

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H04S 3/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 00108691. X

[45] 授权公告日 2007 年 11 月 14 日

[11] 授权公告号 CN 100349497C

[22] 申请日 2000.5.17 [21] 申请号 00108691. X

[30] 优先权

[32] 1999. 5.17 [33] US [31] 09/313, 058

[73] 专利权人 伯斯有限公司

地址 美国马萨诸塞州

[72] 发明人 J·R·艾尔沃德 H·莱纳特

[56] 参考文献

EP0593128A1 1994.4.20

JP05-236599A 1993.9.10

US 5046098A 1991.9.3

审查员 戴惠英

[74] 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

代理人 王茂华

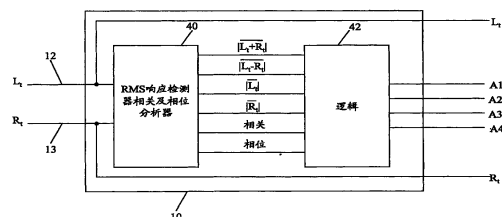
权利要求书 2 页 说明书 14 页 附图 10 页

[54] 发明名称

用于处理多通道音频信号的方法和设备

[57] 摘要

本发明提供了一种用于处理多通道音频信号的方法，它包括：确定通道中两个通道的相关程度；响应于所述两个通道相关的确定，依据差分模式对所述通道进行归一化；以及响应于所述两个通道不相关的确定，依据共模模式对所述通道进行归一化。



1. 一种用于处理多通道音频信号的方法，其特征在于包括：
确定通道中两个通道的相关程度；
响应于所述两个通道相关的确定，依据差分模式对所述通道进行归一化；
以及
响应于所述两个通道不相关的确定，依据共模模式对所述通道进行归一化。
2. 如权利要求 1 所述的用于处理多通道音频信号的方法，其特征在于还包括在对所述通道进行归一化之前，确定所述两个通道的相位关系。
3. 如权利要求 2 所述的用于处理多通道音频信号的方法，其特征在于响应于所述两个通道不同相的确定，所述差分模式为差信号占主导。
4. 如权利要求 2 所述的用于处理多通道音频信号的方法，其特征在于响应于所述两个通道同相的确定，所述差分模式为和信号占主导。
5. 如权利要求 1 所述的用于处理多通道音频信号的方法，其特征在于还包括在对所述通道进行归一化之前，确定所述两个通道的和信号的绝对值与所述两个通道的差信号的绝对值的步骤。
6. 如权利要求 5 所述的用于处理多通道音频信号的方法，其特征在于响应于所述和信号的所述绝对值大于所述差信号的所述绝对值的确定，所述共模模式为和信号占主导。
7. 如权利要求 5 所述的用于处理多通道音频信号的方法，其特征在于响应于所述差信号的所述绝对值大于所述和信号的所述绝对值的确定，所述共模模式为差信号占主导。
8. 一种用于处理多通道音频信号的方法，其特征在于包括：
确定通道中两个通道的相关程度；
响应于所述两个通道部分相关及部分不相关的确定，依据差分模式与共模模式的线性加权组合来处理所述通道。
9. 一种用于对经编码的多通道音频信号进行解码的方法，其特征在于包括：
确定第一通道和第二通道的相关；
确定所述第一通道和所述第二通道的和信号和差信号的绝对值；

处理所述第一通道和所述第二通道，以产生第三通道和第四通道。

10. 如权利要求 9 所述的解码方法，其特征在于响应于所述第一通道与所述第二通道不相关的确定，所述第三通道和所述第四通道不相关。

11. 如权利要求 9 所述的解码方法，其特征在于响应于所述第一通道与所述第二通道相关的确定，所述第三通道和所述第四通道相关。

12. 如权利要求 9 所述的解码方法，其特征在于响应于所述和信号的所述绝对值大于所述差信号的所述绝对值，所述第三通道和所述第四通道相关。

13. 如权利要求 9 所述的解码方法，其特征在于响应于所述差信号的所述绝对值大于所述和信号的所述绝对值，所述第三通道和所述第四通道不相关。

14. 一种用于处理多通道音频信号的设备，其特征在于包括：

用于确定通道中两个通道的相关程度的输入特性确定装置；

耦合到所述输入特性确定装置的第一归一化乘法器，用于把第一归一化系数加到所述两个通道中的第一个，所述归一化系数响应于所述相关程度；以及

耦合到所述输入特性确定装置的第二归一化乘法器，用于把第二归一化系数加到所述第二信号，所述归一化系数响应于所述相关程度。

用于处理多通道音频信号的方法和设备

本申请为 1997 年 2 月 7 日提交的、题为《周围声音信道编码和解码(Surround Sound Channel Encoding and Decoding)》的美国申请序号 08/796,285 申请的部分继续申请,该申请现公布为美国专利号 6,711,266,其全文通过引用结合于此。

本发明涉及把音频信号解码成为定向通道,尤其涉及把输入通道解码成为基本(cardinal)输出通道的新设备和方法。背景参考该申请及背景。

本发明的一个重要目的是提供一种用于把音频信号解码成为多个输出通道的改进方法和设备。

依据本发明,处理多通道音频信号的方法包括确定通道中两个通道的相关程度,并依据第一和第二归一化模式对这两个通道进行归一化;分别对确定这两个通道相关和不相关作出响应。

在本发明的另一个方面,处理多通道音频信号的方法包括确定通道中两个通道的相关程度,并响应于确定这两个通道部分相关和部分不相关,依据第一归一化模式和第二归一化模式的组合对这两个通道进行处理。

在本发明的另一个方面,对编码的多通道音频信号进行解码的方法包括确定第一通道和第二通道的相关,并处理第一通道和第二通道来产生第三通道和第四通道。

在本发明的再一个方面,处理多通道音频信号的设备包括确定通道中两个通道的相关程度的输入特性确定器;耦合到输入特性确定器的第一归一化乘法器,用于把第一归一化系数加到两个通道中的第一个通道,此归一化系数响应于相关程度;以及

耦合到输入特性确定器的第二归一化乘法器,用于把第二归一化系数加到第二信号,所述归一化系数响应于相关程度。

从以下详细描述并参考以下附图将使其它特征、目的和优点变得明显起来,其中:

图 1 是音频信号处理系统的方框图;

图 2 是有助于说明音频信号的特性的音频信号表象图;

图 3 是依据本发明的输入特性确定器的方框图;

图 4 是依据本发明的输出通道合成装置的电路的第一部分；

图 5 是依据本发明的输出通道合成装置的电路的第二部分；

图 6 是依据本发明的输出通道合成装置的电路的第三部分；

图 7 是依据本发明的输出通道合成装置的电路的第四部分；

图 8 是示出耦合到依据本发明的输出通道合成装置的输出的音频再现扬声器的位置图；

图 9 是图 4-7 的组合电路；以及

图 10 是示出对音频信号处理系统进行信号预处理的电路(其中示出预混合器结合“n”通道定向解码器的流程图，这里“n” ≤ 5)。

现在参考图 1，其中示出依据本发明的两输入通道(channel)、八输出通道宽带定向解码音频信号处理系统 1。输入通道特性确定器 10 适用于从输入通道 12、13 (示为左输入通道 Lt 12 和右输入通道 Rt 13) 接收来自诸如接收机、VCR 或 DVD 播放装置等信号源的音频信号。输入通道特性确定器 10 适用于在通道 12、13 (通过信号线 17、19) 上发送输入，并发送将在讨论图 3 时描述的其它信号，至输出通道合成装置 14。输出通道合成装置 14 适用于合成输出通道 50、56、62、66、68、70、72、74 上的输出信号。

这里所使用的“通道”指以此方式编码的音频信息，从而可对其进行解码或处理或这两者及在相对于听众的位置处再现，从而听众感觉到的声音就象来源于空间中的一个方向。可以此方式对输入通道进行编码，从而可把它们解码成为不止一个输出通道，或者从而输出通道的总数大于输入通道的总数。依据想要感觉到声音来源的方向，输出通道通常由方向标志符来表示，诸如“左”、“右”、“中间”、“环绕”、“左环绕”和“右环绕”等，。为了说明，以分开的元件示出输入通道 12、13 和输出通道 50、56、62、66、68、70、72、74。输入通道的数目不必与发送这些通道中的信息的实际信号线的数目相同。数字信号发送系统通常有一条信号线来发送几个输入通道。通常把输入通道编码成为模拟电信号或数字位流。

“呈现(presentation)通道”指可用于解码或再现的通道，“再现通道”指已被解码并将由诸如扬声器等装置再现的通道。

如果输出通道中的信息仅关于该输出通道的有关方向，则输出通道中的信息可处于“基本”状态。换句话说，如果输出通道中的信息仅包含该通道的有关方向的信息，而其它输出通道都不包含该通道的有关方向的信息，则该输出通道处于基本状态，且有关的方向为基本方向。因此，例如，如果左环绕通道仅包含左环绕信号内容，而其它通道都不包含左环绕信号内容，则左环绕通道处于基本状态，左环

绕通道为基本方向，相对于听众沿基本方向的位置叫做基本位置。

现在参考图 2，其中示出输入通道信息的一个例子。在图 2 中，把输入通道信息编码成为通常相对于时间 t 以伏 v 测量的信号电平。为了便于说明，将在公式中把通道（例如输入通道 L_t ）中的信号电平表示为 L_t 。类似地，例如，将把通道（例如输入通道 R_t ）中的信号电平的时间平均值表示为 $|\overline{R_t}|$ ，将把通道 L_t 与 R_t 的信号电平之差表示为 $L_t - R_t$ ，将把信号电平之和的时间平均值表示为 $|\overline{L_t + R_t}|$ ，把通道 L_t 与 R_t 中的信号电平的时间平均差的绝对值表示为 $|\overline{L_t - R_t}|$ ，类似地表示其它信号。典型的时间平均间隔为大约 5ms 到大约 1000ms。以下结合图 3 来讨论时间平均间隔的长度。还可以数字方式把输入通道信息编码成为以时间间隔来测量的信号电平的位流。

现在参考图 3，其中更详细地示出输入通道特性确定器 10。把输入通道 L_t 12 和 R_t 13 输入到 RMS 响应电平检测器及相关和相位分析器 40 中，该装置 40 产生以下时间平均信号量：

$$(1) \quad |\overline{L_t + R_t}|$$

$$(2) \quad |\overline{L_t - R_t}|$$

$$(3) \quad |\overline{L_t}|$$

$$(4) \quad |\overline{R_t}|$$

把这些量馈送到逻辑 42，逻辑 42 得到 (1) 或 (2) 中较大的量 X ，并得到 (3) 或 (4) 中较大的量 Y 。把信号量 (1) 和 (2) 与信号量 (3) 和 (4) 以及与量 Y 和 X 相组合，以构成归一化系数 $A1$ 、 $A2$ 、 $A3$ 和 $A4$ 。用来构成 $A1$ 、 $A2$ 、 $A3$ 和 $A4$ 的量 (1)、(2)、(3) 和 (4) 及量 X 和 Y 的特定组合与 RMS 响应电平检测器及相关和相位分析器 40 所确定的相关和相位关系信息有关。如果输入通道 L_t 和 R_t 是相关的（以下叫做“平面(panned)单通道”）， $A1$ 、 $A2$ 、 $A3$ 和 $A4$ 的值为：

$$A1 = \frac{|\overline{L_t + R_t}| - |\overline{L_t}|}{Y} \quad [0,1]$$

$$A2 = \frac{|\overline{L_t - R_t}| - |\overline{L_t}|}{Y} \quad [0,1]$$

$$A3 = \frac{|\overline{L_t - R_t}| - |\overline{R_t}|}{Y} \quad [0,1]$$

$$A4 = \frac{|\overline{L_t + R_t}| - |\overline{R_t}|}{Y} \quad [0,1]$$

所有归一化系数的畴都从 0 到 1，包括 0 和 1。因而，对于和信号占主导的情况，评估归一化系数 (A2) 和 (A3) 为零。类似地，对于差信号占主导的情况，评估归一化系数 (A1) 和 (A4) 为零。

加到通道 L_t 和 R_t 中的信号的归一化系数是不同的。在归一化系数 A1 和 A2 的情况下，归一化系数响应于两个信号的和或差及 L_t 的量值，而在归一化系数 A3 和 A4 的情况下，归一化系数响应于两个信号的和或差及 R_t 的量值。将把不同归一化系数加到输入信号的这种类型的归一化模式叫做“差分模式”。

在一个实施例中，时间平均间隔可自适应于相关和相位分析器 40 所确定的输入信号的内容。如果输入信号不相关，则平均间隔可相对长（例如大约 1000ms）。如果输入信号相关；即，具有类似的波形，则时间间隔可较短（例如大约 5ms）。如果信号的量值相对小，则时间平均间隔可较短。如果输入信号都接近于零，则时间平均间隔可较短。如果信号的量值之差较大（例如，如果 $|L_t - R_t| \geq 20\text{dB}$ ），时间平均间隔可以较短。实现时间平均间隔的一个常用方法是周期性地测量信号并对按指数小于前一测量值的每个测量值进行加权。使用此测量，通常把平均间隔表示为对测量值进行加权以倾斜到减少到某个小数（诸如最新测量值的权重的 $\frac{1}{3}$ ）所花费的时间周期。

现在参考图 4，其中示出输出通道合成器 14 的电路的第一部分。把 L_t 输入通道 17 馈送到乘法器 22 和 24，在这两个乘法器中分别把它乘以归一化系数 A1 和 A2，以分别形成后归一化通道 L_c' 30 和 L_s' 32。类似地，把 R_t 输入通道 19 馈送到乘法器 34 和 36，在这两个乘法器中分别把它乘以归一化系数 A3 和 A4，以分别形成后归一化通道 R_s' 38 和 R_c' 40。

如果 L_t 和 R_t 处的输入信号相关且被进一步约束为同相或相位偏移 180 度的相对相位差，则 L_t 对 L_c' （或 L_s' ）的贡献（在量值上）等于 R_t 对 R_c' （或 R_s' ）的贡献，而与输入端 L_t 和 R_t 处所施加的相对幅度差（如果有的话）无关。此外， L_t 对 L_c' （或 L_s' ）及 R_t 对 R_c' （或 R_s' ）的贡献等于 L_t 和 R_t 处两个输入信号幅度中较小的一个。在 (A1) 到 (A4) 处获得的归一化输出信号为来自 L_t 和 R_t 的等幅非立体声贡献，它们按方向被识别为中央通道或中央环绕通道分量。如果考虑 L_t 和 R_t 处的输入情况包括中央通道信号和环绕通道信号，但产生和信号占主导或差信号占主导的情况，则归一化函数特别响应于主导情况。相应地，出现在 (A1)

和 (A4) 的输出处的和占主导的归一化信号可包含非主导环绕通道信号。同样, 出现在 (A2) 和 (A3) 的输出处的差占主导的归一化信号可包含非主导中央通道信号。通过从 (A1) 中减去 (A4) 的输出来检索环绕通道信号, 它在和信号占主导的情况下存在于 (A1) 和 (A4) 的输出处。把环绕通道信号识别为包含输入端 L_t 和 R_t 处的 180 度相对相位差。类似地, 通过对 (A3) 与 (A2) 的输出求和来检索在差占主导的情况下出现在 (A2) 和 (A3) 的输出处的中央通道信号。把中央通道信号识别为包含出现在输入端 L_t 和 R_t 处的同相信号。

图 4 所示的归一化函数具有重要的特征。如果 L_t 和 R_t 处的输入信号包含主导中央通道信号而同时包含不相关的非等幅信号 (从而 L_t 或 R_t 处于主导的情况下), 则 (A1) 和 (A4) 的输出处的归一化 L_t 和 R_t 信号的贡献将不包含 L_t 和 R_t 输入信号的等幅贡献, 而是归一化 L_t 和 R_t 输入信号的等幅贡献。当存在和信号占主导的情况及 L_t 或 R_t 占主导的情况下, 从 (A1) 中减去 (A4) 的输出来检索环绕通道信号将把一部分中央通道信号引入环绕通道。当在 L_t 或 R_t 占主导的输入的情况下在 L_t 和 R_t 处存在差占主导的输入的情况, 把 (A2) 和 (A3) 的输出相加来检索中央通道信号将把一部分环绕通道信号引入中央通道。因而, 在 L_t 和 R_t 处的输入情况为平面单通道时, 尤其想要基于差分的归一化函数。然而, 想要使此归一化函数在 L_t 和 R_t 处的输入信号不同于平面单通道时都适用于这些输入信号情况。

本发明的另一个特征是, 本发明包括提供一种改进的归一化模式, 例如其中 L_t 和 R_t 的内容不同于平面单通道。再参考图 3, 如果 RMS 响应电平检测器及相关和相位分析器 40 检测到 R_t 和 L_t 处的信号不相关, 则逻辑 42 对 A1、A2、A3 和 A4 输出以下值:

$$A1 = \frac{|L_t + R_t| - Y}{Y} \quad \{0,1\}$$

$$A2 = \frac{|L_t - R_t| - Y}{Y} \quad \{0,1\}$$

$$A3 = \frac{|L_t - R_t| - Y}{Y} \quad \{0,1\}$$

$$A4 = \frac{|L_t + R_t| - Y}{Y} \quad \{0,1\}$$

通过取信号量 (1) 和 (2) 并结合 Y 变量来形成这些归一化系数, 这些系数不包括信号量 $\overline{L_t}$ 和 $\overline{R_t}$ 。

通过取信号量 (1) 和 (2) 并结合 Y 变量来形成这些归一化系数, 这对加到 L_t 和 R_t 的归一化系数是共模的, 且不包括信号量 $\overline{L_t}$ 和 $\overline{R_t}$ 。将把共模归一化系数加到输入信号的这种类型的归一化模式叫做“共模模式”。

如以上所讨论的, 时间平均间隔可变化。

把信号量 (3) 和 (4) 的 Y 变量代入归一化系数 (A1) 到 (A4) 把归一化系数 (A1) 到 (A4) 从差分模式转变到共模模式。当输入通道 L_t 和 R_t 中的信号不相关时, 则对于任意假设的 L_t 和 R_t 输入情况, A_1 的值将等于 A_4 的值。同样, A_2 的值也将等于 A_3 的值。

现在参考图 4, 并使用新的 A_1 - A_4 的值, 在 L_t 和 R_t 处的先前输入信号状态(其中 L_t 或 R_t 占主导且同时包含一主导中央通道信号)现在在 A_1 和 A_4 的输出处产生来自 L_t 和 R_t 的相等中央通道信号。从 A_1 中减去 A_4 的输出不再把中央通道信号引入环绕通道。此外, 如果 L_t 和 R_t 处的输入信号包含具有专门的(attending) L_t 或 R_t 主导信号的主导环绕通道信号, 则把 A_2 的输出加到 A_3 将不会把环绕通道信号引入中央通道。因而, 每当 L_t 和 R_t 处的输入信号不相关时, 就想要基于共模模式的归一化函数。现在, 可在输入通道 L_t 和 R_t 中的信号相关时把归一化系数 (A1) 到 (A4) 与输入通道 L_t 和 R_t 中的信号不相关时 (A1) 到 (A4) 的值链接起来, 以形成转换系数 (A_7), 进一步把转换系数 A_7 定义为:

$$A_7 = \frac{X - \sqrt{|\overline{L_t}|^2 + |\overline{R_t}|^2} + \varepsilon}{|\overline{L_t}| + |\overline{R_t}| - \sqrt{|\overline{L_t}|^2 + |\overline{R_t}|^2} + \varepsilon}$$

算符 A_8 为:

$$A_8 = \frac{|\overline{L_t}| + |\overline{R_t}| + \varepsilon}{X + \varepsilon}$$

这里, ε 为比任何其它量小得多的任意数字, 这些量是如此插入的, 从而如果评估分母的其余项为零, 则该电路将不被零除。

现在可把归一化系数 (A1) 到 (A4) 归纳为:

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \left(A_8 \frac{|\overline{L_t + R_t}| - A_7 |\overline{L_t}| - (1 - A_7)Y}{Y + \varepsilon} - u(|\overline{L_t - R_t}| - |\overline{L_t + R_t}|) A_7 \left(1 - \frac{2|\overline{L_t}|}{Y + \varepsilon} \right) \right)_{[0,1]}_{[0,1]} \\
 A_2 &= \left(A_8 \frac{|\overline{L_t - R_t}| - A_7 |\overline{L_t}| - (1 - A_7)Y}{Y + \varepsilon} - u(|\overline{L_t + R_t}| - |\overline{L_t - R_t}|) A_7 \left(1 - \frac{2|\overline{L_t}|}{Y + \varepsilon} \right) \right)_{[0,1]}_{[0,1]} \\
 A_3 &= \left(A_8 \frac{|\overline{L_t - R_t}| - A_7 |\overline{R_t}| - (1 - A_7)Y}{Y + \varepsilon} - u(|\overline{L_t + R_t}| - |\overline{L_t - R_t}|) A_7 \left(1 - \frac{2|\overline{R_t}|}{Y + \varepsilon} \right) \right)_{[0,1]}_{[0,1]} \\
 A_4 &= \left(A_8 \frac{|\overline{L_t + R_t}| - A_7 |\overline{R_t}| - (1 - A_7)Y}{Y + \varepsilon} - u(|\overline{L_t - R_t}| - |\overline{L_t + R_t}|) A_7 \left(1 - \frac{2|\overline{R_t}|}{Y + \varepsilon} \right) \right)_{[0,1]}_{[0,1]}
 \end{aligned}$$

其中 $u()$ 是单位阶跃函数, 根据其中的条件值为大于 0 还是小于 0, $u()$ 的值分别为 1 或 0。

公式 A1、A2、A3 和 A4 的归一化形式可适用于所有的相关程度和相位。在信号高度相关的情况下, 这些归纳的公式简化为差分模式归一化系数。在信号高度不相关的情况下, 这些归纳的公式简化为共模模式归一化系数。在信号部分相关的情况下, 这些归纳的公式产生的结果是有些差分内容也有些共模内容。将把这种类型的归一化叫做“复合模式”。

现在参考图 5, 其中示出输出通道合成器 14 的电路的第二部分。组合图 4 的后归一化通道来产生过渡通道 L_c 50、 L_s'' 52、 R_s'' 54 和 R_c 56 为:

$$L_c = L_c' + .5(L_s' + R_s')$$

$$R_c = R_c' + .5(L_s' + R_s')$$

$$L_s'' = L_s' + .5(L_c' - R_c')$$

$$R_s'' = R_s' + .5(R_c' - L_c')$$

以归一化系数 A1-A4 来表示过渡通道产生了：

$$L_c = L_t(A1) + .5 \{ L_t(A2) + R_t(A3) \}$$

$$R_c = R_t(A4) + .5 \{ L_t(A2) + R_t(A3) \}$$

$$L_s'' = L_t(A2) + .5 \{ L_t(A1) - R_t(A4) \}$$

$$R_s'' = R_t(A3) + .5 \{ R_t(A4) - L_t(A1) \}$$

现在参考图 6, 其中示出图 5 的电路, 在组合器的输出处增加的过渡通道 Lo' 60 和 Ro' 62 产生了：

$$L_o' = L_t - R_c + R_s''$$

$$R_o' = R_t - L_c + L_s''$$

把这些归一化系数特别地（因而唯一地）响应于 L_t 和 R_t 处的主导输入信号状态。如果 L_t 和 R_t 处的输入信号为和信号占主导，则 L_t 和 R_t 处的输入信号为同相相关，只有归一化乘法器（A1）和（A4）是有效的。如果 L_t 和 R_t 处的输入信号是差信号占主导的，则 L_t 和 R_t 处的输入信号以相对 180 度的相移相关，只有归一化乘法器（A2）和（A3）是有效的。如果 L_t 和 R_t 的输入信号不相关（或相位正交），则和信号的量值与差信号的量值相等，且所有归一化乘法器（A1）到（A4）都有效，并具有相同的数值。

从 L_t 输入中减去相关 R_c 信号的结果简单地减小了 L_t 处的同相相关（或中央通道）信号的幅度。这不减小排它的左通道信号分量的幅度，因为 R_c 不包含任何排它的左通道信号分量。从 L_t 输入中除去的 R_c 信号的数量与 L_t 和 R_t 输入信号之间的相对相关程度线性相关。当从 R_t 输入中减去 L_c 信号分量时存在同样的结果。 R_t 处的同相相关信号分量的幅度正比于 L_t 和 R_t 输入信号之间的相关程度而减小。

把相关（但不同相） R_s'' 信号加到 L_t 输入的结果是减小了 L_t 处的相关但不同相（或环绕）通道信号的幅度。这不减小排它的左通道信号分量的幅度，因为 R_s'' 信号不包含任何排它的左通道信号分量。从 L_t 输入中除去的 R_s'' 信号的数量与 L_t 和 R_t 输入信号之间的不同相相关的程度线性相关。当把 L_s'' 中的不同相

相关信号分量加到 Rt 时存在同样的结果。Rt 处的不同相相关信号分量的幅度正比于 Lt 和 Rt 输入信号之间的相关程度而减小。

当 Lt 和 Rt 处的输入信号状态不相关时，项 $Rs'' - Rc$ 和 $Ls'' - Lc$ 的矩阵（分别）减小到：

$$-.5 \{ (A1) + (A2) \} Lt \text{ 和}$$

$$-.5 \{ (A4) + (A3) \} Rt$$

因而，通过从 Lt 中减去 Lt 的归一化幅度并从 Rt 中减去 Rt 的归一化幅度分别减小了 Lt 和 Rt 输入信号。这样使 Lo' 和 Ro' 的幅度响应减小。

考虑信号 Lc、Rc、Ls'' 和 Rs'' 的本质，想到

$$Lc = Lc' + .5 (Ls' + Rs')$$

$$Rc = Rc' + .5 (Rs' + Ls')$$

$$Ls'' = Ls' + .5 (Lc' - Rc)$$

$$Rs'' = Rs' + .5 (Rc' - Lc')$$

由于 Lc' 和 Ls' 是归一化 Lt 输入的分量，Rc' 和 Rs' 是归一化 Rt 输入的分量，Lc' 信号与 Ls' 信号累积组合，Rc' 信号与 Rs' 信号累积组合。当 Lt 和 Rt 处的输入信号状态本质上不相关时，(A1) 到 (A4) 处的归一化系数变量在数值上相等。对于此情况，Lt 对 Lc 和 Ls'' 的贡献占主导，它比 Rt 对 Lc 和 Ls'' 的贡献高三倍，或近似于 10dB。Rt 对 Rc' 和 Rs'' 的贡献占主导，同样，它比 Lt 对 Rc' 和 Rs'' 的贡献高三倍，或近似于 10dB。这样，Lc' 与 Ls'' 信号基本上为归一化 Lt 输入的分量，Rc' 与 Rs'' 信号基本上为归一化 Rt 输入的分量。如果分别由置于中央左右处的分开的扬声器来再现 Lc' 和 Rc' 信号，基本上保持了 Lt 和 Rt 处不相关信号的立体声内容。每当实际上可在再现系统中利用分开的中央通道扬声器时，依据本发明的信号处理系统把从 Lt 对中央及从 Rt 到中央的贡献再现为分开的 Lc 和 Rc 信号。这优于通过对 Lt 和 Rt 处的一部分（或所有）分量信号求和而从经矩阵编码的 Lt 和 Rt 立体声信号中得到中央通道信号的音频信号处理系统。想到每当 Lt 和 Rt 处的输入信号为差信号占主导时，输入归一化乘法器 (A1) 和 (A4) 的归一化系数值近似于零。在 Lc 和 Rc 处把可在差信号占主导的情况下存在于 Lt 和 Rt 处的中央通道信号定义为：

$$Lc = .5 (Ls' + Rs')$$

$$Rc = .5 (Rs' + Ls')$$

对于这种情况的 Lt 和 Rt 输入信号假设，Lc 和 Rc 相同。分别对 Lc 和 Rc 处的

信号 Ls' 和 Rs' 求和使得 Lc 和 Rc 本质上是非立体声的。对 Ls' 和 Rs' 处的 Lt 和 Rt 的分量信号求和而产生 Lc 和 Rc 保证了 Lc 和 Rc 信号不包含主导环绕通道信号。当 Lt 和 Rt 处的输入情况不相关或本质上为立体声时, Lc 和 Rc 的内容在很大程度上也是立体声的, 而且每当 Lt 和 Rt 处输入信号本质上为不同信号 (或环绕通道) 主导时, Lc 和 Rc 的内容是非立体声的。每当 Lt 和 Rt 处的输入信号情况基本上相关时, 本质上通道 Lc 和 Rc 在很大程度上是非立体声的。

每当 Lt 和 Rt 处的输入信号情况基本上为由以下占主导的和信号 (或中央通道) 时, Ls'' 和 Rs'' 处的过渡信号类似地减小:

$$Ls'' = .5 (Lc' - Rc')$$

$$Rs'' = .5 (Rc' - Lc')$$

每当 Lt 和 Rt 处的输入信号情况为和信号 (或中央通道) 主导时, 输入归一化乘法器 (A2) 和 (A3) 处的归一化系数值近似于零。通过从 Lc' 中减去 Rc' 的信号分量而产生 Ls'' , 以及类似地从 Rc' 中减去 Lc' 的信号分量而产生 Rs'' , 得到了在和信号占主导的情况下可能存在于 Lt 和 Rt 处的环绕通道信号。从 Lc' 中减去 Rc' 而产生 Ls'' 以及从 Rc' 中减去 Lc' 而产生 Rs'' 保证了, 每当 Lt 和 Rt 基本上为和信号 (或中央通道) 主导时, Ls'' 和 Rs'' 不包含任何中央通道信号分量。每当 Lt 和 Rt 处的输入信号情况本质上不相关或基本上为立体声时, 本质上过渡信号 Ls'' 和 Rs'' 的内容在很大程度上是立体声的。每当 Lt 和 Rt 处的输入信号情况基本上为和信号 (或中央通道) 主导时, 本质上 Ls'' 和 Rs'' 处的过渡信号基本上为非立体声的。对于通过从 Lt 输入信号中减去一部分 (或全部) Rt 输入信号而从矩阵编码的立体声 Lt 和 Rt 信号中得到非立体声环绕通道信号的音频信号处理系统而言, Lt 和 Rt 处不相关的输入信号的过渡信号 Ls'' 和 Rs'' 的立体声是有利的。

虽然当 Lt 和 Rt 处的输入信号情况不相关时, 本质上 Ls'' 和 Rs'' 处的过渡信号在很大程度上是立体声的, 但这些过渡信号并不表现出排它的基本状态。经编码的 Lt 和 Rt 信号是这样的, 从而排它的左环绕通道信号或排它的右环绕通道信号将分别出现在 Lt 和 Rt 处:

$$Lt=Ls, \quad Rt=-.5(Ls) \quad \text{对于排它的左环绕通道信号输入}$$

$Rt=-Rs \quad Lt=.5(Rs) \quad \text{对于排它的右环绕通道信号输入。对于排他的唯一左或唯一右环绕通道信号, } Lt \text{ 或 } Rt \text{ 编码信号是这样的, 从而以专门的 } Lt \text{ 或 } Rt \text{ 主导情况对差信号主导情况进行编码。此外, 经编码的 } Lt \text{ 和 } Rt \text{ 信号为平面单通道。}$

依据本发明的音频信号处理系统是有利的,因为它可把给定的编码 L_t 和 R_t 信号情况解码成为排他的唯一左或唯一右环绕通道信号。

现在参考图 7, 其中示出通道合成器的另一部分。依据以下公式组合给定通道 Ls'' 52 和 Rs'' 54 信号, 以形成左前通道 Lo 64、右前通道 Ro 66、左中央环绕通道 Lcs 68、右中央环绕通道 Rcs 70、左环绕通道 Ls 72 和右环绕通道 Rs 74:

$$Lo = Lo' - .5(A5(.75 Ls'' - .25 Rs''))$$

$$Ro = Ro' - .5(A6(.75 Rs'' - .25 Ls''))$$

$$Lcs = .5(A5(.75 Ls'' - .25 Rs'')) + .5(A6(.75 Ls'' - .25 Rs'')) + .75 Ls'' - .25 Ls''$$

$$Rcs = .5(A6(.75 Ls'' - .25 Rs'')) + .5(A5(.75 Rs'' - .25 Ls'')) + .75 Rs'' - .25 Ls''$$

$$Ls = A5(.75 Ls'' - .25 Rs'')$$

$$Rs = A6(.75 Rs'' - .25 Ls'')$$

其中

$$A5 = \left(A7 \cdot \frac{Y - |Rt|}{Y + \varepsilon} \cdot \max \left(2, \frac{1}{\left(\frac{|Lt - Rt| - Y}{Y + \varepsilon} \right)_{[0,1]} + \left(\frac{|Lt + Rt| - Y}{Y + \varepsilon} \right)_{[0,1]} + \varepsilon} \right) \right)_{[0,1]}$$

$$A6 = \left(A7 \cdot \frac{Y - |Lt|}{Y + \varepsilon} \cdot \max \left(2, \frac{1}{\left(\frac{|Lt - Rt| - Y}{Y + \varepsilon} \right)_{[0,1]} + \left(\frac{|Lt + Rt| - Y}{Y + \varepsilon} \right)_{[0,1]} + \varepsilon} \right) \right)_{[0,1]}$$

图 7 的电路的效果是以归一化系数 $A5$ 和 $A6$ 重新建立过渡通道 Ls'' 和 Rs'' 的矩阵。不同相(或环绕通道)信号累积地组合, 而同相(或中央通道)信号差分地组合。重新建立 Ls'' 和 Rs'' 信号的矩阵使得相应地减小了任何中央通道信号分量(可能在 L_t 和 R_t 处的差占主导的不相关输入信号情况下存在于 Ls'' 或 Rs'' 中)的幅度。虽然重新建立 Ls'' 和 Rs'' 信号矩阵的处理进一步减小了 Ls'' 和 Rs'' 的立体声内容, 但相对于 R_t 对 Rs'' 的贡献, L_t 对 Ls'' 的贡献仍旧占主导。同样, 相对于 L_t 对 Rs'' 的贡献, R_t 对 Rs'' 的贡献仍旧占主导。因而, 当 L_t 和 R_t 处的信号情况基本上不相关时, 重新建立矩阵的 Ls'' 和 Rs'' 信号仍旧保持立体声特性。考虑 L_t 和 R_t 处的平面非立体声的相关不同相输入情况, 有助于重新检查信号 Ls'' 、 Rs'' 、 Lo' 和 Ro' 的本质。当 L_t 和 R_t 处的输入信号相关但不同相时, 本质

上在 Ls'' 和 Rs'' 处 Lt 和 Rt 的归一化贡献基本上是非立体声的, 与 Lt 和 Rt 处的相对幅度无关。每当两个输入信号 Lt 和 Rt 的相对幅度不同时, Ls'' 和 Rs'' 处的 Lt 和 Rt 的归一化贡献等于信号 Lt 和 Rt 中较小的一个。因而, Lt 和 Rt 处相关的差占主导、 Lt 占主导的输入信号情况将导致 Lt 和 Rt 对 Ls'' 和 Rs'' 的贡献等于 Rt 输入信号幅度。

由于从 Lt 和 Rt 中除去这些信号来产生过渡信号 Lo' 和 Ro' (如图 6 所示), 所以 Lo' 过渡信号包含在 Lt 中占主导的差分环绕通道信号。可对 Lt 和 Rt 处输入信号 (它们相关但不同相, 而且是 Rt 占主导的) 的过渡信号 Ro' 进行同样的观察。乘法器 (A5) 或 (A6) 的输出的幅度与 Ls'' 或 Rs'' 处 Lt 或 Rt 的贡献 (它是始发的编码 Ls 或 Rs 输入信号情况的一个分量) 的幅度相等。这样, 把所有 Lt 占主导和差信号占主导的输入信号情况定义为 Ls 占主导的输出信号情况。同样, 把所有 Rt 占主导和差信号占主导的输入信号情况定义为 Rs 占主导的输出信号情况。把定向基本 Ls 或 Rs 编码信号情况解码成为基本 Ls 或 Rs 输出信号情况。这于这一点, 解码器是经编码信号情况的补充。每当 Lt 和 Rt 处的编码信号为等幅信号时, 考虑 Ls 和 Rs 处的输出信号近似于零是有利的。对于此情况, 把经编码的信号解码至 Lcs 和 Rcs 输出端。因此, 经解码的输出信号的情况为经编码的信号情况的定向补充 (complement)。

现在参考图 8, 所揭示的解码方法的本质是这样的, 从而可把信号基本解码至以下输出端: 相对于所示的听众 78 放置的 Lo 62、 Lc 50、 Rc 70、 Ro 66、 Ls 72、 Lcs 68、 Rcs 56、 Rs 74。

可把经矩阵编码的 Lt 和 Rt 信号解码至 360 度空间中的六个定向基本位置。根据多个通道中所存在编码信号, 过渡定向位置为“假想”源。例如, 可以互补的方式对一信号进行编码随后进行解码, 以使该信号出现在左通道输出和左环绕通道输出之间的任何点处。同样, 可以互补方式对一信号进行编码随后进行解码, 以使该信号出现在右输出通道和右环绕输出通道之间的任何地方。因而, 可对一信号进行编码随后进行解码, 以使该信号出现在 360 度空间角度内的任何点。

当实际再现通道位于指定的空间角度时, 更容易感觉到在听众的左或右侧附近所提供的源。更多数目的呈现通道的可获得性 (尤其是在诸如电影院等使用更多数目的再现通道的更大的商业性地点中) 尤其利用了本发明的这一方面。

通过把 08/796285 号未决美国专利申请中图 17 及其第 16 页上的描述所揭示的成对形式的解码技术与这里所揭示了的解码技术相结合, 可在商业性系统中更好

地利用更多数目的再现扬声器,从而处理包含在矩阵解码的 Lt/Rt 信号或始发分离媒体中的相反通道信息,以在专门听众的左侧和右侧附近产生附加的基本呈现通道。

在许多应用中,实际上不利用多达八个的实际再现扬声器。更典型的,由五个实际再现扬声器来构成现代的家用再现系统。此外,5.1通道的分离媒体呈现系统的介绍已定义了提出所利用的实际再现扬声器的数目。为了方便(即,有限数目的实际呈现扬声器及与分离媒体呈现格式的兼容性),想要经由五个实际再现通道来向下混合(down-mix)所揭示的再现算法的解码输出通道的数目。这可通过如下所示组合通道来进行:

$$C = .707 (Lc + Rc)$$

$$Ls = .707 (Lcs + Ls)$$

$$Rs = .707 (Rcs + Rs)$$

向下混合经解码的输出通道不减少基本定向状态的数目,而是减少再现基本方向的方式。仍旧保留基本 Ls 和 Rs 定向状态。同样保存 Ls 和 Rs 处的信号的立体声本质。现在把排他的 Lcs/Rcs 输出情况再现为 Ls 和 Rs 处的等幅信号。类似地, Lc 和 Rc 输出信号出现在单个中央通道输出处,因而保持了基本的唯一中央方向。

参考图 9,示出图 3、4、5、6 和 8 的组合电路。图 9 的合成方框图是由图 4、5、6 和 7 的独立方框图构成的。已把布尔(boolean)开关 80 和 82 引入图 9,以使能或无效中央通道解码或环绕通道解码或者这两者。当这两组开关都处于断开状态时, Lt 和 Rt 处的输入信号呈现给 Lo 和 Ro 输出端。把环绕通道模式开关设定为断开状态把 Lt 和 Rt 处的环绕通道信号呈现给 Lo 和 Ro 输出端。类似地,把中央通道模式开关设定为断开状态把 Lt 和 Rt 处的中央通道信号呈现给 Lo 和 Ro 输出端。

在许多情况下,所提供的再现通道的数目比可获得的呈现通道的数目少。在这些情况下,处理较少数目的再现通道从而得到的再现通道的数目等于可获得的呈现通道的数目是有利的。此外,现代的信号传送格式传递少到一个通道或多到具有一专门的(频谱有限的)低频效果通道的五个通道。在诸如 Dolby AC-3 等某些信号传递格式中,识别预定的再现通道格式的信息作为辅助数据包含在传递格式中。可把此辅助数据用作对预定的再现通道数目进行重新格式化以进一步处理成为可获得的呈现通道的数目的手段。就前和后(环绕)再现通道的数目来定义所提供的通道信息。最广泛的格式为:

- (1) 三个前通道两个后通道(立体声环绕)

- (2) 两个前通道两个后通道（没有中央通道）
- (3) 三个前通道两个后通道（非立体声环绕）
- (4) 两个通道（立体声）（没有中央或环绕通道）
- (5) 经编码的两个通道 L_t/R_t 矩阵

应理解，其它预定的再现格式是可能的，同样，可使用这里所揭示的技术来处理其它预定的再现格式。

在所有的情况下，想要仅处理必须的通道来获得所需数目的呈现通道。对于所有的说明，假设可获得的呈现通道的数目为五。这样，假设已如上所述对图 9 所示解码系统的 L_{cs} 、 R_{cs} 、 L_c 和 R_c 输出进行了下混合。然而，可获得的呈现通道信号的数目不限于五个。

对于格式（1），分离地处理这些通道。

对于格式（2），仅根据 R_t 和 L_t 来处理所提供的左和右再现通道处理，以获得新的左、右和（得到的）中央呈现通道信号。不处理格式（2）的始发环绕通道信号，把图 9 方框图中的环绕通道模式开关 80 设定为断开状态。

对于格式（3），首先把给定的通道格式转换成矩阵格式来处理。这是如此实现的，即通过首先给定的非立体声环绕通道下混合到给定的左声道中以形成 L_{new} ，进一步把给定的非立体声环绕通道下混合到给定的右通道中以形成 R_{new} 。接着把 L_{new} 和 R_{new} 输入到解码器中，以获得新的左、右、左环绕和右环绕呈现通道。把中央通道模式开关 80 设定为断开状态，因为不处理始发的中央通道信号，并根据给定来再现该信号再现。

对于格式（4）和（5），把给定的信号输入图 9 的电路作为 L_t 和 R_t 。

在图 10 中归纳了对各种格式的预处理。

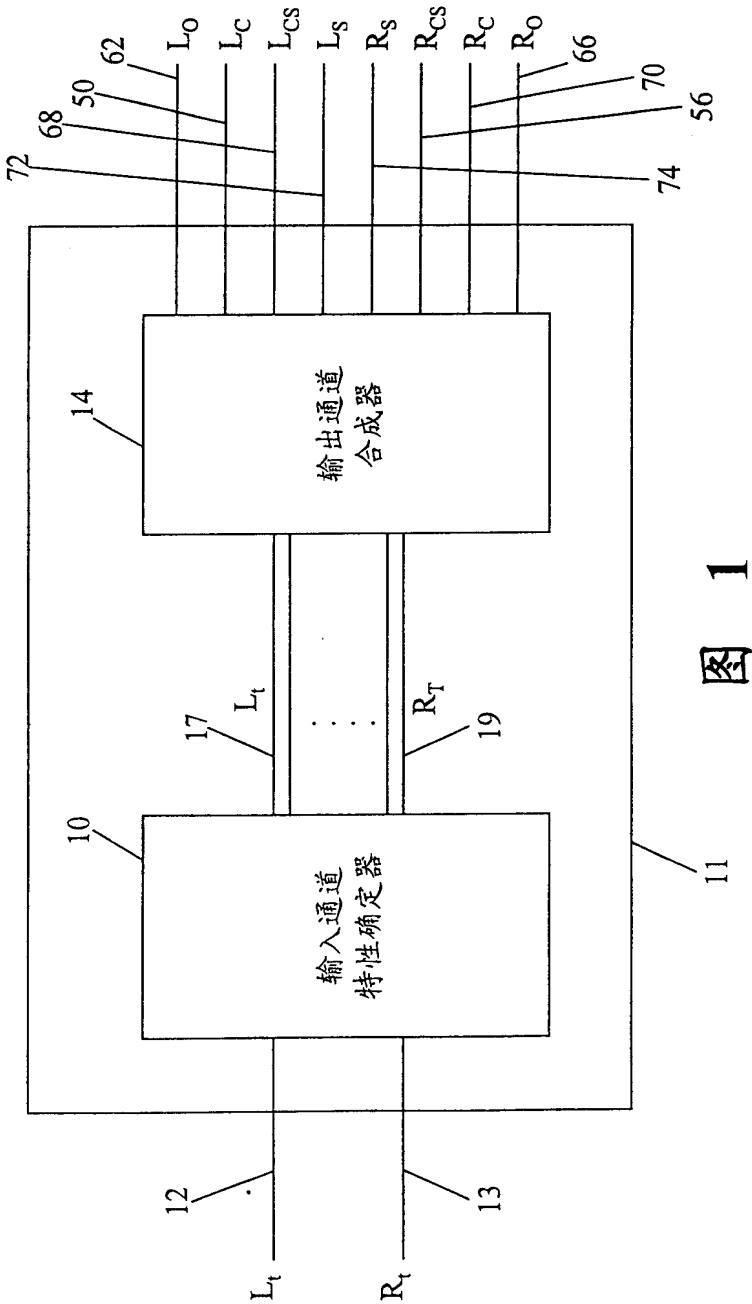


图 1

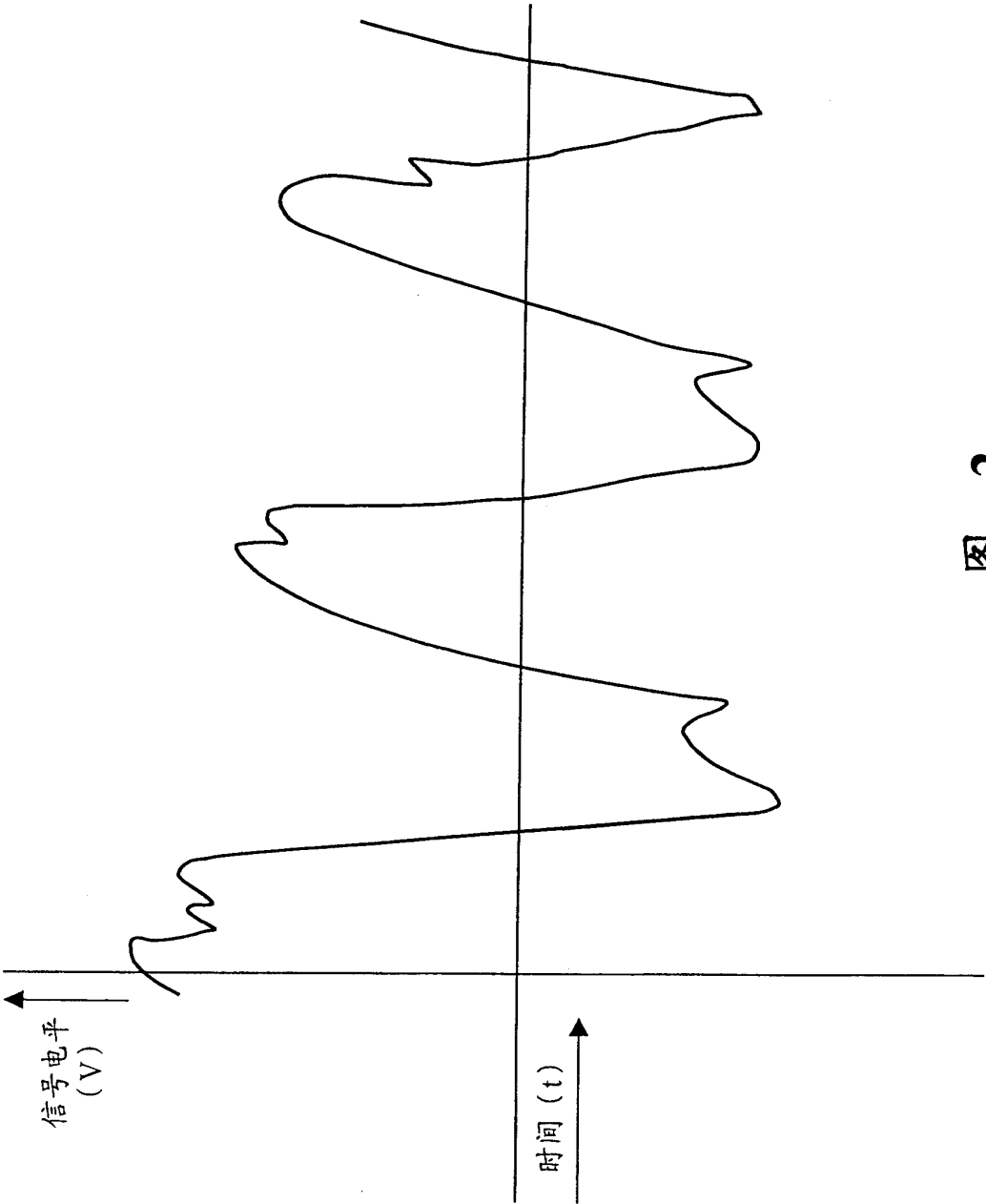


图 2

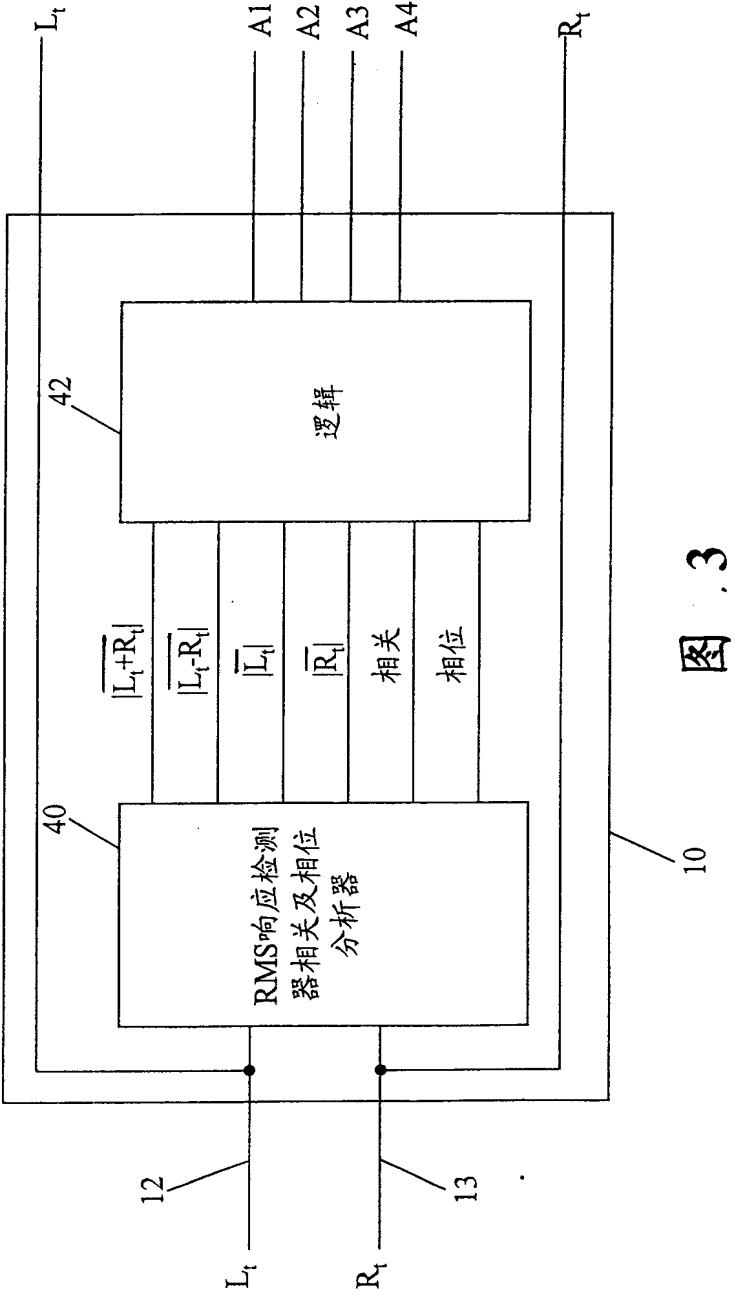


图 3

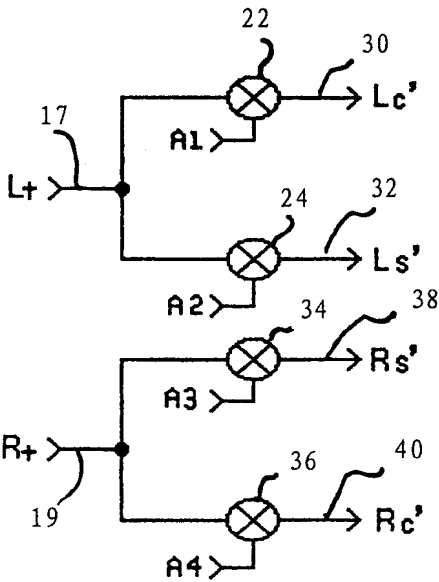


图 4

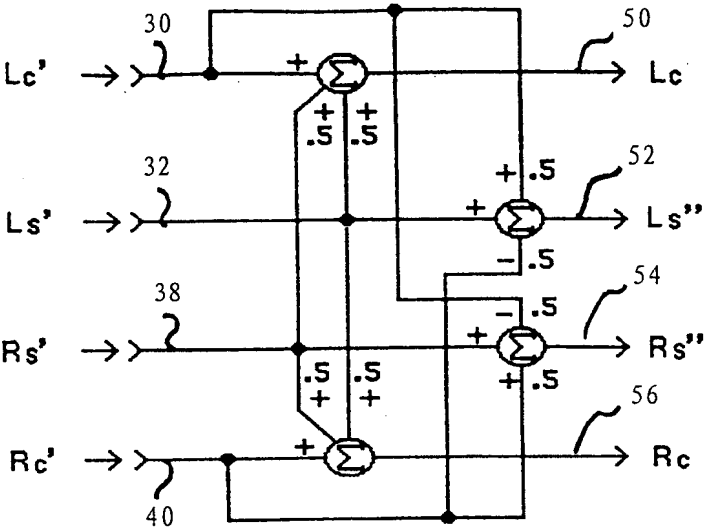


图 5

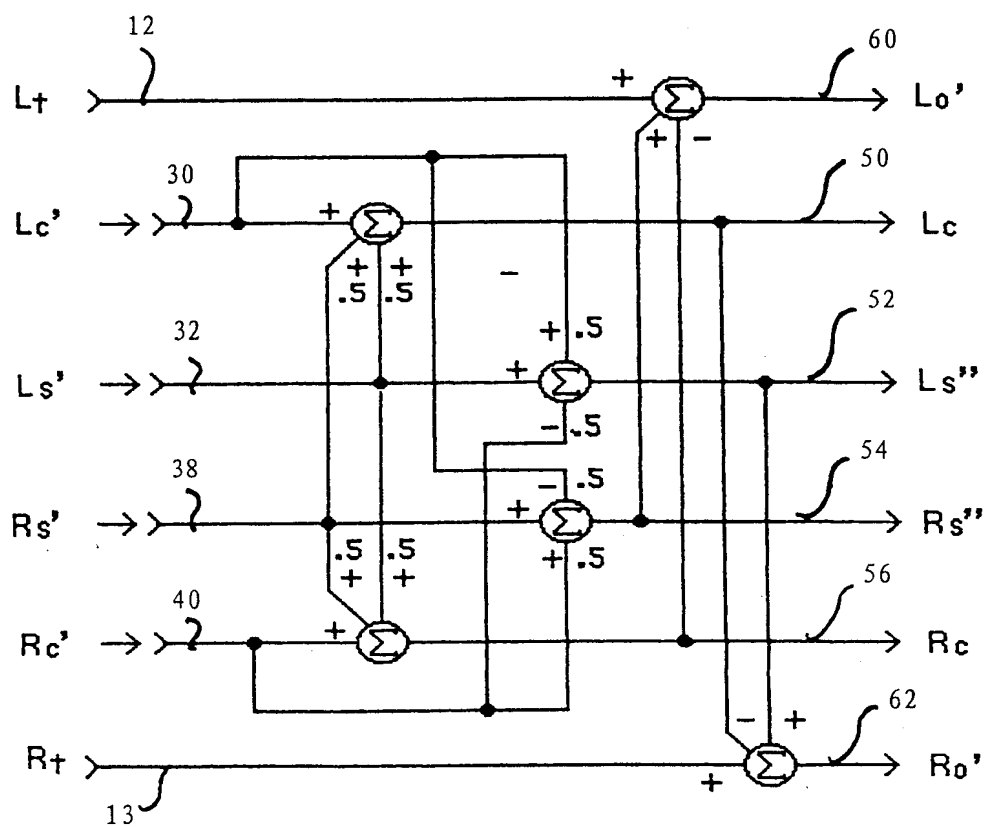


图 6

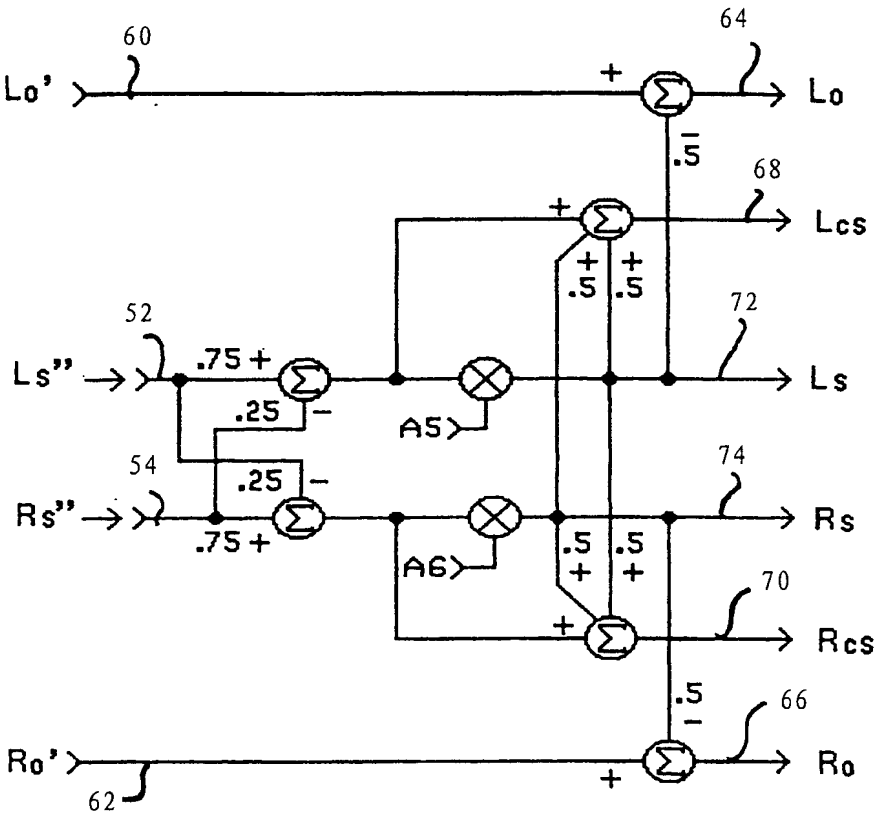


图 7

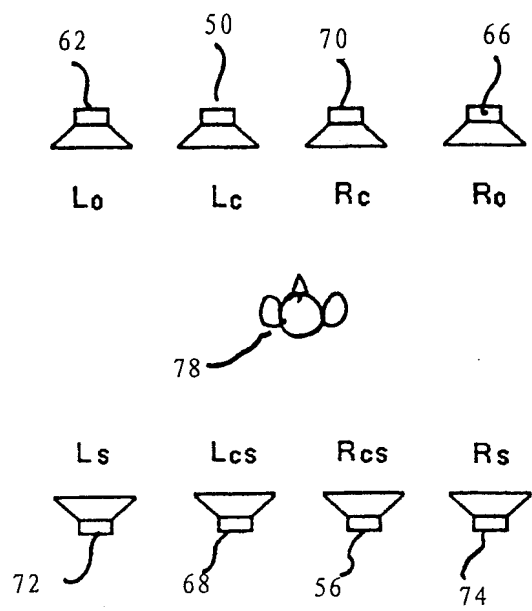
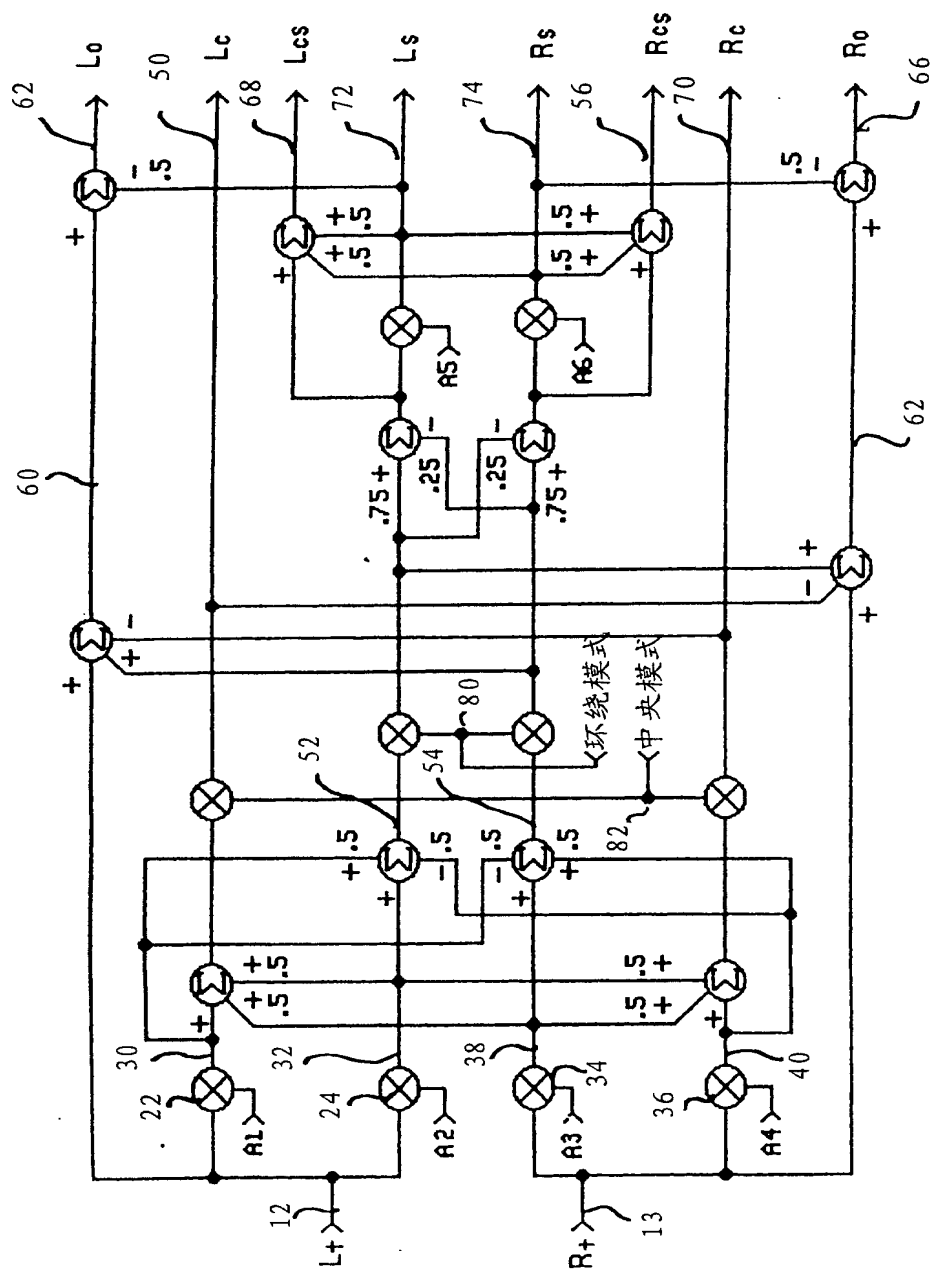


图 8



9

来自传送装置的经解码的数字输入

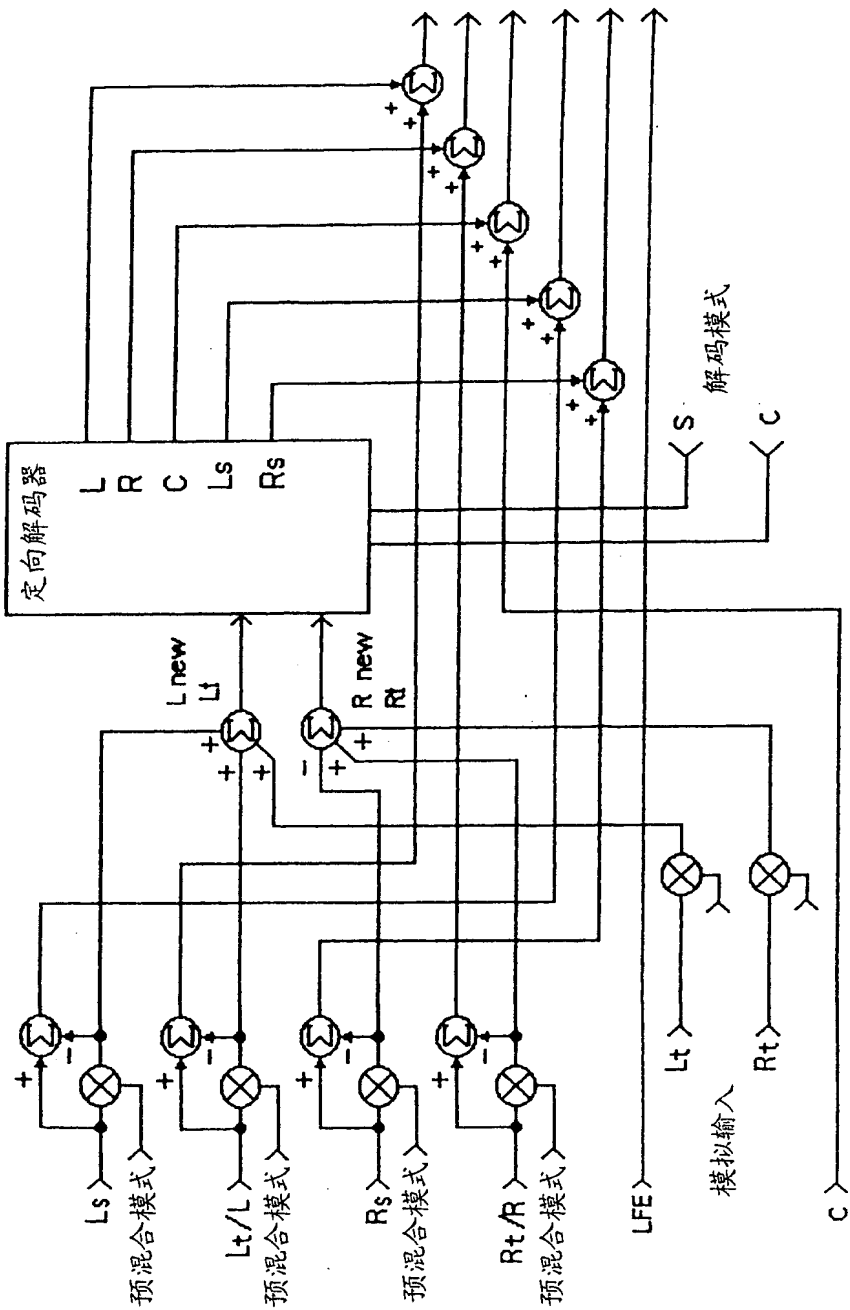


图 10