[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
H04N 7/24

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 99126333.2

[45] 授权公告日 2004 年 3 月 24 日

[11] 授权公告号 CN 1143548C

[22] 申请日 1999.10.7 [21] 申请号 99126333.2

[30] 优先权

[32] 1998.10.7 [33] JP [31] 285308/1998

[71] 专利权人 索尼公司

地址 日本东京都

[72] 发明人 近藤哲二郎 渡边义教 田中健司

审查员 郎亦虹

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

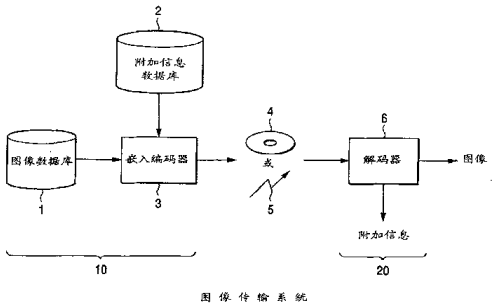
代理人 吕晓章

权利要求书 4 页 说明书 22 页 附图 24 页

[54] 发明名称 编码设备、解码设备及方法，数据处理系统

[57] 摘要

本发明涉及将第二数据嵌入第一数据而不使第一数据恶化的编码设备和将编码数据解码成原始的第一数据和第二数据而不使那些数据恶化的解码设备。该编码设备包括：用于存储第一数据的至少部分数据的存储装置；和用于把与第二数据有关的数据嵌入第一数据的编码装置，该编码装置包括重排装置，用于根据所述第二数据，通过破坏第一数据的原始能量偏差来重排存储在所述存储装置中的第一数据的至少部分数据。解码设备计算每种重排图案的相邻数据之间的相关性，并根据在该相关性基础上确定的重排图案对原始的第一数据和第二数据解码。



图像传输系统

ISSN1008-4274

1. 一种用于根据第二数据对第一数据编码的编码设备，包括：

用于存储第一数据的至少部分数据的存储装置；和

用于把与第二数据有关的数据嵌入第一数据的编码装置，该编码装置包括重排装置，用于根据所述第二数据，通过破坏第一数据的原始能量偏差来重排存储在所述存储装置中的第一数据的至少部分数据。

2. 根据权利要求 1 所述的编码设备，其中所述能量偏差包括相关性、相似性和连续性之一。

3. 根据权利要求 1 所述的编码设备，进一步包括允许第一数据和第二数据输入的输入装置。

4. 根据权利要求 1 所述的编码设备，其中：

第一数据是由多个像素数据组成的图像数据；

存储装置存储该图像数据；和

编码装置根据第二数据，通过破坏第一数据的原始能量偏差来重排构成存储装置中存储的图像数据的一个或多个像素数据的集合的位置把与第二数据有关的数据嵌入图像数据。

5. 根据权利要求 4 所述的编码设备，其中编码装置根据第二数据重排图像数据帧中的一个或多个像素数据的集合的位置。

6. 根据权利要求 4 所述的编码设备，其中编码装置根据第二数据重排构成图像数据的像素数据集合的位置，像素数据的每个集合构成一列或一行。

7. 根据权利要求 1 所述的编码设备，其中禁止由编码装置对第一数据的一部分进行数据重排。

8. 根据权利要求 4 所述的编码设备，其中编码装置根据与第二数据的值对应的像素数量重排构成图像数据的一个或多个像素数据的集合的位置。

9. 一种根据第二数据对第一数据编码的编码方法，包括：

存储第一数据的至少部分数据的存储步骤；

重排步骤，用于根据所述第二数据，通过破坏第一数据的原始能量偏差来重排所存储的第一数据的至少部分数据；和

把与第二数据有关的数据嵌入第一数据的编码步骤。

10. 根据权利要求 9 所述的编码方法，其中所述能量偏差包括相关性、相似性和连续性之一。

11. 根据权利要求 9 所述的编码方法，进一步包括允许第一数据和第二数据输入的步骤。

12. 根据权利要求 9 所述的编码方法，其中：

第一数据是由多个像素数据组成的图像数据；

存储步骤存储该图像数据；和

编码步骤通过根据第二数据重排构成存储的图像数据的一个或多个像素数据的集合的位置把与第二数据有关的数据嵌入图像数据。

13. 根据权利要求 12 所述的编码方法，其中编码步骤根据第二数据重排图像数据帧中的一个或多个像素数据的集合的位置。

14. 根据权利要求 12 所述的编码方法，其中编码步骤根据第二数据重排构成图像数据的像素数据集合的位置，像素数据的每个集合构成一列或一行。

15. 根据权利要求 9 所述的编码方法，其中禁止对第一数据的一部分进行数据重排。

16. 根据权利要求 12 所述的编码方法，其中编码步骤根据与第二数据的值对应的像素数量重排构成图像数据的一个或多个像素数据的集合的位置。

17. 一种用于对根据第二数据对第一数据编码产生的编码数据解码的解码设备，包括：

用于计算编码数据的第一部分数据与第二部分数据之间关系的关系计算装置，和

用于根据关系计算装置计算的关系，通过移动编码数据的第一部分数据和第二部分数据将编码数据解码成原始的第一数据，并用于根据该移动对编码数据中嵌入的第二数据解码的解码装置。

18. 根据权利要求 17 所述的解码设备，其中关系计算装置计算编码数据的第一部分数据与第二部分数据之间在连续性方面的关系。

19. 根据权利要求 16 所述的解码设备，其中解码装置移动编码数据的第一部分数据和第二部分数据，以便当第一部分数据与第二部分数据之间

的关系最强时使它们变得彼此相邻。

20. 根据权利要求 17 所述的解码设备，其中第一数据是由多个像素数据组成的图像数据，并且其中解码装置在逐列的基础上或逐行的基础上移动编码数据的第一部分数据和第二部分数据。

21. 根据权利要求 17 所述的解码设备，其中禁止对编码数据的一部分进行移动。

22. 根据权利要求 17 所述的解码设备，其中解码装置确定编码数据的第一部分数据和第二部分数据移动的移动图案，并采用与移动图案对应的值作为第二数据。

23. 一种用于对根据第二数据对第一数据编码产生的编码数据解码的解码方法，包括:

计算编码数据的第一部分数据与第二部分数据之间关系的关系计算步骤；和

根据计算的关系，通过移动编码数据的第一部分数据和第二部分数据将编码数据解码成原始的第一数据，并用于根据该移动对编码数据中嵌入的第二数据解码的解码步骤。

24. 根据权利要求 23 所述的解码方法，其中关系计算步骤计算编码数据的第一部分数据与第二部分数据之间在连续性方面的关系。

25. 根据权利要求 23 所述的解码方法，其中解码步骤移动编码数据的第一部分数据和第二部分数据，以便当第一部分数据与第二部分数据之间的关系最强时使它们变得彼此相邻。

26. 根据权利要求 23 所述的解码方法，其中第一数据是由多个像素数据组成的图像数据，并且其中解码步骤在逐列的基础上或逐行的基础上移动编码数据的第一部分数据和第二部分数据。

27. 根据权利要求 23 所述的解码方法，其中禁止对编码数据的一部分进行移动。

28. 根据权利要求 23 所述的解码方法，其中解码步骤确定编码数据的第一部分数据和第二部分数据移动的移动图案，并采用与移动图案对应的值作为第二数据。

29. 一种用于根据第二数据将第一数据编码成编码数据和对该编码数据解码的数据处理系统，包括:

用于存储第一数据的至少部分数据的存储装置;

通过根据第二数据重排存储装置中存储的第一数据的至少部分数据把与第二数据有关的数据嵌入第一数据的编码装置;

用于计算编码数据的第一部分数据与第二部分数据之间关系的关系计算装置;

用于根据关系计算装置计算的关系，通过移动编码数据的第一部分数据和第二部分数据将编码数据解码成原始的第一数据，并用于根据该移动对编码数据中嵌入的第二数据解码的解码装置。

编码设备、解码设备及方法，数据处理系统

技术领域

本发明涉及编码设备和方法、解码设备和方法、数据处理系统。特别是本发明涉及允许将信息嵌入数据中而不恶化解码数据和不增加数据量的编码设备和方法、解码设备和方法、数据处理系统。

背景技术

嵌入信息而不增加数据量的技术的实例是使数字音频数据的 LSB 或最低两比特转换成将要嵌入的信息。在该技术中，利用数字音频数据最低的一比特或几比特对其声音质量没有太大影响的事实，并用将要嵌入的信息简单替换数字音频数据的最低的一比特或几比特。因此，在重放时，信息嵌入的数字音频数据按其原样输出，就是说，未将最低的一比特或几比特返回原始状态。就是说，由于很难把最低的一比特或几比特嵌入信息返回到原始状态并且最低的一比特或几比特对声音质量没有太大影响，所以以信息被嵌入在其中的状态输出数字音频数据。

然而，在上面的技术中，输出了与原始信号不同的信号。因此，当该信号是音频数据时对声音质量造成影响或当该信号是视频数据时对图像质量造成影响。

发明内容

本发明的目的是解决上述问题。

为实现上面的目的，本发明提供一种用于根据第二数据对第一数据编码的编码设备，包括：用于存储第一数据的至少一部分数据的存储器；和用于把与第二数据有关的数据嵌入第一数据的编码装置，该编码装置包括重排装置，用于根据所述第二数据，通过破坏第一数据的原始能量偏差来重排存储在所述存储装置中的第一数据的至少部分数据。

本发明还提供一种根据第二数据对第一数据编码的编码方法，包括：

存储第一数据的至少部分数据的存储步骤；重排步骤，用于根据所述第二数据，通过破坏第一数据的原始能量偏差来重排存储在所述存储装置中的第一数据的至少部分数据；和把与第二数据有关的数据嵌入第一数据的编码步骤。

为实现上面的目的，本发明提供一种用于根据第二数据对已通过编码第一数据产生的编码数据解码的解码设备，包括：用于计算编码数据的第一部分数据和第二部分数据之间相关性的相关性计算部分；和用于根据相关性计算部分计算的相关性通过移动编码数据的第一部分数据和第二部分数据把编码数据解码成原始的、第一数据，并用于根据该移动恢复嵌入编码数据中的第二数据的解码部分。

本发明还提供一种用于对根据第二数据对第一数据编码产生的编码数据解码的解码方法，包括：计算编码数据的第一部分数据与第二部分数据之间关系的关系计算步骤；和根据计算的关系，通过移动编码数据的第一部分数据和第二部分数据将编码数据解码成原始的第一数据，并用于根据该移动对编码数据中嵌入的第二数据解码的解码步骤。

本发明还提供一种用于根据第二数据将第一数据编码成编码数据和对该编码数据解码的数据处理系统，包括：用于存储第一数据的至少部分数据的存储装置；通过根据第二数据重排存储装置中存储的第一数据的至少部分数据把与第二数据有关的数据嵌入第一数据的编码装置；用于计算编码数据的第一部分数据与第二部分数据之间关系的关系计算装置；用于根据关系计算装置计算的关系，通过移动编码数据的第一部分数据和第二部分数据将编码数据解码成原始的第一数据，并用于根据该移动对编码数据中嵌入的第二数据解码的解码装置。

附图说明

图 1 是表明应用本发明的图像传输系统实施例的方框图；

图 2 示出在本发明中作为编码目标的图像；

图 3A 是表明在本发明的实施例中利用相关性或解码结果对图像编码前的状态的概念图；

图 3B 是表明在本发明的实施例中通过利用相关性对图像编码获得的结果的概念图；

图 4A 示出在本发明的实施例中利用连续性或解码结果对图像编码前的状态;

图 4B 示出在本发明的实施例中通过利用连续性对图像编码获得的结果;

图 5A 示出在本发明的实施例中利用相似性或解码结果对图像编码前的状态;

图 5B 示出在本发明的实施例中通过利用相似性对图像编码获得的结果;

图 6 是表明图 1 所示嵌入编码器 3 的硬件结构实例的方框图;

图 7 是表明图 6 的嵌入编码器 3 的功能结构实例的方框图;

图 8 是表明由图 7 的嵌入编码器 3 执行的操作的流程图;

图 9A 示出由图 8 的嵌入编码处理嵌入附加信息前的图像;

图 9B 示出图 8 中所示的步骤 S3 的交换方式;

图 9C 示出图 8 中所示的步骤 S3 的交换完成后的图像;

图 10 是图 1 所示解码器 6 的硬件结构实例的方框图;

图 11 是表明图 10 的解码器 6 的功能结构实例的方框图;

图 12 是表明由图 11 的解码器 6 执行的操作的流程图;

图 13 是图 8 的嵌入编码处理模拟中使用的原始图像的照片;

图 14 是作为图 8 的嵌入编码处理的模拟结果的图像照片;

图 15 是作为图 12 的解码处理的模拟结果的图像照片;

图 16 示出根据图 12 的流程作为交换目标的列矢量;

图 17 是列矢量空间中列矢量的第一说明示意图;

图 18 是列矢量空间中列矢量的第二说明示意图;

图 19 示出在列和行两个方向交换前的图像数据;

图 20A 说明在列方向的交换;

图 20B 说明在行方向的交换;

图 21 是表明作为解码基准的像素组的第一图表;

图 22 是表明作为解码基准的像素组的第二图表;

图 23 是表明作为解码基准的像素组的第三图表;

图 24A 示出安装有执行与本发明有关的处理的程序的计算机;

图 24B 示出存储有执行与本发明有关的处理的程序的存储介质实例;

图 24C 是表明如何将执行与本发明有关的处理的程序通过卫星或网络分配给计算机的概念图；和

图 25 是表明安装有执行与本发明有关的处理的程序的计算机实例的方框图。

具体实施方式

下面参考附图说明根据本发明的编码装置和方法、解码装置和方法、数字处理系统、存储介质及信号。

图 1 示出应用本发明的图像传输系统实施例的实例结构。术语“系统”表示多种装置的逻辑集合，构成的装置是否包含在同一壳体内与该术语的定义有关。

该图像传输系统由编码装置 10 和解码装置 20 组成。编码装置 10 对如图像之类的编码目标编码并输出编码的数据。解码装置 20 把编码数据解码成原始图像。

图像数据库 1 存储待编码的图像，例如数字图像。从图像数据库 1 读出存储的图像并提供给嵌入编码器 3。

附加信息数据库 2 存储如数字数据之类的附加信息作为将要嵌入作为编码目标的图像中的信息。从附加信息数据库 2 读出存储的附加信息并且也提供给嵌入编码器 3。

嵌入编码器 3 从图像数据库 1 接收图像和从附加信息数据库 2 接收附加信息。嵌入编码器 3 根据从附加信息数据库 2 提供的附加信息，以将利用图像的能量偏差进行解码这样一种方式对从图像数据库 1 提供的图像编码，并输出得到的图像。就是说，嵌入编码器 3 通过以利用图像的能量偏差进行解码这样一种方式把附加信息嵌入图像来对图像编码，并输出编码的数据。从嵌入编码器 3 输出的编码数据记录在如半导体存储器、磁光盘、磁盘、光盘、磁带、或相变盘之类的记录介质 4 上。作为替换，经如地面波、卫星信道、CATV(有线电视)网、因特网、或公共线路之类的传输介质 5 以信号的形式传输编码的数据，并提供给解码装置 20。

解码装置 20 是一解码器 6，接收经记录介质 4 或传输介质 5 提供的编码数据。解码器 6 利用图像的能量偏差把编码数据解码成原始图像和附加信息。把解码的图像提供给例如监视器(未示出)，并在其上显示。解码的

附加信息是文本数据、音频数据、简化图像、或与图像有关的类似内容。

接下来，描述图 1 所示的嵌入编码器 3 中的嵌入编码和同样在图 1 所示的解码器 6 中解码的原理。

通常，所谓的信息具有熵或能量的偏差，并且该偏差被认为是有价值的信息。例如，通过对特定景象照相获得的图像被人们识别为该景象的图像的原因是该图像，例如构成该图像的相应像素的像素值具有与该景象对应的能量偏差。没有能量偏差的图像仅是噪声或类似的内容并且是无用信息。

因此，比如说，通过对该信息进行特定操作，即使有价值信息的原始能量偏差被破坏，也可通过从破坏的偏差恢复原始能量偏差来恢复有价值信息。就是说，可利用信息的原始能量偏差把通过对信息编码获得的编码数据解码成原始信息。

例如，用相关性、连续性、相似性等表示信息能量的偏差。

信息的相关性是指组成元素(在图像的情况下是组成图像的像素、行等)之间的相关性，例如自相关，或一个特定组成元素与信息的另一个元素之间的距离。相关性的实例是图像的两行之间的相关性，它是由对应的像素值之差的平方和表示的相关值。

例如，现在假设由如图 2 所示的 H 行 102 形成图像 101。通常，如图 3A 所示，从图像顶部起的第一行的行(第一行)103 与其它行中的每一行之间的相关值在该行更靠近第一行 103(即在图 2 的图像中位置更高)时较大，如用第 M 行的相关值 201 所示，而在该行离第一行 103 更远(即在图 2 的图像中位置更低)时较小，如用第 N 行的相关值 202 所示。就是说，存在着相关值的偏差，与第一行 103 的相关值对于更靠近第一行 103 的行较大，而对于远离第一行 103 的行较小。

在图 2 的图像 101 中，执行一种操作，将相对靠近第一行 103 的第 M 行 104 的像素值与相对远离第一行 103 的第 N 行 105 的像素值互换。第一行 103 与行互换图像 101 中其它行之间的相关值例如如图 3B 所示。

在行互换的图像 101 中，与靠近第一行 103 的第 M 行 104 的相关值变小，如用第 M 行的相关值 203 所示，而与远离第一行 103 的第 N 行 105 的相关值变大，如用第 N 行的相关值 204 所示。

因此，在图 3B 中，对更靠近第一行 103 的行的相关值较大而对更远离

第一行 103 的行的相关值较小的相关的偏差被破坏。然而，利用对更靠近第一行 103 的行的相关值较大而对更远离第一行 103 的行的相关值较小的相关的偏差将图像的被破坏相关偏差恢复成原始状态。在图 3B 中，靠近第一行 103 的第 M 行 104 的相关值小，而远离第一行 103 的第 N 行 105 的相关值大的事实是明显反常的(A)，因此，通过把第 M 行 104 与第 N 行 105 彼此互换恢复原始的相关偏差。通过把图 3B 中的第 M 行 104 与第 N 行 105 彼此互换恢复具有图 3A 所示的相关偏差的图像，即原始图像 101。

在上面参考图 2、3A 和 3B 描述的情况下，通过行互换对图像编码。在编码中，例如，嵌入编码器 3 根据附加信息确定应移动哪些行或应相互互换哪些行。另一方面，解码器 6 利用编码图像的相关性，通过将互换行移动到其原始位置从编码图像、即行互换的图像中恢复原始图像。另外，与此同时，在解码中，解码器 6 通过检测例如移动了哪些行或相互互换了哪些行来恢复嵌入图像中的附加信息。

至于信息的连续性，假设对于图像的一个特定行，观察如图 4A 所示的波形 301，其中像素值的变化图案是连续的。在与上面的行相隔的另一行中，观察到像素值的变化图案的连续性与上面行的变化图案的不同；也存在连续性的偏差。就是说，在注意特定像素值变化图案时，发现连续性偏差在相邻部分中存在相似的像素值变化图案，并且像素值变化图案随着位置的远离变得更加不同。

例如，用与波形 301 相隔的并具有如图 4B 所示像素值的不同变化图案的波形 301 替换图 4A 所示的像素值的变化图案是连续的波形 301 的部分。

在图 4B 所示的情况下，上述连续性偏差被破坏。然而，可利用相互相邻部分具有连续像素值变化图案并当他们彼此相隔更远时像素值变化图案变得更不同的连续性的偏差来修补被破坏的连续性偏差。具体地说，在图 4B 中，波形部分的像素值变化图案 302 与其它部分的像素值变化图案明显不同，通过用具有与其它部分的像素值变化图案相似的像素值变化图案的波形替换像素值变化图案 302 可恢复原始图像的连续偏差。通过进行该替换可从图 4B 所示的波形恢复图 4A 所示的波形，即原始波形。

在上面参考图 4A 和 4B 描述的情况下，该图像编码用与相邻像素值变化图案有很大区别的像素值变化图案替换该部分波形。在编码中，例如，嵌入编码器 3 根据附加信息确定应在像素值变化图案中主要改变哪部分波

形和像素值变化图案应改变多大。解码器 6 利用相邻像素值变化图案是连续的且当它们彼此相隔更远时像素值变化图案变得更加不同的连续性偏差从编码信号、即从与像素值变化图案具有很大差别的部分的波形中恢复原始波形。另外，与此同时，在解码中，解码器 6 通过检测例如像素值变化图案中的哪部分波形改变大和像素值变化图案改变有多大来恢复嵌入附加信息。

对于信息的相似性，已知是利用图像的部分，即自相似性产生通过例如拍摄景象获得的图像部分。例如，图 5A 所示的海面 401 和森林 402 的拍摄图像所具有的相似性偏差在于：一部分海面 401 的像素值变化图案与另一部分海面 401 的像素值变化图案之间的相似性高，但同一部分的像素值变化图案与远离海面 401 的森林 402 中一部分的像素值变化图案之间相似性低。如图像部分的边缘形状图案之类的形状本身的相似性而不是像素值变化图案的相似性的情况也是一样的。

例如，如图 5B 所示，用森林 402 的一部分 404 替换图 5A 所示的海面 401 的一部分 403。

在图 5B 中，上述相似性的偏差被破坏。然而，可利用相邻像素值变化图案的相似性高而当像素值变化图案彼此相距较远时相似性变低的相似性偏差修补被破坏的相似性偏差。具体地说，在图 5B 中，使海面 401 的部分图像成为森林 402 的一部分图像 405，海面 401 中的一部分与森林 402 图像的替换部分 405 之间的相似性比海面 401 图像内的部分之间的相似性明显要低。通过用与部分 405 周围的海面 401 的图像具有相似性特征的图像，即海面 401 图像的部分 406 替换用来构成森林 402 图像的部分 405 来恢复原始图像的相似性偏差。通过进行该替换从图 5B 所示的图像中恢复图 5A 所示的图像，即原始图像。

在上面参考图 5A 和 5B 描述的情况下，该图像编码是用森林 402 图像的部分 404 替换海面 402 图像的部分 403。在编码中，例如，嵌入编码器 3 根据附加信息确定应该用森林 402 图像的部分 404 替换海面 401 图像的哪部分(例如画面上的位置)。解码器 6 利用相邻像素值变化图案的相似性高而在像素值变化图案彼此相距较远时相似性变低的编码信号的相似性偏差从编码的信号、即具有森林 402 图像的部分 405 的海面 401 的图像中恢复图 5A 所示的原始图像。另外，与此同时，在解码中，解码器 6 通过例如检

测用森林 402 图像的部分替换了海面 401 图像的什么部分来恢复嵌入的附加信息。

如上所述，嵌入编码器 3 根据附加信息对编码目标图像编码，以便利用图像的能量偏差进行解码。解码器 6 利用图像的能量偏差把编码的数据解码成原始图像和附加信息，而不需要任何用于解码的额外开销。

由于附加信息嵌入编码的目标图像，所得到的编码图像的表现与原始状态不同并且不能被识别为有价值的信息。就是说，实现对编码目标图像的加密而没有任何额外开销。

另外，实现了完全可逆的数字水印。例如，在常规数字水印中，仅将图像质量没有太大影响的像素值的最低几位改变成与数字水印对应的值。然而，很难使最低几位返回原始值。因此，改变作为数字水印的最低几位给解码图像的图像质量造成恶化。在本发明的嵌入编码中，在利用原始图像的能量偏差对编码的数据解码的情况下，获得了无恶化的原始图像和附加信息。因此，即使附加信息作为数字水印信息，也不会恶化解码图像的图像质量。

由于通过把编码的数据解码成图像来取出嵌入的附加信息，无任何额外开销地提供附带信息。换句话说，由于将附加信息嵌入图像而无需通常取出附加信息所需的任何额外开销，把作为嵌入结果获得的编码数据压缩与附加信息对应的量。例如，如果使一半图像成为编码目标而使另一半成为附加信息，并且如果后半部分图像嵌入这一半图像作为编码目标，该图像仅压缩为原始图像的 1/2。

由于利用原始图像的能量偏差、可以说是统计量对编码数据解码，其抗误差性高，就是说，实现了编码健全性高的健全编码。

由于利用原始图像的能量偏差对编码数据解码，当能量偏差更具特色时，即在图像的情况下，当图像的活动性较高，或其冗余度较低时存在着嵌入更多附加信息的可能性。如上所述，将作为嵌入附加信息的结果获得的编码数据压缩与附加信息对应的量。就是说，当图像的活动性较高或图像的冗余度较低时压缩比比较大。例如，在作为常规编码方案的 MPEG(运动图像专家组)方案中，当图像活动性较高或图像冗余度较低时，压缩比基本上比较小。在这方面，本发明的嵌入编码方案与常规的编码方案有很大区别。

通过使图像成为编码目标并采用与图像不同媒体的信息，例如话音作为附加信息可向图像提供用作密钥的话音。具体地说，在编码装置10一侧，可将用户讲的话音例如“芝麻开门”作为附加信息嵌入图像。在解码装置20一侧，使使用者讲出话音“芝麻开门”，并通过把使用者的话音与图像中嵌入的话音比较来识别发音者。这种发音者识别仅当识别使用者是该用户时允许图像自动出现。可将话音波形本身，以及所谓的话音特性参数用作作为附加信息的话音。

通过使话音成为编码目标并采用与话音不同媒体的信息，例如图像作为附加信息可向话音提供用作密钥(例如面部识别后的话音响应)的图像。具体地说，在编码装置10一侧，将使用者的面部图像嵌入例如话音中作为对使用者的响应。在解码装置20一侧，拍摄使用者的面部并输出其中嵌入了与拍摄的图像匹配的面部图像的话音。这样，实现了使话音针对相应使用者有不同响应的话音响应系统。

还可以将一种特定介质的信息嵌入同一媒体的另一个信息中，例如将一种话音嵌入另一种话音或将一种图像嵌入另一种图像。另外，通过嵌入用户的话音和面部图像，可实现所谓的双密钥系统，其中仅当使用者的话音和面部图像与图像中嵌入的那些话音和面部图像一致时出现图像。

例如，还可以把构成电视广播信号并且可以说相互同步的图像和话音中的一种嵌入到另一种中。这种情况下，可实现所谓的真综合信号，其中不同介质的信息部分相互综合。

如上所述，在本发明的嵌入编码方案中，当信息的能量偏差更具特色时，可把更多的附加信息嵌入到信息中。因此，通过例如适当地选择更具特色的能量偏差的两部分信息之一并将另一部分嵌入所选择的信息部分中来控制整个数据量。就是说，能够使两部分信息之一吸收另一部分的信息量。控制整个数据量，以便能够使用符合传输带宽和传输线的使用状态以及传输环境的其它因素(即环境自适应网络传输)的数据量传输信息。

例如，通过把简化的图像嵌入原始图像或通过把抽取的话音嵌入原始话音，不增加数据量就可实现产生比低层信息更少信息量的高层信息的编码(所谓的分层编码)。

例如，通过把作为检索每个原始图像密钥的图像嵌入每个原始图像，实现了根据密钥图像检索图像的数据库。

图 6 示出图 1 所示的嵌入编码器 3 的硬件结构实例，该嵌入编码器进行将附加信息嵌入图像的嵌入编码，以便利用图像的相关性恢复原始图像。

把从图像数据库 1 提供的图像提供给帧存储器 31。帧存储器 31 在例如逐帧的基础上临时存储从图像数据库 1 提供的图像。

CPU(中央处理单元) 32 执行程序存储器 33 中存储的程序并进行控制，以便进行嵌入编码操作(后面描述)。就是说，CPU32 接收从附加信息数据库 2 提供的附加信息并根据程序控制整个嵌入编码器 3，以便将附加信息嵌入帧存储器 31 中存储的图像中。具体地说，CPU32 进行控制，以便通过例如在逐列(列：像素的垂直阵列)的基础上根据附加信息重排构成帧存储器 31 中存储的图像的像素的位置在每一列中嵌入附加信息。CPU32 进行控制以便将其中嵌入附加信息的图像作为编码数据输出。

例如，作为 ROM(只读存储器)或 RAM(随机存取存储器)，程序存储器 33 存储用于使 CPU32 执行嵌入编码操作的计算机程序。

为了能存储多个帧，帧存储器 31 由多个存储体组成。通过在存储体间进行切换，帧存储器 31 对从图像数据库 1 提供的图像同时进行存储，存储一幅图像作为 CPU32 的嵌入编码操作的目标，并输出嵌入编码操作产生的图像，即编码数据。即使图像数据库 1 提供的图像是运动图像，也在实时的基础上输出编码数据。

图 7 示出图 6 的嵌入编码器 3 的功能结构的实例。由 CPU32 执行程序存储器 33 中存储的计算机程序来实现图 7 所示的功能结构。

如上面参考图 6 所述的，帧存储器 31 临时存储从图像数据库 1 提供的图像。

交换信息产生部分 36 从附加信息数据库 2 读出附加信息，并根据该附加信息产生表示应如何重排帧存储器 31 中存储的一帧图像相应列的位置的交换信息。当帧存储器 31 中存储的一帧图像由 M 行/N 列像素组成并且图像的第 n 列(从左起)移到第 n′列时，交换信息产生部分 36 产生将 n 与 n′相关的交换信息，其中 n 和 n′是 1 到 N 的整数。

在一帧图像由 N 列组成的情况下，如果对所有列进行重排，则有 N!(“!”表示阶乘)种重排列的方式。因此，在一个帧中嵌入 $\log_2(N!)$ 比特的附加信息。

把交换信息产生部分 36 产生的交换信息提供给交换部分 37。交换部分

37 根据交换信息产生部分 36 提供的交换信息重排帧存储器 31 中存储的一帧图像的相应列的位置。

下面参考图 8 的流程图描述图 7 的嵌入编码器 3 中执行的嵌入编码处理。

从图像数据库 1 读出存储的图像，依次提供给帧存储器 31，并存储在其中。

在步骤 S1，交换信息产生部分 36 从附加信息数据库 2 读出可嵌入一帧图像的数据量的附加信息。例如，如上所述，当一帧图像由 N 列组成并对所有列进行重排时，可将最大 $\log_2(N!)$ 比特的附加信息嵌入一帧。从附加信息数据库 2 中读出 $\log_2(N!)$ 比特或更少的附加信息。

然后，处理进行到步骤 S2，交换信息产生部分 36 根据在步骤 S1 读出的附加信息产生交换信息。具体地说，交换信息产生部分 36 根据附加信息产生交换信息，该交换信息表示例如帧存储器 31 中存储的处理目标帧的第一至第 N 列中的第二至第 N 列(排除第一列)应移到哪些列。该交换信息提供给交换部分 37。

交换部分 37 从交换信息产生部分 36 接收到交换信息时，处理进行到步骤 S3，交换部分 37 根据交换信息重排帧存储器 31 中存储的处理目标帧的相应列的位置。从帧存储器 31 读出列位置重排帧并作为编码数据输出。可在已重排帧存储器 31 中存储的图像的相应列的存储位置后读出列位置重排帧。作为替换，CPU32 可进行控制以便通过改变读出顺序将输出数据表现在“数据重排状态”中。

在该实施例中，如上所述，虽然交换信息包括表示第二至第 N 列应移到哪些列的信息，它不包括表示第一列应移到哪一列的信息。因此，在交换部分 37 移动第二至第 N 列时，它不移动第一列。

当已对处理目标帧的第二至第 N 列的全部进行重排后，处理进行到步骤 S4，判断帧存储器 31 是否存储仍未成为处理目标的帧。如果判断帧存储器 31 存储了这样的帧，处理返回步骤 S1 并对仍未处理的该帧进行与上面相同的操作。

如果在步骤 S4 判断帧存储器 31 未存储仍未成为处理目标的帧，嵌入编码处理结束。

根据上面的嵌入编码处理，以下面的方式将一帧图像编码成编码数据。

例如，如果附加信息对应于将处理目标帧的第二列移到第六列(由参考标号 411)表示，第三列移到第九列 412，第四列移到第七列 413，第五列移到第三列 414，第六列移到第八列 415，第七列移互第四列 416，第九列移到第二列 417，第八列移到第五列 418，.....，第 N 列移到第 N 列的重排，交换信息产生部分 36 产生表示该重排的交换信息。交换部分 37 根据上述交换信息以例如图 9B 所示的方式重排图 9A 所示的帧，就是说，以这样一种方式重排：把第二列移到第六列(用参考标号 411 表示)，第三列移到第九列 412，第四列移到第七列 413，第五列移到第三列 414，第六列移到第八列 415，第七列移到第四列 416，第九列移到第二列 417，第八列移到第五列 418，.....，第 N 列移到第 N 列。结果是，把图 9A 所示的图像编码成图 9C 所示的图像。

下面参考图 9B 简要描述重排与嵌入信息之间的关系。

如参考标号 411 所示，从可供使用的 8 列区域中确定第二列的移动目的地。由于有 8 种选择，嵌入编码器 3 可嵌入例如 0、1、2、3、4、5、6 和 7 中任何一个附加信息。在图 9B 的实例中，由于第二列移到第六列，就是说第五区嵌入附加信息“4”。

然后，如参考标号 412 所示，从可供使用的 7 列区域中确定第三列的移动目的地。由于有 7 种选择，嵌入编码器 3 可嵌入例如 0、1、2、3、4、5 和 6 中任何一个附加信息。在图 9B 的实例中，由于第三列移到第九列，就是说第七区嵌入附加信息“6”。

从下一步骤向前，通过相同操作把附加信息嵌入图像。在该嵌入技术中，将要嵌入的附加信息的位数随嵌入操作的进行而减少。

代替上面其中依次进行移动每一列到与其相隔与附加信息值相同数量的像素距离的列的操作的重排方案，当附加信息是图像数据时，根据如直方图、DR、方差之类的图像数据的特征量移动每一列。

另外，虽然在上面的实例中嵌入编码器 3 依次嵌入附加信息段，可通过附加信息确定作为种类数与所有列数的阶乘相等的排列顺序图案之一的排列顺序图案本身。当以排列顺序图案的形式嵌入附加信息时，逐一检验所有列数阶乘的排列顺序图案，并根据列之间的相关性确定一个排列顺序图案，从而将嵌入图像解码成原始图像。

交换部分 37 根据附加信息移动每一列像素的位置作为构成帧存储器

31 中存储的图像的一个或多个像素的集合。通过由交换部分 37 重排把附加信息嵌入每一列。通过执行与交换部分 37 执行的重排相反的重排来恢复原始图像，并使表示进行何种重排的信息为附加信息。因此，嵌入编码器 3 可将附加信息嵌入图像而不劣化其图像质量并且不增加数据量。

可利用图像的相关性，即如同在原始图像情况中与位于正确位置的列相关性，将作为附加信息嵌入图像的列位置重排图像的每一列移到原始位置而没有任何额外开销。另外，通过该重排恢复附加信息。因此，解码的图像不会因附加信息的嵌入而造成图像质量的恶化。

当不存在位于编码数据中正确位置的列时，以上述方式花时间利用图像的相关性恢复图像和附加信息。在图 8 的嵌入编码处理中，不移动每帧的第一列并作为部分编码数据照原样输出。

可通过使包括第一列的所有列成为重排目标进行嵌入编码。如果编码数据包括至少重排列之一的原始位置的信息作为额外开销，可容易地恢复图像和附加信息。

图 10 示出图 1 所示的解码器 6 的典型硬件结构，该解码器利用图像的相关性把从图 7 的嵌入编码器 3 输出的编码数据解码成原始图像和附加信息。

把编码数据，即附加信息嵌入图像(也称为嵌入图像)提供给帧存储器 41。帧存储器 41 在例如逐帧的基础上临时存储嵌入的图像。通过切换帧存储器 41 的存储体，以与图 6 所示的帧存储器 31 相同方式构成的帧存储器 41 可在实时的基础上处理嵌入图像，即使它是运动图像。

CPU42 执行程序存储器 43 中存储的程序，并对解码器 6 进行控制以便进行解码操作。就是说，CPU42 控制解码器 6，以便利用图像的相关性把帧存储器 41 中存储的嵌入图像解码成原始图像和附加信息。具体地说，CPU42 计算最新的解码列与构成嵌入式图像的列中其它列之间的相关值。CPU42 对构成嵌入图像的每一列进行把与最新的解码列具有最大相关值的列移到紧邻最新解码列右边的位置的操作。CPU42 以这种方式恢复原始图像并且还根据在嵌入图像解码中重排嵌入图像相应列的位置的方式把附加信息恢复成原始图像。

以与图 6 成示的程序存储器 33 相同方式构成的例如程序存储器 43 存储用于使 CPU42 执行解码操作的计算机程序。

图 11 示出图 10 的解码器 6 的典型功能结构。图 11 所示的功能结构由 CPU42 执行程序存储器 43 中存储的计算机程序实现。

如上面参考图 10 所描述的，帧存储器 41 临时存储嵌入图像。

交换部分 46 计算已移到原始位置的列中最新的一列与帧存储器 41 中存储的处理目标帧中其它列(即仍未返回到其原始位置的列)之间的相关值。根据那些相关值，交换部分 46 在仍未返回其原始位置的处理目标帧中重排列的位置并由此将那些列返回其原始位置(即恢复那些列的位置)。另外，交换部分 46 把表示已如何重排该帧的列的交换信息提供给交换信息部分转换部分 47。

交换信息转换部分 47 根据从交换部分 46 提供的交换信息，即重排前与重排后处理目标帧的相应列的位置之间的对应关系恢复嵌入图像中嵌入的附加信息。

下面参考图 12 的流程图描述图 11 的解码器 6 中执行的解码处理。

帧存储器 41 在例如逐帧的基础依次存储提供至此的嵌入图像(即编码数据)。

在步骤 S11，在交换部分 46 中，把对帧的列数计数的变量 n 的初始值设定为例如“1”。此后，处理进行到步骤 S12，交换部分 46 判断变量 n 是否小于或等于 N-1(即帧的列数 N 减 1)。

如果在步骤 S12 判断变量 n 小于或等于 N-1，处理进行到步骤 S13，交换部分 46 读出帧存储器 41 中存储的处理目标帧的第 n 列的像素(或像素序列)并产生一个矢量(即列矢量)v_n，在该矢量中排列第 n 列的相应像素的像素值作为元素。在该实施例中，由于如上所述每一帧由 M 行像素组成，列矢量 v_n 是 M 维矢量。对矢量 v_k(后面说明)应用相同处理。

在步骤 S14，把对位于第 n 列右侧的列计数的变量 k 的初始值设定为 n+1。处理进行到步骤 S15。交换部分 46 读出第 k 列的像素(或像素序列)并产生一个具有第 k 列的像素值作为元素的列矢量 v_k。处理进行到步骤 S16。

在步骤 S16，在交换部分 46 中，利用列矢量 v_n 与 v_k 计算第 n 列与第 k 列之间的相关值。

具有地说，根据下面的等式计算列矢量 v_n 与 v_k 之间的距离 d(n, k)：

$$d(n, k) = |v_n - v_k|$$
$$= [\Sigma \{A(m, n) - A(m, k)\}^2]^{1/2} \quad \ldots (1)$$

其中Σ表示从1至M变化的m的总和，A(i, j)表示作为处理目标的第i行、第j行列的像素值。

在交换部分46中，计算列矢量v_n与v_k之间的距离d(n, k)的倒数1/d(n, k)作为第n列和第k列之间的相关值。

计算了第n列和第k列之间的相关值之后，处理进行到步骤S17，判断变量k是否小于或等于N-1，即帧的列数N减1。如果在步骤S17判断变量k小于或等于N-1，处理进行到步骤S18，变量k加1。然后，处理返回到步骤S15。此后，重复执行步骤S15至S18，直到其在步骤S17判断变量k不小于或等于N-1。结果是，计算了第n列与第n列右侧的嵌入图像的列之间的相关值。

如果在步骤S17判断变量k不小于或等于N-1，处理进行到步骤S19，交换部分46确定使与第n列的相关值最大的k。设k表示使与第n列的相关值最大的k。在步骤S20，交换部分46交换第(n+1)列与帧存储器41中存储的处理目标帧的第K列，即将第K列与紧接第n列右侧的第(n+1)列互换。

在步骤S21将变量n加1，处理返回步骤S12。此后，重复执行步骤S12至S21，直到其在步骤S12判断变量n不小于或等于N-1。

在该实施例中，嵌入图像的第一列与原始图像的第一列保持相同。因此，当变量n等于初始值“1”时，把与第一列具有最大相关值的嵌入图像的该列与紧接第一列右侧的第二列互换。从图像的相关性中与第一列具有最大相关值的列应是原始图像的第二列。因此，被移动变为嵌入编码操作中嵌入图像的特定列的原始图像的第二列现在返回到原始位置，这表示解码。

当变量n加到2时，以上述方式将与返回到原始位置的第二列具有最大相关值的嵌入图像的列与紧接第二列右侧的第三列互换。从图像的相关性看来，与第二列具有最大相关值的列应是原始图像的第三列。因此，被移动变为嵌入编码操作中嵌入图像的特定列的原始图像的第三列现在返回到原始位置。

以同样方式，继续将帧存储器41中存储的嵌入图像解码成原始图像。

如果在步骤S12判断变量n不小于或等于N-1，即当已利用图像的相关将构成嵌入图像的第二至第N列全部返回到其原始位置并且已将帧存储器

41 中存储的嵌入图像解码成原始图像时，处理进行到步骤 S22，从帧存储器 41 读出解码的图像。在步骤 S22，将在交换部分 46 把嵌入图像解码成原始图像时表示如何重排嵌入图像的第二至第 N 列的交换信息输出到交换信息转换部分 47。交换信息转换部分 47 根据来自交换部分 46 的交换信息恢复嵌入图像中嵌入的附加信息。

然后，处理进行到步骤 S23，判断帧存储器 41 是否存储仍未成为处理目标的嵌入图像帧。如果判断存储了这样的帧，处理返回步骤 S11，对仍未成为处理目标的嵌入图像帧重复与上面相同的操作。

如果在步骤 S23 判断帧存储器 41 未存储仍未成为处理目标的帧，解码处理结束。

如上所述，解码器 6 利用图像的相关对作为其中被嵌入附加信息的图像的编码数据和附加信息解码。解码器 6 可将编码数据解码成原始图像和附加信息而没有任何用于解码的额外开销。因互，附加信息的嵌入不会对由解码器 6 产生的解码图像中的图像质量造成恶化。

在图 12 的解码处理中，解码器 6 计算最新解码的列(例如当 n=1 时嵌入编码中未移动的第一列)与仍未被解码的列之间的相关值，并根据计算的相关值检测应移到紧邻最新解码列的右侧位置的列。例如，通过计算已解码的多个列与未解码的列之间的相关值，解码器 6 可检测应移到紧邻最新解码的列右侧位置的列。

图 13 至 15 示出上面的嵌入编码处理和解码处理的模拟结果。

图 13 示出受到嵌入编码操作和当使纵向为垂直方向时由 512(水平) × 832(垂直)个像素组成的原始图像。

图 14 示出对图 13 的图像进行嵌入编码操作的处理结果。在图 14 的编码图像中嵌入 $\log_2(512!)$ 比特的附加信息。如从图 14 所看到的，如上所述，嵌入编码具有图像加密功能。

图 15 示出利用解码操作通过对嵌入编码操作的结果(见图 14)解码产生的解码图像。图 13 和 15 之间的比较示出了恢复原始图像而图像质量没有任何恶化。如果解码处理将嵌入图像正确地解码成原始图像，也可根据解码中重排嵌入图像的列的方式正确地恢复附加信息。

在上面的实例中，嵌入编码器 3 通过固定第一列和根据附加信息重排第二至第 N 列来对由如图 16 所示的 N 列组成的编码目标图像进行嵌入编码。

解码器 6 利用图像的相关将嵌入编码的结果解码成原始图像和附加信息。除图像的相关外，解码器 6 可利用连续性(下面描述)对嵌入编码的结果解码。

就是说，在图 12 的情况下，将各自具有图 16 图像的对应列的组成像素的像素值作为元素的列矢量 v_n 之间的距离的倒数定义为相关，并仅利用所定义的相关性对编码数据解码。在解码器 6 中，首先，使与固定的第一列矢量具有最小距离的列矢量对应的列成为第二列。然后，在解码器 6 中，使与第二列的列矢量具有最小距离的列矢量对应的列成为第三列。从下一步骤向前重复相同的操作，从而恢复原始图像并根据如何重排第二至第 N 列来恢复嵌入的附加信息。

现在假设图 16 的图像的 N 列的列矢量 v_1、v_2、.....、v_N 的轨迹在列矢量空间中是否例如由图 17 中的细虚线表示的轨迹。

如果在交换部分 46 中以上述方式从主题列是第一列的状态开始的顺序检测具有最小距离的列矢量，描绘出由图 17 中的粗虚线表示的轨迹。就是说，以 v_1、v_2、v_3、v_{13}、v_{14}、v_{15}、v_4、v_5、v_6，……的顺序检测列矢量。因此，在交换部分 46 中，当仅使用相关性(这种情况下是列矢量之间的距离)时不以正确顺序检测列矢量，结果是，既不能正确地恢复图像也不能正确地恢复附加信息。

为解决这一问题，例如，在交换部分 46 中，在使与第一列的列矢量 v_1 具有最小距离的列矢量对应的列成为第二列后，如图 18 所示，计算第二列的列矢量 v_2 与第一列的列矢量 v_1 之间的差矢量 Δv_{12}。然后，在交换部分 46，使与由通过把差矢量 Δv_{12} 加到列矢量 v_2 获得的矢量表示的点 P_{12} 最接近的列矢量对应的列成为第三列。

另外，在交换部分 46 中，计算第三列的列矢量 v_3 与第二列的列矢量 v_2 之间的差矢量，并使与由通过把差矢量加到列矢量 v_3 获得的矢量表示的点最接近的列矢量对应的列成为第四列。从下一步骤向前，以相同方式确定剩余列到第 N 列。

如上所述，在交换部分 46 中，不仅利用第 n 列与第(n+1)列之间的相关性而且利用第 n 列的列矢量 v_n 与第(n+1)列的列矢量 v_{n+1} 之间的连续性，即在这种情况下，差矢量 $v_{n+1}-v_n$ 的变化是连续的这一事实，以如图 17 中细虚线所示的方式描绘轨迹的这种正确顺序检测列矢量，并正确地恢复图像

和附加信息。

在图 9 的实施例中，根据附加信息在逐列的基础上重排除第一列像素外的编码目标图像的像素，从而执行将附加信息嵌入图像，即嵌入编码。可用其它方式进行嵌入编码。例如，可在逐行基础上重排编码目标图像的像素，或可以移动位于相同位置的按时序排列的预定数量帧的一系列像素的位置。

嵌入编码的另一个例子是在逐列的基础上重排编码目标图像的像素并在逐行基础上进一步重排得到的图像的像素。

例如，由嵌入编码器 3 根据附加信息重排如图 19 所示的由 M(垂直) × N(水平)个像素组成的图像的列，以产生图 20A 所示的嵌入图像。在图 20A 中，图 19 的图像的第一列移到第五列，第二列移到第 N 列，第三列移到第一列，第四列移到第二列，第五列移到第四列，第六列移到第三列，...，第 N 列移到第六列。

例如，由嵌入编码器 3 根据附加信息重排图 20A 的图像的行，以产生如图 20B 所示的嵌入图像。在图 20B 中，图 20A 的图像的第一行移到第三行，第二行移到第五行，第三行移到第二行，第四行移到第 M 行，第五行移到第一行，...，第 M 行移到第四行。

如果存在未移动的列，例如与第一列左侧紧邻的列，由解码器 6 利用该列作为新的第一列，通过执行上面参考图 12 描述的解码处理将图 20B 的嵌入图像解码成图 19 的原始图像。就是说，在通过列和行两个方向重排产生的嵌入图像中，不改变在等式(1)的求和∑中加在一起的项目本身，虽然改变它们的顺序。因此，只要已经过嵌入编码的图像相同，由等式(1)计算的距离(n, k)与仅已重排列的情况和列和行二者都已重排的情况保持相同。由图 12 的解码处理以与通过仅重排列产生的嵌入图像相同的方式将通过重排列和行二者产生的嵌入图像解码成原始图像和附加信息。

从上面的讨论可以理解，当嵌入编码器 3 将列和行都重排时，对列和行的重排首先不影响解码操作。因此，嵌入编码器 3 可首先重排列或行，解码器 6 可首先重排列或行。甚至编码器 3 和解码器 6 各自都可以交替地采用列和行作为首先重排的项目。

在嵌入解码器 3 在嵌入编码操作中仅重排列的情况下，当解码器 6 将嵌入图像解码成原始图像时，重排嵌入图像列的方式变为附加信息的解码

结果。在嵌入编码器 3 把行和列都重排时，在例如嵌入图像的第 m 行、第 n 列位置(m, n)的像素被移到解码图像的位置(m', n')变为附加信息的解码结果。

在图 8 的嵌入编码处理中，仅固定编码目标图像的第一列，解码器 6 利用比如说第一列作为解码基准重排嵌入图像的其它列。解码基准不限于第一列，可以是最后、第 N 列或任何其它列，只要在嵌入编码器 3 和解码器 6 中对其进行了设定。另外，解码基准不必总是一列像素，在极端情况下可以是一个像素。

在嵌入编码器 3 采用例如第一列作为解码基准并利用图像的相关重排嵌入图像的其它列的情况下，如果错误地移动一列，将错误列移到下一列的可能性较高(在该实施例中，是紧邻错误地移动的列右侧的列)。这种情况下，解码器 6 不能恢复原始图像，因此不能恢复正确的附加信息。

在嵌入编码处理中，可保留多列作为解码基准，就是说从重排目标中排除那些列。

例如，在嵌入编码器 3 利用在列方向排列的图像的一组像素作为重排单元进行重排的情况下，嵌入编码器 3 可使每隔一列(图 21 中的阴影线)成为解码基准并使剩余列(即图 21 中空白表示的列)成为重排目标。

在图 21 的情况下，如果图像有 2N 个列，可由嵌入编码器 3 嵌入的附加信息的数据量总计为 $\log_2(N!)$ 比特。

嵌入编码器 3 可使用比一列或一行小的重排单元，即一个或多个像素的集合。

例如，如图 22 所示，嵌入编码器 3 可通过将图像的每一列分成一个或多个(例如五个)连续的像素组并使用这样一组作为重排单元来进行重排。如图 22 所示，嵌入编码器 3 可在方格图案中将重排单元分成两类，并可使一类(例如图 22 中空白表示的部分)成为重排目标并使另一类(图 22 中的阴影)成为解码基准。这种情况下，如果图像的行数，即列方向的像素数达到容纳 M 个重排单元的程度并且图像具有 2N 列，可由嵌入编码器 3 嵌入的附加信息的数据量总计为 $\log_2\{(M\times N)!\}$ 比特。

例如，如图 23 所示，嵌入编码器 3 可从图像每一列中彼此相距的像素提取规定数量的像素(例如，六个像素)并采用一组提取的像素(例如图 23 中用“○”表示的像素，用“×”表示的像素，或用“△”表示的像素)作

为重排单元进行重排。如图 23 所示，嵌入编码器 3 可在方格图案中将构成图像的像素分成两类，并可使一类(例如图 23 中空白表示的部分)成为重排目标并使另一类(图 23 中的阴影)成为解码基准。这种情况下，如果使用通过提取图像每一列中彼此相距 2M 像素(图 23 中为六个像素)的像素获得的一组像素作为重排单元并且图像具有 N 列，可嵌入图像的附加信息的数据量总计为 $\log_2\{(M\times N)!\}$ 比特。由于嵌入编码器 3 可利用“° ”表示的组作为重排单元，在例如由参考数字 421 和 422 所示的逐列的基础上进行嵌入，数据量总计为 $\log_2\{(M\times N)!\}$ 比特。

在图 21 至 23 的实例中，作为重排目标的每一组像素(即图 21 至 23 中空白表示的像素)与多个解码基准(即图 21 至 23 中的阴影部分)相邻。这种情况下，例如，解码器 6 利用作为重排目标的一组像素与多个解码基准之间的距离平方和的倒数作为相关进行解码。

如上所述，对嵌入编码和解码中采用的重排单元没有特别的限定。

另外，对作为解码基准的像素组也没有特别的限定。

从解码正确性的观点来看，作为重排目标的像素最好与尽可能多的作为解码基准的像素相邻。因此，图 23 的实例是最希望的。从解码正确性的观点来看，最好有尽可能多的像素作为解码基准。

然而，由于作为解码基准的像素不成为重排目标，可由嵌入编码器 3 嵌入图像的附加信息的数据量随着作为解码基准的像素数量的增加而降低。当存在许多作为解码基准的像素或作为重排目标的一个像素与许多作为解码基准的像素相邻时，本发明的嵌入编码操作的加密效果不明显。

考虑到解码的正确性、嵌入的附加信息的数据量和加密效果，希望根据嵌入编码和解码的目的设定作为解码基准的像素数量和其排列图案。

如果把一个特定列移到附近的一列或移动彼此接近的多列同时保持其位置关系，也会减弱加密效果；必须避免这种重排。在嵌入编码器 3 的嵌入编码操作中，可加入每列应移到与该列相距大于规定距离的一列，和彼此接近的那些列应移到与那些列相距大于规定距离的列的限定。

在作为嵌入编码目标的图像是由例如 RGB 分量信号组成的彩色图像的情况下，嵌入编码器 3 可将 RGB 分量的对应列移到相同位置或彼此独立地重排 RGB 分量的列。在嵌入编码器 3 把 RGB 分量的对应列移到相同位置的情况下，可嵌入的附加信息的数据量较小，但解码中的解码精度比嵌入编

码器 3 彼此独立地移动 RGB 分量的列的情况下要高。相反，在嵌入编码器 3 彼此独立地移动 RGB 分量的列的情况下，解码中的解码精度较低，但可嵌入的附加信息的数据量比嵌入编码器 3 把 RGB 分量的对应列移到相同位置的情况下要大。

对附加信息类型没有特别限定。例如，图像、话音、文本、计算机程序、控制信号、和其它类数据都可作为附加信息。在使图像数据库 1 中存储的图像的部分成为附加信息和使剩余部分成为提供给帧存储器 31 的编码目标的情况下，作为附加信息的图像的前一部分嵌入后一部分，这表明实现了图像压缩。

虽然本发明的实施例涉及的是图像，也可用重排规定时间的话音的数据序列的方式实施本发明。

在实施例中，虽然是在 CPU32 或 42 的控制下通过执行计算机程序来进行嵌入编码操作或解码操作，也可用专用硬件进行。

在实施例中，虽然在 CPU32 或 42 的控制下执行的计算机程序存储在程序存储器 33 或 43 中，可经如半导体存储器、磁带、磁盘、光盘、磁光盘、或相变盘之类的记录介质，或如因特网、地面波、卫星信道、公共网、或 CATV(有线电视)网之类的传输媒介以信号形式提供计算机程序。

参考图 24A 至 24C，描述在其上记录计算机程序的记录介质和经传输媒体提供给计算机的信号，传输媒体用来建立将上面的计算机程序安装到计算机中并体现为可由计算机执行的状态。

如图 24A 所示，作为装配在计算机 601 中的记录介质的硬盘 602 或半导体存储器 603 中预先记录有程序。

作为替换，如图 24B 所示，程序临时或永久地记录在如软盘 611、CD-ROM(光盘只读存储器)612、MO(磁光盘)613、DVD(数字多能盘)614、磁盘 615、或半导体存储器 616 之类的记录介质上。

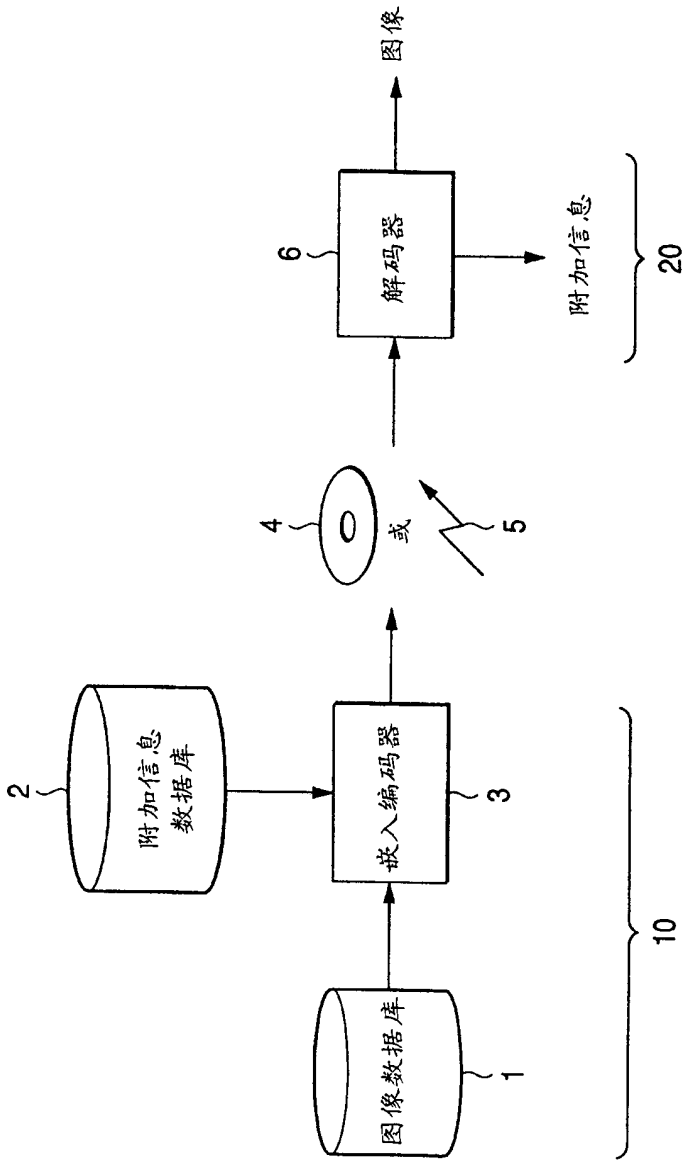
除从上面的任何一种记录介质将程序安装在计算机中的方法外，如图 24C 所示，可通过用于数字卫星广播的人造卫星 622 把程序从下载地点 621 无线传送到计算机 601，或经如 LAN(局域网)或因特网之类的网络 631 通过有线将程序从下载地点 621 传送到计算机 601，并安装在计算机 601 中，以使其存储在例如装配在计算机 601 中的硬盘 102 中。

由执行本发明各种处理中的每一个的程序描述的步骤不必总是按流程

图中描述的顺序以时序方式执行，本发明包括并行或单独执行步骤的处理(即并行处理和目标处理)。

图 25 示出图 24A 和 24C 所示计算机 601 的典型结构。

如图 25 所示，计算机 601 装配一个 CPU(中央处理单元)642。输入/输出接口 645 经总线 641 连接到 CPU642。经输入/输出接口 645 接收由用户操作如键盘或鼠标之类的输入部分 647 产生的命令时，CPU642 根据该命令执行与图 24A 所示的半导体存储器 603 对应的 ROM(只读存储器)643 中存储的程序。按该程序执行图 8 或 12 所示的流程。作为替换，CPU642 把硬盘 602 中存储的程序、经卫星 622 或网络 631 传送由通信部分 648 接收的并安装在硬盘 602 中的程序、或从软盘 611、CD-ROM612、MO 盘 613、DVD614、磁盘 615、或装配在驱动器 649 中并安装在硬盘 602 中的半导体存储器 616 读出的程序加载到 RAM(随机存取存储器)644 中，并执行该程序。例如，在需要时 CPU641 经输入/输出接口 645 向如 LCD(液晶显示器)之类的显示部分 646 输出处理结果。



图像传输系统

图 1

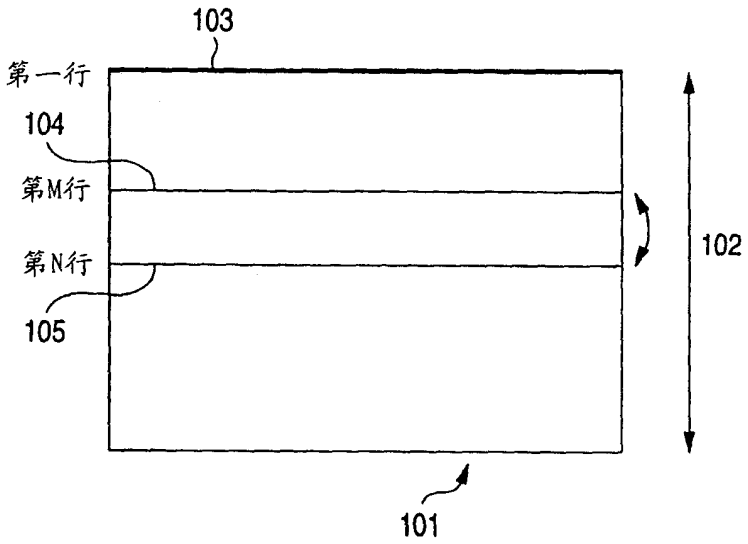


图 2

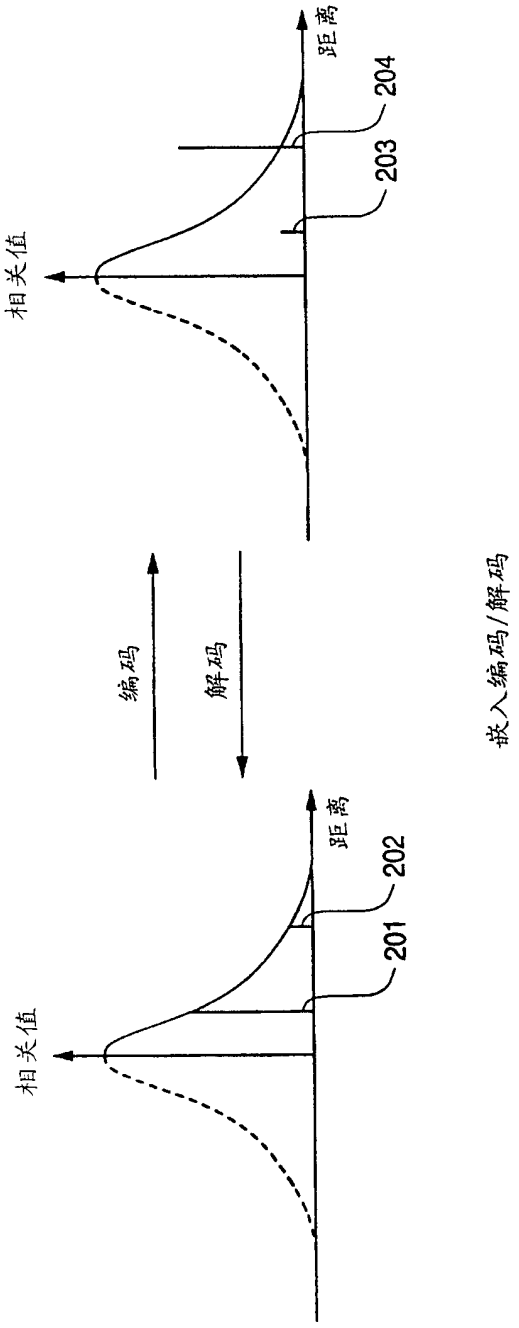


图 3A

图 3B

图 4A

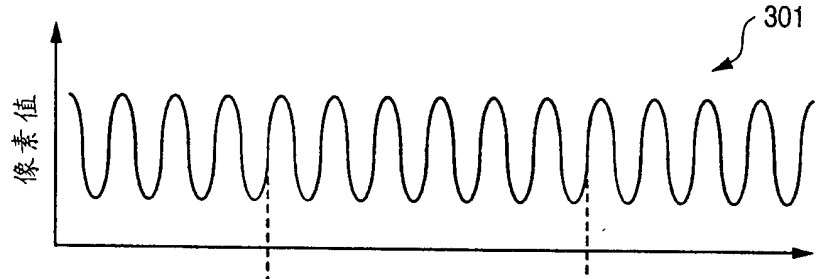


图 4B

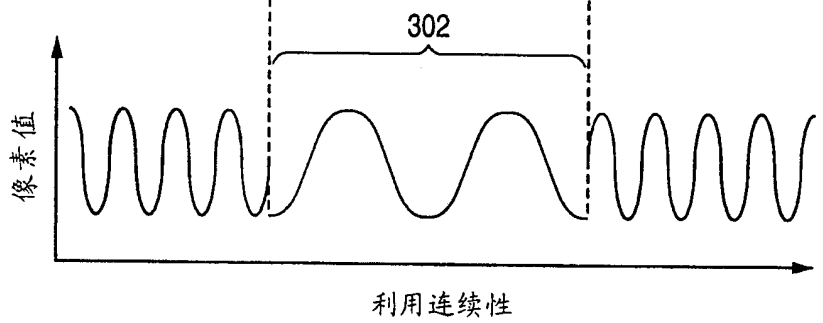


图 5A

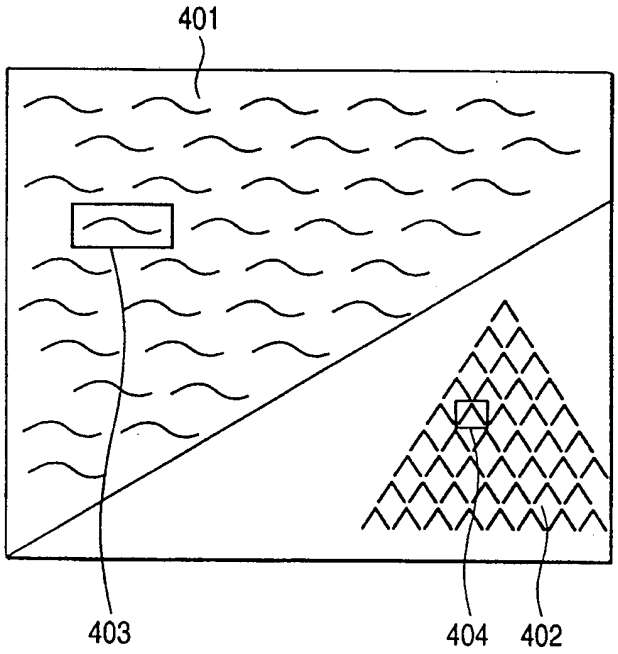
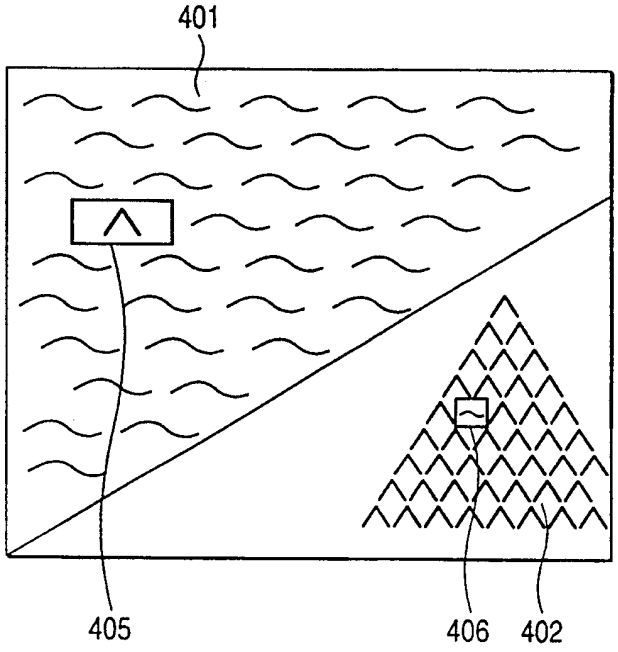


图 5B



利用相似性

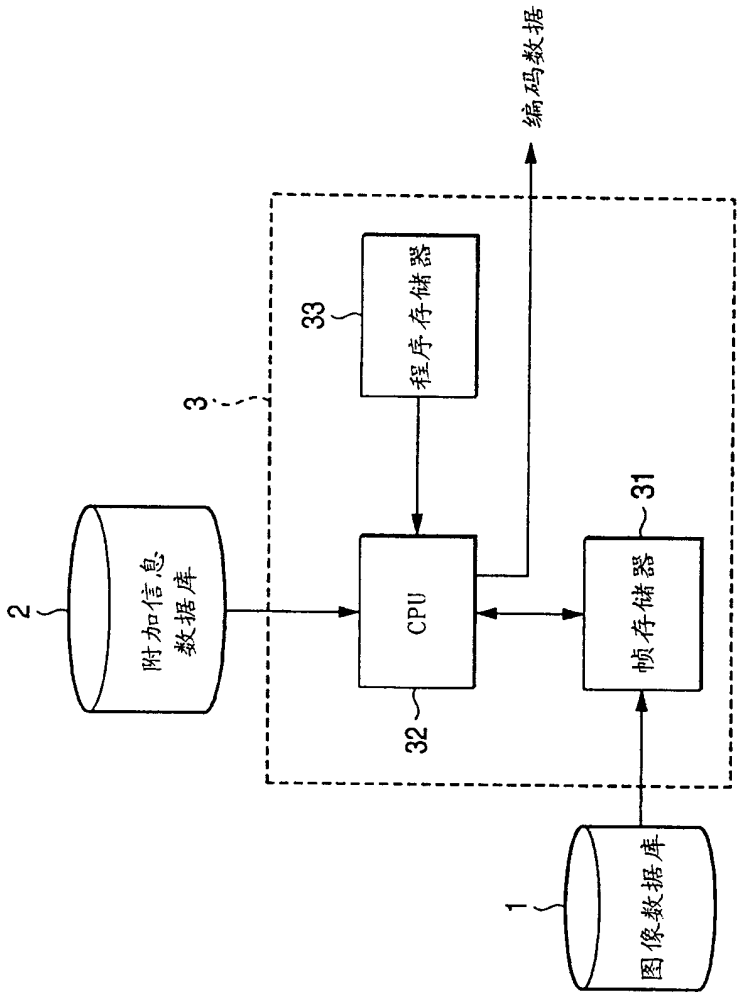


图 6

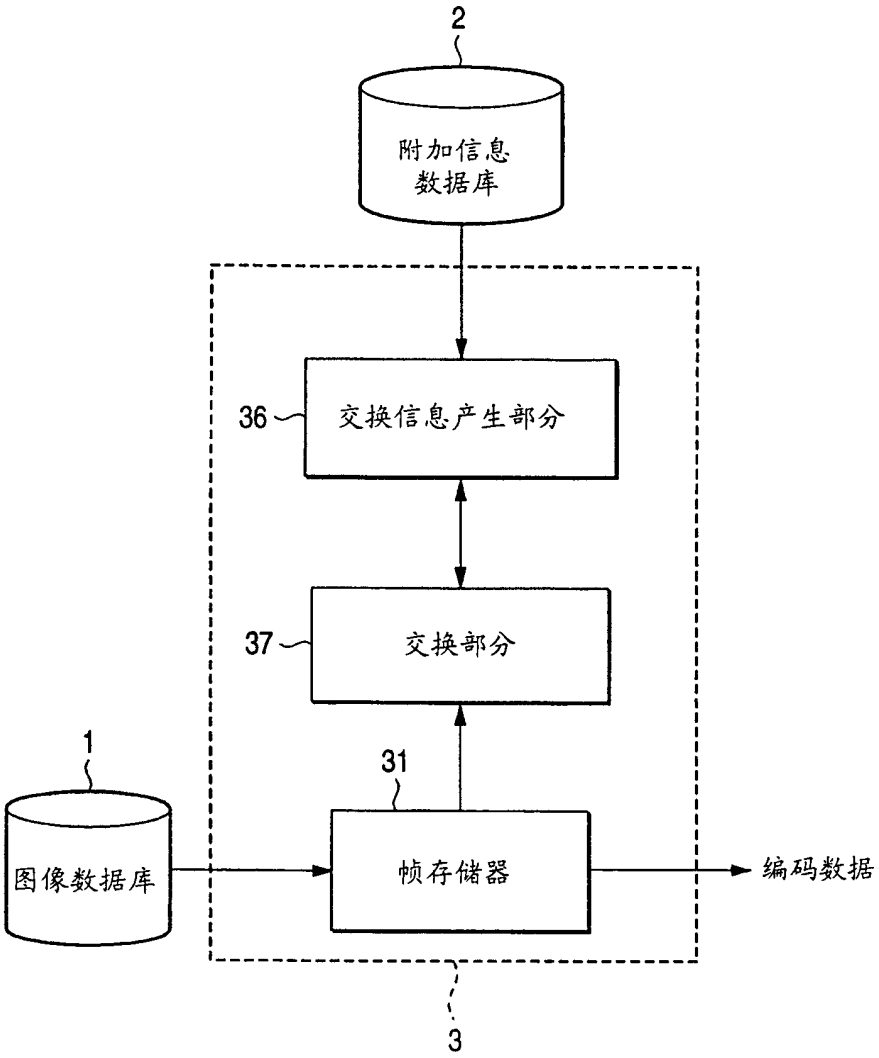


图 7

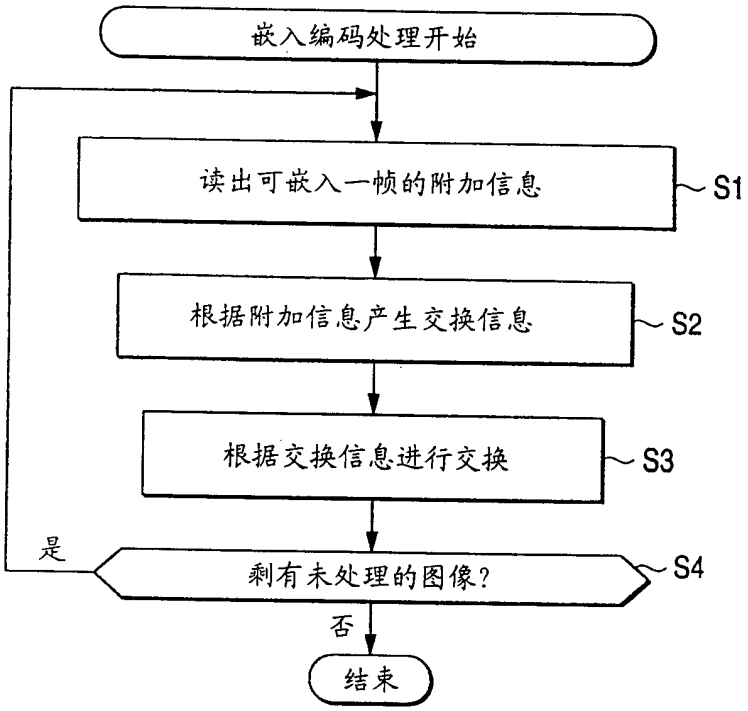

嵌入编码处理开始
读出可嵌入一帧的附加信息
S1
根据附加信息产生交换信息
S2
根据交换信息进行交换
S3
是
剩有未处理的图像?
S4
否
结束

图 8

图 9A

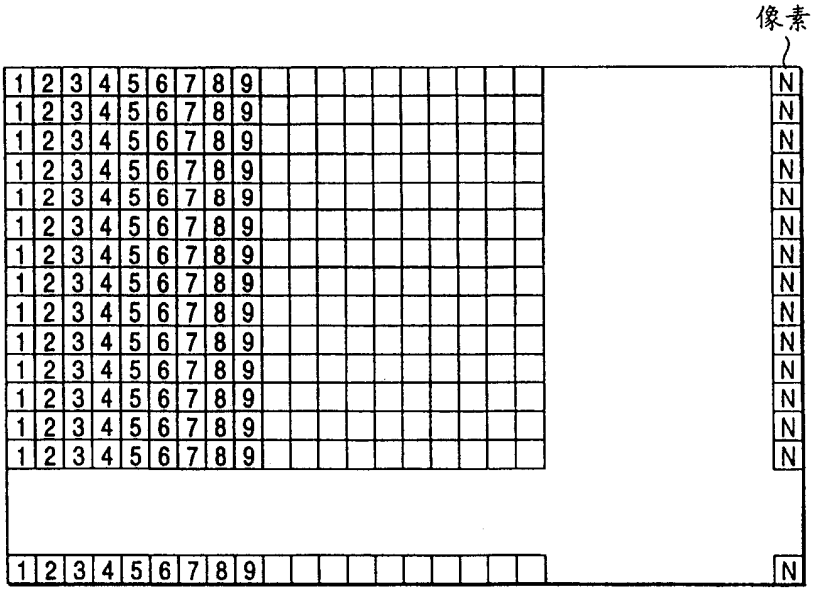


图 9B

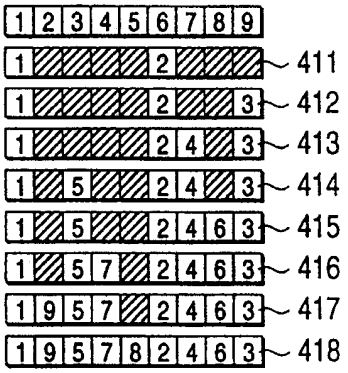
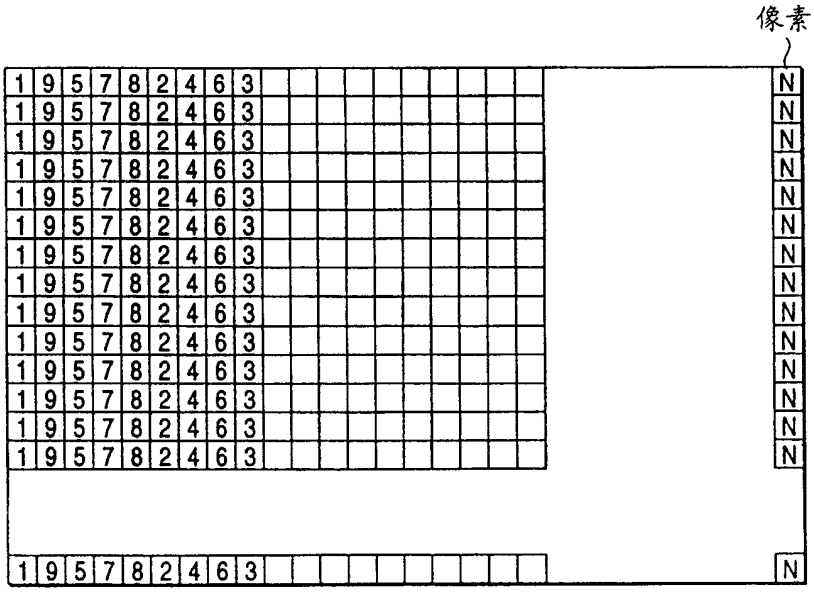


图 9C



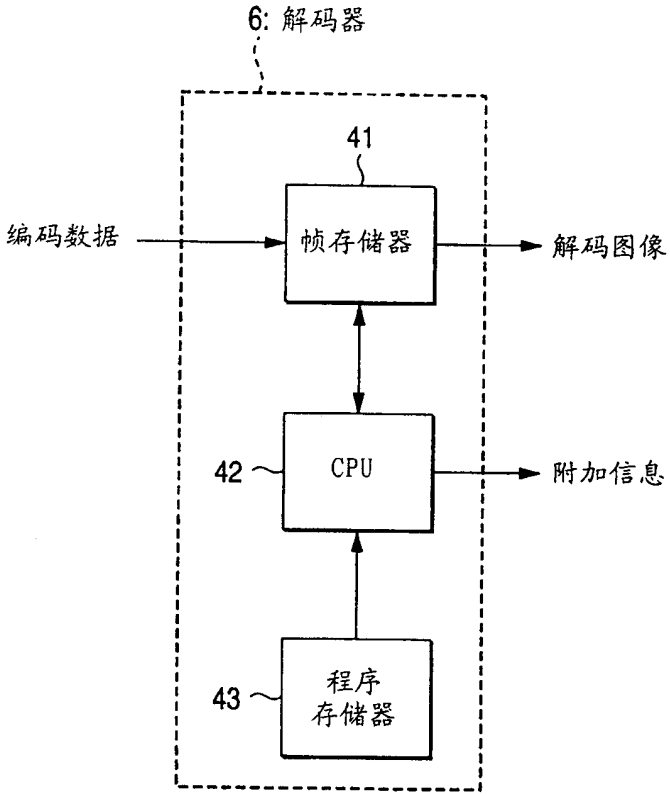


图 10

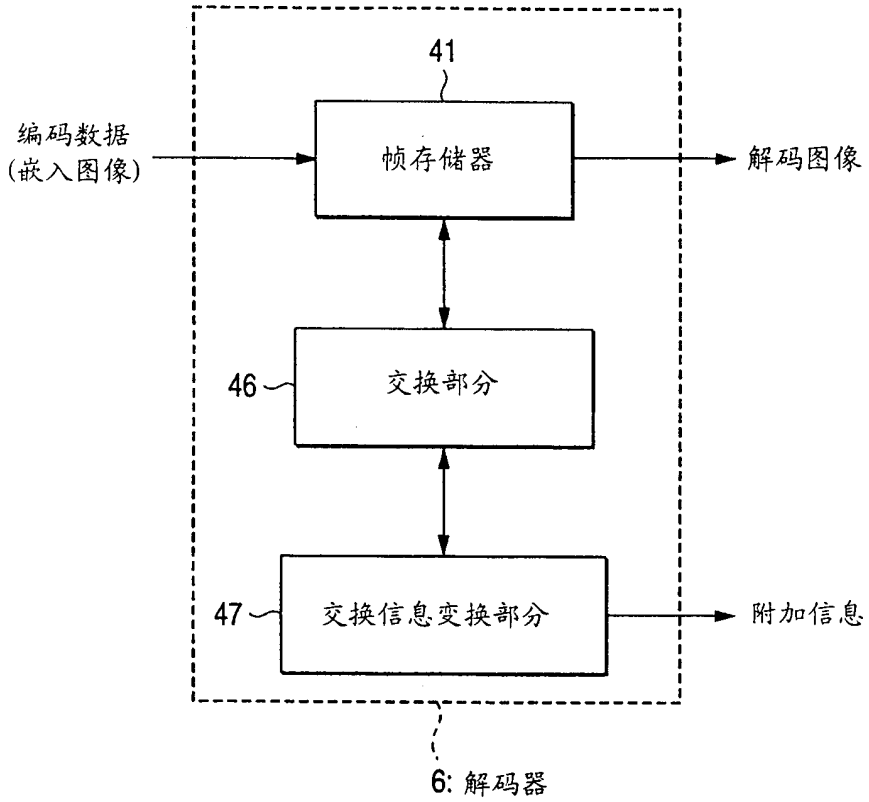


图 11

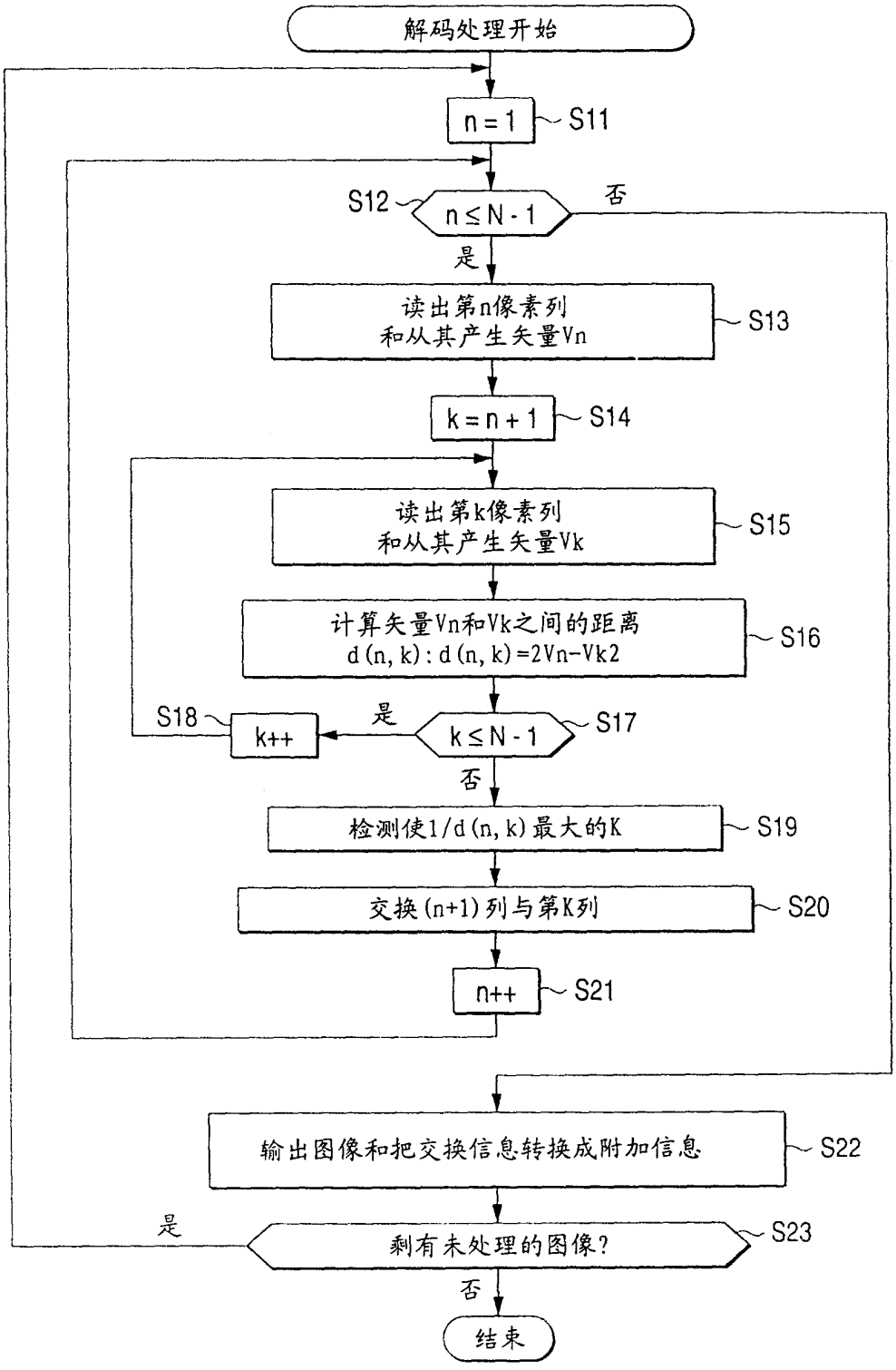

解码处理开始
n = 1
S11
S12
n ≤ N - 1
否
是
读出第n像素列
和从其产生矢量Vn
S13
k = n + 1
S14
读出第k像素列
和从其产生矢量Vk
S15
计算矢量Vn和Vk之间的距离
d(n, k) : d(n, k) =2Vn-Vk2
S16
S18
k++
是
k ≤ N - 1
S17
否
检测使1/d(n, k)最大的K
S19
交换(n+1)列与第K列
S20
n++
S21
输出图像和把交换信息转换成附加信息
S22
是
剩有未处理的图像?
S23
否
结束

图 12

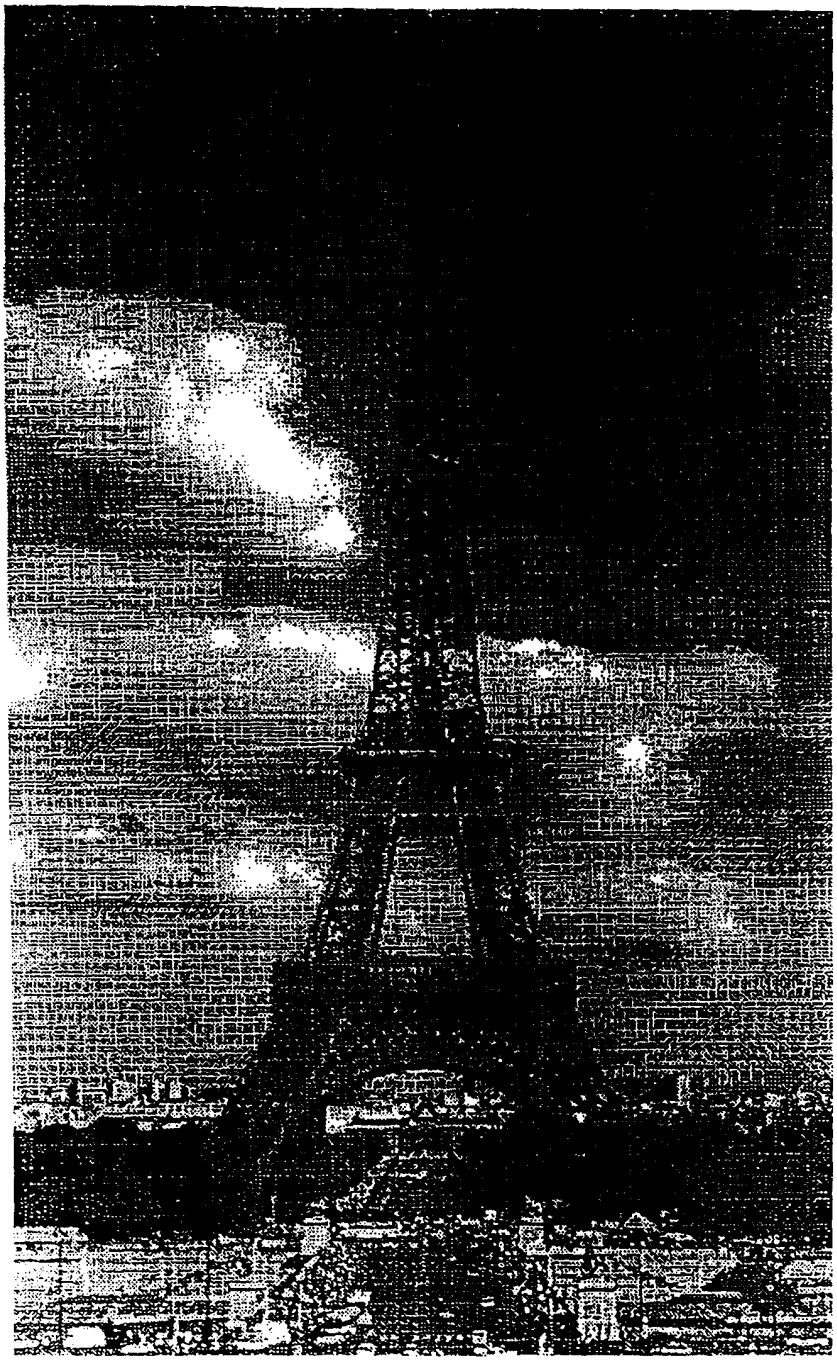


图 13

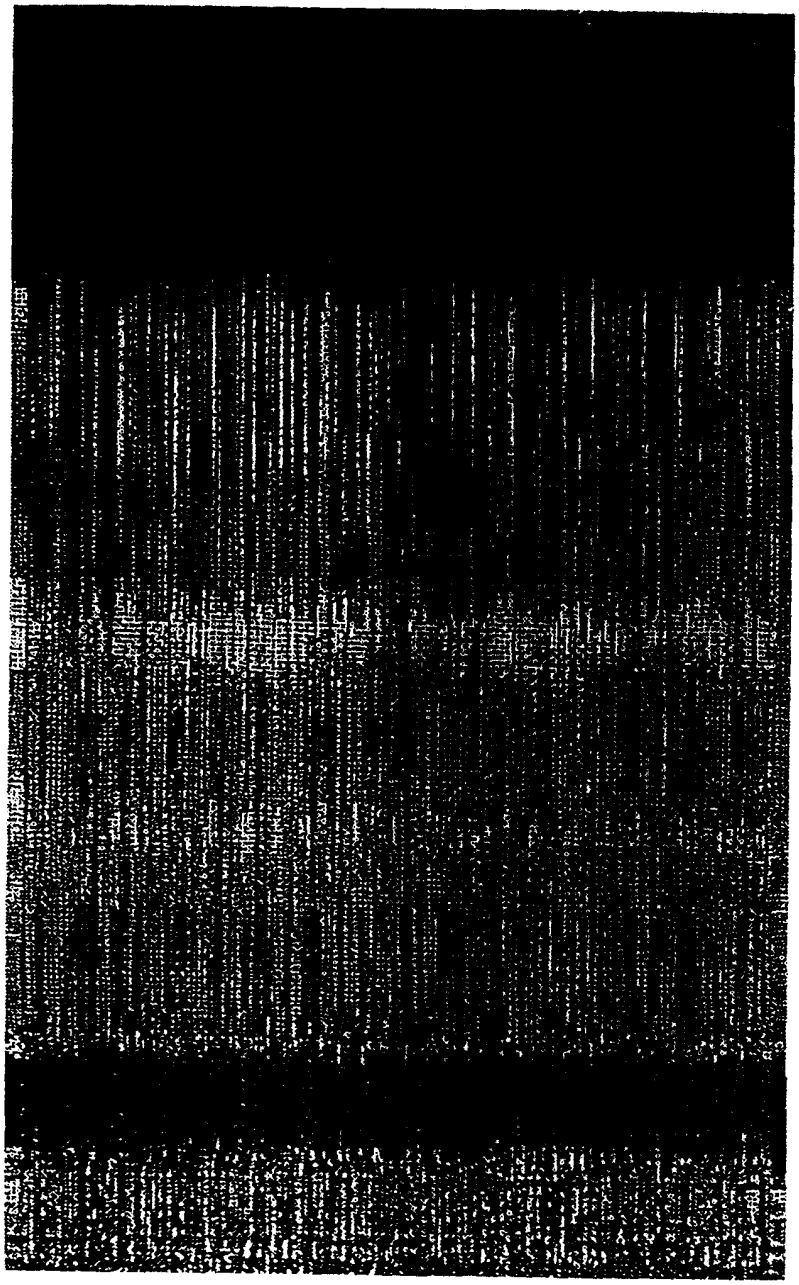


图 14

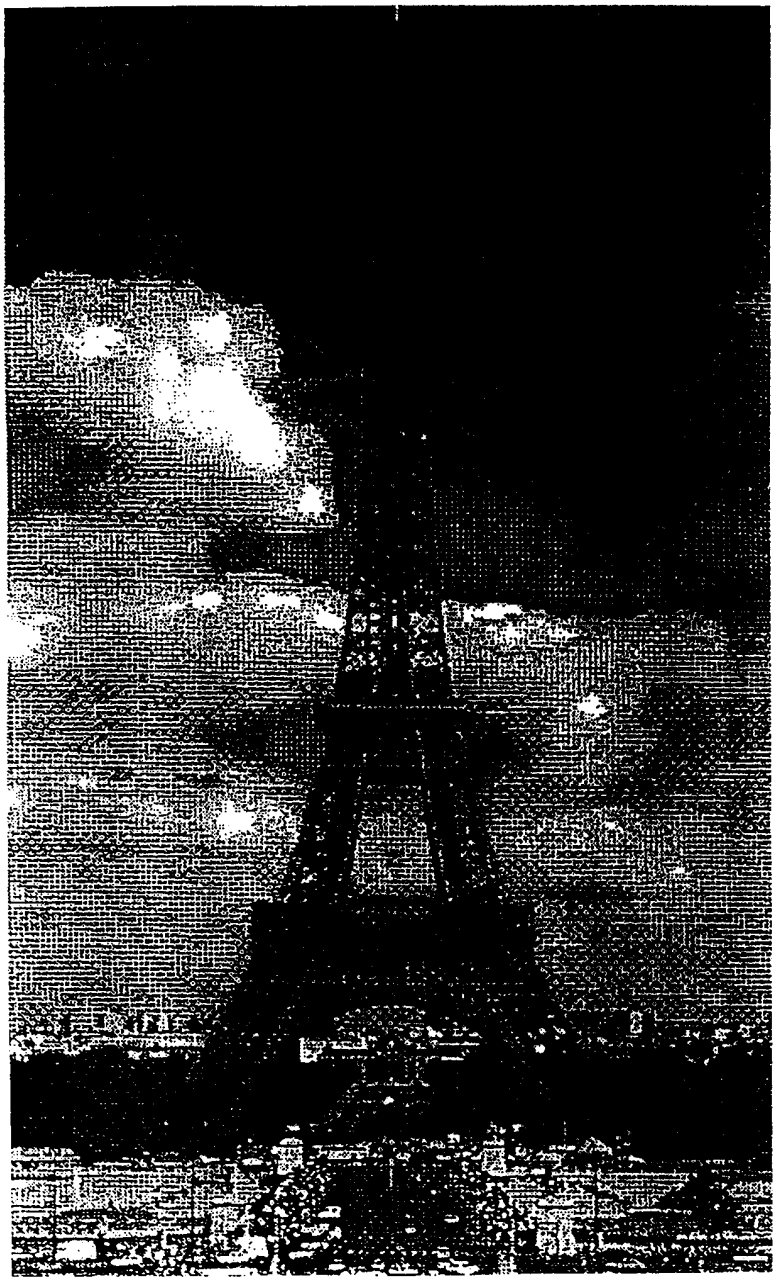


图 15

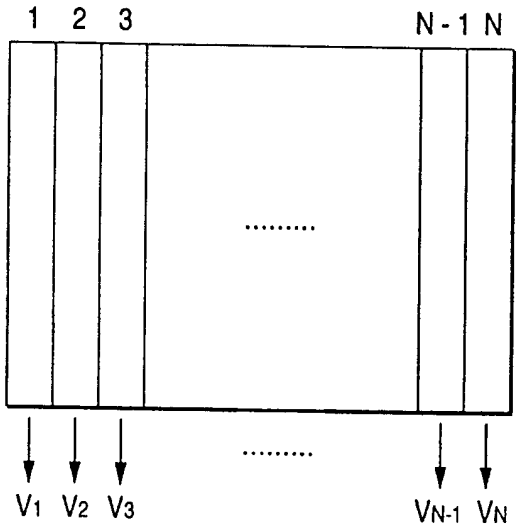


图 16

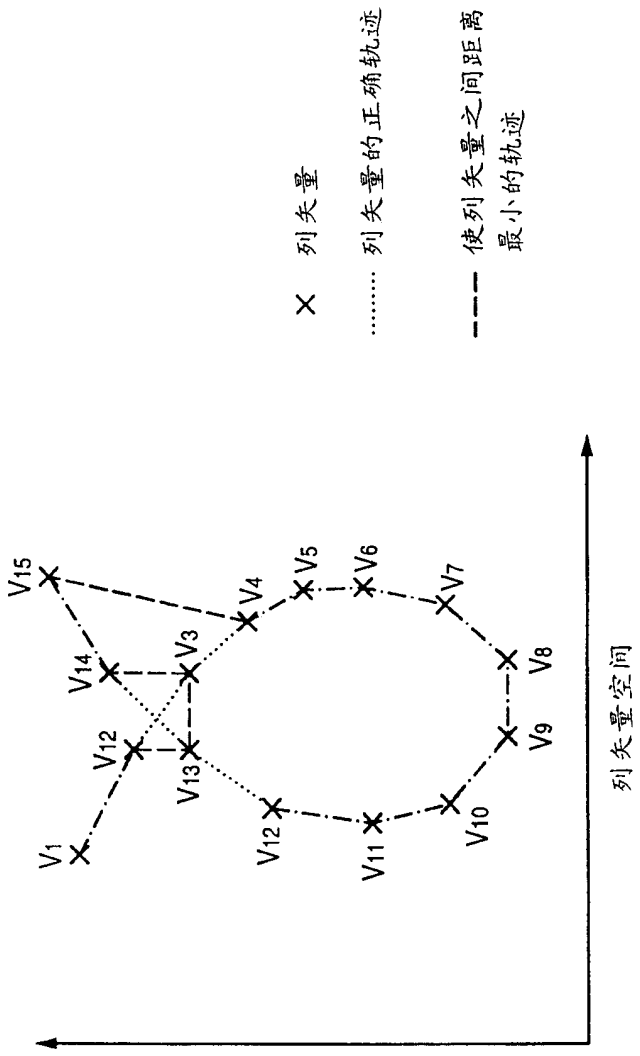

× 列矢量
..... 列矢量的正确轨迹
--- 使列矢量之间距离最小的轨迹
V1
V12
V14
V15
V3
V13
V4
V5
V6
V7
V8
V9
V10
V11
V12
列矢量空间

图 17

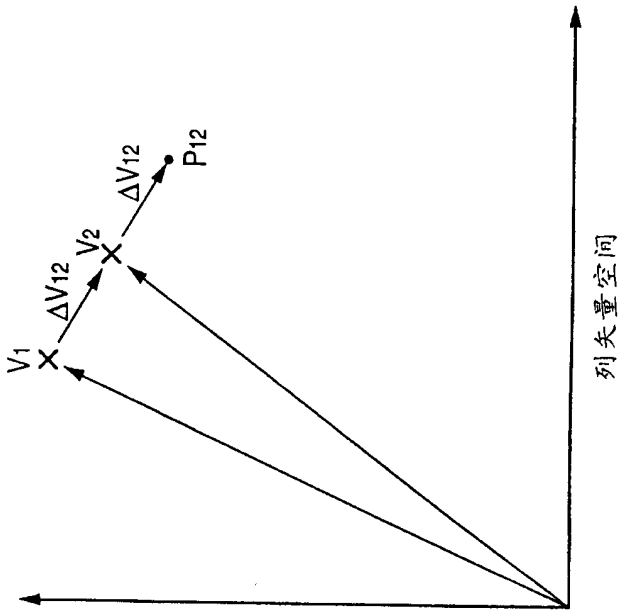


图 18

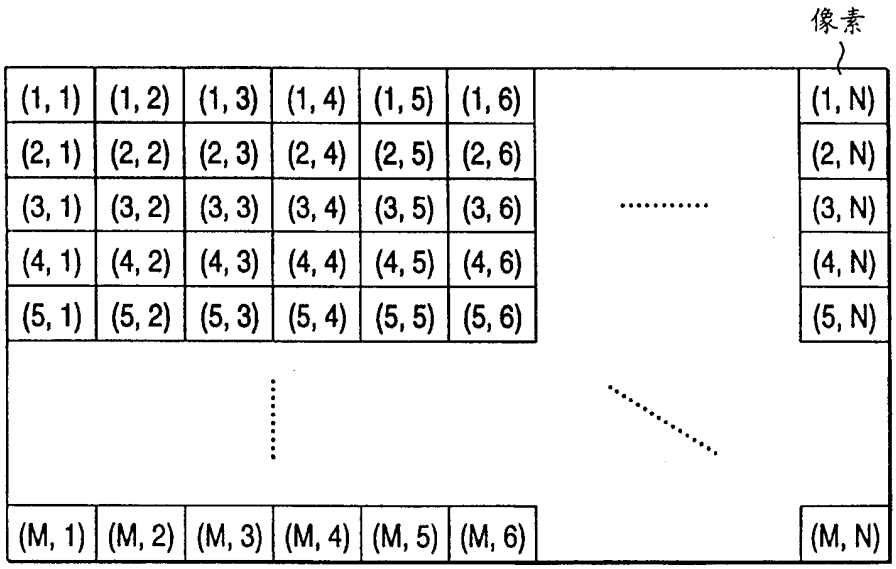

像素
(1, 1) (1, 2) (1, 3) (1, 4) (1, 5) (1, 6) (1, N)
(2, 1) (2, 2) (2, 3) (2, 4) (2, 5) (2, 6) (2, N)
(3, 1) (3, 2) (3, 3) (3, 4) (3, 5) (3, 6) (3, N)
(4, 1) (4, 2) (4, 3) (4, 4) (4, 5) (4, 6) (4, N)
(5, 1) (5, 2) (5, 3) (5, 4) (5, 5) (5, 6) (5, N)
(M, 1) (M, 2) (M, 3) (M, 4) (M, 5) (M, 6) (M, N)

图 19

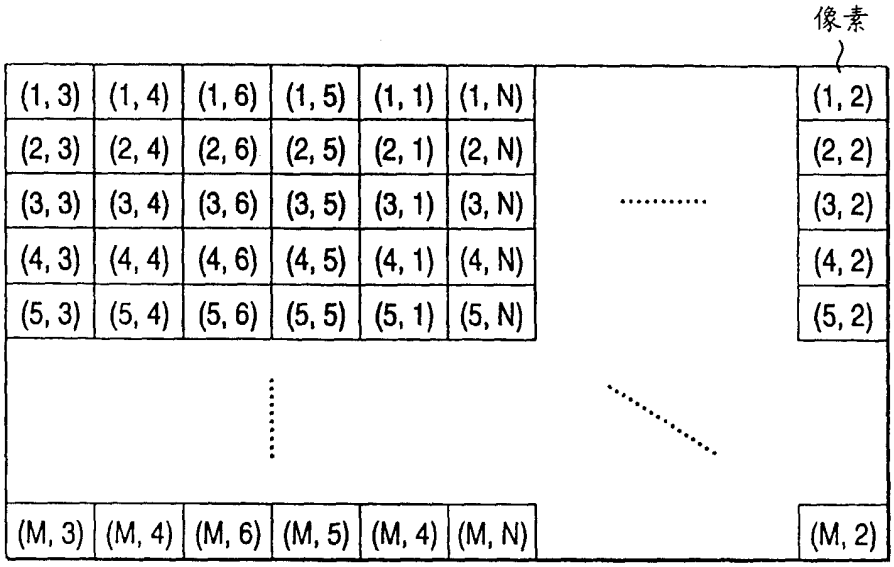

像素
(1, 3) (1, 4) (1, 6) (1, 5) (1, 1) (1, N) (1, 2)
(2, 3) (2, 4) (2, 6) (2, 5) (2, 1) (2, N) (2, 2)
(3, 3) (3, 4) (3, 6) (3, 5) (3, 1) (3, N) (3, 2)
(4, 3) (4, 4) (4, 6) (4, 5) (4, 1) (4, N) (4, 2)
(5, 3) (5, 4) (5, 6) (5, 5) (5, 1) (5, N) (5, 2)
(M, 3) (M, 4) (M, 6) (M, 5) (M, 4) (M, N) (M, 2)

图 20A

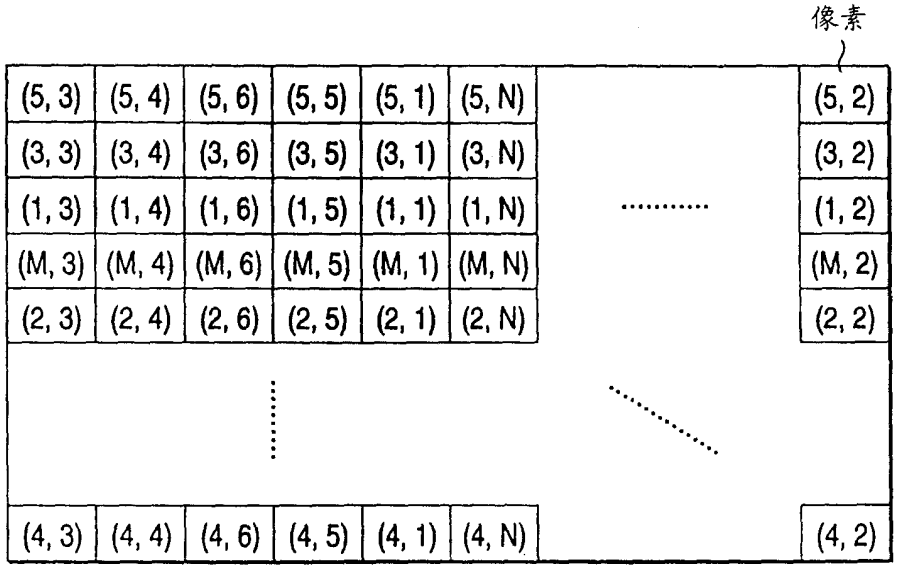

像素
(5, 3) (5, 4) (5, 6) (5, 5) (5, 1) (5, N) (5, 2)
(3, 3) (3, 4) (3, 6) (3, 5) (3, 1) (3, N) (3, 2)
(1, 3) (1, 4) (1, 6) (1, 5) (1, 1) (1, N) (1, 2)
(M, 3) (M, 4) (M, 6) (M, 5) (M, 1) (M, N) (M, 2)
(2, 3) (2, 4) (2, 6) (2, 5) (2, 1) (2, N) (2, 2)
(4, 3) (4, 4) (4, 6) (4, 5) (4, 1) (4, N) (4, 2)

图 20B

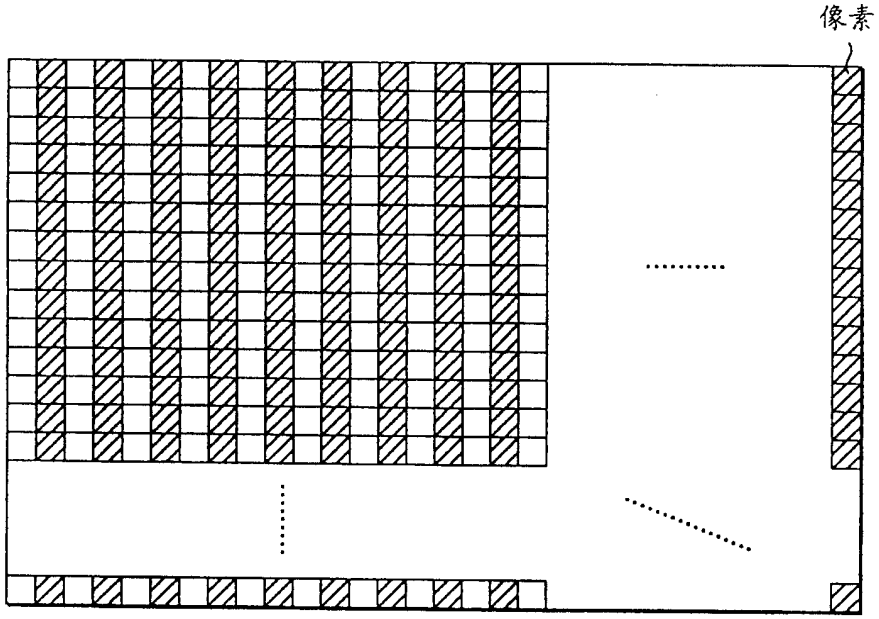


图 21

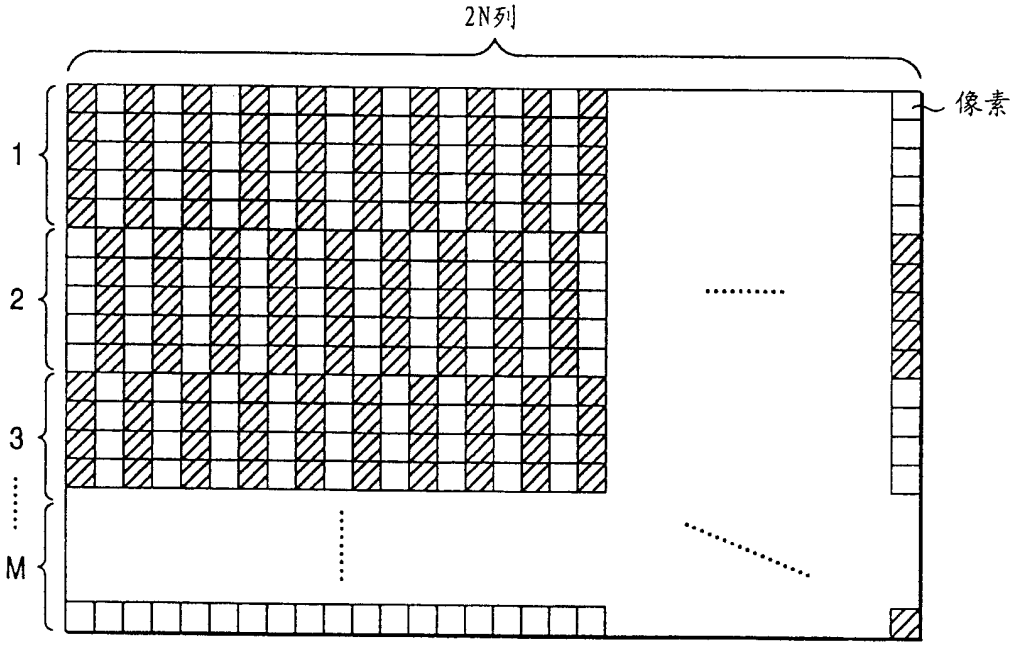


图 22

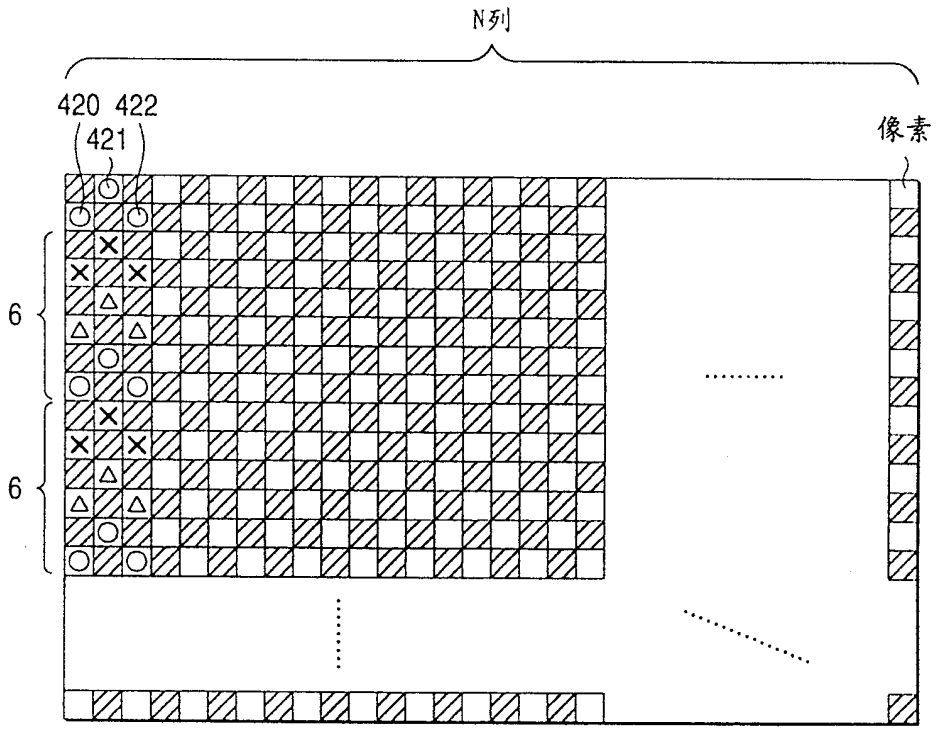


图 23

图 24A

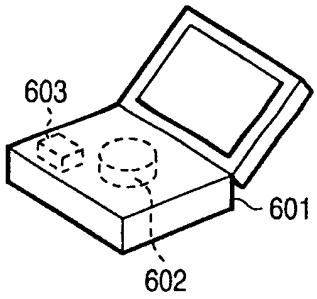


图 24B

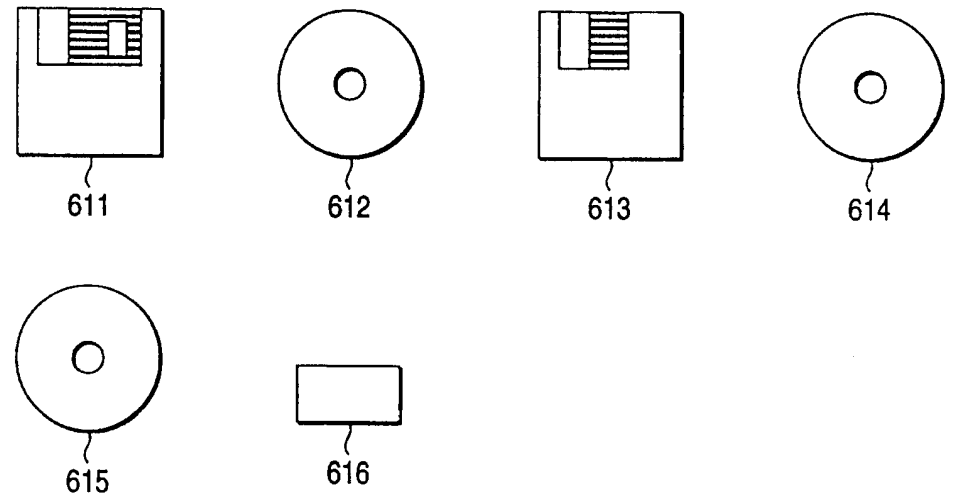
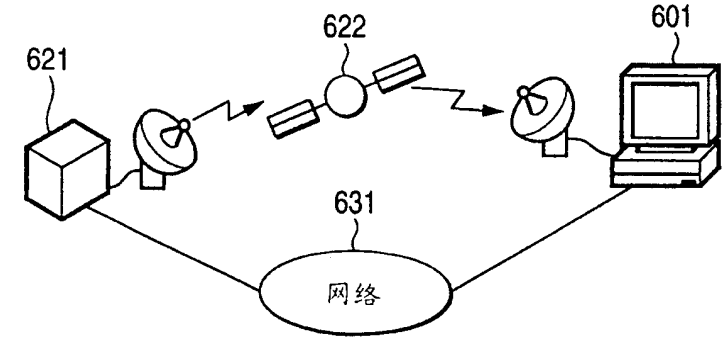


图 24C



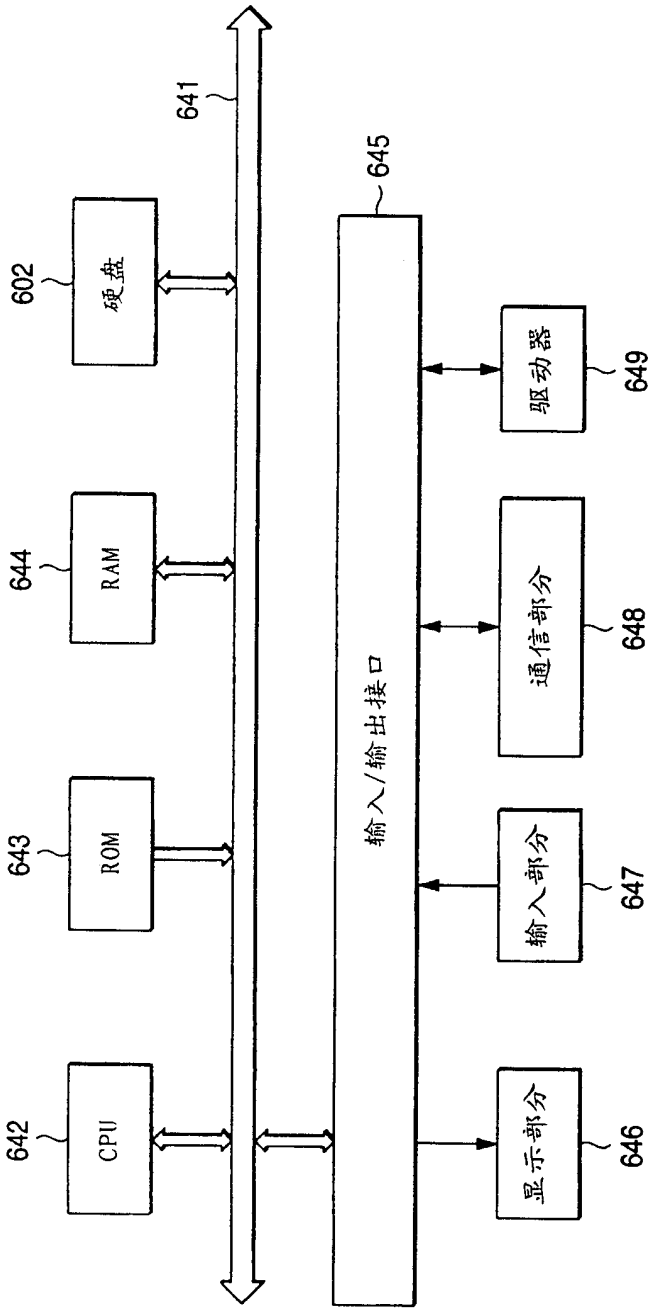

641
645
602
硬盘
驱动器
649
644
RAM
通信部分
648
643
ROM
输入/输出接口
输入部分
647
642
CPU
显示部分
646
601

图 25