

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04N 7/30 (2006.01)

H04N 7/26 (2006.01)

G06K 9/36 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200480043606.8

[43] 公开日 2007年8月8日

[11] 公开号 CN 101015216A

[22] 申请日 2004.7.14

[21] 申请号 200480043606.8

[86] 国际申请 PCT/SG2004/000211 2004.7.14

[87] 国际公布 WO2006/006936 英 2006.1.19

[85] 进入国家阶段日期 2007.1.15

[71] 申请人 新加坡科技研究局

地址 新加坡新加坡城

[72] 发明人 俞容山 林 晓 S.拉哈尔贾

[74] 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

代理人 杨生平 杨红梅

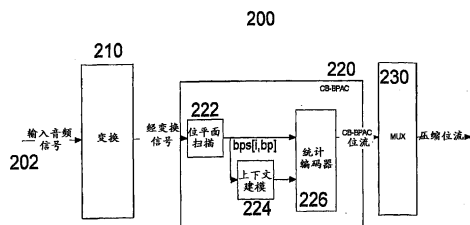
权利要求书 10 页 说明书 10 页 附图 9 页

## [54] 发明名称

基于上下文的信号编码和解码

## [57] 摘要

一种用于输入信号的基于上下文的编码的系统包括域变换模块和基于上下文的编码模块。域变换模块可操作用来将输入信号转换成变换系数  $c[i]$  的序列。基于上下文的编码模块包括位平面扫描模块、上下文建模模块和统计编码模块。位平面扫描模块可操作用来为每个变换系数  $c[i]$  和每个位平面  $[bp]$  产生位平面符号  $bps[i, bp]$ 。上下文建模模块可操作用来将一个或多个上下文值分配给所接收的位平面符号  $bps[i, bp]$  中的每个。统计编码模块可操作用来作为对应上下文值中的一个或多个的函数，对位平面符号  $bps[i, bp]$  中的每个进行编码，以产生基于上下文的经编码符号流。



1. 一种基于上下文的编码器，包括：

域变换模块，具有耦接以接收输入信号的输入、以及输出，该域变换模块可操作用来将输入信号转换为变换系数  $c[i]$  的序列；以及

基于上下文的编码模块，包括：

位平面扫描模块，具有耦接以接收变换系数的序列的输入，并且可操作用来为每个变换系数  $c[i]$  和每个位平面  $[bp]$  产生位平面符号  $bps[i, bp]$ ；

上下文建模模块，具有耦接以接收位平面符号  $bps[i, bp]$  的输入，并且可操作用来向所接收的位平面符号  $bps[i, bp]$  中的每个分配一个或多个上下文值，每个所分配的上下文值是根据上下文模型获得的；以及

统计编码模块，具有耦接以接收位平面符号  $bps[i, bp]$  中的每个的第一输入、耦接以接收对应的一个或多个上下文值的第二输入、以及输出，该统计编码模块可操作用来作为对应上下文值中的一个或多个的函数，对位平面符号  $bps[i, bp]$  中的每个进行编码，以产生基于上下文的经编码符号流，

其中该一个或多个上下文模型包括到 *lazy* 位平面的距离上下文  $D2L[bp]$ ，其上下文值根据位平面号  $[bp]$  和预定编码参数  $[lazy\_bp]$  之间的预定义关系而确定。

2. 如权利要求 1 所述的基于上下文的编码器，其中该一个或多个上下文模型包括频带上下文  $FB[i]$ ，其上下文值根据对应变换系数  $c[i]$  的频率位置而确定。

3. 如权利要求 1 所述的基于上下文的编码器，其中该一个或多个上下文模型包括频带上下文和到 *lazy* 位平面的距离上下文两者，并且其中统计编码模块可操作用来作为对应的频带上下文值和到 *lazy* 位平面的距离上下文值的函数，对位平面符号  $bps[i, bp]$  中的每个进行编码。

4. 如权利要求 3 所述的基于上下文的编码器，其中该一个或多个上下文模型还包括重要性状态上下文  $sig\_state[i, bp]$ ，其上下文值根据沿着位平面  $[bp]$  的相邻变换系数  $c[i-1]$  和  $c[i]$  的幅值的预定义相关而确定。

5. 如权利要求 4 所述的基于上下文的编码器，其中统计编码模块可操作用来作为对应的频带上下文值、到 lazy 位平面的距离上下文值和重要性状态上下文值的函数，对位平面符号  $\text{bps}[i,\text{bp}]$  中的每个进行编码。

6. 如权利要求 1 所述的基于上下文的编码器，还包括：

核心编码模块，具有耦接以接收变换系数  $c[i]$  中的每个的输入，该核心编码器可操作用来以预定义的间隔  $\text{interval}[i]$  对变换系数  $c[i]$  中的每个进行量化和编码，以产生核心位流；以及

误差映射模块，具有耦接以接收变换系数  $c[i]$  中的每个的第一输入、耦接以接收核心位流的第二输入，该误差映射模块可操作用来从变换系数  $c[i]$  的流中去除核心位流，以产生系数残余信号  $e[i]$ ；以及

多路复用器，

其中基于上下文的编码器可操作用来接收残余信号，并且作为响应，产生基于上下文编码的残余信号，并且其中多路复用器包括耦接以接收核心位流的第一输入，耦接以接收基于上下文编码的残余信号的第二输入，以及输出，多路复用器可操作用来将核心位流和基于上下文编码的残余信号组合到从多路复用器输出的经压缩位流上。

7. 如权利要求 6 所述的基于上下文的编码器，其中该一个或多个上下文模型还包括量化间隔上下文  $\text{QI}[i,\text{bp}]$ ，其上下文值作为量化间隔的函数来确定。

8. 如权利要求 7 所述的基于上下文的编码器，其中统计编码模块可操作用来作为对应的频带上下文值、到 lazy 位平面的距离上下文值、重要性状态上下文值和量化间隔上下文值的函数，对位平面符号  $\text{bps}[i,\text{bp}]$  中的每个进行编码。

9. 如权利要求 8 所述的基于上下文的编码器，其中频带上下文值  $\text{FB}[i]$  包括：

$$\text{FB}[i] = \begin{cases} 0 & \text{对于 } c[i] < 4 \text{ KHz} \\ 1 & \text{对于 } c[i] \text{ 4-11 KHz} \\ 2 & \text{对于 } c[i] > 11 \text{ KHz} \end{cases}$$

10. 如权利要求 8 所述的基于上下文的编码器，其中到 lazy 位平面的距离上下文值  $\text{D2L}[\text{bp}]$  包括：

$$D2L(bp) = bp - lazy\_bp.$$

11. 如权利要求 8 所述的基于上下文的编码器，其中重要性状态上下文值  $sig\_state[i, bp]$  包括：

$$sig\_state(i, bp) = \begin{cases} 0 & \text{在位平面 } bp \text{ 之前, } c[i] \text{ 不重要} \\ 1 & \text{在位平面 } bp \text{ 之前, } c[i] \text{ 重要} \end{cases}$$

12. 如权利要求 8 所述的基于上下文的编码器，其中量化间隔上下文值  $QI[i, bp]$  包括：

$$QI(i, bp) = \begin{cases} 0, & |\hat{e}[i]| + 2^{bp+1} \leq interval[i] \\ 1, & |\hat{e}[i]| + 2^{bp} \leq interval[i] < |\hat{e}[i]| + 2^{bp+1} \\ 2, & interval[i] < |\hat{e}[i]| + 2^{bp} \end{cases}$$

其中  $\hat{e}[i]$  是对于在  $b[i, bp]$  之前接收所有位平面符号的  $e[i]$  的部分重建值。

13. 一种用于基于上下文的信号编码的方法，该方法包括：

将输入信号域变换为多个变换系数；以及

将基于上下文的编码应用于变换系数，以产生经编码的输出位流，还包括：

对变换系数进行位平面扫描和编码，以产生多个位平面符号；

为位平面符号定义一个或多个上下文模型；

使用所定义的一个或多个上下文模型，为位平面符号分配相应的一个或多个上下文值；以及

作为该一个或多个对应上下文值的函数，对位平面符号中的每个进行统计编码，以产生经编码的输出位流，

其中定义一个或多个上下文模型包括：定义到 *lazy* 位平面的距离上下文模型，其上下文值根据对应位平面符号的位平面号和预定编码参数之间的预定义关系而确定。

14. 如权利要求 13 所述的方法，其中定义一个或多个上下文模型包括：定义频带上下文模型，其上下文值根据对应变换系数的频率位置而确

定。

15. 如权利要求 14 所述的方法，

其中定义一个或多个上下文模型包括定义频带上下文模型和到 lazy 位平面的距离上下文模型两者，

其中分配一个或多个上下文值包括向对应的位平面符号分配频带上下文值、到 lazy 位平面的距离上下文值，以及

其中对每个位平面符号进行统计编码包括：作为频带上下文值和到 lazy 位平面的距离上下文值两者的函数，对位平面符号进行统计编码。

16. 如权利要求 15 所述的方法，其中定义一个或多个上下文模型包括：定义重要性状态上下文模型，其上下文值根据相邻变换系数的幅值的预定义相关而确定。

17. 如权利要求 16 所述的方法，

其中分配一个或多个上下文值包括：为对应的位平面符号分配频带上下文值、到 lazy 位平面的距离上下文值和重要性状态上下文值，以及

其中对每个位平面符号进行统计编码包括：作为频带上下文值、到 lazy 位平面的距离上下文值和重要性状态上下文值的函数，对位平面符号进行统计编码。

18. 一种用于基于上下文的信号编码的方法，该方法包括：

将输入信号域变换为多个变换系数；

对变换系数进行编码，以产生核心位流，该编码包括以预定义间隔对变换系数进行量化；

相对于核心位流对变换系数进行误差映射，以产生残余系数流；

将基于上下文的编码应用于残余系数流，以产生经编码的残余输出位流，还包括：

对残余系数进行位平面扫描，以产生多个残余位平面符号；

为残余位平面符号定义一个或多个上下文模型；

使用所定义的一个或多个上下文模型，为残余位平面符号分配相应的一个或多个上下文值；以及

作为该一个或多个对应上下文值的函数，对残余位平面符号中的每个进行编码，以产生经编码的输出位流，

其中定义一个或多个上下文模型包括定义量化间隔上下文模型，其上下文值作为预定义量化间隔的函数来确定。

19. 如权利要求 18 所述的方法，其中定义一个或多个上下文模型还包括：

定义频带上下文模型，其上下文值根据对应变换系数的频率位置而确定；

定义到 lazy 位平面的距离上下文模型，其上下文值根据对应位平面符号的位平面号和预定编码参数之间的预定义关系而确定；以及

定义重要性状态上下文模型，其上下文值根据相邻变换系数的幅值的预定义相关而确定。

20. 如权利要求 19 所述的方法，

其中分配一个或多个上下文值包括：为对应的位平面符号分配频带上下文值、到 lazy 位平面的距离上下文值、重要性状态上下文值和量化状态上下文值，以及

其中对每个位平面符号进行统计编码包括：作为频带上下文值、到 lazy 位平面的距离上下文值、重要性状态上下文值和量化上下文值的函数，对位平面符号进行统计编码。

21. 如权利要求 20 所述的方法，其中频带上下文值  $FB[i]$  包括：

$$FB[i] = \begin{cases} 0 & \text{对于 } c[i] < 4 \text{ KHz} \\ 1 & \text{对于 } c[i] \text{ 4-11 KHz} \\ 2 & \text{对于 } c[i] > 11 \text{ KHz} \end{cases}$$

22. 如权利要求 20 所述的方法，其中到 lazy 位平面的距离上下文值  $D2L[bp]$  包括：

$$D2L(bp) = bp - \text{lazy\_bp}.$$

23. 如权利要求 20 所述的方法，其中重要性状态上下文值  $\text{sig\_state}[i, bp]$  包括：

$$\text{sig\_state}(i, bp) = \begin{cases} 0 & \text{在位平面 } bp\text{-之前, } c[i] \text{ 不重要} \\ 1 & \text{在位平面 } bp\text{-之前, } c[i] \text{ 重要} \end{cases}$$

24. 如权利要求 20 所述的方法, 其中量化间隔上下文值  $QI[i, bp]$  包括:

$$QI(i, bp) = \begin{cases} 0, & |\hat{e}[i]| + 2^{bp+1} \leq \text{interval}[i] \\ 1, & |\hat{e}[i]| + 2^{bp} \leq \text{interval}[i] < |\hat{e}[i]| + 2^{bp+1} \\ 2, & \text{interval}[i] < |\hat{e}[i]| + 2^{bp} \end{cases}$$

其中  $\hat{e}[i]$  是对于在  $b[i, bp]$  之前接收所有位平面符号的  $e[i]$  的部分重建值。

25. 一种解码器, 可操作用来对基于上下文编码的流进行解码, 该基于上下文编码的流包括被编码为沿着位平面  $bp$  的经域变换系数  $c[i]$  的序列的输入信号, 该解码器包括:

基于上下文的解码模块, 包括:

统计编码模块, 具有耦接以接收基于上下文编码的位流的第一输入、耦接以接收一个或多个上下文值的第二输入、以及输出, 该统计编码模块可操作用来作为一个或多个上下文值的函数, 将基于上下文编码的位流解码为经解码的位平面符号  $\text{bps}'[i, bp]$ , 其中该一个或多个上下文值包括到 lazy 位平面的距离上下文值;

位平面重建模块, 具有输入和输出, 该输入用于接收经解码的位平面符号  $\text{bps}'[i, bp]$ , 该位平面重建模块可操作用来生成经解码的系数  $c'[i]$  的流; 以及

反向域变换模块, 具有输入和输出, 该输入耦接以接收经解码的系数  $c'[i]$  的排序流, 该域变换模块可操作用来将经解码的系数  $c'[i]$  的流转换为输出音频信号。

26. 如权利要求 25 所述的基于上下文的解码器, 其中该一个或多个上下文值还包括频带上下文值。

27. 如权利要求 25 所述的基于上下文的解码器, 其中该一个或多个上下文值还包括重要性状态上下文值。

28. 如权利要求 27 所述的基于上下文的解码器, 其中该一个或多个

上下文值包括频带上下文值、到 lazy 位平面的距离上下文值和重要性状态上下文值。

29. 如权利要求 25 所述的基于上下文的解码器，还包括：

多路分解器，可操作用来接收经压缩的位流，其包括基于上下文编码的残余流和核心位流，该多路分解器可操作用来分离并且输出基于上下文编码的残余流和核心位流，

其中基于上下文的解码器可操作用来接收基于上下文编码的残余位流，作为响应，基于上下文的解码器可操作用来产生经解码的残余系数  $e'[i]$ ；

核心解码模块，具有耦接到核心位流的输入、以及输出，该核心解码模块可操作用来将核心位流解码为经解码的核心系数  $x'[i]$ ；以及

误差反映射模块，具有耦接以接收核心系数  $x'[i]$  的第一输入、耦接以接收经解码的残余系数  $e'[i]$  的第二输入、以及输出，该误差反映射模块可操作用来作为响应而生成经解码的变换系数  $c'[i]$ ，

反向域变换模块，具有耦接以接收经解码的变换系数  $c'[i]$  的输入，并且可操作用来作为响应而产生输出音频信号。

30. 如权利要求 29 所述的基于上下文的编码器，其中该一个或多个上下文值包括量化间隔上下文值。

31. 一种用于对基于上下文编码的位流进行解码的方法，该基于上下文编码的位流包括被编码为沿着位平面 bp 的经域变换的系数  $c[i]$  的序列的输入信号，该方法包括：

作为一个或多个上下文值的函数，将基于上下文编码的位流统计解码为经解码的位平面符号  $bps'[i, bp]$ ，其中该一个或多个上下文值包括到 lazy 位平面的距离上下文值；

将经解码的位平面符号  $bps'[i, bp]$  位平面重建为经解码系数  $c'[i]$  的有序流；以及

将经解码系数  $c'[i]$  的有序流逆变换为输出信号。

32. 如权利要求 31 所述的方法，其中该一个或多个上下文值包括频带上下文值。

33. 如权利要求 31 所述的方法，其中该一个或多个上下文值包括重



要性状态上下文值。

34. 一种用于对经编码位流进行解码的方法，该经编码位流包括核心位流和基于上下文编码的残余位流，该基于上下文编码的残余位流包括被编码为沿着位平面  $bp$  的经域变换的系数  $c[i]$  的序列的输入信号，该方法包括：

将核心位流解码为经解码的核心系数  $x'[i]$ ；

作为一个或多个上下文值的函数，将基于上下文编码的残余位流统计解码为经解码的残余系数  $e'[i]$ ，该一个或多个上下文值包括到  $lazy$  位平面的距离上下文值；

针对经解码的核心系数  $x'[i]$  和经解码的残余系数  $e'[i]$ ，生成经解码的变换系数  $c'[i]$ ；以及；

将经解码系数  $c'[i]$  逆变换为输出信号。

35. 如权利要求 34 所述的方法，其中该一个或多个上下文值包括频带上下文值。

36. 如权利要求 34 所述的方法，其中该一个或多个上下文值包括量化间隔上下文值。

37. 如权利要求 34 所述的方法，其中对基于上下文编码的残余位流进行解码包括：

作为该一个或多个上下文值的函数，将基于上下文编码的残余位流统计解码为经解码的残余位平面符号  $rbps'[i, bp]$ ；

将经解码的残余位平面符号  $rbps'[i, bp]$  位平面重建为经解码的残余系数  $e'[i]$ 。

38. 一种驻留在计算机可读介质上的计算机程序产品，其可操作用来执行用于基于上下文的数据编码的指令代码，该计算机程序产品包括：

用于将输入信号域变换为多个变换系数的指令代码；以及

用于将基于上下文的编码应用于经变换的系数以产生经编码的输出位流的指令代码，还包括：

用于对变换系数进行位平面扫描和编码以产生多个位平面符号的指令代码；

用于为位平面符号定义一个或多个上下文模型的指令代码;

用于使用所定义的一个或多个上下文模型为位平面符号分配相应的一个或多个上下文值的指令代码; 以及

用于作为该一个或多个对应上下文值的函数对位平面符号中的每个进行统计编码以产生经编码的输出位流的指令代码,

其中用于定义一个或多个上下文模型的指令代码包括用于定义到 lazy 位平面的距离上下文模型的指令代码, 该上下文模型的上下文值根据对应位平面符号的位平面号和预定编码参数之间的预定义关系而确定。

39. 如权利要求 38 所述的计算机程序产品, 其中用于定义一个或多个上下文模型的指令代码包括用于定义频带上下文模型的指令代码, 该上下文模型的上下文值根据对应变换系数的频率位置而确定。

40. 一种驻留在计算机可读介质上的计算机程序产品, 其可操作用来执行用于基于上下文的数据编码的指令代码, 该计算机程序产品包括:

用于将输入信号域变换为多个变换系数的指令代码;

用于对变换系数进行编码以产生核心位流的指令代码, 该编码包括以预定义间隔对变换系数进行量化;

用于相对于核心位流对变换系数进行误差映射以产生残余系数流的指令代码;

用于将基于上下文的编码应用于残余系数流以产生经编码的残余输出位流的指令代码, 还包括:

用于对残余系数进行位平面扫描和编码以产生多个残余位平面符号的指令代码;

用于为残余位平面符号定义一个或多个上下文模型的指令代码;

用于使用所定义的一个或多个上下文模型为残余位平面符号分配相应的一个或多个上下文值的指令代码; 以及

用于作为该一个或多个对应上下文值的函数对残余位平面符号中的每个进行编码以产生经编码的输出位流的指令代码,

其中用于定义一个或多个上下文模型的指令代码包括用于定义量化

间隔上下文模型的指令代码,该上下文模型的上下文值作为预定义的量化间隔的函数来确定。

41. 一种驻留在计算机可读介质上的计算机程序产品,其可操作用来执行用于对基于上下文编码的位流进行解码的指令代码,该基于上下文编码的位流包括被编码为沿着位平面  $bp$  的经域变换的系数  $c[i]$  的序列的输入信号,该计算机程序产品包括:

用于作为一个或多个上下文值的函数将基于上下文编码的位流统计解码为经解码的位平面符号  $bps'[i,bp]$  的指令代码,该一个或多个上下文值包括到  $lazy$  位平面的距离上下文值;

用于将经解码的位平面符号  $bps'[i,bp]$  位平面重建为经解码系数  $c'[i]$  的有序流的指令代码; 以及

用于将经解码系数  $c'[i]$  的有序流逆变换为输出信号的指令代码。

42. 如权利要求 41 所述的计算机程序产品,其中该一个或多个上下文值还包括频带上下文值。

43. 一种驻留在计算机可读介质上的计算机程序产品,其可操作用来执行用于对经编码的位流进行解码的指令代码,该经编码的位流包括核心位流和基于上下文编码的残余位流,该基于上下文编码的残余位流包括被编码为沿着位平面  $bp$  的经域变换的系数  $c[i]$  的序列的输入信号,该计算机程序产品包括:

用于将核心位流解码为经解码的核心系数  $x'[i]$  的指令代码;

用于作为一个或多个上下文值的函数将基于上下文的残余位流解码为经解码的残余系数  $e'[i]$  的指令代码,该一个或多个上下文值包括到  $lazy$  位平面的距离上下文值;

用于针对经解码的核心系数  $x'[i]$  和经解码的残余系数  $e'[i]$  生成经解码的变换系数  $c'[i]$  的指令代码; 以及

用于将经解码系数  $c'[i]$  逆变换为输出信号的指令代码。

44. 如权利要求 43 所述的计算机程序产品,其中该一个或多个上下文模型包括频带上下文模型。

45. 如权利要求 43 所述的计算机程序产品,其中该一个或多个上下文值包括预定义量化间隔上下文值。

## 基于上下文的信号编码和解码

### 技术领域

本发明涉及用于对数据进行编码的系统和方法，特别涉及基于上下文的编码系统和方法。

### 背景技术

基于上下文的编码技术基于使用具有有限状态的统计模型或上下文，以捕获从源生成的样本的统计相关性。在基于上下文的编码系统中，对给定样本进行编码中的概率分配取决于它的上下文，该上下文是通过使用已经为编码器和解码器两者所知的信息例如已经被编码和传送的历史样本来构造的。上下文的详细设计在不同应用中不同。例如，在文本压缩中，对文字进行编码的上下文可以由其之前的文字形成。在图像编码中，对给定像素进行编码的概率分配由其相邻(经编码)像素的值来确定。

图1示出了一种在本领域内公知的传统的基于上下文的编码系统。在传统系统100中，以由上下文建模模块130确定的概率分配，使用通常为算术码的统计编码器120对从数据源110输出的每个样本进行编码。传统地，上下文建模模块使用两个方案中的一个为给定上下文确定概率分配。第一方案使用固定频率表，其中每个上下文使用固定、预先训练的频率表，该频率表记录了对于可能样本的概率分配以在上下文符合时调用。第二方案使用自适应频率表，其中在编码处理期间，每个上下文中的频率表根据使用该上下文编码的样本而调整。

位平面编码技术先前用于图像编码，例如，A. Said 和 W. A. Pearlman, "A New, Fast, and Efficient Image Codec Based on Set Partitioning in Hierarchical Trees", IEEE Transactions on Circuits and Systems For Video Technology, vol. 6, no. 3, pp. 243-250, June 1996。位平面编码已经广泛地用于多媒体编码应用，以构造实现细粒度位速率可伸缩性的编码系统。在位平面编码中，首先将要被编码的数字样本分组为一系列矢量。然后，使用顺序位平面扫描和编码方法对每个矢量进行编码，其

中,顺序地从最高有效位(MSB)到最低有效位(LSB)对数据元素进行编码。可以以这样的方式将基于上下文的编码技术应用于位平面编码,即,使用由上下文建模模块根据其上下文给出的概率分配对每个位平面符号进行编码。这导致基于上下文的位平面编码技术(CB-BPC)。CB-BPC 技术已经广泛地用于多媒体编码应用,例如, JPEG 2000 [参见 D. Taubman, "High Performance Scalable Image Compression with EBCOT", IEEE Tran. Image Processing, vol. 9, no.7, pp. 1158 - 1170, July 2000],以及 MPEG Audio BSAC [参见 S. H. Park, Y. B. Kim 和 Y. S. Seo, "Multi-layer bit-sliced bit-rate scalable audio coder," 103<sup>rd</sup> AES convention preprint 4520,1997]。

需要一种改进的基于上下文的编码处理,其提供一种更好的用于我们感兴趣的数据的模型,以实现更好的压缩性能,并且其优选地并入了位平面编码的可伸缩性。

## 发明内容

本发明提供了基于上下文的编码和解码系统和处理,其并入了位平面编码以允许可伸缩性。选择性地,为了进一步改进性能,可以包括特定的上下文特征,例如,频带、到 lazy 位平面的距离(distance-to-lazy bit-plane)、重要性状态和系数的量化间隔,以及编码处理。

在一个实施例中,基于上下文的编码系统包括域变换模块和基于上下文的编码模块。域变换模块可操作用来将输入信号转换成变换系数  $c[i]$  的序列。基于上下文的编码模块包括位平面扫描模块、上下文建模模块和统计编码模块。位平面扫描模块可操作用来为每个变换系数  $c[i]$  和每个位平面  $[bp]$  产生位平面符号  $bps[i, bp]$ 。上下文建模模块可操作用来将一个或多个上下文值分配给所接收的位平面符号  $bps[i, bp]$  中的每个。统计编码模块可操作用来作为对应上下文值中的一个或多个的函数,对位平面符号  $bps[i, bp]$  中的每个进行编码,以产生基于上下文的经编码符号流。

鉴于下面的附图和随后的详细描述,将更好地理解本发明的这些以及其它特征。

## 附图说明

图 1 示出了在本领域内公知的基于上下文的编码系统。

图 2A 和 2B 分别示出了根据本发明的基于上下文的编码器和操作方法的第二实施例。

图 3A 和 3B 分别示出了根据本发明的基于上下文的编码器和操作方法的第二实施例。

图 4A 和 4B 分别示出了根据本发明的基于上下文的解码器和操作方法的第二实施例。

图 5A 和 5B 分别示出了根据本发明的基于上下文的解码器和操作方法的第二实施例。

### 具体实施方式

本发明针对输入数字信号的位平面符号的基于上下文的编码问题提出了新的上下文设计。该设计对音频上下文具有特别的适用性，但是可以在用于处理基于图像的数据以及流视频的可选实施例中使用。

根据本发明，单独地或互相组合地使用四种上下文来对输入信号进行编码。上下文在此指的是到 lazy 位平面的距离(D2L)上下文、频带(FB)上下文、重要性状态(SS)上下文和量化间隔(QL)。如下面进一步说明的那样，使用下述 D2L、FB、SS、QL 上下文中的一个或多个对来自位平面 bp 的变换系数  $c[i]$  的每个位平面符号  $b[i, bp]$  进行编码， $i=0, \dots, N-1$ 。还规定了较小的 bp 意味着较不重要的位平面，并且 bp 从 0 开始。因此，我们有

$$c[i] = s[i] \sum_{bp=0}^M b[i, bp] 2^{bp}, i=0 \dots N-1 \quad (1)$$

其中  $s[i]$  和  $M$  分别是  $c[i]$  的符号和字长。

下面上下文设计是按照输入音频信号来描述的，不过，本领域的技术人员将理解，对这些设计的较少修改就可以用来使本发明适于对包含其它形式的内容的信号进行编码和解码。

#### 上下文 1: 频带(FB)

根据其频率位置向每个变换系数分配 FB 上下文，其用来捕获变换系数的位平面符号的概率分布与其频率位置的相关性。在示例性实施例中，

变换系数  $c[i]$  根据其频率位置被分类成三个不同的频带，也就是，低频带(0~4kHz)、中间频带(4kHz~11kHz)和高频带(高于 11kHz)。然后，根据其所属的每个频带分配用于每个变换系数的 FB 上下文。

上下文 No.	频率范围
0 (低频带)	0~4kHz
1 (中间频带)	4 ~ 11 kHz
2 (高频带)	高于 11 kHz

表 I

当然，有可能使用具有不同数目的上下文和/或不同频率范围分类的不同频带配置。

### 上下文 2: 到 lazy 位平面的距离 (D2L)

在本发明中采用的第二上下文描述了要被编码的位平面符号的位平面号与预定整数编码参数  $lazy\_bp$  的关系。该上下文的实现源于这样的观察，即来自音频信号的位平面符号的分布在它们离参数  $lazy\_bp$  具有相同的距离时，趋向于展现出概率的类似倾斜。在本发明中，将 D2L 上下文定义为  $D2L(bp)=bp-lazy\_bp$ 。

此外，可以观察到，对于较小的  $bp$ ，位平面符号的概率倾斜趋向于减小。因此，有可能通过将所有具有  $D2L(bp)<L$  的 D2L 上下文编组为一个上下文来简化上下文设计，其中  $L$  是预选参数，并且对于这个上下文，使用等概率分布即概率分配 1/2 对位平面符号进行编码。

在具体实施例中，将在 CB-BPC 编码器中选择的用于最优编码性能的参数  $lazy\_bp$  发送到 CB-BPC 解码器，以正确地恢复用于正确解码的 D2L 上下文。

### 上下文 3: 重要性状态(SS)

采用重要性状态上下文对音频信号的相邻变换系数的幅度之间的相关性建模。在具体实施例中，重要性状态  $sig\_state(i, bp)$  定义如下：

$$sig\_state(i, bp) = \begin{cases} 0 & \text{在位平面 } bp \text{ 之前, } c[i] \text{ 不重要} \\ 1 & \text{在位平面 } bp \text{ 之前, } c[i] \text{ 重要} \end{cases} \quad (2)$$

其中“重要”和“不重要”意味着存在/不存在具有  $j < bp$  的非零位平面符号  $b[i, j]$ 。然后，通过其相邻系数的重要性状态给出要被编码的每个位平面符号的 SS 上下文。例如，如果考虑 4 个最靠近的相邻系数，则位平面符号  $b[i, bp]$  的 SS 上下文将如下给出：

$$SS(i, bp) = \{sig\_state(i-2, bp), sig\_state(i-1, bp), sig\_state(i+1, bp), sig\_state(i+2, bp)\} \quad (3)$$

#### 上下文 4: 量化间隔(QI)

若干编码系统架构并入了核心编码器，例如高级音频 Zip [参见 R. Yu, X. Lin, S. Rahardja 和 C.C. Ko, "A Scalable Lossy to Lossless Audio Coder for MPEG-4 Audio Scalable Lossless Coding", Proc. ICASSP 2004], 无损音频编码器的 FGS。在这样的系统中，核心编码器对变换系数  $c[i], i = 0, \dots, N-1$  执行量化和编码处理，以产生核心位流，其表示输入信号的基本质量/速率编码单元。然后，通过去除已经在核心位流中编码的信息，使用误差映射产生变换残余信号  $e[i], i = 0, \dots, N-1$ 。最后，使用 CB-BPAC 编码处理对该残余信号进行编码，以产生 FGS 位流。下面在图 3A 中示出和描述了该架构的示例性实施例。

由于作为来自对  $c[i], i=0, \dots, N-1$  执行的量化操作的残余而生成残余信号  $e[i], i=0, \dots, N-1$ ，因此其幅度通常由取决于核心编码器量化器的量化间隔的值来限制。也就是：

$$|e[i]| \leq interval[i], \quad (4)$$

其中  $interval[i]$  取决于  $c[i]$  的量化间隔和所采用的具体误差映射处理。例如，如果使用具有量化间隔  $\Delta$  的均匀量化器，并且通过将  $c[i]$  减去量化间隔的中值来构造残余信号，则我们有  $interval[i] = \Delta/2$ 。

为了利用该特性改进编码性能，对于利用核心编码器的实施例，量化间隔上下文 QI 也变得可用，该量化间隔上下文如下给出：

$$QI(i, bp) = \begin{cases} 0, & |\hat{e}[i]| + 2^{bp+1} \leq interval[i] \\ 1, & |\hat{e}[i]| + 2^{bp} \leq interval[i] < |\hat{e}[i]| + 2^{bp+1} \\ 2, & interval[i] < |\hat{e}[i]| + 2^{bp} \end{cases} \quad (5)$$



其中  $e[i]$  是对于在  $b[i, bp]$  之前接收所有位平面符号的  $e[i]$  的部分重建值。

从方程(4)直接作出结论, 当  $QI=2$  时, 当前位平面符号  $b[i, bp]$  是零, 具有概率 1, 由此不需要对它进行编码(空上下文)。另外, 与上下文  $QI=0$  相比较,  $b[i, bp]$  的概率为 1 将与  $QI=1$  时比较少得多, 由此在本发明中将它们视作两个上下文。

### 基于上下文的编码架构和方法

图 2A 示出了用来对音频信号进行编码的基于上下文的编码系统的示例性框图, 图 2B 示出了对应操作方法。首先参考图 2A 的编码器框图, 编码器 200 包括变换模块 210、基于上下文的位平面算术编码器(CB-BPAC) 220 和多路复用器 230。基于上下文的编码器 220 进一步包括位平面扫描模块 222、上下文建模模块 224 和统计编码器 226, 其在示例性实施例中是算术编码器。

现在参考图 2A 和 2B 两者来描述编码器的操作, 将音频信号 202 提供给变换模块 210, 并且将其变换为变换系数  $c[i], i=0, \dots, N-1$  (图 2B 中的处理 251)。在具体实施例中, 变换模块 210 可操作用来向所提供的信号提供离散小波变换, 不过在本发明的可选实施例中也可以使用其它变换如离散余弦变换、离散傅里叶变换、以及其它变换类型。

其后, 在 252, 将变换系数  $c[i]$  提供给位平面扫描模块, 其针对每个位平面  $bp$  的每个变换系数  $c[i]$  操作, 以产生位平面符号  $bps[i, bp]$ 。在一个实施例中, 从最重要的位平面到最不重要的位平面, 即, 从  $c[i]$  的最大字长  $M$  到 0 实行位平面扫描次序。

接着, 将位平面符号  $bps[i, bp]$  提供给上下文建模模块 224 和统计编码器 226 两者, 在所示实施例中, 统计编码器包括算术编码器。上下文建模模块 224 并入在此描述的四个上下文模型中的一个或多个(处理 253), 并且可操作用来基于所接收的位平面符号  $bps[i, bp]$ , 为前述上下文模型中的一个或多个分配并且输出上下文值(处理 254)。该一个或多个上下文值可以包括使用预先编码的位平面符号计算的重要性状态上下文值, 或者由当前处理的位平面符号的位置确定的频带上下文值和/或到 lazy 位平面的距离上下文值。在具体实施例中, 上下文建模模块 224 可以被配置成, 分配并且输出仅仅一个上下文值到统计编码器 226, 例如, 与变换系数的频带或者当前处理的位平面符号  $bps[i, bp]$  的到 lazy 位平面的距离相对应的上

下文值。在另一实施例中，上下文建模模块可以被配置成，为当前处理的位平面符号  $\text{bps}[i,\text{bp}]$  分配并且输出多个上下文值，例如，用于频带上下文、到 lazy 位平面的距离上下文和重要性状态上下文的上下文值。当然，还可以采用三个上下文模型中的任意两个的组合。

在 255，统计编码器 226 接收位平面符号  $\text{bps}[i,\text{bp}]$ ，并且作为所接收的对应上下文值的函数对其进行编码。其后，对所得到的基于上下文的经编码位流进行多路复用，以生成经压缩的位流。

图 3A 示出了用来对音频信号进行编码的基于上下文的编码系统的第二示例性框图，图 3B 示出了对应的操作方法。除了先前标识的组件之外，系统 300 还采用核心编码器 310 和误差映射模块 320，其中误差映射模块 320 用于如本领域公知的那样产生残余信号层。

参考图 3A 和 3B 两者来描述编码器的操作，将音频信号 302 提供给变换模块 210，并且将其变换为变换系数  $c[i]$ ， $i=0,\dots,N-1$  (图 3B 中的处理 351)。如上所述，变换模块 210 可以实现多种时间/频率变换中的任何一种，例如，离散小波变换、离散余弦变换、离散傅里叶变换等等。

在 352，将变换系数提供给核心编码器 310，其操作以将变换系数编码为系数  $x[i]$  的核心位流。核心编码器 310 使用预定义量化间隔对位流进行编码，如上所述，该预定义量化间隔用来确定在本发明的编码处理中的 QI 上下文。

接着，在 353，误差映射模块 320 接收变换系数  $c[i]$  的序列和核心位流，获得其之间的差值，并且产生残余系数  $e[i]$  的流。其后，编码处理以如上所述类似的方式进行，由此由编码器 220 对残余系数  $e[i]$  进行基于上下文的编码。具体地，在编码模块 220 之内，将残余系数  $e[i]$  提供给编码模块 220 内的位平面扫描模块，其操作以为每个位平面  $\text{bp}$  的每个残余系数  $e[i]$  产生残余位平面符号  $\text{rbps}[i,\text{bp}]$  (处理 354)。接着，将残余位平面符号  $\text{rbps}[i,\text{bp}]$  提供给上下文建模模块和统计编码器两者。上下文建模模块并入在此描述的四个上下文模型中的一个或多个 (处理 355)，并且可操作用来基于所接收的残余位平面符号  $\text{rbps}[i,\text{bp}]$ ，为前述上下文模型中的一个或多个分配并且输出上下文值 (处理 356)。该一个或多个上下文值可以包括使用预先编码的残余位平面符号计算的重要性状态上下文值，或者由当前处理的残余位平面符号的位置确定的频带上下文值和/或到 lazy 位平面的距离上下文值。此外，编码处理可以包括量化间隔上下文模型的实现，

以计算量化间隔上下文值。上下文建模模块可操作用来为在此所述的四个上下文模型中的每个(或可选地, 其中的任何两个或三个上下文模型的组合)分配并且输出上下文值。

在 357, 在编码模块 220 之内的统计编码器接收残余位平面符号  $rbps[i, bp]$ , 并且作为所接收的对应上下文值的函数对其进行编码。其后, 将所得到的基于上下文的经编码残余位流与核心位流进行多路复用, 以生成经压缩的位流。

图 4A 和 4B 示出了根据本发明的基于上下文的解码器和操作方法, 其与上面图 2A 和 2B 所示的编码器互补。首先参考图 4A 的解码器框图, 解码器 400 包括多路分解器 410、基于上下文的位平面算术解码器(CB-BPAD)420 和逆变换模块 430。基于上下文的解码器 420 进一步包括统计解码器 422、上下文建模模块 424 和位平面重建模块 426, 该统计解码器 422 在示例性实施例中是算术解码器。

解码器 400 与上述编码器 200 相反地操作。在 451, 接收经压缩位流 402, 并且将其多路分解为基于上下文的经编码位流 404。在 452, 统计编码器 422 接收基于上下文的经编码位流 404, 作为响应, 作为对应上下文值的函数产生经解码的位平面符号  $bps'[i, bp]$  的流。上下文值 408 由上下文建模模块 424 生成, 其基于先前解码的位平面符号  $bps'[i, bp]$ , 例如, 重要性状态上下文值, 和/或基于当前处理的位平面符号的位置, 例如, 频带上下文值和/或到 lazy 平面的距离上下文值。在具体实施例中, 上下文建模模块 424 可以被配置成, 分配并且输出仅仅一个上下文值到统计解码器 422, 例如, 与变换系数的频带或者当前处理的位平面符号的到 lazy 位平面的距离相对应的上下文值。在另一实施例中, 上下文建模模块可以被配置成, 为当前处理的位平面符号分配并且输出多个上下文值, 例如, 用于频带上下文、到 lazy 位平面的距离上下文和重要性状态上下文的上下文值。当然, 还可以采用三个上下文模型中的任何两个的组合。注意, 撇号(')指的是先前标识数据的解码版本(例如, 经解码的位平面符号被标识为  $bps'[i, bp]$ ), 经解码的数据理想地为编码版本的相同副本, 但是可选地包括由于系统实现的不完善例如由于不完善的传输和/或解码处理而导致包含或省略数据的版本。

在 453, 将经解码的位平面符号  $bps'[i, bp]$  提供给位平面重建模块 426, 作为响应, 其产生经解码系数 412 的流。接着, 在 454, 将经解码系数 412

的流输入到逆变换模块 430，其可操作用来逆变换以生成经解码的输出音频信号 414。逆变换模块 430 应用在编码器 200 中使用的域变换的逆变换，并且可以包括离散小波、傅立叶、或余弦逆变换，或对信号处理适用的其它反向域变换。

图 5A 和 5B 示出了与上面图 3A 和 3B 所示的编码器互补的基于上下文的解码器和操作方法，其中图 4A 的解码系统的先前特征保持它们的附图标记。除了先前标识的组件之外，解码器 500 还采用核心解码器 440 和误差反映射模块 450。

参考图 5A 和 5B 两者来描述解码器的操作，最初，在 551，接收经压缩的位流 502，并且将其多路分解为单独的基于上下文的经编码的残余和核心位流 504 和 506。在 552，基于上下文的解码器 420 操作，以将基于上下文的经编码的残余位流 504 解码为经解码的残余系数  $e'[i]$  的流。具体地，在解码模块 420 内的统计解码器接收基于上下文的经编码残余位流 504，并且作为所接收的上下文值的函数将其解码为残余位平面符号  $rbps'[i, bp]$  的流。在解码处理中使用的上下文值可以是频带上下文值和/或到 lazy 位平面的距离上下文值、重要性状态上下文值，其中频带上下文值和到 lazy 位平面的距离上下文值中的每个根据当前处理的位平面符号的位置来确定，并且重要性状态上下文值已使用先前解码的残余位平面符号计算出。此外，解码处理可以包括量化间隔上下文模型的实现，以计算量化间隔上下文值。这些上下文模型中的任何一个、两个、三个或四个，以及它们对应的上下文值可以用来将残余位流 504 解码为残余位平面符号  $rbps'[i, bp]$ 。此外，具体地，核心解码模块 540 将与在上面参考图 3A 和 3B 所述的编码处理中应用的量化间隔相同的量化间隔应用到解码处理。其后，将经解码残余位平面符号  $rbps'[i, bp]$  位平面重建为残余误差系数  $e'[i]$ 。

在 553，核心解码器模块 540 接收核心位流 506，并且作为响应，生成经解码的核心系数  $x'[i]$ 。接着，在 554，误差反映射模块 550 接收经解码的核心和残余系数  $x'[i]$  和  $e'[i]$ ，并且作为响应，产生对应的经解码的变换系数  $c'[i]$  512。最后，在 555，将经解码的变换系数  $c'[i]$  的流输入到逆变换模块 430，其应用互补的域变换，以生成输出音频信号 514。

如同本领域技术人员容易理解的那样，所述处理可以适当地采用硬件、软件、固件或这些实现的组合来实现。此外，所述处理中的一些或全

部可以被实现为驻留在计算机可读介质(移动盘、易失性或非易失性存储器、嵌入式处理器等)上的计算机可读指令代码、该指令代码可操作用来对其它这样的可编程装置的计算机进行编程,以执行预期的功能。

所并入的参考文献

下面参考文献为了任何目的而通过引用将其全文合并于此:

**Khalid Sayood, Introduction to Data Compression, Ch. 1, pp. 19 - 21, Morgan Kaufmann, 2000.**

**A. Said 和 W. A. Pearlman, "A new, fast, and efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees," IEEE Transactions on Circuits and Systems For Video Technology, vol. 6, no. 3, pp. 243-250, June 1996.**

**D. Taubman, "High performance scalable image compression with EBCOT," IEEE Tran. Image Processing, vol. 9, no.7, pp. 1158 - 1170, July 2000.**

**S. H. Park, Y. B. Kim 和 Y. S. Seo, "Multi-layer bit-sliced bit-rate scalable audio coder," 103rd AES convention preprint 4520,1997.**

**R. Yu, X. Lin, S. Rahardja 和 C.C. Ko, "A Scalable Lossy to Lossless Audio Coder for MPEG-4 Audio Scalable Lossless Coding", 待发表于 Proc. ICASSP 2004 中.**

虽然上面是本发明的详细描述,但是其仅仅是示例性的,在这里所述的各种设备和处理中可以采用各种变型、变体和等效物。因此,本发明的范围据此由所附权利要求的界限来限定。

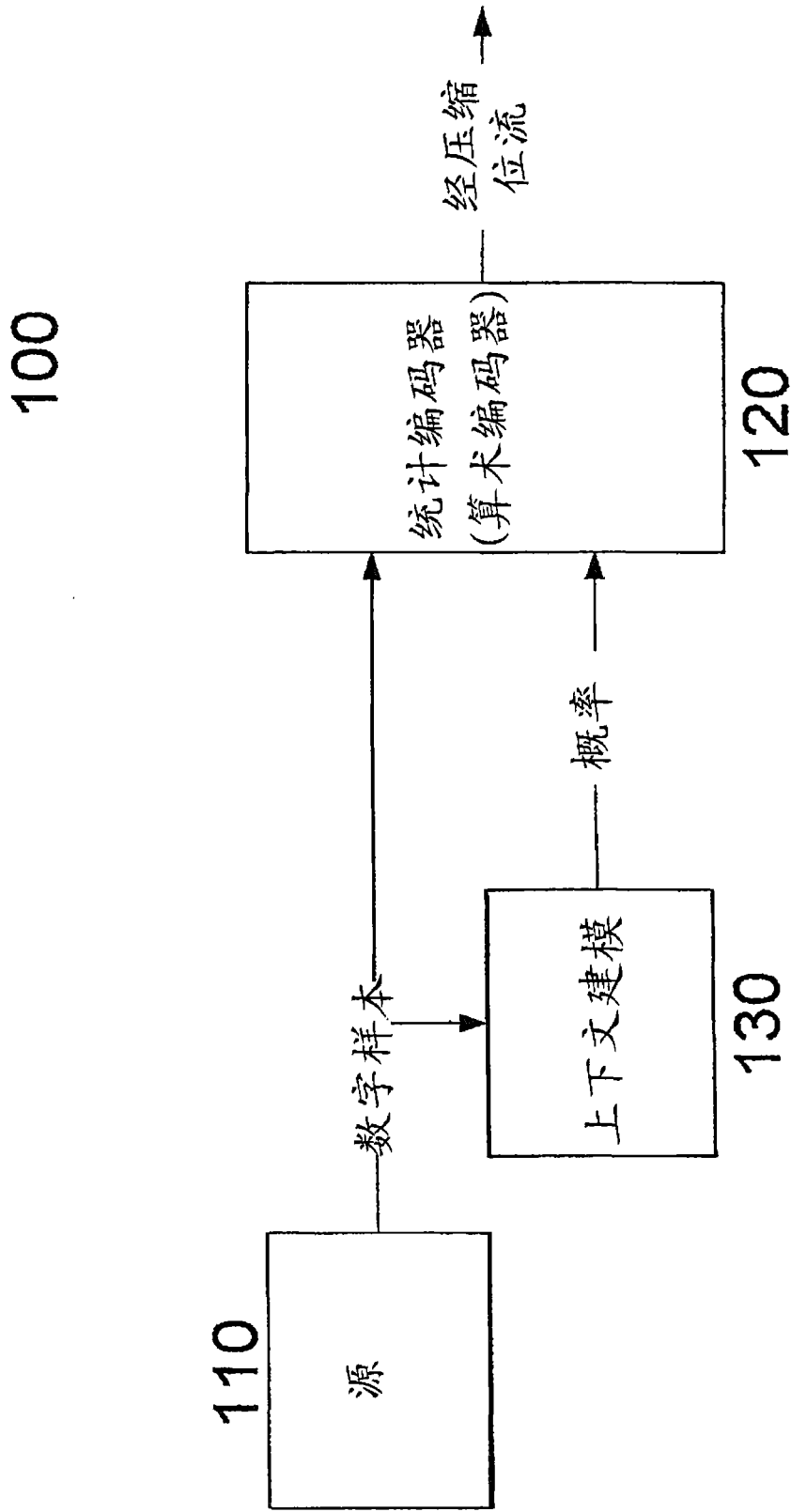


图1

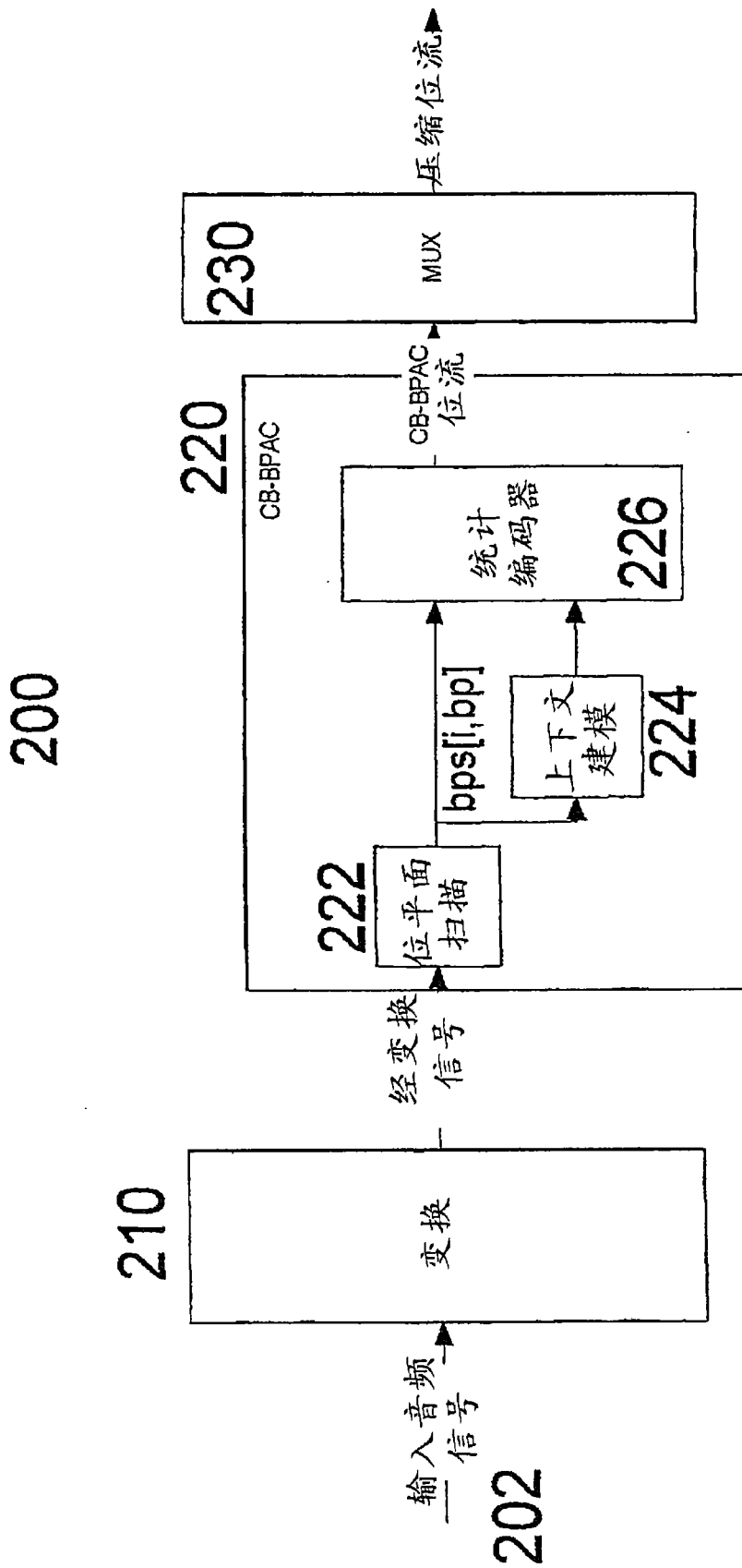


图 2A

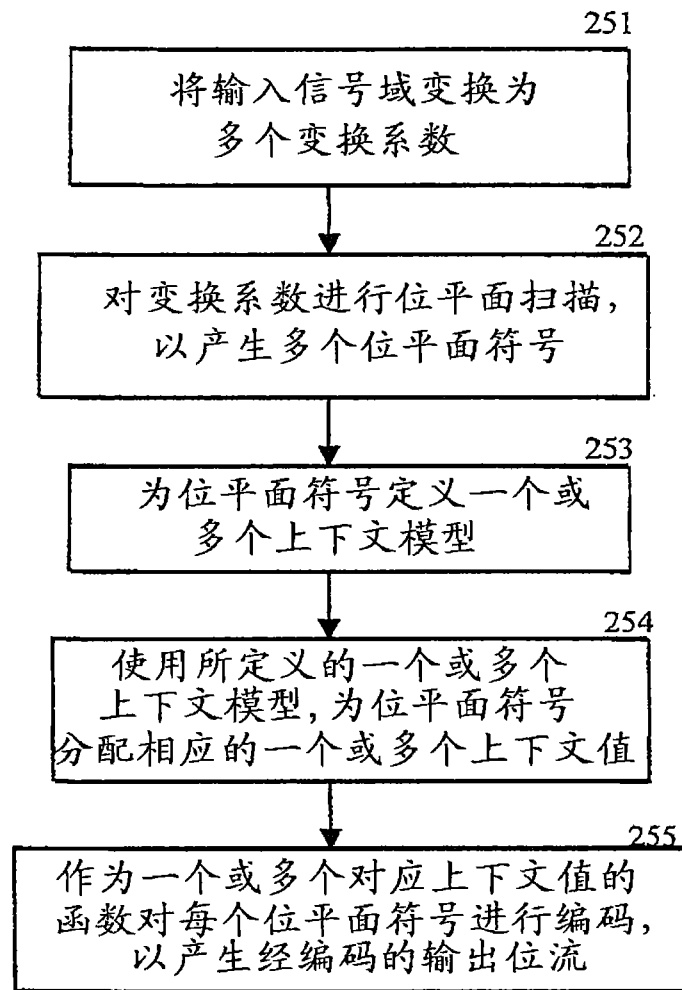


图 2B



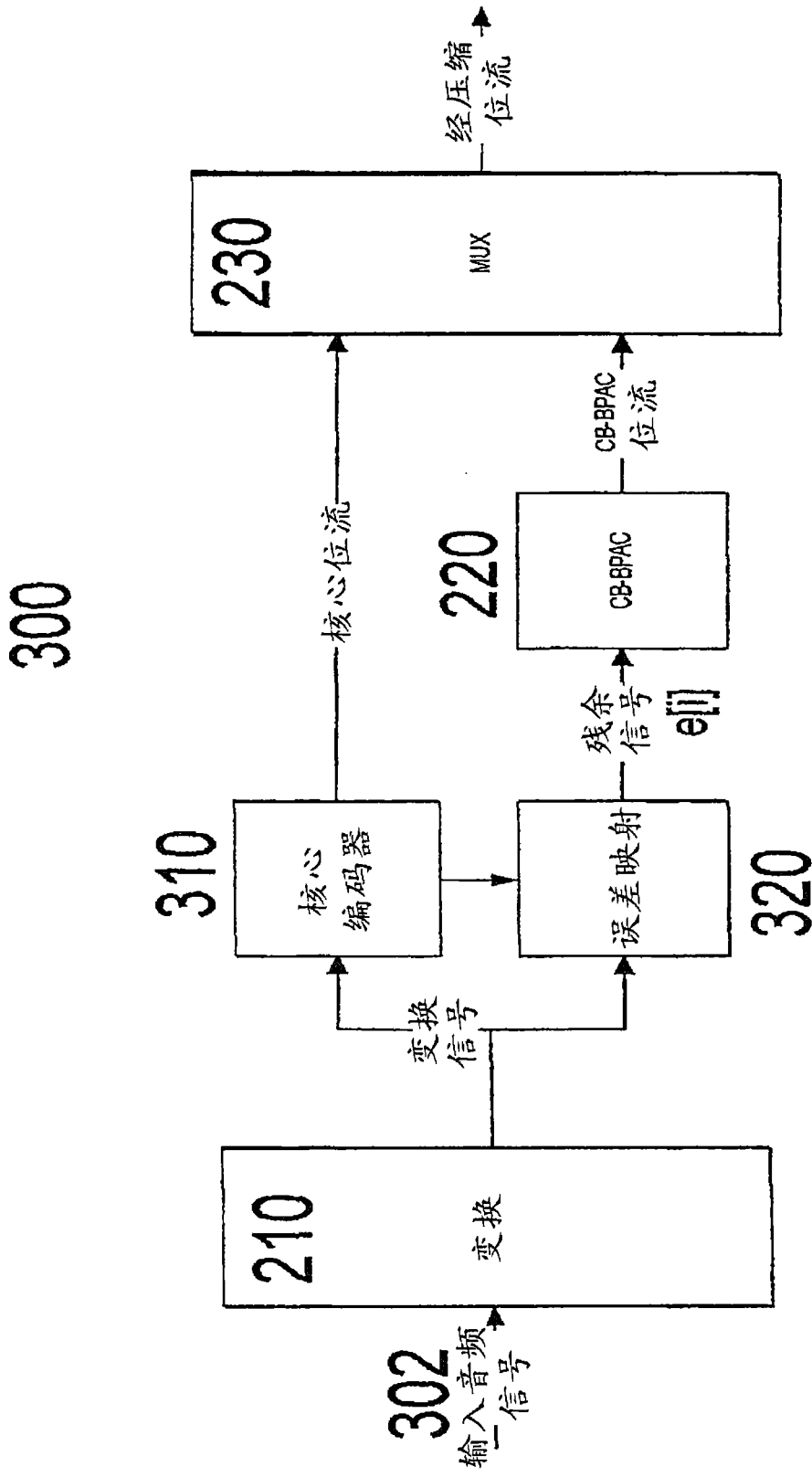


图 3A

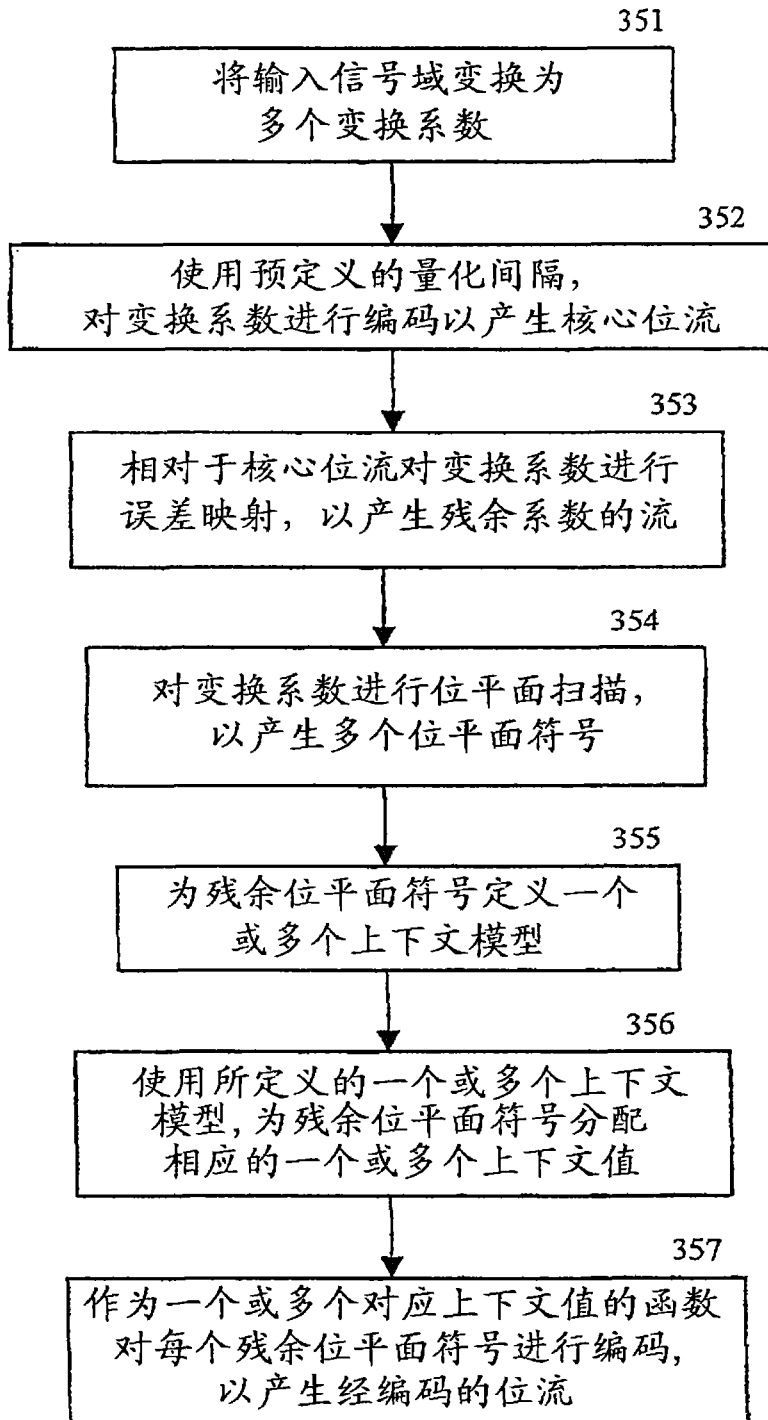


图 3B

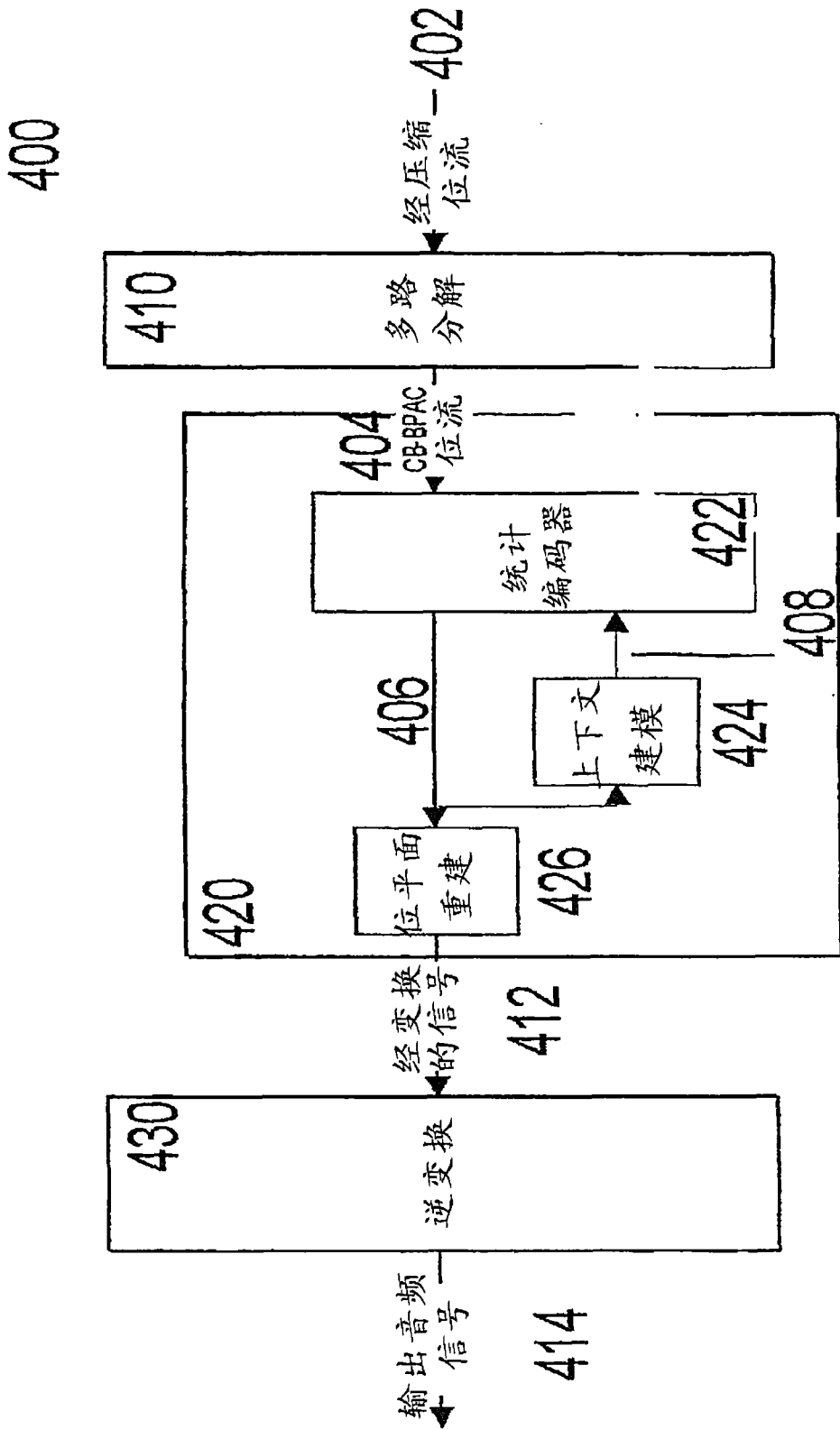


图 4A

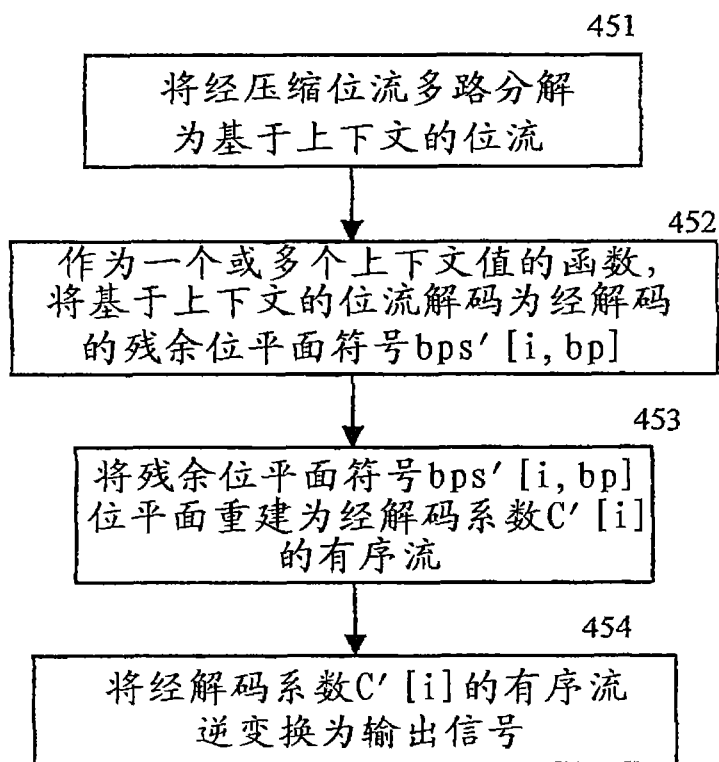


图4B

500

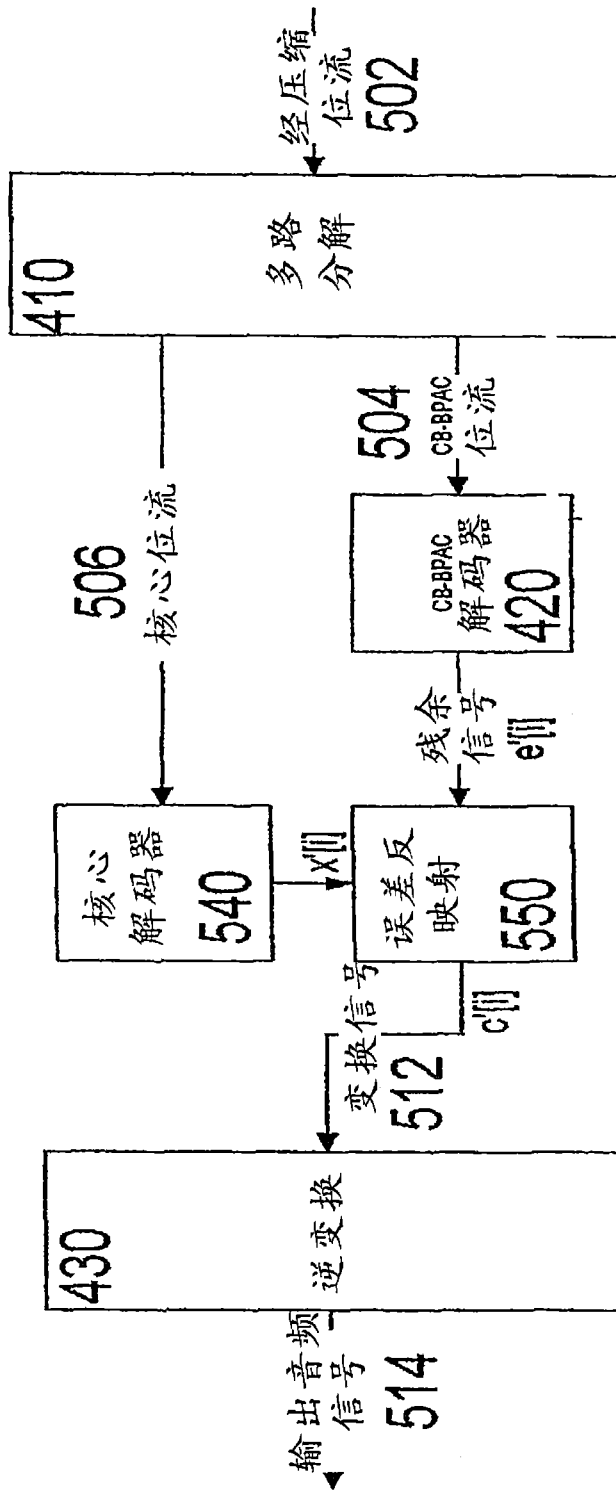


图 5A

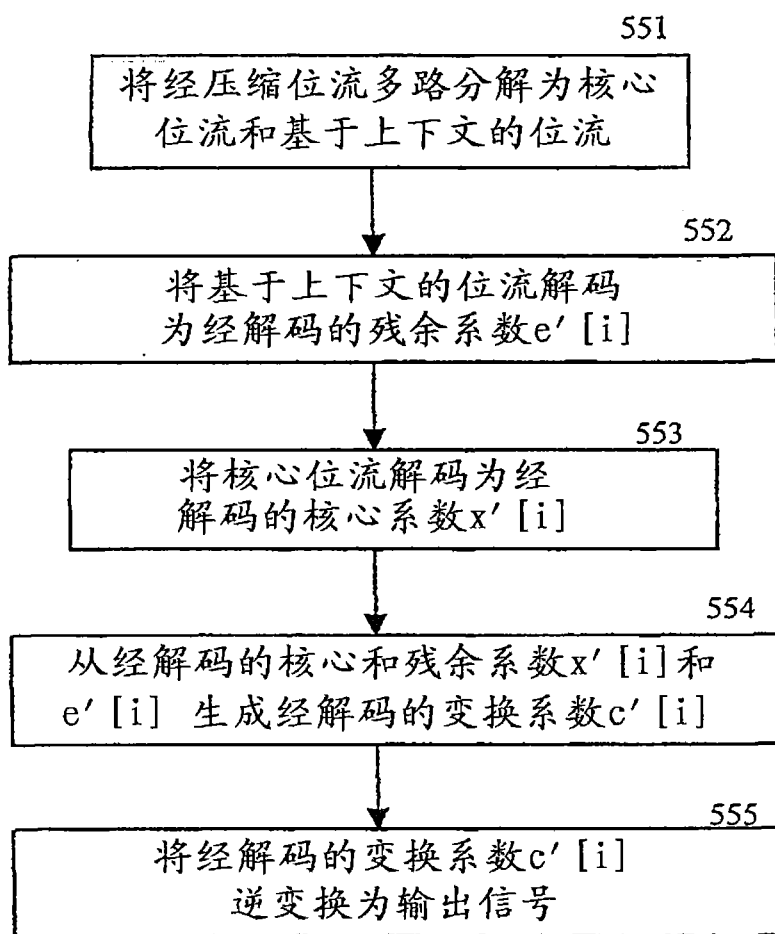


图 5B