

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 667 492**

51 Int. Cl.:

**G10H 7/08** (2006.01)

**G10H 1/04** (2006.01)

**G10H 7/02** (2006.01)

**G10H 7/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.02.2015 PCT/EP2015/052630**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.08.2015 WO15121194**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.02.2015 E 15707298 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.01.2018 EP 3105753**

54 Título: **Procedimiento para la generación sintética de una señal de audio digital**

30 Prioridad:

**11.02.2014 EP 14154741**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**11.05.2018**

73 Titular/es:

**JOBOMUSIC AG (100.0%)  
St. Nikolausenstrasse 69  
6047 Kastanienbaum, CH**

72 Inventor/es:

**BOCHMANN, JOHANNES**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 667 492 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la generación sintética de una señal de audio digital

La invención se refiere a un procedimiento para la generación sintética de una señal de audio digital mediante el uso de valores de amplitud calculados recurrentemente de una forma de onda.

- 5 La generación sintética de señales de audio digitales se usa en el marco de la síntesis de sonido para la generación electrónica de sonidos. Para este fin se usan señales de audio digitales inmediatamente tras su generación directamente para la síntesis de sonido o se depositan de manera alternativa también para un uso posterior, en una unidad de almacenamiento. Para la síntesis de sonido propiamente dicha se usa entonces la señal de audio digital por ejemplo mediante un convertidor digital-analógico, para el control de una unidad de altavoz o similar.
- 10 La síntesis de sonido se usa en este caso habitualmente para el fin de la generación de sonidos, los cuales no existen en la naturaleza. Otro caso de aplicación se refiere a la imitación de sonidos de la naturaleza o de instrumentos naturales como el piano, la guitarra o similares. La síntesis de sonido permite además de ello también el distanciamiento pretendido o casual de los sonidos de la naturaleza, por ejemplo, mediante su superposición y procesamiento con efectos electrónicos, para la configuración de música creativa. En el marco de la generación
- 15 sintética de señales de audio digitales se lleva a cabo habitualmente el muestreo periódico de una forma de onda elegida o predeterminada de manera adecuada o de una señal generada mediante algoritmo, que ofrece como resultado un flujo de datos por canal ("forma de onda resultante") con una tasa de salida fija (la llamada tasa de muestra) y una resolución de valores fija (la llamada profundidad de bits). En este caso se pone a disposición un valor por canal por cada paso de ciclo de tasa de salida.
- 20 Con respecto a estos parámetros pueden constatarse en general las siguientes influencias básicas en el carácter de la señal de audio digital:
- la forma de la forma de onda resultante determina el timbre,
  - la frecuencia de las repeticiones de la forma de onda resultante determina el tono,
  - cuando la forma de onda resultante cambia de repetición a repetición, cambia el timbre,
- 25 - cuando cambia la frecuencia de las repeticiones, cambia el tono.

Para la puesta a disposición de la forma de onda prevista como base para el muestreo se usa habitualmente un llamado oscilador, el cual en dependencia de la adaptación deseada en lo que se refiere al tono, al timbre o a cualesquiera otros efectos musicales puede modificarse según la necesidad. Los osciladores generan típicamente formas de onda con muchos tonos parciales, de manera que los procesadores posteriores, así como típicamente un filtro de paso bajo, pueden debilitar o ampliar ("síntesis substractiva") estos tonos parciales en correspondencia con los deseos del diseñador de sonido. En el contexto del modelaje físico el oscilador asume por ejemplo el rol de una cuerda de piano en vibración. El cuerpo de resonancia correspondiente se emula entonces por ejemplo mediante un filtro. En el contexto de la síntesis aditiva el oscilador es por el contrario una onda sinusoidal de una determinada frecuencia, amplitud y fase. La síntesis aditiva genera formas de onda complejas mediante la adición de varios de estos osciladores sencillos. Otros modos de proceder y una mezcla de éstos, para la generación de sonido, se usan típicamente en el contexto de un sintetizador.

30

35

Los procedimientos habituales para la generación de sonido sintética se basan en el uso de algoritmos, los cuales son controlados por los parámetros establecidos por el usuario. Estos algoritmos generan la forma de onda en la cual se basa la salida, su cambio durante el tiempo, así como a través de la frecuencia y su cambio durante el tiempo. La naturaleza de la forma de onda resultante no está limitada en este caso habitualmente para el usuario o en todo caso lo está para la forma de base del oscilador visible y no comprensible. Los procedimientos convencionales pueden considerarse de esta manera como procedimientos de "caja negra". La caja negra pone a disposición del usuario en este sentido solo algunos parámetros, mediante los cuales, en el marco de las posibilidades de los parámetros establecidos, éste puede definir o modificar el sonido resultante. El usuario no tiene una visión de o una influencia en los procesos internos durante el procedimiento de generación del sonido. Éste solo puede hacer visible el resultado mediante osciloscopio o mediante muestreo. El artículo de Nick Collins: "Spline-Synth: An Interface to Low Level Digital Audio", Proceedings of the 1999 Diderot Forum on Mathematics and Music: Viena, Austria, diciembre 2-4, 1999, se refiere a un procedimiento para la generación sintética de una señal de audio digital, basándose en funciones Spline interpoladoras entre una pluralidad de puntos de control. Con respecto a ello

40 la invención se basa en la tarea de indicar un procedimiento para la generación sintética de una señal de audio digital, la cual permita al usuario un acceso particularmente sencillo e intuitivo para la modificación y la transformación creativa de la forma de onda puesta a disposición del muestreo. Esta tarea se soluciona según la invención en cuanto que se usan valores de amplitud o de magnitud calculados de manera recurrente de una forma de onda, la cual está determinada por un desarrollo de gradiente de fases de periodo o de frecuencia, formado por aproximación o interpolación entre una pluralidad de puntos de control formados por pares de valores de amplitudes-fase periódica, de magnitudes-frecuencia o de fases-frecuencia, pudiendo modificarse los puntos de control en sus valores de parámetros y/u otros atributos mediante señales de control asignadas en cada caso, y poniéndose a

45

50

55

disposición para el cálculo de los valores de amplitud o de magnitud la aproximación de los puntos de control determinados por las señales de control presentes actualmente. Dicho con otras palabras, la forma de onda puesta a disposición para la generación de la señal de audio se genera de esta manera mediante puntos de control que pueden ser modificados por el usuario y se calculan de manera recurrente sus valores de amplitud o de magnitud, predeterminando los puntos de control a modo de puntos de apoyo el desarrollo aproximado de la función de onda y generándose la función de onda propiamente dicha mediante interpolación o aproximación adecuadas entre estos puntos de control o puntos de apoyo. Los valores de amplitud, de magnitud o también de fase de la función de onda, que se usan para la generación de la señal de audio se actualizan en este caso de forma continua a modo de un muestreo cíclico o periódico y en particular se calculan de nuevo en caso de necesidad (es decir, por ejemplo tras una modificación realizada por el usuario mediante señales de control, de los parámetros o atributos de uno o de varios de los puntos de control). Estos permiten una influencia en la función de onda y con ello en la señal de audio generada basándose en la misma por parte del usuario en tiempo real, es decir, durante la generación la señal de audio puede ser modificada directamente por el usuario.

Los valores de amplitud, de magnitud o de fase de los puntos de control por un lado y los valores de fase periódica o de frecuencia de los puntos de control por otro lado, pueden ser modificados cada uno por señales de control asignadas individualmente de manera independiente entre sí y de manera alternativa o adicional de manera particularmente preferente también cualesquiera otros atributos de los puntos de control en cada caso de señales de control asignadas individualmente de manera independiente de los valores de amplitud o de magnitud o de fase y/o de los valores de periodo o de frecuencia de los puntos de control, de manera que el usuario tiene a través de una correspondiente influencia en las señales de control posibilidades de modificación individuales para diferentes parámetros de los puntos de control. Esto posibilita una cantidad particularmente alta de posibilidades de variación en lo que se refiere a las propiedades del sonido de la señal de audio generada.

Como simplificación adicional de la influencia sobre varios puntos de control junto con sus atributos, un atributo de un punto de control puede marcar éste por ejemplo como un punto de anclaje. En el caso de la modificación de un punto de control marcado como punto de anclaje, todos los demás puntos de control, los cuales se encuentran entre este anclaje y un anclaje posterior, pueden verse influidos también por la señal de control de la cual dispone el punto de control de anclaje, de manera que las relaciones de los parámetros de punto de control o de los atributos, tras la modificación del punto de control de anclaje, se mantienen entre los puntos de control de anclaje en relación con el estado de partida.

Los puntos de control y sus atributos están previstos en particular para predeterminar de manera aproximada el desarrollo de la forma de onda, de manera que mediante el uso de solo una cantidad manejable de parámetros (en concreto de los parámetros de definición de los puntos de control a modo de coordenadas) puede definirse el desarrollo aproximado de la forma de onda. Esto posibilita la definición de una forma de onda continua mediante una cantidad comparativamente reducida de parámetros o atributos, la cual durante un ciclo de muestreo puede modificarse mediante la evaluación debido a la cantidad de valores actual de las señales de control en una resolución cualquiera. Una forma de onda de dominio temporal puede procesarse en este caso para fines de una limitación de banda o bien mediante sobremuestreo o mediante transformación de Fourier junto con transformación de retorno limitada en banda.

En el caso de la transformación de Fourier se ofrece también la posibilidad de influir en las magnitudes resultantes a través de un filtro espectral, el cual consiste por su parte en una forma de onda constructiva. Lo mismo tiene validez también para un desplazamiento de fase evaluado constructivamente. En este caso se muestrea la forma de onda de dominio temporal mediante el tono deseado y se transforma en el espectro de frecuencia. Para garantizar un filtro que permanezca igual en caso de diferentes tonos, se evalúa la forma de onda de filtro con tasa de muestreo alta y se distribuye por ejemplo mediante integración trapezoidal multiplicativamente entre las bandas de frecuencia resultantes de las magnitudes. Lo mismo tiene validez para el desplazamiento de fase, el cual se distribuye sin embargo de manera aditiva.

De manera alternativa el filtro constructivo y el desplazamiento de fase constructivo pueden usarse también sin una transformación anterior de una forma de onda de dominio temporal evaluada constructivamente en el sentido de una síntesis aditiva directa. En este caso el filtro se distribuye también de manera aditiva y no de manera multiplicativa.

El uso en tiempo real se logra en cuanto que este proceso de evaluación se repite a intervalos regulares (en determinadas condiciones en la tasa de muestreo) teniéndose en consideración el estado actual de las señales de control y del tono a emitir. Una limitación de banda del tono a emitir se produce de manera automática cuando el espectro, el cual consiste en caso de tono en aumento en menos tonos parciales, se "sobremuestra" en aumento efectivo mediante "dejar en blanco" en aumento mediante la retransformación. Las modificaciones de tono entre los ciclos de actualización son imputables solo en caso de modulación de tasas de audio del tono y pueden generar en este caso artefactos. Para la minimización de estos, en caso de ser necesario, puede reducirse la velocidad de la modificación de tono mediante por ejemplo un filtro de paso bajo.

La especificación aproximada de la forma de onda a través de los puntos de control puede producirse en este caso preferentemente en cuanto que la forma de onda se determina mediante la interpolación de los puntos de control (es decir, determinación de aquella forma de onda, la cual pasa por los puntos de control manteniendo condiciones

marco eventualmente predeterminadas) o aproximación a los puntos de control (es decir, determinación de aquella forma de onda la cual pasa lo más cerca posible de los puntos de control individuales manteniendo un criterio de optimización predeterminado). De manera preferente se usan para la determinación del desarrollo entre los puntos de control interpolación basada en polinomio, curvas Bézier, b-splines o NURBS, adaptándose de manera preferente las condiciones marco del procedimiento de interpolación en caso de una modificación de los puntos de control y/o de sus atributos.

De manera particularmente preferente la forma de onda se compone de segmentos mediante combinación lineal de funciones básicas, predeterminando en cada caso dos puntos de control adyacentes los límites y con ello las condiciones marco para en cada caso un segmento. De manera ventajosa la forma de onda se compone en este caso de una pluralidad de segmentos de onda en cada caso por una combinación lineal específica de segmentos de una pluralidad de funciones básicas dentro de una fase periódica, o, en caso de que el procesamiento se produzca en el dominio de frecuencia, dentro de una banda de frecuencia, que se suceden, estando unidos los segmentos de onda por sus límites de segmento a través en cada caso de uno de los puntos de control con el segmento de onda adyacente en cada caso, y determinándose, en el caso de la interpolación, para cada segmento de onda aquellos coeficientes lineales, con los cuales el correspondiente segmento de onda presenta en sus límites de segmento en el marco del correspondiente punto de control en cada caso valores marginales de amplitud o de magnitud o de fase predeterminables y modificables, y determinándose durante el cálculo recurrente de los valores de cada uno de los coeficientes lineales actualizados para el correspondiente segmento de onda y poniéndose a disposición para el cálculo de los valores.

La forma de onda se compone de esta manera por secciones de una pluralidad de segmentos de onda que se suceden temporalmente, generándose dentro de cada segmento de onda la correspondiente "forma de onda parcial" de manera constructiva o aditiva mediante superposición lineal de una pluralidad de funciones de onda básicas. Mediante el uso de conjuntos estandarizados, memorizados de manera preferente en una biblioteca o similar, de funciones de onda básicas, como por ejemplo los polinomios cúbicos, los polinomios de Bernstein, las funciones básicas b-splines o similares que se prevén de manera particularmente preferente, puede definirse y determinarse de manera inequívoca el correspondiente segmento de esta manera o bien mediante los coeficientes lineales usados en la superposición constructiva de la función básica o mediante las superposiciones constructivas de productos de función básica y de punto de control en el caso de la aproximación. De esta manera puede producirse la descripción y la definición también de formas de onda comparativamente no convencionales o complejas mediante el uso de una cantidad limitada de parámetros, y se posibilitan la generación y con ello también la modulación posterior o modificación de la forma de onda mediante la edición de estos conjuntos de parámetros. Precisamente mediante un concepto de este tipo configurado a modo de una "síntesis constructiva" es posible en particular también la variación de la forma de onda en tiempo real, de manera que se crean nuevos márgenes creativos para el usuario.

Los coeficientes lineales de las funciones básicas usadas para la superposición constructiva se eligen de manera particularmente preferente de tal manera que en el correspondiente segmento de onda se reproduce una onda parcial (de salida) deseada en su mayor medida de forma exacta o se aproxima de manera aproximada. La onda parcial de salida que puede ser especificada o predeterminada por un usuario o también elegida de formas de onda memorizadas en una biblioteca, se divide de esta manera en una superposición de funciones básicas.

En el caso de la interpolación se eligen los coeficientes lineales preferentemente de tal manera que la forma de onda adopta en su amplitud en el correspondiente segmento en sus límites de segmento valores límite de amplitud predeterminables. Mediante una modificación de estos valores límite de amplitud llevada a cabo por el usuario, puede llevarse a cabo de esta manera una modificación de la forma de onda parcial en el correspondiente segmento, dado que ésta está definida por las condiciones marco predeterminables a través de los valores límite de amplitud.

Una posibilidad particularmente ventajosa que va más allá, para la influencia en la modificación de la forma de onda por parte del usuario, puede lograrse en cuanto que en un perfeccionamiento ventajoso se eligen de tal manera los coeficientes lineales para cada segmento de onda, que el correspondiente segmento de onda presenta en sus límites de segmento en cada caso un gradiente de límite que puede ser predeterminado, modificable. De esta manera se predeterminan como condiciones marco para el fraccionamiento de la forma de onda parcial del correspondiente segmento en las funciones básicas, no solo los valores de amplitud en los límites de segmento, sino también sus gradientes de límite. Mediante la modificación de estos parámetros el usuario puede generar mediante un manejo particularmente sencillo también efectos de sonido o de música comparativamente complejos. En el caso de un paso continuo de la forma de onda entre dos segmentos adyacentes, es decir, cuando el valor de amplitud del lado de salida pasa sin salto al valor de amplitud de lado de entrada del segmento adyacente, esto puede ponerse a disposición también de manera simplificada para la edición por parte del usuario, en cuanto que como parámetro modificable se pone a disposición el ángulo entre los dos gradientes que se unen en el límite de segmento.

En el caso de la aproximación se predeterminan coeficientes lineales de las funciones básicas de manera ventajosa a través de un vector de nudo, no pudiendo modificarse las funciones básicas tampoco en el caso de un vector de nudo no modificable. Los puntos de control influyen en el desarrollo del segmento de onda, en cuanto que se ponderan de manera solapada con las funciones básicas. La aproximación garantiza determinadas propiedades, así

como un grado de continuidad de la forma de onda resultante. Mediante la ponderación de los puntos de control y la distribución no lineal del vector de nudo pueden especificarse también discontinuidades. Estos parámetros pueden añadirse como atributos al punto de control y pueden modificarse debido a ello según el principio constructivo mediante señales de control. En dependencia del fin de uso este modo de proceder puede ofrecer ventajas. Para una evaluación en tiempo real por puntos este principio no obstante no es adecuado, dado que el desarrollo de curva no está definido como función dando lugar a un valor de fase periódica o de frecuencia, sino como función de otro valor  $t$  parametrizado de forma independiente. Para la evaluación en tiempo real de fases de periodo o bandas de frecuencia completas este principio puede no obstante usarse. En este caso las señales de control, las cuales modifican los puntos de control y sus atributos, se leen siempre en el momento de la siguiente evaluación de la forma de onda completa, lo cual da como resultado una granulación temporal de las señales de control. Mediante ordenadores modernos puede mantenerse sin embargo esta granulación temporal muy reducida y eliminarse adicionalmente mediante interpolación de las formas de onda resultantes, de manera que prácticamente solo se nota en casos extremos una diferencia con respecto a la interpolación por puntos directa.

Desde el punto de vista de la síntesis constructiva ambos principios pueden realizarse de igual manera y representan solo dos modos de proceder diferentes, de los cuales pueden determinarse los valores entre los puntos de control.

Como funciones básicas para la generación constructiva de los segmentos de forma de onda pueden estar previstos de manera preferente conjuntos de funciones como por ejemplo funciones de Bézier, b-splines, NURBS o similares. En todos estos principios se usan funciones básicas basadas en polinomio; se trata de esta manera preferentemente de un fraccionamiento polinomial de los segmentos de forma de onda. En un perfeccionamiento muy particularmente preferente se usan en este caso como funciones básicas polinomios de tercer grado o polinomios cúbicos. Estos tienen la muy particular ventaja de que con ellos puede representarse dentro de los correspondientes segmentos una aproximación comparativamente buena de los desarrollos funcionales deseados incluso con una cantidad particularmente reducida de coeficientes lineales. Además de ello, mediante una orientación hacia polinomios de tercer grado o polinomios cúbicos puede generarse de manera particularmente sencilla un comportamiento funcional, para el cual solo ha de hacerse uso de las condiciones marco mencionadas del correspondiente segmento (valores límite de amplitud, gradientes de límite en el caso de la interpolación o una medida de continuidad en el caso de la aproximación) sin la necesidad de más parámetros.

La forma de onda se compone de manera ventajosa de una pluralidad de segmentos de onda que se suceden dentro de una fase periódica o de una banda de frecuencia, definidos cada uno por una combinación lineal específica de segmentos de una pluralidad de funciones básicas y, en el caso de la aproximación, puntos de control, estando unidos los segmentos de onda por sus límites de segmento en la proximidad de en cada caso uno de los puntos de control con el segmento de onda adyacente en cada caso, y poniéndose a disposición durante el cálculo recurrente de los valores en cada caso la combinación lineal de los puntos de control actuales con las funciones básicas asignadas, o en el caso de la interpolación, la combinación lineal de los coeficientes lineales derivados de los puntos de control actuales.

Para posibilitar una modificación de la forma de onda de uso particularmente sencillo, particularmente también adecuada para tiempo real, y con ello abrir márgenes particularmente grandes para la creatividad musical, está prevista para la modificación de la forma de onda y con ello también para la generación de la señal de audio digital, de manera particularmente preferente una interfaz de usuario gráfica. La "síntesis constructiva" configurada que se ha mencionado anteriormente vuelve transparentes, en concreto en particular, en cuanto que en una configuración particularmente preferente el resultado, es decir la forma de onda, se representa en un medio de representación adecuado, como por ejemplo, una pantalla o monitor, la forma de onda y los efectos de su modificación para el usuario, dado que el usuario, sin el rodeo mediante algoritmos, especifica directamente la forma de onda resultante y su modificación temporal. En este caso los límites dados por los algoritmos, de las formas de onda resultantes posibles, se suprimen. El resultado es un ejemplar de un universo de todas las formas de onda concebibles, las cuales pueden ser presentadas por las funciones básicas usadas.

De manera conveniente se pone a disposición en este caso un dispositivo de introducción asignado, a través del cual pueden modificarse los puntos de control y sus atributos. A modo de llamados "puntos tangibles" el usuario puede acceder de esta manera directamente a los valores de amplitud en las zonas de límite de segmento y a sus gradientes o eventualmente también a otros atributos de los puntos de control. De manera alternativa o adicional los valores límite de amplitud y/o los gradientes de límite o los parámetros y atributos de los puntos de control se modifican temporalmente de manera particularmente preferente en correspondencia con una función de modulación memorizada en una unidad de memoria. De esta manera el usuario puede predeterminar el desarrollo temporal, con el cual la forma de onda y/o sus segmentos cambian su estado.

En otra configuración ventajosa se genera la función de modulación en este caso por su parte mediante el uso de valores de amplitud calculados de manera recurrente de una forma de onda, la cual está determinada por un desarrollo de amplitud de gradiente de fase periódica o de frecuencia, formado por aproximación o interpolación entre una pluralidad de puntos de control formados por pares de valores de amplitud-fase periódica o amplitud frecuencia, por un intervalo predeterminado, pudiendo modificarse los puntos de control en sus valores de parámetro y/u otros atributos mediante señales de control asignadas en cada caso, y poniéndose a disposición del cálculo de

los valores de amplitud la interpolación o aproximación de los puntos de control determinados por las señales de control actualmente presentes. Dicho con otras palabras, el concepto de la síntesis constructiva se usa de manera preferente también para la función de modulación en sí.

5 De manera ventajosa, en el caso de la interpolación tras una modificación de un valor límite o de un gradiente límite, se calculan de nuevo los coeficientes lineales para el segmento de onda limitado por éstos. Esto es ventajoso en particular en el caso del uso preferente de polinomios cúbicos o de polinomios de tercer grado como funciones básicas, dado que estos pueden definirse de manera inequívoca mediante los parámetros “valor límite” y “gradiente límite”. En el caso del uso de polinomios de un grado superior al tercero pueden por el contrario modificarse también coeficientes, sin influirse en el gradiente límite y/o en el valor límite de amplitud. En este caso se encuentran a 10 disposición otros parámetros para la descripción y la definición del segmento de onda, la curvatura de la curva en el límite del segmento.

En el caso de la aproximación las condiciones marco se eligen ventajosamente de tal manera que el desarrollo de la curva obtenga de manera forzada un grado de continuidad predeterminado que abarque el segmento y una 15 modificación del punto de control conlleva por lo tanto una modificación de la curva manteniendo este grado de continuidad. Otros atributos pueden describir en este caso por ejemplo una ponderación de puntos de control individuales, con la cual puede influirse en el grado de continuidad de la curva en la proximidad de los correspondientes puntos de control, hasta el extremo en el cual la curva, de manera parecida a como en el caso de la interpolación, atraviesa fácticamente los puntos de control. En todos los casos, tras la modificación de un punto de control o de sus atributos, se evalúan de nuevo al menos los segmentos de onda en los cuales influye ese punto de 20 control.

La cantidad de los segmentos, en la cual se divide la forma de onda, se elige de manera preferente en función de la necesidad. En particular puede modificarse en este caso directamente durante el procesamiento o la edición de la 25 forma de onda, la cantidad de los segmentos mediante la inserción o la eliminación de límites de segmento o de puntos de control. Además de ello, también pueden unirse dando lugar a un segmento común en particular aquellas secciones de la forma de onda, en las cuales están previstos cambios o modificaciones unitarios o comunes por parte del usuario. De manera ventajosa la cantidad de los segmentos es igualmente un parámetro que puede ser predeterminado por el usuario y/o modificado por el usuario.

Dado que el resultado final se indica también como flujo de valores, su procesamiento posterior puede producirse, 30 opcionalmente, también de manera convencional, por ejemplo, con procedimientos basados en convolución. Muchos de estos procedimientos convencionales pueden especificarse no obstante también de forma directa y explícita en la síntesis constructiva. Por este motivo, la posibilidad del procesamiento convencional ha de entenderse como concesión a los hábitos del usuario y no como una necesidad técnica.

La “síntesis constructiva” describe en esencia la forma de onda como un sistema, el cual puede adoptar 35 básicamente cualquier forma. A diferencia de en el caso de modos de proceder mediante algoritmo, la forma de onda se define inequívoca y explícitamente mediante la superposición de funciones básicas mediante los coeficientes lineales y los puntos de control. Una ventaja particular es que el resultado puede modificarse a elección sin las limitaciones del algoritmo. Pueden “construirse” directamente efectos, como por ejemplo un filtro, en una onda de salida y modificarse de manera no convencional.

El procedimiento de la “síntesis constructiva” que se ha descrito, genera como resultado cualquier forma de onda 40 concebible con la ayuda de funciones básicas parciales, preferentemente polinomios cúbicos, u otras funciones básicas, es decir, construcciones matemáticas parecidas, las cuales están unidas entre sí a través de puntos de control o “de acceso” modificables. Estos polinomios o funciones básicas, eventualmente con la ayuda de señales de ruido, pueden ofrecer para la mayoría de las señales de audio típicas aproximaciones lo suficientemente precisas, que han de calcularse de manera eficiente.

Una modificación temporal de construcción y con ello de la forma de onda resultante, puede lograrse en cuanto que 45 los puntos de control o de acceso se modificación durante el tiempo. En el caso de la interpolación polinomial cúbica, las posibilidades de movimiento comprenden en particular el desplazamiento de los puntos de control sobre los ejes  $x$  (= tiempo/frecuencia) e  $y$  (= amplitud/magnitud/fase) y la modificación del ángulo de incidencia y de reflexión de la curva, que pasa por el correspondiente punto de control. En el contexto musical es ventajoso poder especificar el 50 ángulo de incidencia y de reflexión en la misma relación (visto a modo de imagen, mediante una rotación del punto de control), para no introducir discontinuidades no deseadas en el punto de control. En el caso de discontinuidades deseadas puede especificarse en el punto de control correspondiente de forma adicional un ángulo deseado. En el caso de aproximación de b-spline racional cúbica, las posibilidades de movimiento comprenden, de manera parecida a como en la interpolación polinomial cúbica, el desplazamiento de los puntos de control y la modificación de la 55 ponderación de los puntos de control. En el contexto musical la continuidad C2 garantizada con ponderación uniforme es una característica deseable, pudiendo variarse de manera precisa la continuidad en la proximidad de un punto de control mediante la ponderación hasta la casi discontinuidad.

Mediante la construcción de forma de onda mediante polinomios parciales (u otras funciones básicas) y la modificación temporal de sus puntos de control, el usuario puede por lo tanto, sin el rodeo mediante algoritmos y parámetros, definir directamente la forma de onda resultante que desea.

5 Basándose en la síntesis constructiva según el concepto que se ha explicado anteriormente pueden estar previstas las siguientes configuraciones adicionales consideradas como particularmente ventajosas, en combinación cualquiera entre sí:

-Síntesis de componentes constructivos

10 Una forma de onda compleja puede requerir entre otras, una estructura compleja de puntos de control y/o sus modificaciones. La división de la forma de onda deseada en componentes individuales, los cuales se generan constructivamente y se suman posteriormente, permite simplificar una estructura de este tipo.

- Moduladores constructivos

Una forma de onda constructiva puede usarse para modificar sus propios puntos de control y/o atributos, o aquellos de otra forma de onda constructiva.

- Procesadores constructivos

15 Una forma de onda constructiva y que puede ser modificada puede usarse para reproducir valores de entrada en valores de salida, como por ejemplo en un modelador de onda. Puede usarse además de ello también una forma de onda constructiva como núcleo modificable de una convolución, etc.

- Muestreo constructivo

20 Una señal presente como flujo de valores puede transformarse mediante (auto) vectorización en una forma basada en puntos de control, la cual da como resultado una aproximación de la señal. A diferencia del muestreo convencional, en el muestreo constructivo se pone a disposición el resultado en forma de funciones básicas y sus puntos de control de forma explícita, que por su parte pueden someterse entonces a continuación de la modificación y adaptación.

- Síntesis constructiva espectral

25 Las formas de onda, las cuales se generan en la síntesis constructiva pueden emitirse directamente como señal en el dominio temporal. Estas formas de onda también pueden interpretarse alternativamente como señales en el dominio de frecuencia. Mediante transformación de Fourier o síntesis aditiva esta señal puede volver a transformarse en el dominio temporal. En este caso es posible también usar una forma de onda constructiva de manera escalante en un espectro de magnitudes existente. Debido a ello resulta la funcionalidad de un filtro. Algo similar tiene validez también para el desplazamiento de fase.

30 En el caso de la transformación automatizada del procedimiento mencionado se usa de manera particularmente preferente una superficie de usuario, la cual permite trabajar en diferentes capas. Las capas son de manera ventajosa una aplicación directa de los componentes de la síntesis que se ha mencionado anteriormente de componentes constructivos.

35 - La capa más profunda representa en este caso una representación constructiva de elementos de onda. Éstos consisten de manera preferente en una forma de onda "sintetizada constructivamente" como se ha descrito más arriba, la cual se compone preferentemente de funciones polinómicas parciales. Este tipo de elementos de onda pueden ser componente de una forma de onda o funcionar de forma autónoma como moldeador de onda, moldeador de señal de control, filtro espectral, desplazador de fase espectral o núcleo de convolución.

40 - La capa inmediatamente por encima representa componentes, los cuales encapsulan elementos de onda constructiva junto con determinados parámetros y posibilidades de interacción.

45 - La capa inmediatamente por encima representa formas de onda, las cuales consisten en varios componentes mezclados. Estos componentes representan, como se ha descrito anteriormente, de manera preferente a modo de componentes estandarizados, elementos de onda en una superposición de las funciones básicas en forma fraccionada, de las cuales pueden componerse de manera particularmente sencilla formas de onda más complejas. Estas formas de onda se usan como oscilador para la generación de la señal de audio y como modulador para la generación de señales de control. Los parámetros de los componentes y los puntos de control de los elementos de onda pueden estar influidos por señales de control y por señales de control externas.

50 Los elementos de onda, así como todos los parámetros que se han mencionado anteriormente, pueden especificarse por separado por canal. Los puntos de control pueden incorporarse, eliminarse, desplazarse, rotarse, acodarse o modificarse en cualesquiera otros parámetros o atributos.

La flexibilidad en la generación de las formas de onda y la posibilidad de modular todos los puntos de control y parámetros de los elementos de onda con la ayuda de las mismas u otras formas de onda permite la presentación de resultados como por ejemplo, una forma de onda en diente de sierra con un barrido de filtro de paso bajo resonante directamente como forma de onda resultante. La ventaja consiste en particular en que este resultado construido y los parámetros usados para su generación están disponibles de manera explícita y pueden de esta manera modificarse por completo. De esta manera se posibilita un procesamiento y una modificación de la forma de onda resultante de una manera que hasta ahora no era realizable.

Dado que el proceso de la síntesis constructiva puede generar resultados cualesquiera no limitados a la banda, incluso cuando la forma de onda de partida está limitada a la banda, se usa ventajosamente, en dependencia del flujo de señal, sobremuestreo interno de los osciladores u opcionalmente del sistema en su totalidad y/o de la limitación de banda espectral mediante transformación de Fourier de las formas de onda basándose en el tono que ha de emitirse. De esta manera se atenúan los efectos de aliasing, en dependencia de la tasa de sobremuestreo, o en el caso de la transformación de Fourier se eliminan completa o casi completamente en dependencia de la continuación del desarrollo de tono. En lo que se refiere al sobremuestreo puede observarse en la práctica una tasa de sobremuestreo de 8x suficiente para buenos resultados para la mayoría de las señales, dependiendo en este caso un aumento de la tasa de sobremuestreo (y en este caso una mejora del resultado en particular en el caso de altas frecuencias) solo del rendimiento de cálculo.

Un perfeccionamiento particularmente interesante y preferente del concepto de la "síntesis constructiva" consiste en el llamado "muestreo constructivo". Partiendo del procedimiento de la generación de formas de onda que cambian mediante interpolación/aproximación modificable basada en puntos de control puede estar previsto en concreto partir del resultado a la inversa. En este caso una representación automática de una forma de onda cambiante temporalmente ya existente podría derivarse como aproximación a través de algoritmos.

Los puntos de control determinados se representan a continuación de manera preferente en una unidad de representación o pantalla y pueden procesarse desde allí de manera regular. Esto significa que en una primera fase los puntos de control generados automáticamente pueden reelaborarse o el (auto) algoritmo de vectorización subyacente puede reparametrizarse, para reproducir de la manera más precisa posible el resultado medido. Además de ello, y esto es la ventaja propiamente dicha en comparación con el muestreo convencional, puede modificarse de manera precisa el resultado en fases posteriores, para generar nuevos timbres partiendo de la vivencia de sonido escuchada. De la mezcla de muestreo y síntesis constructiva resulta de esta manera una herramienta novedosa para el diseño de sonido.

Otro perfeccionamiento preferido es la síntesis constructiva espectral. En este caso se tiene en consideración que existen diferentes posibilidades para la interpretación de las formas de onda. El dominio temporal forma la forma de onda de manera análoga al movimiento de la membrana del altavoz. Esto quiere decir, que muestra la oscilación de la membrana (negativa o positiva) en relación con el tiempo, esta representación describe la apariencia de la forma de onda. De esta manera pueden emitirse enunciados precisos sobre descargas transitorias, pero solo enunciados generales sobre las frecuencias contenidas (tonos parciales).

De manera alternativa pueden tenerse en consideración también señales del dominio de frecuencia, las cuales separa la señal en tonos parciales y sus amplitudes. En el dominio de frecuencia pueden emitirse enunciados precisos sobre los tonos parciales contenidos. Mediante DFT (del inglés *Discrete Fourier Transform*, transformada discreta de Fourier) o síntesis aditiva puede transformarse del dominio de frecuencia una señal en el dominio temporal, que puede controlar entonces directamente la membrana de altavoz.

En el caso de la síntesis constructiva puede usarse una forma de onda sintetizada constructivamente para representar tonos parciales de una DFT. En dependencia del tono a emitir, la DFT requiere una pluralidad  $x$  de valores de magnitud y de amplitud, representando cada valor de magnitud una frecuencia con un múltiplo del tono a emitir y cada valor de fase un desplazamiento de fase (en relación con 0 grados de un coseno). Dado que la forma de onda constructiva se presenta en forma continua, puede someterse a muestreo a intervalos cualesquiera, de manera que de esta forma puede representarse cualquier tono, el cual pueda representarse mediante una cantidad par de muestras. Para tonos, los cuales no tienen una cantidad par de tonos, se trabaja entonces preferentemente mediante sobremuestreo, procedimientos de interpolación o de ventana. De manera alternativa puede calcularse en relación con el tono deseado la siguiente cantidad de potencia de base dos más alta de muestras, y de esta manera puede aprovecharse un algoritmo (FFT) (del inglés, *Fast Fourier Transform*, transformada rápida de Fourier) optimizado. En la práctica se observa en general que el rodeo a través de la FFT tiene sentido. La transformación en el dominio temporal se lleva a cabo entonces, en dependencia del tono a emitir cada vez con mayor frecuencia mediante "dejar en blanco", mediante FFT (o DFT) de alta resolución. Esto tiene el efecto de que las formas de onda resultantes para tonos en aumento se presenten en forma con cada vez mayor sobremuestreo y de esta manera sea posible una lectura sin efectos de aliasing.

Mediante este modo de proceder, es decir, la síntesis constructiva en el dominio de frecuencia, el usuario obtiene un sistema constructivo, con el cual puede especificarse de manera precisa la distribución de tonos parciales y sus cambios temporales dentro de una señal. Esto puede ser ventajoso en dependencia de la situación con respecto a la representación de dominios temporales, dado que el usuario trabaja con una herramienta, la cual compone la forma

de onda de tonos parciales comprensibles musicalmente. Puede transformarse también en una configuración particularmente ventajosa una forma de onda de dominio temporal constructiva mediante la FFT descrita en primer lugar en el dominio temporal y a continuación modificarse las magnitudes y las fases resultantes mediante otras formas de onda constructivas antes de la transformación inversa que se ha descrito más arriba. Esto refleja entonces el modo de proceder habitual de por ejemplo un sintetizador substractivo, en cuyo caso el oscilador (forma de onda de dominio temporal) se modifica mediante un filtro (formas de onda de dominio de frecuencia).

Una configuración muy particularmente preferente y considerada inventiva también de forma autónoma, del concepto mencionado, es la generación de la forma de onda o de los segmentos de forma de onda mediante superposición aditiva o constructiva de componentes individuales, los cuales se generan por su parte preferentemente según el concepto mencionado de la generación mediante combinación lineal de funciones básicas adecuadas. Éstas pueden equiparse en otra configuración ventajosa adicionalmente con parámetros, los cuales permiten relacionar componentes individuales con otros componentes. En una síntesis basada en componentes de este tipo se ponen a disposición los componentes mencionados preferentemente a modo de componentes o módulos estandarizados, de los cuales pueden componerse las formas de onda. Los componentes representan de esta manera por su parte módulos o elementos de onda para la síntesis de la forma de onda y se componen por su parte a modo de una superposición de las funciones básicas. Las formas de onda compuestas de los componentes se usan entonces de manera preferente como oscilador para la generación de la señal de audio y como modulador para la generación de señales de control. Los componentes mencionados se eligen de manera conveniente de tal manera que con ellos pueden formarse de manera sencilla resultados, los cuales aparecen típicamente en señales de audio digitales generadas sintéticamente.

A continuación se describen los componentes particularmente preferentes, los cuales se usan preferentemente en la transformación automática del concepto según la invención. En dependencia del fin de uso pueden ser eventualmente también ventajosos sin embargo otros componentes. De manera preferente se usan los componentes que siguen a continuación, teniendo cada componente de generación de señal (a excepción del componente de ruido) una frecuencia, fase y amplitud independientes. La frecuencia es en este caso siempre relativa con respecto a una frecuencia de base, la cual es indicada por el usuario mediante una señal de control. Como elementos de onda de los componentes se ponen a disposición de manera particularmente preferente para un acceso facilitado (de manera preferente a modo de una biblioteca):

#### 1. Un componente de oscilador

El componente de oscilador está concebido como elemento de onda constructivo cambiante, el cual puede considerarse como oscilador propiamente dicho. Además de los parámetros de los puntos de control y de sus atributos existen un desplazamiento de frecuencia, un desplazamiento de fase y un parámetro de atributo modificables mediante señales de control. El desplazamiento de frecuencia ha de verse aquí como relativo a la frecuencia de base a emitir. Típicamente se dan varios de estos componentes en la generación de un sonido completo.

#### 2. Un componente de desplazamiento

Este componente consiste de manera preferente por su parte en una forma de onda constructiva, la cual indica sin embargo una modificación de frecuencia dependiente de la fase de la frecuencia de base, de uno o de varios de los demás componentes de oscilador o de escalera (elemento de onda objetivo). Un multiplicador de frecuencia, el cual en dependencia de la frecuencia de base multiplica la frecuencia de la forma de onda objetivo, permite que puedan modificarse elementos de onda objetivo longitudinalmente durante el tiempo. En lo que al resultado se refiere este proceso es parecido a una modulación de frecuencia. Un barrido del multiplicador de frecuencia permite realizar efectos de sincronización de fase. Dado que estas modificaciones de frecuencia se usan durante la generación de forma de onda constructiva, cada uno de estos efectos están limitados por banda, siempre y cuando se siga el principio de la transformación de Fourier, como se ha descrito anteriormente.

#### 3. Un componente de envolvente

De manera parecida a los componentes de desplazamiento este componente consiste por su parte en una forma de onda constructiva, la cual, en dependencia de la fase de la frecuencia de base, escala la amplitud de los componentes de onda objetivo. De esta manera puede generarse por ejemplo una envolvente, la cual permite una modulación de frecuencia sincronizada en fase con la frecuencia de base, del elemento de onda objetivo, sin que resulten discontinuidades en los límites de la frecuencia de base.

#### 4. Un componente de escalera

A diferencia del componente de oscilador, este elemento de onda básico no se basa en una forma de onda constructiva, se especifica mediante un editor de barrido, el cual permite representar de manera eficiente formas con cantos duros. Adicionalmente a los parámetros de desplazamiento de frecuencia, desplazamiento de fase y amplitudes, tiene un filtro de paso bajo de 1 polo variable, con el cual puede ajustarse el grado de precisión, el cual ha de introducirse en la señal mediante los cantos duros.

5. Un componente de ruido

Este componente genera ruido blanco o rosa y ofrece de esta manera la posibilidad de mezclar una señal sin tono (sin patrón recurrente). Tiene de manera preferente adicionalmente una funcionalidad de muestra y de registro, la cual permite consultar nuevos valores de ruido solo en intervalos de tiempo determinados. Esto es interesante en particular en lo que se refiere al contexto de modulación. Este componente tiene finalmente también un filtro de paso bajo de 2 polos, con el cual pueden atenuarse por ejemplo los pasos de muestra y de registro.

6. Un componente de filtro espectral

Este componente consiste por su parte en una forma de onda constructiva, la cual se usa sin embargo en el dominio de frecuencia. Además de los parámetros de punto de control y de sus atributos no tiene más atributos. De manera similar al componente de desplazamiento y al componente de envolvente puede usarse en los componentes de oscilador y los componentes de escalera. Los componentes de onda objetivo se transforman para el uso basado en el tono deseado actualmente, en el dominio de frecuencia, y la forma de onda del componente de filtro, que se presenta de manera preferente con alta resolución con independencia del tono, se distribuye mediante preferentemente integración trapezoidal de forma multiplicativa en el espectro de magnitudes resultante.

7. Un componente de desplazamiento de fase espectral

Este componente se comporta de forma análoga al componente de filtro espectral, con la diferencia de que su forma de onda se distribuye de manera aditiva en el espectro de fase de la(s) forma(s) de onda objetivo.

8. Un componente maestro

Este componente comprende de manera preferente un parámetro para el escalado de amplitudes y/o un parámetro para la especificación del llamado comportamiento de recorte de la señal mezclada final.

El resultado de la suma de componentes es la forma de onda. De manera alternativa puede multiplicarse también el flujo de valores de componentes individuales para generar una modulación anular. Dentro de los componentes de la forma de onda la señal de salida de los componentes individuales puede usarse por su parte para modular los puntos de control y los parámetros en los otros componentes. En el caso del oscilador esta modulación se produce de manera preferente en tasas de audio y permite procedimientos habituales como FM, AM, también entre los componentes, etc. Además de ello, las fases de los componentes también pueden sincronizarse entre sí y permiten de esta manera por ejemplo una fase sync.

Un concepto de síntesis de este tipo basado en componentes permite además de ello un concepto nuevo, particularmente ventajoso y considerado igualmente inventivo de manera autónoma, para la visualización de señales de audio, que se explicará a continuación con mayor detalle.

Los procedimientos de visualización habituales se desarrollan basándose en la forma de onda resultante escuchada, es decir, en la señal de audio como un todo, no pudiendo llevarse a cabo una diferenciación entre componentes individuales del flujo de señal. Los procedimientos de visualización habituales permiten normalmente sólo el reconocimiento de frecuencias, por ejemplo, con la ayuda de transformación de Fourier, así como el reconocimiento de descargas transitivas. Una representación, la cual se deriva de componentes individuales del flujo de señal, permite por su parte “construir” una visualización teniendo en consideración el flujo de señal de base del sonido producido. Mediante selección de los correspondientes flujos de valores dentro del flujo de señal el observador puede darse cuenta a través del ojo de determinados procedimientos del sonido. De esta manera puede configurarse por ejemplo un flujo de audio que se mantenga igual solo mediante el estímulo visual, el cual resalta diferentes procedimientos en la composición del flujo de audio, variado para aquel que escucha o el observador. De ello resulta una comprensión de sonido más exacta, la cual tanto en el contexto de diseño de sonido, como también en el contexto de la experiencia del sonido, es ventajosa.

Un “visualizador constructivo” de este tipo no ha de entenderse como un instrumento externo y dispuesto sobre un flujo de audio, sino como una herramienta integrada en el flujo de audio, la cual permite una “escucha articulada”. Un oído inexperto escucha un sonido de manera menos diferenciada que uno experto, además de ello, el oído puede focalizarse en determinadas partes de un sonido. Mediante el estímulo visual puede ahora dirigirse la atención hacia detalles del sonido y “guiarse” la focalización de todos los observadores/oyentes hacia un determinado elemento.

Para una visualización de este tipo está previsto de manera particularmente preferente:

1. La posibilidad de acceder a componentes individuales dentro de un flujo de señal.
2. Un procedimiento, el cual de los flujos de señal detectados produce un resultado interrelacionado visual o que puede percibirse de manera sensomotriz de cualquier otra manera.

Los procedimientos de visualización de audio habituales no permiten acceder a flujos de valores individuales dentro del flujo de señal. Como flujo de señal de obtiene normalmente solo la señal final. Esta señal se usa entonces para analizarla y para visualizar los conocimientos del análisis de manera adecuada. Dado que este análisis considera la

señal como un todo no es posible extraer un elemento individual, el cual se haya usado para la construcción del flujo de audio.

5 El "visualizador constructivo" pone en práctica los dos puntos que se han mencionado anteriormente. En primer lugar se accede a componentes individuales dentro del flujo de señal, haciéndose uso preferentemente de los procedimientos de interpolación o de aproximación usados en la síntesis de la señal de audio. En el segundo paso preferentemente previsto un procedimiento de visualización integrado forma una geometría compleja cambiante y teñida de colores mediante los flujos de señal a los cuales se ha accedido.

10 En la síntesis constructiva basada en componentes que se ha descrito arriba es posible acceder a componentes individuales del flujo de señal en cualesquiera componentes o reconstruir mediante puntos de control asignados a los mismos. Estos componentes contienen informaciones adicionales como la frecuencia y la fase de los flujos de valores salientes. Forman la base para la realización de la visualización expresiva, la cual se describe a continuación.

15 En general puede accederse en cada sistema a componentes individuales del flujo de señal siempre y cuando se pongan a disposición mediante una interfaz. Mediante la síntesis constructiva basada en componentes se da no obstante la ventaja particular de que los parámetros necesarios para la generación de los componentes individuales para los correspondientes segmentos de onda, en concreto los puntos de control y sus atributos y eventualmente los otros parámetros de los componentes, se encuentran a disposición y/o están archivados, de manera que el resultado de la síntesis y su desarrollo temporal están definidos por completo basándose en el estado de señal de control presente actualmente. De esta manera puede visualizarse además del resultado escuchado, también una  
20 proyección del resultado que aún será escuchado, el cual se adapta en todo momento mediante el estado de modulación actual. En el caso de procedimientos convencionales, por ejemplo basados en convolución, esto no es posible, ya que un paso futuro es dependiente de la entrada anterior y de esta manera no puede predecirse.

25 Una posibilidad particularmente preferente de visualizar los flujos de valores de componentes seleccionados dentro del flujo de señal se describe a continuación. Esta visualización preferente tiene como objetivo en particular la realización de una geometría unitaria y que cambia temporalmente y que cambia de color de las señales a las cuales se ha accedido y/o proyectadas, de los componentes. Para llevar a cabo la visualización se procede en este caso preferentemente de la siguiente manera:

Como puntos de partida sirven un espacio tridimensional y una cantidad definible de vértices. Cada vértice tiene una coordenada X, Y y Z (dimensiones) y se asocia con un valor rojo, verde y azul (canales de color).

30 Para cada dimensión y para cada canal de color puede accederse a o pueden determinarse señales del flujo de señal mediante los presentes parámetros, las cuales definen los valores de la dimensión o del canal de color seleccionados. En lugar de una señal seleccionada o proyectada puede predeterminarse opcionalmente para ello también un desarrollo lineal o un valor constante. De esta manera, la malla, la cual se genera mediante los vértices, tiene la posibilidad teórica de adoptar cualquier tipo de forma tridimensional y color. Las dimensiones/canales de  
35 color individuales pueden escalarse independientemente entre sí y la totalidad de la malla puede rotarse y desplazarse en el espacio tridimensional alrededor de cualquier eje. Este escalado, rotación y desplazamiento pueden modificarse también temporalmente a través de señales de control o señales de manejo.

40 El objetivo preferente es visualizar la modificación de los flujos de valores a los cuales se ha accedido y/o proyectados, durante el tiempo, independientemente de sus frecuencias de base, para que durante la totalidad de un periodo pueda trabajarse en un paso y de esta manera sea posible una determinación independientemente de la frecuencia. Para ello se pone a disposición de manera preferente la información de la frecuencia de la señal en los componentes. De manera alternativa, en particular para el caso de que la información de frecuencia no se encuentre a disposición de manera explícita, puede determinarse también analíticamente.

45 Para ofrecer también la posibilidad en relación con el estado momentáneo, de visualizar al mismo tiempo flujos de valores pasados y/o futuros, se usa de manera ventajosa para cada dimensión y para cada canal de color un amplificador buffer bidimensional, una dimensión para el periodo del flujo de valores y la segunda dimensión para el tiempo.

El mapeo de la señal a la cual se ha accedido en una amplificación de dimensiones/canal de color puede producirse en este caso de las siguientes maneras:

50 1. Cascada en movimiento

En este caso se escribe la señal a la cual se ha accedido en la primera fila del amplificador buffer. Todas las demás filas se desplazan hacia atrás y la última fila se suprime. Esto puede realizarse de manera eficiente en forma de un amplificador buffer circular.

55 2. Cascada estacionaria

En este caso se escribe la señal a la cual se ha accedido en la primera fila enésima del amplificador buffer, incrementándose n cada vez. En caso de que n supere el número de filas vuelve a llevarse a cero.

### 3. Interpolación 2D

En este caso se accede para cada dimensión del amplificador buffer a una señal individual y los valores se generan mediante interpolación bilineal.

5 Para realizar el mapeo de señales a las cuales se ha accedido en las diferentes dimensiones/canales de color, se usan de manera preferente sombreadores de vértice y de fragmento, los cuales son puestos a disposición por el estándar OpenGL. Los sombreadores de vértice y de fragmento pueden acceder a fuentes de datos bidimensionales (texturas). Esta posibilidad se usa para generar la geometría. Para cada dimensión y para cada canal de color se genera una textura dedicada. Cada textura tiene el mismo tamaño (#x-valores\*#y-valores) y ésta determina también la cantidad de los vértices disponibles. Las texturas se mapean de tal manera sobre los vértices, que cada t́xel (un punto en la textura) identifica un vértice. El sombreador de vértice puede leer ahora para cada vértice una posición mediante el correspondiente t́xel de la textura de la correspondiente dimensión. Lo mismo es válido para el sombreador de fragmentos, rellenando éste las superficies entre los vértices con valores de color, los cuales se derivan mediante interpolación de los valores de color de los t́xeles de los vértices circundantes.

15 De esta manera se da la posibilidad de generar mediante texturas bidimensionales cualquier forma tridimensional y color concebible.

En general puede decirse lo siguiente sobre las dimensiones:

- cuando todas las dimensiones son constantes resulta un punto.
- Cuando dos dimensiones son constantes puede resultar una línea.
- Cuando una dimensión es constante y una es lineal, pueden generarse gráficos x-y.
- 20 - Cuando una dimensión es constante pueden dibujarse cualesquiera líneas/curvas/círculos.
- Cuando dos dimensiones son lineales pueden generarse campos de altura/topografías.
- Cuando una dimensión es lineal pueden generarse por ejemplo formas de tipo tubo flexible.
- Cuando ninguna dimensión es constante o lineal pueden generarse por ejemplo formas de tipo tubo flexible curvadas (donuts).

25 Lo mismo tiene validez básicamente también para los canales de color.

Mediante la visualización mencionada basada en la síntesis constructiva basada en componentes es posible de esta manera representar determinadas características del sonido escuchado de forma exactamente sincronizada temporalmente y resaltada visualmente. Dado que los estímulos visuales pueden centrar la atención en determinados detalles en un sonido, esta visualización permite una escucha más intensiva y exacta. Además de ello, las posibilidades de expresión son ilimitadas, dado que puede generarse cualquier geometría concebible. Este es un uso atractivo tanto para el productor como también para el oyente, el cual no pueden ofrecer los procedimientos posteriores y no integrados en el flujo de señal. Naturalmente la geometría generada de esta manera puede modificarse en gran medida en otro paso de procesamiento posterior mediante por ejemplo algoritmos de procesamiento de imagen basados en convolución o retroalimentación.

35 Las ventajas logradas con la invención consisten en particular en que mediante la síntesis constructiva mediante el uso de la separación por segmentos de la forma de onda en una combinación lineal de funciones básicas, se logra una transparencia particular y también una manejabilidad con respecto a la naturaleza de la forma de onda. Debido a ello se logran entre otras, modificaciones de e influencias en la forma de onda, teniéndose en consideración también su desarrollo o comportamiento posterior, las cuales no son posibles con los procedimientos hasta el momento. Con respecto a los conceptos conocidos hasta el momento, que pueden verse como procedimientos de "caja negra", puede denominarse la síntesis constructiva prevista ahora como procedimiento de "caja blanca", en cuyo caso el usuario tiene completa transparencia en lo que se refiere a la forma de onda resultante y específica de manera explícita su forma y modificación temporal. En la puesta en práctica automatizada preferente el usuario funciona además de ello como generador de "caja gris", en cuanto que define parámetros dentro de la caja blanca, los cuales se encuentran a disposición fuera de la caja blanca. De esta manera puede controlarse a través de parámetros el comportamiento de la caja blanca definido por el usuario, como en el caso de procedimientos de síntesis convencionales. Sin embargo, el usuario tiene en este caso la posibilidad de la visualización de la caja blanca y puede entender y modificar los procedimientos interiores durante el procedimiento de generación del sonido y sus parámetros.

50 La ventaja de este modo de proceder es la libertad de configuración ilimitada en lo que se refiere a la definición de la forma de onda y su modificación temporal. Pueden generarse resultados, los cuales no están previstos o no son posibles con los parámetros de los procedimientos de caja negra.

Un ejemplo de realización de la invención se explica con mayor detalle mediante un dibujo. En este muestran:

La FIG. 1 un sintetizador para la generación sintética de una señal de audio digital, y

55 Las FIGS. 2 – 9 en cada caso una secuencia en una unidad de indicación del sintetizador representado según la FIG. 1 y forma de onda allí editada.

Las mismas partes están provistas en todas las figuras de las mismas referencias.

El sintetizador 1 según la FIG. 1 comprende una unidad central 2, en particular un ordenador, en el cual puede producirse el procesamiento de un llamado oscilador o de una forma de onda, que en dependencia de la adaptación deseada en lo que se refiere al tono, el timbre o demás efectos musicales, puede modificarse en dependencia de la necesidad. El oscilador o la forma de onda se generan de la construcción de funciones básicas parciales y puntos de control en el contexto del sistema (componentes, modificaciones temporales, etc.), el cual está memorizado en el conjunto de datos en la memoria 4. Dado que los puntos de control pueden evaluarse de manera continua, la construcción resultante puede evaluarse también de manera continua. Por este motivo es posible un muestreo de la construcción de base en cualquier frecuencia y de esta manera pueden generarse cualesquiera tonos. El muestreo se produce con una tasa de muestreo constante y los valores muestreados, eventualmente tras limitación de banda espectral y procesamiento posterior, se memorizan con una profundidad de bits constante en una memoria 4 y/o se emiten directamente como señal de audio digital, la cual se transforma en un convertidor digital-analógico postconectado 10 en una señal de audio analógica. La señal de audio analógica se usa entonces para el control de la unidad de altavoces 12 postconectada y se suministra a ésta.

El sintetizador 1 está configurado precisamente para posibilitar al usuario un acceso particularmente sencillo e intuitivo para la modificación y la conformación creativa de la forma de onda puesta a disposición del muestreo. Para ello hay asignada a la unidad central 2 una unidad de procesamiento 20, es decir, en particular un editor, a través de la cual es posible una modificación o un procesamiento del oscilador leído en la unidad central o de la forma de onda que se encuentra en la unidad central 2. A la unidad central 2 hay unida además de ello una unidad de indicación 22, es decir, en particular una pantalla o un monitor, a través de la cual se indica directamente el procesamiento de la forma de onda presente y se hace comprensible para el usuario. En el ejemplo de realización la unidad de procesamiento 20 está configurada como una unidad separada, no unida con la unidad de indicación 22. De manera alternativa puede estar integrada no obstante también en una configuración particularmente preferente en la unidad de indicación 22, en particular mediante configuración como pantalla táctil.

Para facilitar particularmente el procesamiento de la forma de onda y para posibilitar también efectos nuevos, por ejemplo, mediante extrapolación de valores o similares, se pone a disposición la forma de onda para el procesamiento en la unidad central 2 de una manera particularmente sencilla de procesar. Para ello se divide la forma de onda en una pluralidad de segmentos de onda que se suceden temporalmente, de manera que la forma de onda puede obtenerse en particular mediante composición de los segmentos de onda que se suceden temporalmente (o en caso de procesamiento en el dominio de frecuencia en la frecuencia). Cada segmento de onda se representa en este caso a modo de un fraccionamiento matemático mediante una combinación lineal específica de segmento de una pluralidad de funciones básicas y puntos de control, usándose en el ejemplo de realización como funciones básicas los particularmente preferentes polinomios cúbicos, o dicho con otras palabras, funciones polinomiales de tercer grado. Los coeficientes lineales para cada segmento de onda se eligen en el ejemplo de realización basado en interpolación de manera que el correspondiente segmento de onda presenta en sus límites de segmento en cada caso valores límite de amplitud y gradientes predeterminables y modificables.

De esta manera son posibles una modificación o un procesamiento guiados por el usuario, de la forma de onda, mediante una modificación correspondiente de los correspondientes coeficientes lineales, de manera que con una cantidad comparativamente limitada de parámetros pueden llevarse a cabo también modificaciones de alta complejidad.

La cantidad de los segmentos en este fraccionamiento de la forma de onda puede ser también predeterminada y modificada por el usuario. En este caso puede tenerse en consideración en particular si o en qué medida se presentan o han de presentarse secciones dentro de la forma de onda, las cuales han de caracterizarse por una determinada característica o un determinado comportamiento; puede ser conveniente para el usuario asignar a este tipo de secciones individualizadas dentro de la forma de onda en cada caso un segmento de onda propio, de manera que sea posible una modificación precisa y selectiva de la correspondiente sección.

Se muestran ejemplos de este tipo de formas de onda modificables en forma de secuencias de capturas de imagen o de capturas momentáneas de la unidad de indicación 22 en las FIGS. 2 a 9. La forma de onda que se representa allí en cada caso como línea de amplitud 30 comprende los segmentos de onda 32, los cuales pasan en sus límites de segmento 34 en los llamados puntos de acceso 36 al correspondiente segmento de onda 32 adyacente. Los coeficientes lineales para cada segmento de onda 32 se eligen en un ejemplo de realización particularmente preferente de tal manera que el correspondiente segmento de onda 32 presenta en sus límites de segmento 34 en cada caso un gradiente de límite predeterminable y modificable. Los valores límite de amplitud y los gradientes de límite pueden modificarse directamente en este caso a través de la unidad de procesamiento 20, es decir, en particular a través de la pantalla táctil, en cuando que los puntos de acceso 36 se eligen y se introducen los correspondientes valores a través de un menú relacionado con el contexto o un editor relacionado con el contexto.

Los valores límite de amplitud y los gradientes de límite pueden modificarse adicionalmente de forma temporal para la modificación directa por parte del usuario, también en correspondencia con una función de modulación memorizada en la memoria 4. En este caso podrían estar previstas por ejemplo una modificación periódica de los correspondientes parámetros a modo de una oscilación o también una modificación lineal en el sentido de una

ampliación continua del correspondiente parámetro o cualesquiera otras modificaciones.

En el ejemplo de realización está previsto en este caso en una configuración muy particularmente preferente que la correspondiente función de modulación se componga por su parte de una pluralidad de segmentos de onda que se suceden temporalmente, en cada caso por una combinación lineal específica de segmento de una pluralidad de funciones básicas y puntos de control, eligiéndose en el ejemplo de realización los coeficientes lineales para cada segmento de onda de tal manera que el correspondiente segmento de onda presenta en sus límites de segmento en cada caso valores límite de amplitud y/o gradientes de límite predeterminables y modificables. Tras una modificación de un valor límite de amplitud y/o de un gradiente de límite han de calcularse de nuevo los coeficientes lineales para el segmento de onda delimitado por éstos.

Mediante las secuencias representadas en las FIGS. 2 a 9 se representan a modo de ejemplo algunas modificaciones posibles. Éstas pueden usarse de manera individual o en una combinación cualquiera entre sí para la modificación conforme a los deseos y creativa de la forma de onda.

En la secuencia según la FIG. 2 se representa en este caso el ejemplo de la modificación de la forma de onda mediante desplazamiento horizontal de un punto de control o de acceso 36. En el estado inicial según la FIG. 2a se representa la forma de onda presente en este caso en forma de línea de amplitud 30 en este caso en lo que se refiere al eje x o de fase periódica a modo de una configuración simétrica y comprende dos segmentos de onda 32, los cuales están unidos por su límite de segmento 34 común a través del punto de control o de acceso 36 y pasan uno a otro. En la unidad central 2 se calcula en cada uno de los segmentos de onda 32 que se suceden temporalmente, de los cuales se compone la forma de onda, mediante un polinomio cúbico específico de segmento, es decir, una combinación lineal específica de segmento de una pluralidad de polinomios usados como funciones básicas, la línea de amplitud 30 en el correspondiente segmento de onda 32 y se representa en la unidad de indicación. De esta manera se define matemáticamente en cada segmento de onda 32 la parte de forma de onda que le corresponde y se caracteriza mediante una cantidad comparativamente reducida de cuatro coeficientes (es decir, los coeficientes lineales para los polinomios hasta tercer orden). Con éstos puede describirse el correspondiente segmento de onda 32 para el estado actual, en caso necesario no obstante también extrapolarse el futuro. De esta manera se genera dentro de cada segmento de onda 32 la correspondiente "forma de onda parcial" de forma constructiva o aditiva mediante superposición lineal de una pluralidad de polinomios previstos como funciones de onda básicas.

Los coeficientes lineales para cada segmento de onda 32 se eligen en este caso de tal manera que la línea de amplitud 30 presenta en el correspondiente segmento de onda 32 en sus límites de segmento 34 en cada caso valores límite de amplitud que pueden ser predeterminados y modificados. En el punto de paso definido por el punto de control o de acceso 36 representado en la FIG. 2c, entre los segmentos de onda 32 adyacentes, se eligen éstos en el ejemplo representado de forma adecuada para un paso continuo entre los segmentos de onda 32 adyacentes.

Para la modificación de la forma de onda, por ejemplo, para la puesta en práctica de efectos artísticos o creativos, puede desplazarse el punto de control o de acceso 36 mediante la unidad de procesamiento 20 o puede especificarse mediante el menú de contexto un desplazamiento automático mediante señales de control. En correspondencia con ello se calculan de nuevo y se determinan los coeficientes lineales de los polinomios cúbicos en los segmentos de onda 32, para reproducir de manera correcta la configuración modificada. La forma de onda modificada de esta manera se pone a disposición a continuación mediante su definición matemática a través de la síntesis constructiva para el muestreo previsto para la generación de sonido.

En la secuencia según la FIG. 2 se representa una modificación de la función de onda mediante desplazamiento del punto de control o de acceso 36 en dirección x, en correspondencia con el eje temporal de la función de onda. En comparación con la FIG. 2a, la FIG. 2b representa en este caso la función de onda tras el desplazamiento del punto de control o de acceso 36 hacia la izquierda, la FIG. 2c por el contrario hacia la derecha. Un desplazamiento de este tipo en dirección x significa por lo demás también que el límite entre los segmentos de onda 32 se desplaza en cada caso, es decir, que en lo que se refiere al tiempo en cada caso uno de los segmentos de onda 32 abarca tras el desplazamiento una parte en cada caso mayor del intervalo temporal de la función de onda en general. En correspondencia se representa en la secuencia según la FIG. 3 una modificación de la función de onda mediante desplazamiento del punto de control o de acceso 36 en dirección y, en correspondencia con la amplitud de la función de onda. En comparación con la FIG. 3a, la FIG. 3b representa en este caso la función de onda tras el desplazamiento del punto de control o de acceso 36 hacia arriba, la FIG. 3c por el contrario hacia abajo. Un desplazamiento de este tipo en dirección y significa esencialmente una correspondiente modificación de la amplitud de la función de onda en general.

Los coeficientes lineales de los polinomios cúbicos en los segmentos de onda 32 están elegidos por un lado de tal manera que el correspondiente segmento de onda 32 presenta en sus límites de segmento 34 los valores límite de amplitud en cada caso predeterminables, que pueden ser modificados eventualmente a través de los puntos de control o de acceso 36. Los coeficientes lineales de los polinomios cúbicos para cada segmento de onda 32 se eligen no obstante también además de ello de tal manera que el correspondiente segmento de onda 32 presenta en sus límites de segmento 34 en cada caso un gradiente de límite predeterminable. Éste puede ser modificado de manera individual por el usuario, lo cual en el ejemplo de realización se posibilita mediante configuración adecuada

5 del editor mediante una rotación del correspondiente punto de control o de acceso 36 en su totalidad o también de manera independiente para cada límite de segmento 34. Un ejemplo de una rotación de este tipo del punto de control o de acceso 36, en cuyo caso en el límite de segmento 34 entre los segmentos de onda 32 se modifican en cada caso entre sí a ambos lados los gradientes de límite, se muestra en la secuencia según la FIG. 4. La secuencia según la FIG. 5 muestra con respecto a ello un ejemplo de que los gradientes de límite a ambos lados del límite de segmento 34 entre los segmentos de onda 32 se modifican por separado entre sí. Una modificación separada de este tipo, de los gradientes de límite, da como resultado una modificación del ángulo en el punto de control o de acceso 36.

10 La cantidad de los puntos de control o de acceso 36, y con ello la cantidad de los segmentos de onda 32, de los cuales se componen la función de onda, puede de igual manera ser modificada por el usuario. Un ejemplo de la adición o de la supresión de puntos de control o de acceso 36, y con ello la modificación de la cantidad de los segmentos de onda 32, se representa en la secuencia según la FIG. 6.

15 Mediante una superposición adecuada pueden editarse y modificarse de manera análoga también modulaciones de una función de onda como tal. Se representan ejemplos de ello en las secuencias según la FIG. 7 (modulación de amplitud de una forma de onda constructiva mediante desplazamiento de un punto de control o de acceso 36 de otra forma de onda constructiva) y la FIG. 8 (modulación de frecuencia de una forma de onda constructiva mediante rotación de un punto de control o de acceso 36 de otra forma de onda constructiva).

**Lista de referencias**

- 20 1 Sintetizador
- 2 Unidad central
- 4 Memoria
- 10 Convertidor digital-analógico
- 12 Unidad de altavoces
- 20 Unidad de procesamiento
- 25 22 Unidad de indicación
- 30 30 Línea de amplitud
- 32 Segmento de onda
- 34 Límite de segmento
- 36 Punto de acceso

30

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la generación sintética de una señal de audio digital mediante el uso de valores de amplitud de una forma de onda calculados de manera recurrente, la cual está determinada por un desarrollo dependiente de fase periódica o de frecuencia, formada por aproximación o interpolación entre una pluralidad de puntos de control formados por pares de valores de amplitudes-fase periódica, magnitudes-frecuencia o fases-frecuencia, pudiendo modificarse los puntos de control en sus valores de parámetro y/u otros atributos mediante correspondientes señales de control asignadas, y poniéndose a disposición para el cálculo de los valores de amplitud la aproximación o la interpolación de los puntos de control determinados por las señales de control presentes actualmente.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el cual los valores de amplitudes, de magnitudes o de fases de los puntos de control por un lado y los valores de fase periódica o de frecuencia de los puntos de control por otro lado, pueden modificarse de manera en cada caso independiente entre sí mediante señales de control asignadas individualmente.
3. Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2, en el cual los demás atributos de los puntos de control pueden modificarse respectivamente mediante señales de control asignadas de manera individual independientemente de los valores de amplitudes o de magnitudes o de fases y/o de los valores de fase periódica o de frecuencia de los puntos de control.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el cual para la aproximación o la interpolación del desarrollo entre los puntos de control se usan interpolación basada en polinomio, curvas de Bézier, b-splines o NURBS, adaptándose las condiciones marco del procedimiento de interpolación en caso de una modificación de los puntos de control y/o de sus atributos.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el cual la forma de onda se compone de una pluralidad de segmentos de onda (32) definidos en cada caso por una combinación lineal específica de segmento de una pluralidad de funciones básicas que se suceden dentro de una fase periódica o de una banda de frecuencia, estando unidos los segmentos de onda (32) por sus límites de segmento (34) a través en cada caso de uno de los puntos de control con el segmento de onda (32) adyacente en cada caso, y determinándose para cada segmento de onda (32) aquellos coeficientes lineales con los cuales el correspondiente segmento de onda (32) presenta en sus límites de segmento (34) en el marco del correspondiente punto de control valores marginales de amplitud o de magnitud o de fase predeterminables y modificables, y determinándose durante el cálculo recurrente de los valores de cada uno de los coeficientes lineales actualizados para el correspondiente segmento de onda (32) y poniéndose a disposición para el cálculo de los valores.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, en el cual para cada segmento de onda (32) se determinan y se ponen a disposición para el cálculo de los valores en el siguiente periodo de cálculo, aquellos coeficientes lineales con los cuales el correspondiente segmento de onda (32) presenta en sus límites de segmento (34) en cada caso un gradiente de límite predeterminable y modificable.
7. Procedimiento según las reivindicaciones 5 o 6, en el cual se usan como funciones básicas funciones polinomiales, preferentemente de tercer grado.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones a 1 a 4, en el cual la forma de onda se compone de una pluralidad de segmentos de onda (32) definidos cada uno por una combinación lineal específica de segmento de una pluralidad de funciones básicas y puntos de control, que se suceden dentro de una fase periódica o de una banda de frecuencia, estando unidos los segmentos de onda (32) por sus límites de segmento (34) en la proximidad de cada uno de los puntos de control con el segmento de onda correspondiente adyacente, y poniéndose a disposición durante el cálculo recurrente de los valores en cada caso a la combinación lineal de los puntos de control actuales las funciones básicas asignadas.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el cual la forma de onda se representa para fines de procesamiento en una unidad de indicación (22).
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, en el cual los puntos de control pueden modificarse a través de un dispositivo de introducción (20).
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10, en el cual los puntos de control se modifican temporalmente en correspondencia con una función de modulación memorizada en una unidad de almacenamiento (4).
12. Procedimiento según la reivindicación 11, en el cual la función de modulación se genera por su parte mediante el uso de valores de amplitud calculados de manera recurrente de una forma de onda, la cual está determinada por un desarrollo de amplitud en un intervalo predeterminado, formado por aproximación o interpolación entre una pluralidad de puntos de control formados por pares de valores de amplitudes-fases periódicas o amplitudes-frecuencia, dependiente de fase periódica o de frecuencia, pudiendo modificarse los puntos de control en sus valores de parámetro y/u otros atributos mediante señales de control asignadas en cada caso y poniéndose a

disposición para el cálculo de los valores de amplitudes la interpolación de los puntos de control determinados por las señales de control presentes actualmente.

13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 12, en el cual están previstas al menos dos señales de control independientes entre sí.

FIG. 1

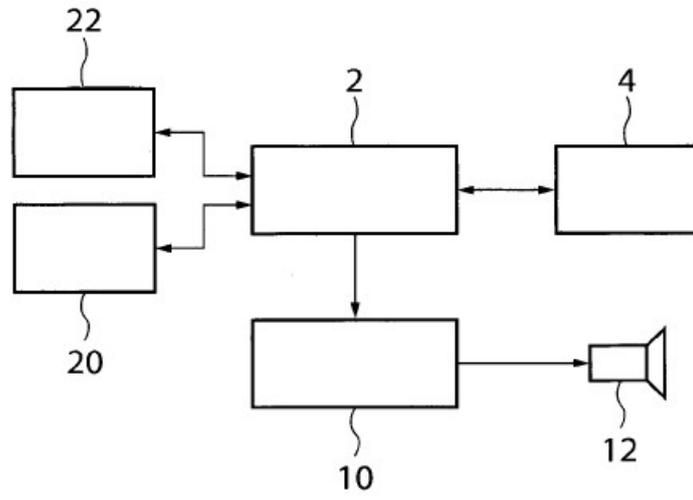


FIG. 2

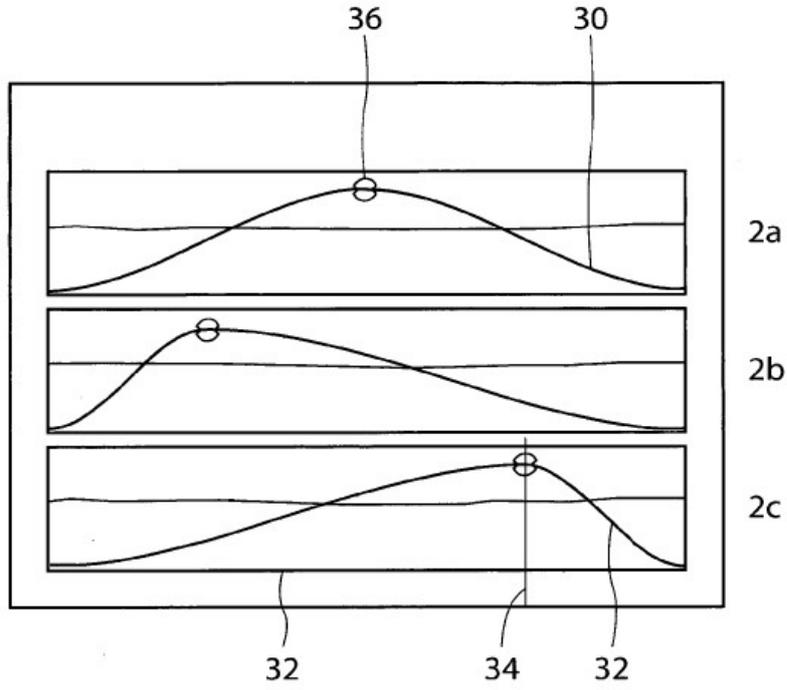


FIG. 3

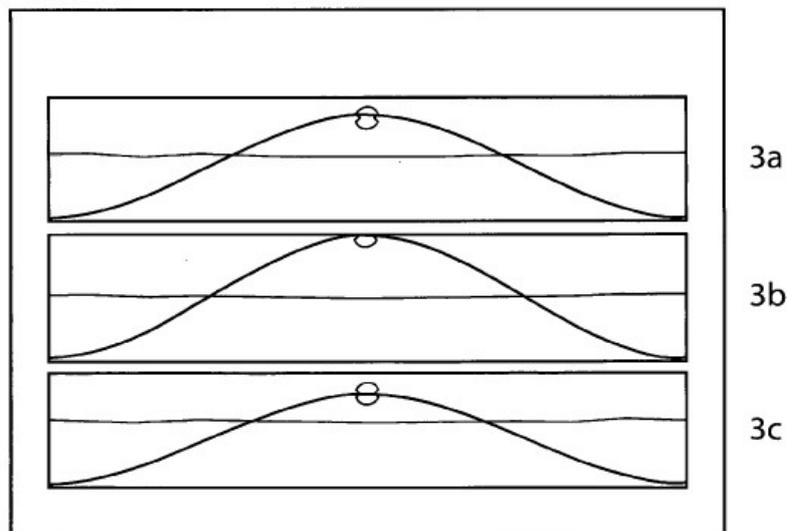


FIG. 4

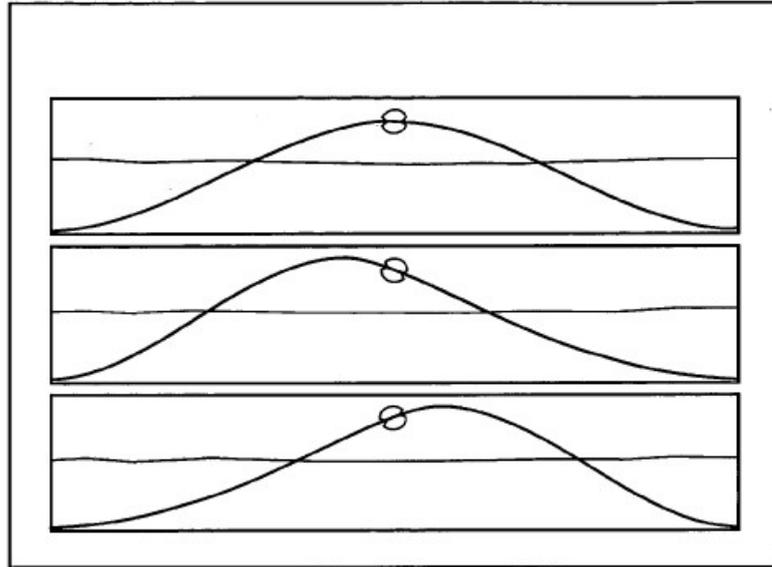


FIG. 5

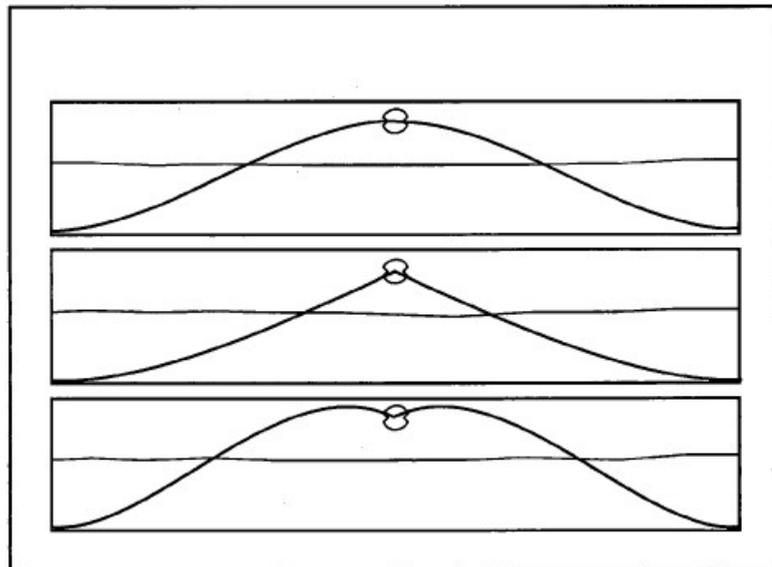


FIG. 6

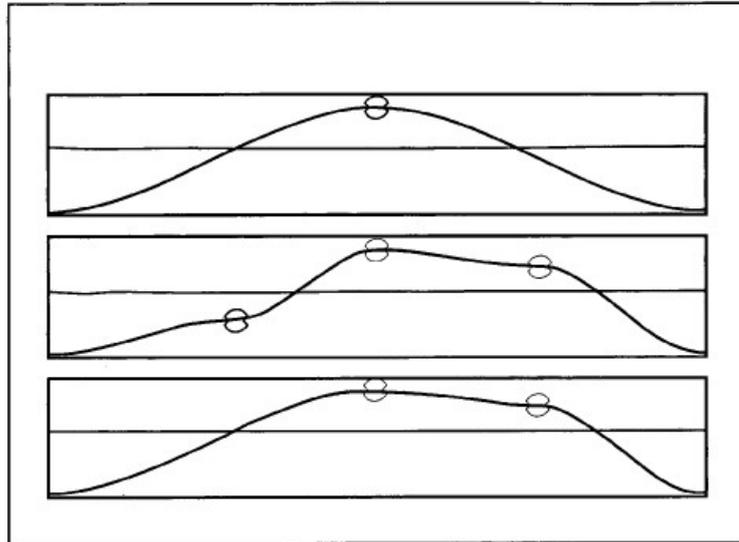


FIG. 7

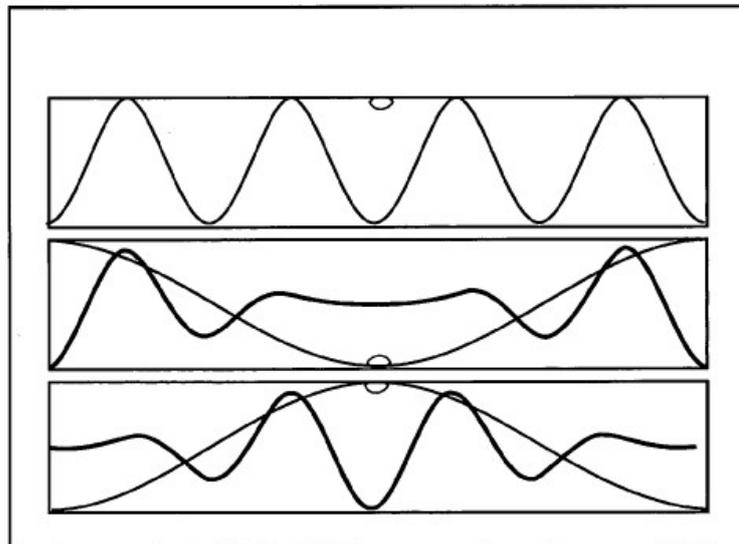


FIG. 8

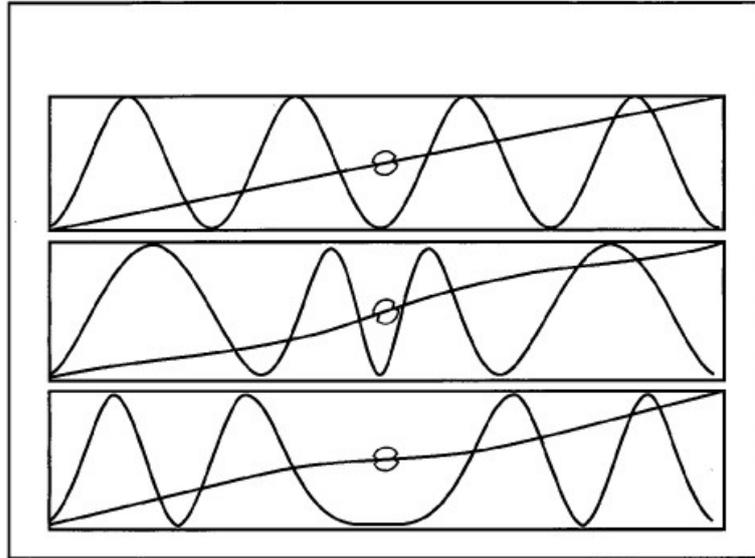


FIG. 9

