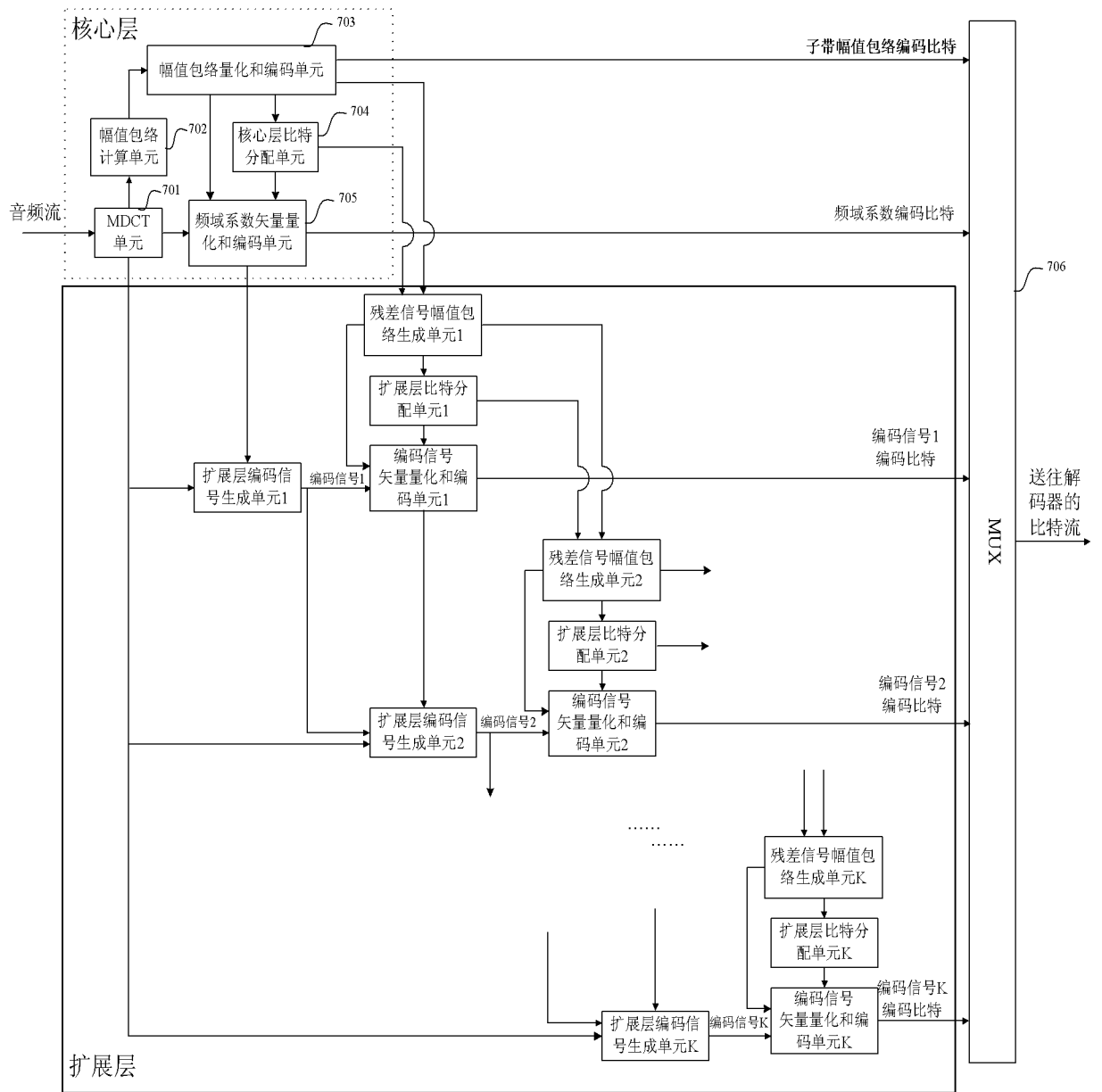


图 7

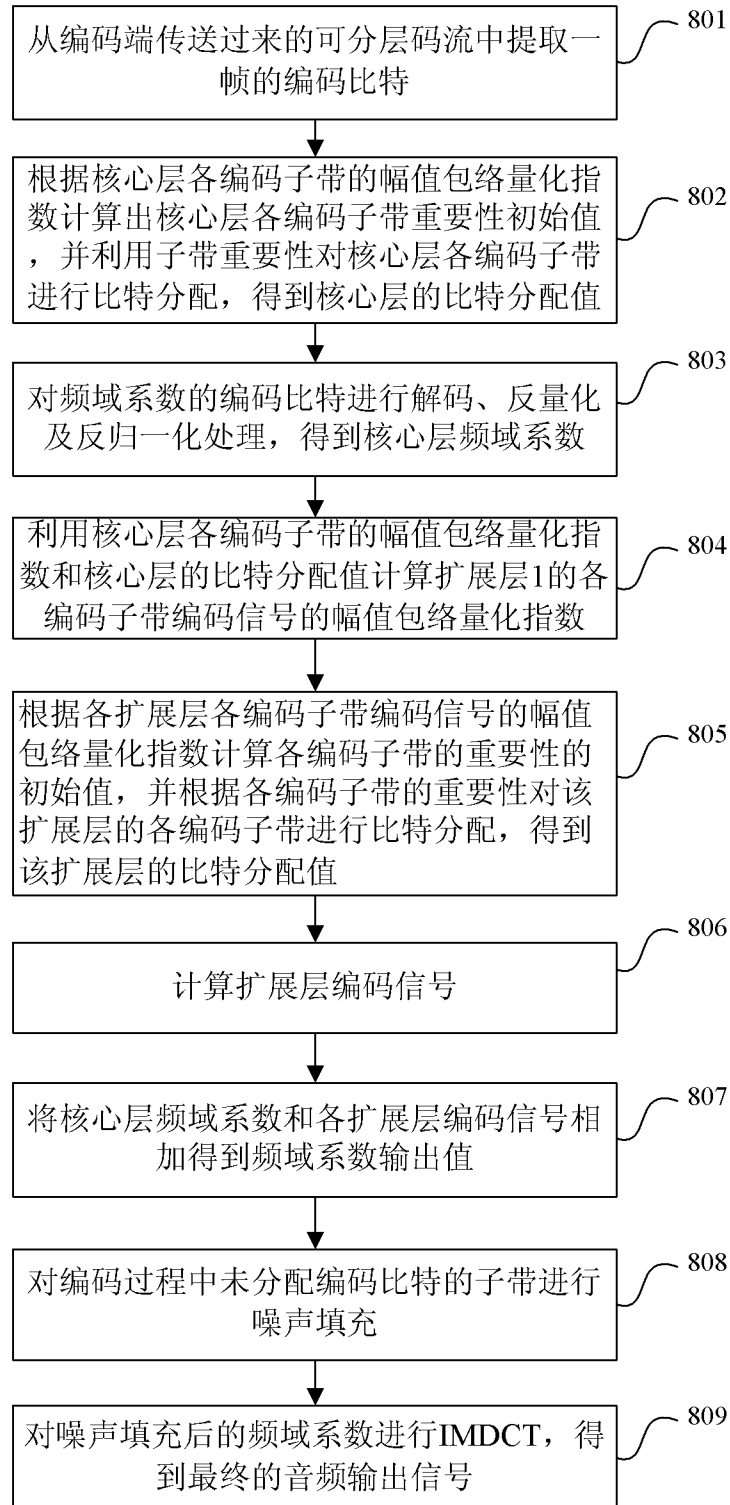


图 8

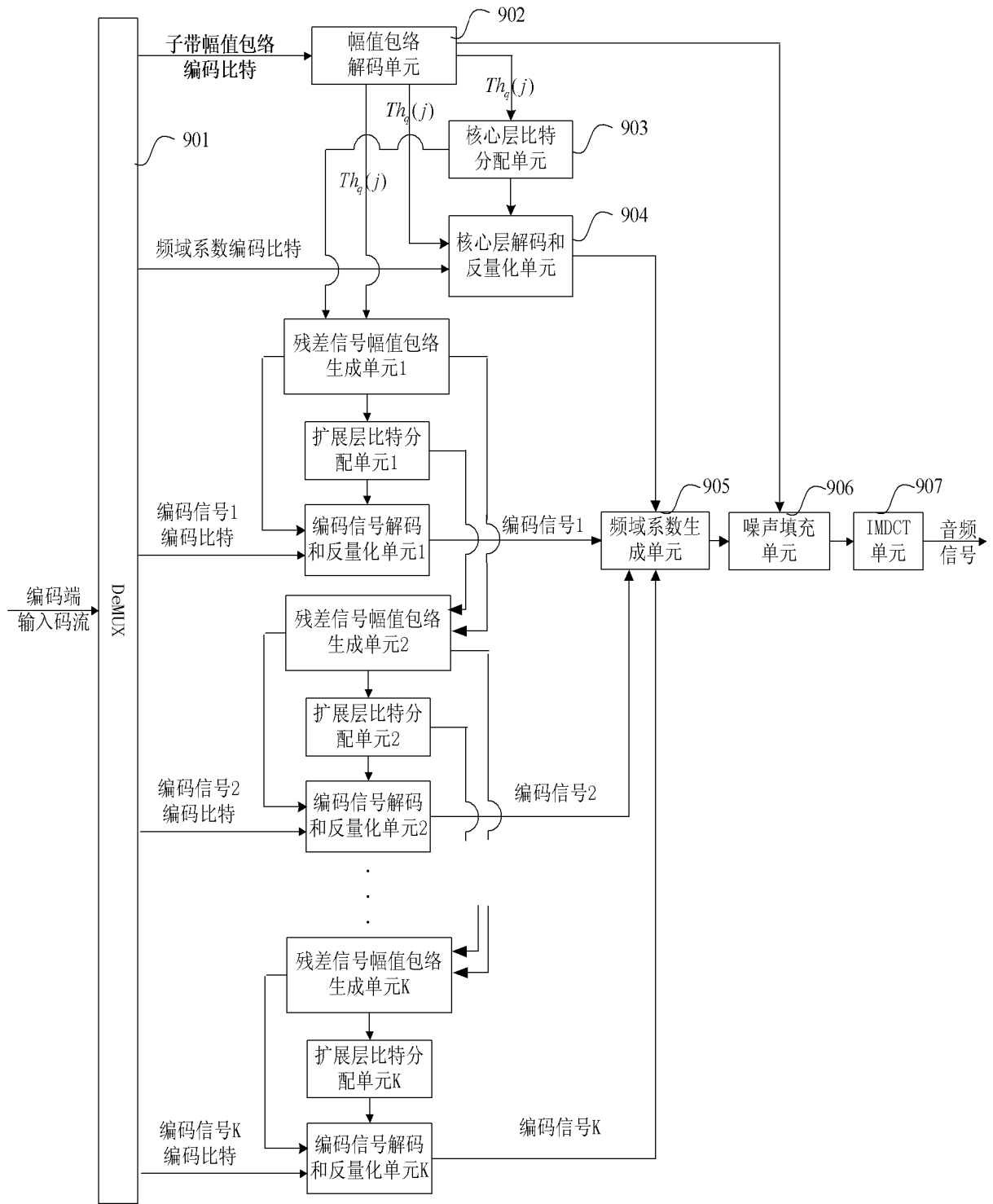


图 9

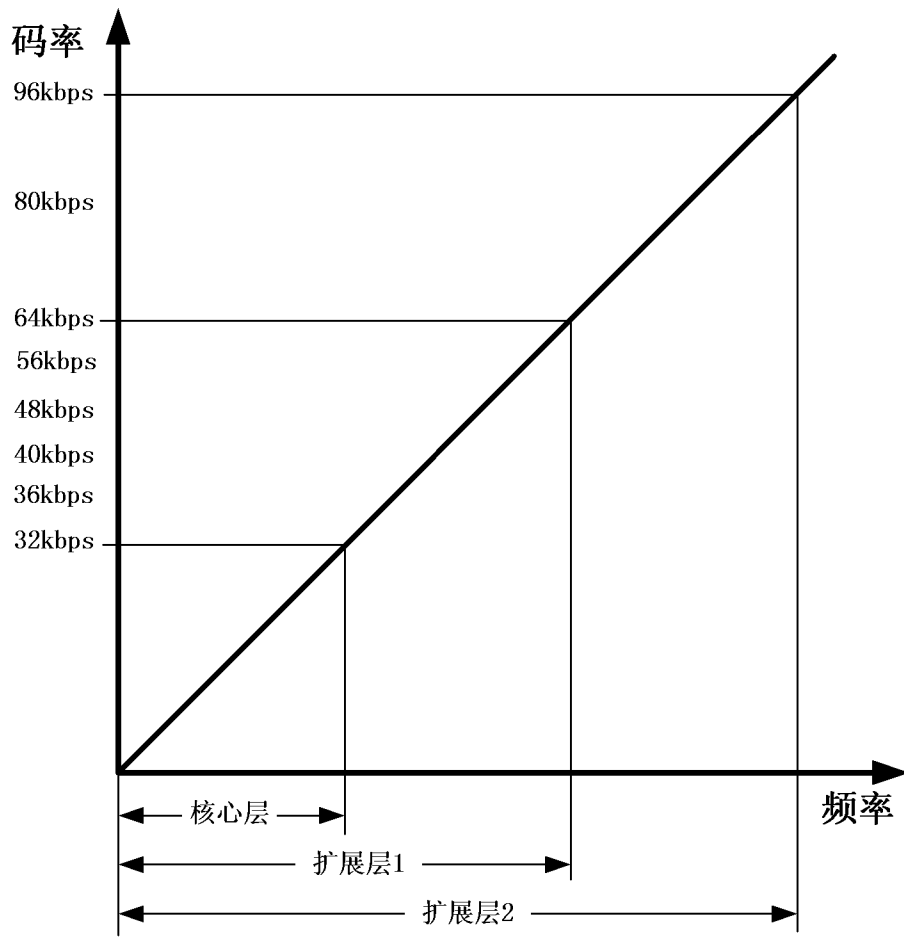


图 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2010/078126

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See extra sheet

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:G10L19,H03M7/30,H04N7

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)

EPODOC,WPI,CPRS,CNKI:COD+, DECOD+, LAYER HIERARCHICAL ENVELOPE ALLOCAT+, BIT,RESIDUAL

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN101206860A (HUAWEI TECH CO. LTD.) 25 Jun.2008 (25.06.2008) claims 1-20, page 7 line 1 to page 19 line 7 of the description, figs.2-6	1-22
A	CN101562015A (HUAWEI TECH CO. LTD.) 21 Oct.2009 (21.10.2009) the whole document	1-22
A	CN101521014A (UNIV WUHAN)02 Sep.2009 (02.09.2009) the whole document	1-22
A	US5684920A (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE) 04 Nov.1997 (04.11.1997) the whole document	1-22
A	US2006/0122830A1 (KOREA ELECTRONICS TELECOMM) 08 Jun.2006 (08.06.2006) the whole document	1-22
A	CN101253557A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO. LTD.) 27Aug.2008 (27.08.2008) the whole document	1-22
A	CN101044552A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO. LTD.)26 Sep.2007 (06.09.2007) the whole document	1-22

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

18 Jan.2011 (18.01.2011)

Date of mailing of the international search report

10 Feb. 2011 (10.02.2011)

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

YANG Yanlan

Telephone No. (86-10)62085705

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2010/078126

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN101206860A	25.06.2008	WO2008074251A	26.06.2008
CN101562015A	21.10.2009	WO2009127133A	22.10.2009
CN101521014A	02.09.2009	none	
US5684920A	04.11.1997	EP0673014A	20.09.1995
		EP0673014B1	23.08.2000
		JP8044399A	16.02.1996
		JP3087814B2	11.09.2000
		DE69518452T	12.04.2001
US2006/0122830A1	08.06.2006	KR20060064498A	13.06.2006
CN101253557A	27.08.2008	WO2007026763A	08.03.2007
		EP1912206A	16.04.2008
		KR20080039462A	07.05.2008
		US2009262945A	22.10.2009
CN101044552A	06.09.2007	WO2006046547A	04.05.2006
		KR20070070189A	03.07.2007
		EP1806737A	11.07.2007
		US2008091440A	17.04.2008
		BRPI0518193A	04.11.2008

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2010/078126

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G10L19/00 (2006.01)i

H03M7/30 (2006.01)i

H04N7/28 (2006.01)i

A. 主题的分类		
参见附加页		
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:G10L19,H03M7/30,H04N7		
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))		
EPODOC,WPI,CPRS,CNKI:分层 编码 解码 残差 包络 分配 比特 COD+, DECOD+, LAYER HIERARCHICAL ENVELOPE ALLOCAT+, BIT,RESIDUAL		
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	CN101206860A (华为技术有限公司) 25.6 月 2008 (25.06.2008) 权利要求 1-20,说明书第 7 页第 1 行至第 19 页第 7 行,附图 2-6	1-22
A	CN101562015A (华为技术有限公司) 21.10 月 2009 (21.10.2009) 全文	1-22
A	CN101521014A (武汉大学)02.9 月 2009 (02.09.2009) 全文	1-22
A	US5684920A (NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE) 04.11 月 1997 (04.11.1997) 全文	1-22
A	US2006/0122830A1 (KOREA ELECTRONICS TELECOMM) 08.6 月 2006 (08.06.2006) 全文	1-22
A	CN101253557A (松下电器产业株式会社) 27.8 月 2008 (27.08.2008) 全文	1-22
A	CN101044552A (松下电器产业株式会社)26.9 月 2007 (06.09.2007) 全文	1-22
<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。		
* 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 18.1 月 2011 (18.01.2011)		国际检索报告邮寄日期 10.2 月 2011 (10.02.2011)
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 杨艳兰 电话号码: (86-10) 62085705

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2010/078126

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN101206860A	25.06.2008	WO2008074251A	26.06.2008
CN101562015A	21.10.2009	WO2009127133A	22.10.2009
CN101521014A	02.09.2009	无	
US5684920A	04.11.1997	EP0673014A	20.09.1995
		EP0673014B1	23.08.2000
		JP8044399A	16.02.1996
		JP3087814B2	11.09.2000
		DE69518452T	12.04.2001
US2006/0122830A1	08.06.2006	KR20060064498A	13.06.2006
CN101253557A	27.08.2008	WO2007026763A	08.03.2007
		EP1912206A	16.04.2008
		KR20080039462A	07.05.2008
		US2009262945A	22.10.2009
CN101044552A	06.09.2007	WO2006046547A	04.05.2006
		KR20070070189A	03.07.2007
		EP1806737A	11.07.2007
		US2008091440A	17.04.2008
		BRPI0518193A	04.11.2008

A. 主题的分类

G10L19/00 (2006.01)i

H03M7/30 (2006.01)i

H04N7/28 (2006.01)i