

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H03M 7/30 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02800514.7

[45] 授权公告日 2007 年 5 月 2 日

[11] 授权公告号 CN 1314206C

[22] 申请日 2002.3.4 [21] 申请号 02800514.7

[30] 优先权

[32] 2001. 3. 5 [33] EP [31] 01200809.0

[32] 2001.11.14 [33] NL [31] 1019364

[86] 国际申请 PCT/IB2002/000620 2002.3.4

[87] 国际公布 WO2002/071622 英 2002.9.12

[85] 进入国家阶段日期 2002.11.4

[73] 专利权人 皇家飞利浦电子有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

[72] 发明人 R·J·范德弗罗伊藤

[56] 参考文献

WO01/03306 A1 2001.1.11

US6028541 A 2000.2.22

US5884005 A 1999.3.16

CN1208513 A 1999.2.17

EP1054514 A1 2000.11.22

审查员 李 萍

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 栾本生 王忠忠

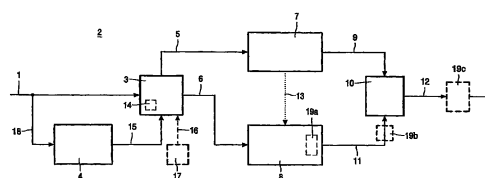
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 2 页

[54] 发明名称

压缩信号的设备和方法

[57] 摘要

一种包含两位或多位单元的信号被通过将两位或多位单元分离成 MSB 部分和 LSB 部分压缩成压缩信号, MSB 部分包括两位或多位单元中最高有效位, LSB 部分并不包括两位或多位单元中最高有效位。 MSB 部分被以无损方式压缩(7)。 LSB 部分被压缩(8)。 压缩的 MSB 和 LSB 部分被组合(10)成压缩信号。



1. 一种用于将包含两位或多位的单元的信号压缩成压缩信号的设备(2)，该设备(2)包括用于无损信号压缩的第一压缩设备(7)和用于信号压缩的第二压缩设备(8)，其特征在于，该用于将包含两位或多位的单元的信号压缩成压缩信号的设备(2)包括用于在两位或多位的单元内在分离位置上将两位或多位的单元分离成 MSB 部分和 LSB 部分的装置(3)，其中 MSB 部分包括两位或多位的单元中的最高有效位，而 LSB 部分并不包括两位或多位的单元中的最高有效位，其中第一压缩设备(7)被连接到分离装置(3)的第一输出(5)，用于 MSB 部分的无损压缩，第二压缩设备(8)被连接到分离装置的第二输出，用于 LSB 部分的压缩，其中该用于将包含两位或多位的单元的信号压缩成压缩信号的设备(2)包括：

连接到第一压缩设备(7)和第二压缩设备(8)的输出的装置，用于将压缩的 MSB 部分和 LSB 部分组合成压缩信号；以及

用于截断压缩的 LSB 部分的装置(19a, 19b, 19c)。

2. 如权利要求 1 的设备，其特征在于，截断装置(19a)组成第二压缩设备(8)的部件。

3. 如权利要求 1 的设备，其特征在于，截断装置(19b)被安排在第二压缩设备(8)和组合装置(10)之间。

4. 如权利要求 1 的设备，其特征在于，截断装置(19c)被安排在组合装置(10)之后。

5. 如权利要求 1-4 之中任一项权利要求的设备，其特征在于，第二压缩设备(8)被安排用于 LSB 部分的无损压缩。

6. 如权利要求 1-4 之中任一项权利要求的设备，其特征在于，第二压缩设备(8)被安排用于 LSB 部分的非-无损压缩。

7. 如权利要求 1 的设备，其特征在于，第二压缩设备(8)被安排用于 LSB 部分的可标度压缩。

8. 如权利要求 1 的设备，其特征在于，该用于将包含两位或多位的单元的信号压缩成压缩信号的设备包括控制装置(4, 17)，其输出(15, 16)被连接到分离装置(3)的控制输入，用于确定分离位置。

9. 如权利要求 8 的设备，其特征在于，提供用于将两位或多位的信号施加给控制装置(4)的装置(18)。

10. 如权利要求 9 的设备, 其特征在于, 控制装置 (4, 14) 被安排用于在其输出上传送控制信号, 其中控制信号基于两位或多位的单元的组成。

11. 如权利要求 10 的设备, 其特征在于, 控制装置 (4, 14) 被安排用于自适应确定分离位置。

12. 如权利要求 1 的设备, 其特征在于, 在第一压缩设备 (7) 和第二压缩设备 (8) 之间存在一种连接 (13), 并且关于 MSB 部分的信息可以通过所述连接 (13) 被传递到第二压缩设备 (8), 以影响 LSB 部分的压缩。

13. 一种用于将包含两位或多位的单元的信号压缩成压缩信号的方法, 其特征在于, 两位或多位的单元被分离成 MSB 部分和 LSB 部分, 其中 MSB 部分包括两位或多位的单元中的最高有效位, 而 LSB 部分并不包括两位或多位的单元中的最高有效位, MSB 部分被以无损方式压缩, 而 LSB 部分被压缩并被截断, 并且 MSB 部分和 LSB 部分被组合成压缩信号。

14. 如权利要求 13 的方法, 其特征在于, 在两位或多位的单元中必须发生分离的分离位置取决于两位或多位的单元的组成。

压缩信号的设备和方法

技术领域

本发明涉及一种用于将包含两位或多位单元的信号压缩成一种压缩信号的设备，该设备包括用于无损信号压缩的第一压缩设备和用于信号压缩的第二压缩设备。

本发明还涉及一种用于将包含两位或多位单元的信号压缩成一种压缩信号的方法。

背景技术

信号的高性质和低复杂性的无损压缩是可能的，特别是如果压缩方案是专门适合于该信号所存在的应用。另一方面，可按比例的压缩方案是灵活的。

数字信号的无损压缩，如视频信号的音乐，导致压缩信号具有可变的，信号有关的位率。然而，实际上，常常需要固定的位率或固定的压缩比。对于高质量的应用，希望尽可能多的是无损压缩。

如果借助于无损压缩不可能获得所希望的压缩比，接近无损的压缩是允许的。

无损地压缩一个图象，取决于图象的内容，产生可变的位数。然而，对于某些应用需要固定的最大位数或一定的被保证的压缩比。例如，万一只有固定的有限的存储空间可用于存储压缩的图象，或者只有固定的带宽可用于将它发送。典型情况下，这个存储空间或带宽是根据平均的无损压缩比（带有一定的安全裕量）定尺寸的。如果根据最坏的情况定尺寸（也就是，图象包含随机数据和不可能被无损地压缩），应用压缩根本是无意义的，对于这些应用，最好使用无损压缩，但当无损压缩不可能达到所希望的压缩比时，需要接近-无损的压缩。

近来，使位流能够在所希望的位率（或压缩比）上被简单地截短的压缩方案已经可得到（见[1]）。这样的压缩方案被称为位率可按比例的压缩方案。当使用完全可逆的“整数-整数”变换时（见[2]，这些压缩方案可以提供在所希望的压缩比上从无损到接近-无损压缩的精细颗粒性的可标度性。

然而，已知的可标度的方案也有缺点，特别是，如果无损或接近-

无损压缩是所希望的话。这些缺点之一是针对无损压缩的性能来说，已知的可标度的方案并不是最佳的。而且，已知的可标度的压缩方法与专用的无损/接近-无损的压缩方法相比较具有高复杂性。例如，为了对一定组的无损压缩图象解压，JPEG2000需要的CPU时间是JPEG-LS的4.3倍。因此，已知的可标度的压缩方法对于无损和接近-无损的压缩并不是理想的。

另一方面，已知的专用的无损/接近-无损的压缩方案，如JPEG-LS，不是可标度的：当位率太高时，信号必须完全按低的位率重新编码（或许许多倍），直到所需的压缩比已经达到为止。这就大大地增加使用这些方案的复杂性。

在美国专利 No. 5, 884, 005 中可找到表现出上述的缺点的一种设备和方法的例子。所述的专利技术说明公开了一种压缩信号的设备，该设备包括用于对信号无损压缩的第一压缩设备和用于对信号接近-无损压缩的第二压缩设备。两种压缩信号被分开写入媒体。

发明内容

本发明的一个目的是提供一种压缩方案，将专用无损压缩方案低复杂性和无损压缩高性能的优点组合，并进一步具有从无损到接近-无损压缩精细颗粒性位率可按比例调整的特性。

为此目的，依据本发明的一种设备的特征在于该设备包括在两位或多位的单元内一个分离的位置上将两位或多位的单元分离成MSB部分和LSB部分的装置，MSB部分包含两位或多位单元中最高有效位，LSB部分不包含两位或多位单元中最高有效位，第一压缩设备被连到分离装置的第一输出，用于MSB部分的无损压缩，第二压缩设备被连到分离装置的第二输出，用于LSB部分的压缩，该设备包括连到第一和第二压缩设备输出的装置，用于将压缩的MSB和LSB部分组合成压缩信号。

本发明基于这样的观测事实，即单元的最低有效部分实际上在所有的时间里将是不能分辨的，所以对它的无损压缩是几乎不可能的。因此，对于所述的最低有效部分，LSB部分的性能损失，与对未分离信号操作的无损压缩设备相比将是很小的。另一方面，可以获得所希望的可按比例调整的特性。然而，可按比例调整的特性是有限的，因为LSB部分可按比例调整的特性只有通过截去该部分才能获得。结果，当

使用高质量压缩，也就是无损或接近-无损压缩时，本发明才用到它的最佳性能。

本发明还基于这样的观测事实，即典型情况下一个图象的最低有效位是接近随机的，所以它们不可能被以无损方式大大地压缩。因此，与对非分离信号操作的无损编码器相比性能损失很小，而又获得所希望的可按比例调整的特性。

依据本发明的一种设备的优选实施方案的特征在于第二压缩设备被安排成对 LSB 部分进行可按比例的压缩。

结果，可在任何所希望的点上截断对信号的描述，使得将压缩连续定标到所希望的压缩比成为可能。

最好，依据本发明的压缩方案以帧为基础进行工作，这意味着几个音乐或视频样本作为一个单元同时被处理。对于每一帧可以适当地确定一个帧被分离的方式。另外，为了对多重帧建立可按比例的描述可以实施最后的处理步骤。例如，一个图象被划分成帧，通过将已经受无损压缩的所有单独帧的部分首先放入描述中，随后是被适当组合的各个帧的可标度部分，可以建立对于整个图象的可标度的描述。可按这样一种方式组合可标度的部分，即对于整个图象建立描述，依次由无损部分和可标度部分组成。按这样做，建立了在任何所希望的点上截断可标度部分的可能性；这是通过使最重要信息首先出现在可标度部分实现的。

依据本发明一种设备的优选实施方案的特征在于在第一和第二压缩设备之间存在连接，与 MSB 部分有关的信息可以通过所述的连接传送到第二压缩设备以便影响对 LSB 部分的压缩。

结果，压缩设备可以使用最高有效部分和/或它的无损压缩方面的信息供可标度的压缩操作，以便对最低有效部分实现比较有效的压缩。这是可能的，因为所谈到的信息未被截去。例如，第二压缩设备可以使用，或需要用于确定 LSB 部分中样本的感性关联和相应地适应对它的可标度压缩的信息。

附图说明

现在将参考附图更详细地解释本发明，其中：

图 1 示出依据本发明的设备的一个例子，和

图 2 示出 JPEG-LG 和依据本发明使用 JPEG-LS 无损压缩方法的接

近-无损压缩的性能。

具体实施方式

图 1 中参考数字 1 简要表示信号被压缩所通过的一条线，信号包含两位或多位的单元，被送到用于压缩信号的设备 2。线 1 被连到分离模块 3 的信号输入。线 1 被通过线 18 进一步连到控制单元 4 的信号输入。分离模块 3 具有第一输出线 5 和第二输出线 6。输出线 5 被连到第一压缩设备 7 的输入，用于无损压缩线 5 上的信号。线 6 被连到第二压缩设备 8 的输入。第二压缩设备 8 被安排用于非-无损压缩在线 6 上进入的信号。第一压缩设备 7 的输出线 9 被连到组合单元 10 的第一输入。第二压缩单元的输出线 11 被连到组合单元 10 的第二输入。在线 9 和 11 上的信号组成的组合信号出现在组合单元 10 的输出线 12 上。第一压缩设备 7 被通过信息传递线 13 连到第二压缩设备 8。

由分离模块 3，第一压缩设备 7，第二压缩设备 8 和组合单元 10 组成设备 2 的核心。核心单元的操作如下。分离模块 3 通过线 1 接收包含两位或多位的单元的信号。该信号被分离模块 3 以本来已知的方式分离成 MSB 部分和 LSB 部分，MSB 部分包含信号的两位或多位单元中最高有效位，LSB 部分并不包含所述的最高有效位。MSB 部分出现在线 5 上，LSB 部分出现在线 6 上。压缩设备 7 将 LSB 部分无损地压缩到线 9 上的压缩的 MSB 部分中。同样，第二压缩设备 8 将线 6 上的 LSB 部分压缩到线 11 上的压缩的 LSB 部分。在组合电路中压缩的 MSB 部分和压缩的 LSB 部分被组合成压缩信号，例如，通过将压缩的 LSB 部分直接链接到压缩的 MSB 部分来实现。

可以在一个或多个位置上由分离模块 3 将两位或多位的单元分离。可以用各种方式确定所述的分离发生的位置。分离模块 3 可被恒定地安排成在由组成分离模块 3 的部件的控制信号单元 14 所指明的预先确定的位置上分离通过线 1 进入的两位或多位的单元。按照另一种可能性，控制信号单元可以如由线 15 或线 16 指明的那样安排在分离模块 3 的外面。线 16 组成分离模块 3 的控制输入和控制信号单元 17 之间的连接。控制信号单元 17 产生与线 1 上的信号无关的控制信号。另一方面，控制信号产生器 4 在线 15 上产生与线 1 上要被压缩的信号组成有关的控制信号。可以选择三种可能性中任何一种或它们的组合。在特定的控制信号单元 14 或控制信号单元 4 中可以如此安排，

使分离的位置在两位或多位单元内被适当地确定。

在线 1 上包含两位或多位的单元和既送到分离模块 3 又送到控制信号单元 4 的数字输入信号被控制信号单元 4 分析并分离成两部分，也就是，最高有效部分和最低有效部分，在此往后也被称为 MSB 部分和 LSB 部分，是根据由控制信号单元 14 在线 15 上发送到分离模块 3 的控制信号进行的。当对于 MSB 部分 $x_0 = x \div k$ 时，对于 LSB 部分 $x_1 = x \bmod k$ 时输入信号 x 的分离可以实现。设置 $k=2^m$ （其中 $m=1, 2, \dots$ ）是有很大的实际重要性，因为它对应于从信号 x 分离 m 个最低有效位。

依据图 1 的设备操作如下，我们的压缩方法的方框图示于图 1 中。（数字）输入信号被分析和分离成两部分：最高有效部分和最低有效部分。输入信号 x 的分离可用数学方法描述为，对于最高有效部分 $x_0 = x \div k$ ，对于最低有效部分 $x_1 = x \bmod k$ 。 $k=2^m$ 的设备（ m 是一个整数，适用于 $0; 1; 2; \dots$ ）是有特别实际的重要性的，因为它刚好对应于从信号 x 分离出 m 位 LSB。然后最高有效部分被一种专用的无损压缩方法，如 JPEG-LS 无损地压缩。最低有效部分被一种可定标的编码器压缩，也就是用这样一种方式，即可以在任何所希望的点上截断它的描述。一种实现可定标编码器的实际方法只是重新安排位的方案，并没有实际做什么压缩。这意味着可定标编码器首先将所有的最高有效位（最低有效部分的）放入流中，然后由各自的最低有效位随后。最后，无损和可定标编码的部分被连接/级联。需要时，也可增加关于信号被分离的方法和关于无损和可定标压缩部分的大小方面的信息。为了获得固定的压缩比，可在连接操作期间，或在系统中后面的级上实施对压缩的可定标数据的截断。

然而，应该注意到，可定标性是有限的，因为它只能从最低有效部分获得（通过将它截断）。在无损和可定标编码器之间的虚线指明可定标编码器可以使用关于最高有效部分和/或它的无损压缩方面的信息，以便更有效地压缩最低有效部分。这是可能的，因为可定标解编码器也将能够使用这种信息（因为它不再被截断）。例如，可定标编码器可以使用该信息确定最低有效部分中数据的感性关联，并相应地调节可定标的压缩。

一种实现第二压缩设备 8 的实际相关的方法是重新安排位的方案而没有实际进行压缩，在其中第二压缩设备以可定标的方式对它的输

入上的信号压缩。因为涉及的是最低有效位，没有太多好处可通过压缩得到，因为在这些位中没有太多的冗余度。位的方案的重新安排意味着第二，可定标压缩设备 8 使在线 6 上提供的位流中 LSB 部分的最高有效位首先出现在线 11 上，随后是每次有效性低一级的位。一个例子将使这点清楚些。假定两位或多位的三个相继的单元 y , u 和 v 的 LSB 部分分别被标记为 $y_3, y_2, y_1, u_2, u_1, v_2, v_1$ 。在第二压缩设备实现重新安排的情况下，最终导致以下的安排：在线 11 上为 $y_3, y_2, u_2, v_2, y_1, u_1, v_1$ 。为了能够对位速率定标，组合的描述 $y_3, \dots, u_1$ 被简单地在所希望的位数上截断。应该指出，在此所描述的重新安排只是一个例子，重新安排的其他例子是可能的。

图 1 中，参考数字 19a, 19b 和 19c 指明在 LSB 部分的信号链中可能发生截断的三个位置。截断装置 19a 组成第二压缩设备 8 的部件。结果，第二压缩设备 8 实际上是一个非-无损压缩设备。

在截断装置 19b 被接入第二压缩设备 8 的输出和组合装置 10 之间的线 11 中的情况下，第二压缩设备 8 可以是无损压缩设备或非-无损压缩设备。

也可以安排截断装置 19c 在组合装置 10 之后线 12 中。与以前的情况类似，在这种情况下，第二压缩设备 8 可以是无损压缩设备或非-无损压缩设备。而且，截断装置 19c 必须被调节成使截断只发生在从第二压缩设备 8 始发的组合信号部分而不是从第一压缩设备 7 始发的部分上。

为了估计所提出的方法的性能，我们利用由 British Columbia 大学提供的器械完成使用 JPEG-LS 的压缩实验。我们利用 JPEG-LS 作为无损压缩方法用于最高有效位和留下最低有效位未被压缩，估计了 JPEG-LS 和新方法的无损和有损的性能。在我们的实验中所用的图象是分辨率为 512×768 像素的 Kodak Photo CD PCD0992 的所有 24 张图片（只是亮度部分）。表 1 示出对于 MSB/LSB 分离点各种选择的压缩效率和可标度性的范围。当无 LSB 被分离掉时，方案成为一种通常的无损压缩方法，没有可标度性。当较多 LSB 的方案成为可标度时，可标度的范围增加，压缩效率也减小，但当 2 位方案被分离掉时，位率增加只是 4%。

LSB 位方案	MSB 位率 [bpp]	LSB 位率 [bpp]	总 位率 [bpp]	总 位率 [%]	压缩比 范围
0	4.345	0	4.345	100	1.84-1.84
1	3.393	1	4.393	101	1.82-2.36
2	2.534	2	4.534	104	1.76-3.16
3	1.811	3	4.811	111	1.66-4.42
4	1.250	4	5.250	121	1.52-6.40

表 1: 对于几个 MSB/LSB 分离点的压缩效率和精细颗粒化可标度性的范围。

可标度 JPEG-LS 基的方案接近-无损压缩的性能也可与非-可标度接近-无损的 JPEG-LS 压缩的性能作比较, 如图 2 中所示。对于 JPEG-LS, 这些点对应于利用在原先的和重建的图象 (图 2 中范围从 1 到 7) 之间不同的最大允许绝对误差的压缩。对于可标度方法, 曲线中的这些点是通过截去所有 LSB, 因而只保留无损的 MSB 部分获得的 (对于这些点的位率被列举在表 1 中)。解码器用它们的预期值替换丢失的 LSB, 假定 LSB 统一的随机分布。例如, 当 2LSB 方案被除去时, LSB 部分的预期值是 $(0+1+2+3)/4=1.5$, 这通过对象素的一半随机地设置 LSB 部分为 1, 对于另一半设置为 2 实现的。图 2 示出, 象对于许多可标度压缩方法的情况那样, 与由非-可标度方法提供的离散点相比较有效率损失。然而, 应该记住, 如果可用的位率或存储容量不够, 非-可标度情况中的质量立即降到下一个较低点。例如, 如图 2 中所示, JPEG-LS 在每象素 2.866 位上提供 49.96dB 的 PSNR。只要较少的位可用, 对于 JPEG-LS 的 PSNR 将降到 45.23dB, 对应于在每象素 2.267 位率上下一个可用的压缩设置。因此, 对于每象素大约 2.4 和 2.866 之间的位率, 可标度方法具有较高的 PSNR。

除了 PSNR 外, 也估计了重建图象的可视质量。目测表明压缩的人为产物当只是 2LSB 方案被除去时, 对于某些图象 (带有“兰天”的图象) 已经可见到, 或者, 对于 JPEG-LS, 当最大绝对误差为 2 被允许时才见到。在这种情况下, 虽然对于两种情况的 PSNR 值是近似相同的, 对于所提出的方法的人为产物是比较可接受的, 因为它们比由 JPEG-LS 产生的“条纹状”人工产物更象噪声。然而, 对于除去 3LB 的方案,

与对于 JPEG-LS 最大允许绝对误差为 4 相比,在其中 PSNR 值再次近似相同,所提出的方法产生“轮廓线形状”的人为产物,比 JPEG-LS 的条纹状人为产物看起来更加乱。

在上述的实验中,MSB/LSB 分离点被人工设置,并且对于每张图片是相同的,在整个图象上是恒定的,然而,有几个优点与自动和自适应地确定分离点有关。一般,“较平的”图象部分,如蓝天,对于压缩的人为产物比其他图象部分更加敏感。当它们的 LSB 被分离掉时,这些相同的图象部分承受最大的压缩效率损失。因此,将公开一种用于自动选择对于每个图象中每条线要分离掉的 LSB 级的数目。这种方法是基于以前描述过的低复杂性无损图象压缩方法。

我们的无损压缩方法遵循众所周知的 DPCM+VLC 组合:它由将数据去相关的一个可逆的预测步骤组成,然后将预测误差信号压缩的熵编码步骤。然而,为了获得非常低的复杂性,无论对于 DPCM 还是 VLC 部分我们选择一种非常低复杂性的解决方案。对于预测,采用众所周知的“Paeth”预测器。这种预测器只使用要预测的象素的左面,左上面和上面的三个象素,选择这些象素之一的值作为当前象素的预测值。Paeth 预测器是被众所周知的 PNG 无损图象压缩方法采用的预测滤波器类型的一种。

然后在 Paeth 预测后的预测误差信号被变换成带符号的量值表示并利用一种修改的“Rice”码进行无损编码,这种码是一种非常低复杂性的自适应熵代码,被公开在 A. A. M. L. Bruekers, A. W. J. Oomen, R. J. Van der Vleuten, and L. M. Van de Kerkhof, “Lossless coding for DVD audio,” in 101st AES convention, (Los Angeles, CA), Nov. 8-11, 1996. Preprint 4358. 这种熵代码首先除去一个样本的量值中 m 个 LSB, 利用一种 Unary 代码对其余的 MSB 编码,也就是对于值为 K 的 MSB 的码字由 K 个 0 位随后是 1 位组成(例如对于 $K=3$ 的码字为 0001)。然后 m 个 LSB 被附到 MSB 码字上,作为非零量值的符号位。例如,对于 $m=3$ 的预测误差值 15 被转换成码字 011110, 由对于 $K=15 \div 8=1$ 的代码 01, $m\text{LSB}111$, 和符号位 0 组成。参数 m 被最佳地选取(也就是,使得导致对预测误差信号无损编码所需的位数为最低), $m = \text{floor}(\log_2(\text{mean}(\text{abs}(e))))$, 其中 e 是预测误差信号。在我们的器械中, m 值每条图象线选一次,但也可更频繁地更新。

在表 2 中，我们的非常低复杂性的方法的压缩效率与 JPEG-LS，PNG，和 JPEG2000 的相比较。除了非常低的复杂性外，为了压缩 24 个图象测试组（与节 2.2 中所用的相同），我们的方法只比 JPEG-LS 多 9% 的位。与也使用非常低复杂性的预测滤波器，但使用一种复杂的熵编码方法的 PNG 的差别是相当小的。对于 JPEG2000，我们使用由 New South Wales 大学提供的器械。依据这次实验，JPEG2000 几乎象 JPEG-LS 一样有效。

	新方法	JPEG-LS	PNG	JPEG 2000
位/像素	4.826	4.345	4.714	4.462
%	109	100	106	101

表 2：对于非常低复杂性方法（新）与几种其他无损压缩方法相比较的无损压缩位率（既有绝对的又有相对的）。

正如在以前已经解释过的那样，对于可标度的接近-无损压缩方法我们愿意自动地确定 MSB/LSB 分离点。这实施在图 1 的“分析”方框 4 中。在此提出的分析是基于以前描述过的非常低复杂性的无损图象压缩方法。

为了确定分离点，首先实施 Paeth 预测，获得预测误差信号 e 。接着，按 $\text{floor}(\log_2(\text{mean}(\text{abs}(e))))$ 再次确定参数 m 。现在参数 m 直接提供分离点： m LSB 被送到可标度编码器，其余的 MSB 被送到无损编码器。这种分离点的选择是基于观测事实，即在所提出的以前描述过的非常低复杂性的无损图象压缩方法中应用的熵代码并不对这些位施加任何压缩（因为它们被简单地直接复制到码字中）。因此这些 LSB 被假定或多或少是随机的，因而当在 MSB 的无损编码中它们并不用于预测时并不损失压缩效率。这种假定已得到实验确认。例如，当对于所有 24 个测试图象所有图象线必须固定选择 m 时，将选取 $m=2$ 的值，如表 1 中所示，这个值导致压缩效率损失仅为 4%。

至今，我们只是处理亮度或灰度值的图象。然而，大多数的图象是彩色图象。这些图象常常被规定在 RGB 彩色空间中，但是众所周知，由于分量之间的相关性，这种彩色空间对于无损压缩并不是最佳的。通过在压缩前将图象变换到一个适当的不同的彩色空间可以获得较高的无损压缩比。因为整个方法必须仍然是无损的，彩色变换必须是完

全可逆的。具有这种性质的彩色变换也被称为无损彩色变换。虽然在压缩文献中已经提出许多不同的无损彩色变换，现有的无损彩色变换中没有一种是为接近-无损压缩设计的。为了能够使用对于接近-无损压缩的感性关联误差准则。一种无损 RGB 到 YUV 变换我们觉得是合适的，所有为 YUV 彩色空间开发的感性误差准则（通常用于非-无损图象压缩）同样可应用到接近-无损压缩中。

常规的 RGB 到 YUV 变换由下式给出：

$$Y = 0.587 \cdot G + 0.299 \cdot R + 0.114 \cdot B \quad (1)$$

$$U = B - Y \quad (2)$$

$$V = R - Y \quad (3)$$

通过应用可逆网络的原理，如公开在“F.A.M.L.Bruekers and A.W.M.Van der Enden,” New networks for perfect inversion and perfect reconstruction,” IEEE J. Select. Areas Commun., Vol.10 PP.130-137, Jan.1992”中，这种变换可以做成完成可逆的。所得到的新的无损 RGB 到 LYUV 变换（在此我们使用 LYUV，以将它与非-无损 YUV 区分开）由下式给出：

$$Y_L = G + [0.299 / 0.587 \cdot R + 0.114 / 0.587 \cdot B] \quad (4)$$

$$U_L = B - [0.587 \cdot Y_L] \quad (5)$$

$$V_L = R - [0.587 \cdot Y_L] \quad (6)$$

其中 $[\cdot]$ 指明圆整到最接近的整数。理想的反演按下式进行：

$$B = U_L + [0.587 \cdot Y_L] \quad (7)$$

$$R = V_L + [0.587 \cdot Y_L] \quad (8)$$

$$G = Y_L - [0.299 / 0.587 \cdot R + 0.114 / 0.587 \cdot B] \quad (9)$$

这样， U_L 和 V_L 与用于常规的 RGB 到 YUV 变换的 U 和 V 是相同的，而 Y_L 与 Y 相比较在量值上增加一个因数 $1/0.587$ ，以便使变换完全可逆。

在表 3 中，列出对于各种无损彩色变换用于压缩与以前所用的相同的 24RGB 彩色图象的位率（给出每个样本的绝对位率；为了获得每个象素的位率它们应该被乘以 3）。我们将我们新的变换与众所周知的“NFJ”变换，“CREW”变换，“SHIRCT”变换，“RDCT”变换，和“LDCO-I”变换作了比较。

从表 3 看，应用彩色变换的好处是清楚的，因为直接压缩 RGB 分量比首先将图象变换到最佳替代的彩色空间需要多出 35%的位，而且 LYUV, LOCO-I, 和 CREW 变换性能超过其他的变换，非常明显，考虑各种可用的不同的彩色变换，“最简单的”变换（LOCO-I）脱颖而出成为用于无损压缩的最佳者。新的 LYUV 变换的性能非常接近用于无损压缩的最佳变换的性能。对于接近-无损的压缩，LYUV 变换是优选的，因为它提供 YUV 彩色空间，这对于有损压缩是通常被使用的。

	RGB	LYUV	LOCO-I	NFJ	CREW	SHIRCT	RDCT
位/样本	4.353	3.315	3.235	3.391	3.262	3.518	3.446
%	135	102	100	105	101	109	107

表 3: 用于各种无损彩色变换的 JPEG-LS 无损压缩位率（既有绝对值又有相对值）。

我们已经提出一种方法，在保留专用无损压缩方法的高压缩效率和低复杂性的同时，扩展具有精细颗粒化可标度接近-无损压缩特性的无损压缩。该方法通过将信号分离成 MSB 和 LSB 进行操作。MSB 被无损地压缩，而 LSB 提供可标度的位串，我们也提出一种自动和自适应地确定 NSB/LSB 分离点的方法，使得获得可标度的位串而没有影响压缩效率，而且对于接近-无损压缩没有产生压缩人为产物。分离方法是从一种非常低复杂性的无损图象压缩方法导出的。除了简单以外，这种压缩方法是相当有效。最后，我们提出 LYUV 变换，一种新的无损的彩色变换，具有与通常用于有损图象压缩的 YUV 变换等效的无损性能，具有用于无损压缩的性能，非常接近于最佳无损彩色变换。

所有种类的实施方案和修改对于研究以上内容后本领域的技术人员将是明白的。所有这样的修改和实施方案被考虑组成本发明的部分。

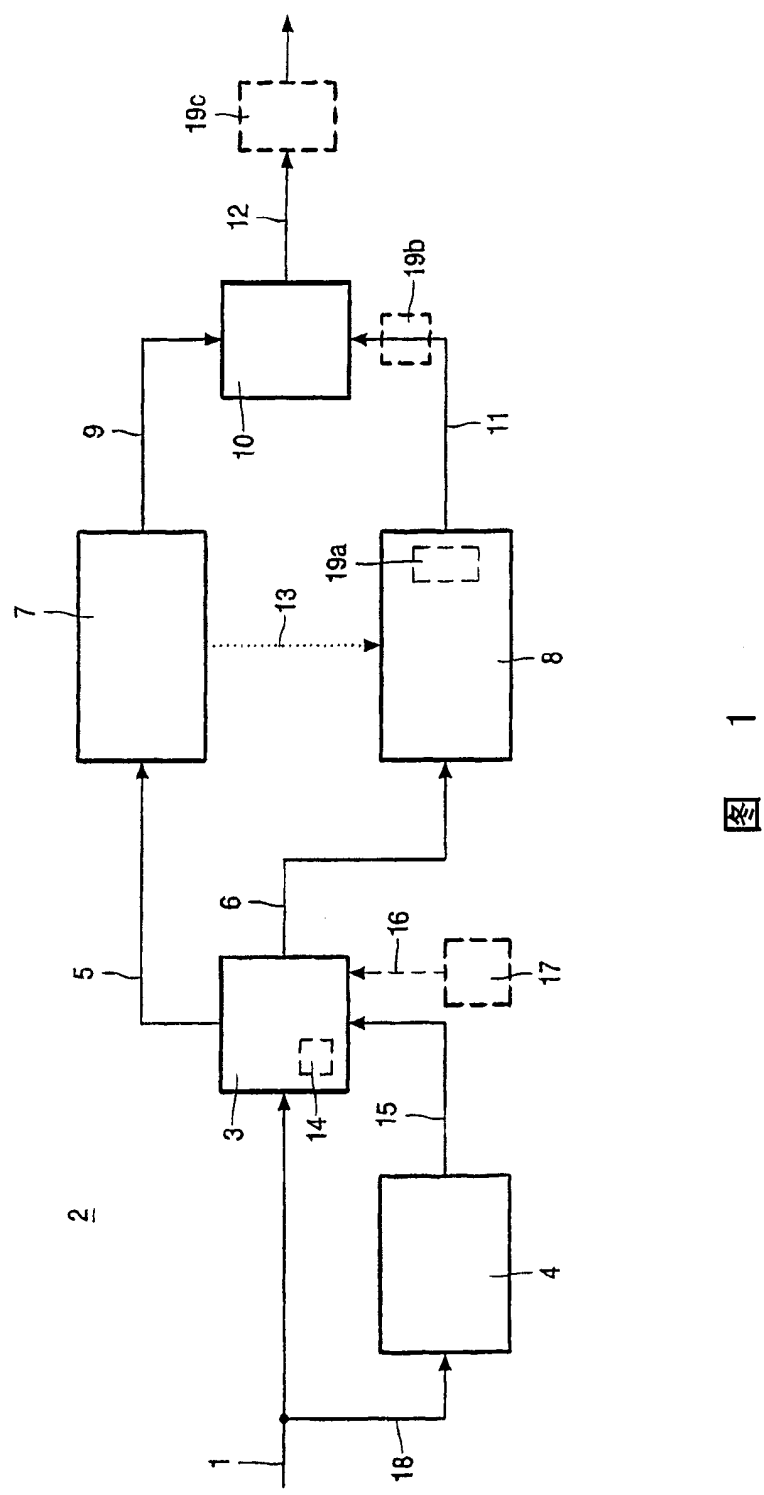


图 1

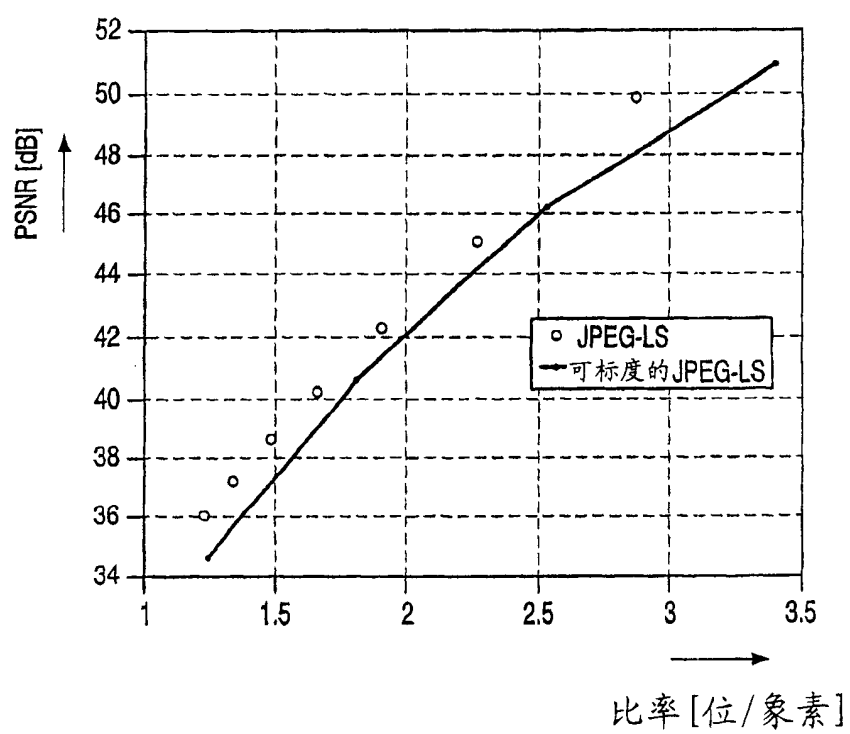


图 2