

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 613 494**

51 Int. Cl.:

H04M 9/08 (2006.01)

G10K 11/16 (2006.01)

G10L 21/0208 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.05.2014 PCT/US2014/037041**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.11.2014 WO2014182751**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.05.2014 E 14730310 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.01.2017 EP 2982101**

54 Título: **Reducción de ruido**

30 Prioridad:

08.05.2013 GB 201308247
29.08.2013 US 201314013919

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.05.2017

73 Titular/es:

MICROSOFT TECHNOLOGY LICENSING, LLC
(100.0%)
One Microsoft Way
Redmond, WA 98052, US

72 Inventor/es:

DE VICENTE PENA, JESUS y
AHGREN, PER

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 613 494 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

Reducción de ruido

5 **Antecedentes**

Los sistemas de comunicaciones permiten a los usuarios comunicarse entre sí por una red. La red puede ser, por ejemplo, Internet o la red telefónica pública conmutada (PSTN). Las señales audio pueden ser transmitidas entre nodos de la red, para que por ello los usuarios puedan transmitir y recibir datos audio (tal como datos de voz) uno a otro en una sesión de comunicación por el sistema de comunicaciones.

Un dispositivo de usuario puede tener un medio de entrada audio tal como un micrófono que puede ser usado para recibir señales audio tal como voz de un usuario. El usuario puede entrar en una sesión de comunicación con otro usuario, tal como una llamada privada (con solamente dos usuarios en la llamada) o una llamada de conferencia (con más de dos usuarios en la llamada). La voz del usuario se recibe en el micrófono, es procesada y a continuación es transmitida por una red a los otros usuarios en la llamada. El dispositivo de usuario también puede tener medios de salida audio tal como altavoces para enviar a un usuario de extremo próximo señales audio que son recibidas por la red de un usuario de extremo lejano durante una llamada. Tales altavoces también se pueden usar para emitir señales audio de otras aplicaciones que son ejecutadas en el dispositivo de usuario, y que pueden ser captadas por el micrófono como señales audio indeseadas que perturbarían las señales de voz del usuario de extremo próximo.

Además de las señales audio del usuario, el micrófono también puede recibir otras señales audio, tal como ruido de fondo, que son indeseadas y que pueden perturbar las señales audio recibidas del usuario. El ruido de fondo puede contribuir a la perturbación de la señal audio recibida en el micrófono del usuario de extremo próximo para transmisión en la llamada a un usuario de extremo lejano. Otra dificultad que puede surgir en un sistema acústico es el "silbido". El silbido es un efecto indeseado que surge de realimentación acústica en el sistema. Puede ser producido por varios factores y surge cuando la ganancia de sistema es alta.

US 2012/207327 A1 se refiere a un método de reducir el ruido en una señal recibida en una etapa de procesado de un sistema acústico que incluye, en la etapa de procesado, identificar al menos una frecuencia que hace que una ganancia de sistema del sistema acústico sea superior a una ganancia de sistema media del sistema acústico; proporcionar un factor de atenuación de ruido para reducir el ruido en la señal para la al menos única frecuencia, basándose el factor de atenuación de ruido para la al menos única frecuencia en la ganancia de sistema para dicha frecuencia; y aplicar el factor de atenuación de ruido a un componente de la señal en dicha frecuencia.

WO 2010/106469 A1 se refiere a un sistema de procesado que incluye un sistema operativo que proporciona una interfaz a funciones de hardware para aplicaciones de una capa de aplicación. El sistema operativo incluye un controlador de entrada audio que recibe datos de entrada audio de una entrada audio de hardware y proporciona datos de entrada audio procesados a la capa de aplicación. Una función de bucle audio del sistema de procesado proporciona datos de bucle audio a la capa de aplicación donde los datos de bucle audio son datos de salida audio para enviar por un puerto de salida de hardware. Una función de enlace de capa de aplicación recibe los datos de bucle audio y los envía al controlador de entrada audio que procesa los datos de entrada audio en respuesta a los datos de bucle audio.

45 **Resumen**

Este resumen se ofrece al objeto de presentar de forma simplificada una selección de conceptos que se describen mejor más adelante en la descripción detallada. Este resumen no tiene la finalidad de identificar elementos clave o características esenciales de la materia reivindicada, ni tiene la finalidad de ser usado para limitar el alcance de la materia reivindicada.

Se facilita un método de reducir el ruido en un sistema acústico incluyendo un primer terminal de usuario y al menos otro terminal de usuario. El primer terminal de usuario recibe una señal audio del al menos único terminal de usuario adicional por una red de comunicaciones. El primer terminal de usuario incluye una unidad de procesado en la que se ejecuta una aplicación cliente de comunicación. La aplicación cliente de comunicación está configurada de modo que, cuando sea ejecutada en la unidad de procesado, suministre la señal audio a un módulo de procesado de señal audio del primer terminal de usuario, donde el módulo de procesado de señal audio procesa la señal audio, por lo que se aplica un nivel de ganancia a la señal audio, y envía una señal audio procesada a medios de salida audio del primer terminal de usuario. La aplicación cliente de comunicación está configurada de modo que, cuando se ejecute en la unidad de procesado, estime un nivel de ruido de la señal audio y la señal audio procesada y estime la ganancia aplicada por el módulo de procesado de señal audio en base a una relación de las estimaciones de nivel de ruido. La aplicación cliente de comunicación también está configurada de modo que, cuando se ejecute en la unidad de procesado, aplique selectivamente un paso de reducción de ganancia de sistema a al menos una de la señal audio y una señal audio de extremo próximo recibida mediante medios de entrada audio del primer terminal de usuario, en base a al menos la ganancia estimada aplicada por el módulo de procesado de señal audio.

El método puede ser usado en una llamada (por ejemplo, una llamada que implementa protocolo de voz por Internet (VoIP) para transmitir datos audio entre dispositivos de usuario) en cuyo caso la señal audio puede ser una señal de extremo lejano recibida del extremo lejano de la llamada, y la señal recibida incluye el eco resultante y una señal de extremo próximo para transmisión al extremo lejano de la llamada.

Breve descripción de los dibujos

Para una mejor comprensión de las realizaciones descritas y para mostrar cómo la misma se puede llevar a cabo, ahora se hará referencia, a modo de ejemplo, a los dibujos siguientes en los que:

La figura 1a representa una ilustración esquemática de un sistema de comunicaciones.

La figura 1b es un diagrama de función esquemático de una técnica de estimación de ganancia.

La figura 2 es un diagrama esquemático de bloques de un dispositivo de usuario.

La figura 3 es un diagrama funcional esquemático de una técnica de estimación de ganancia.

Y la figura 4 es un diagrama de flujo para un proceso de aplicar selectivamente reducción de ganancia de sistema.

Descripción detallada

Ahora se describirán realizaciones a modo de ejemplo solamente.

La figura 1a representa un sistema de comunicaciones 100 incluyendo un primer usuario 102 ("Usuario A") que está asociado con un primer dispositivo de usuario 104 y un segundo usuario 108 ("Usuario B") que está asociado con un segundo dispositivo de usuario 110. En otras realizaciones, el sistema de comunicaciones 100 puede incluir cualquier número de usuarios y dispositivos de usuario asociados. Los dispositivos de usuario 104 y 110 pueden comunicar por la red 106 en el sistema de comunicaciones 100, permitiendo por ello que los usuarios 102 y 108 comuniquen uno con otro por la red 106. El sistema de comunicaciones 100 representado en la figura 1 es un sistema de comunicaciones basado en paquetes, pero se podría usar otros tipos de sistema de comunicaciones. La red 106 puede ser, por ejemplo, Internet. Cada uno de los dispositivos de usuario 104 y 110 puede ser, por ejemplo, un teléfono móvil, una tableta, un ordenador portátil, un ordenador personal ("PC") (incluyendo, por ejemplo, Windows™, Mac OS™ y Linux™ PCs), un dispositivo de juego, una televisión, un asistente digital personal ("PDA") u otro dispositivo embebido capaz de conectar con la red 106. El dispositivo de usuario 104 está dispuesto para recibir y enviar información de y al usuario 108 del dispositivo de usuario 110. El dispositivo de usuario 104 incluye medios de salida tal como una pantalla y altavoces. El dispositivo de usuario 104 también incluye medios de entrada tal como un teclado, una pantalla táctil, un micrófono para recibir señales audio y/o una cámara para capturar imágenes de una señal vídeo. El dispositivo de usuario 104 está conectado a la red 106.

El dispositivo de usuario 104 ejecuta una instancia de un cliente de comunicación, proporcionado por un proveedor de software asociado con el sistema de comunicaciones 100. El cliente de comunicación es un programa de software ejecutado en un procesador local en el dispositivo de usuario 104. El cliente realiza el procesamiento requerido en el dispositivo de usuario 104 para que el dispositivo de usuario 104 transmita y reciba datos por el sistema de comunicaciones 100.

El dispositivo de usuario 110 corresponde al dispositivo de usuario 104 y ejecuta, en un procesador local, un cliente de comunicación que corresponde al cliente de comunicación ejecutado en el dispositivo de usuario 104. El cliente en el dispositivo de usuario 110 realiza el procesamiento requerido para que el usuario 108 pueda comunicar por la red 106 de la misma forma que el cliente en el dispositivo de usuario 104 realiza el procesamiento requerido para que el usuario 102 pueda comunicar por la red 106. Los dispositivos de usuario 104 y 110 son puntos finales en el sistema de comunicaciones 100. La figura 1 representa solamente dos usuarios (102 y 108) y dos dispositivos de usuario (104 y 110) para claridad, pero muchos más usuarios y dispositivos de usuario pueden estar incluidos en el sistema de comunicaciones 100, y pueden comunicar por el sistema de comunicaciones 100 usando respectivos clientes de comunicación ejecutados en los respectivos dispositivos de usuario.

Tanto el primer dispositivo de usuario 104 como un segundo dispositivo de usuario 110 pueden realizar cancelación de eco acústico. Hay dos formas principales de lograr cancelación de eco acústico, siendo una la sustracción de eco y siendo la otra la supresión de eco. A menudo se combinan estos dos acercamientos.

Uno de los retos en los sistemas de cancelación de eco es reducir el silbido. El silbido es un síntoma de que hay realimentación con una ganancia de sistema superior a 1 en algún lugar en el espectro de frecuencia. Reduciendo la ganancia de sistema a esta frecuencia, el silbido se parará. Un escenario típico donde el riesgo de silbido es alto es durante una llamada entre dispositivos manos libres. En dicho escenario, la ganancia de sistema (la suma de todas las ganancias en el establecimiento de comunicación en bucle cerrado) puede ser superior a la unidad y por lo tanto

una señal que se pase a través de los canceladores de eco puede circular por el sistema y ser amplificada en cada bucle.

5 El problema del silbido es más relevante para sistemas de cancelación de eco basados en supresión que para sistemas de cancelación de eco basados en sustracción. Incluso así, si un sistema de cancelación de eco basado en sustracción no logra quitar todo el eco, también puede experimentar silbido.

10 La señal audio capturada por el micrófono del primer dispositivo de usuario 104 es transmitida por la red 106 para reproducción por el segundo dispositivo de usuario 110. El micrófono del segundo dispositivo de usuario 110 captura un eco de la señal audio que fue transmitida por el primer dispositivo de usuario 104; si dicho eco no es cancelado por completo, entonces el segundo dispositivo de usuario 110 lo transmite de nuevo al primer dispositivo de usuario 104. Dicha señal recibida es reproducida a través de los altavoces del primer dispositivo de usuario 104 y el micrófono del primer dispositivo de usuario 104 captura un eco. Si el cancelador de eco en el primer dispositivo de usuario 104 no es capaz de quitar completamente dicho eco, la señal de eco es transmitida de nuevo al segundo dispositivo de usuario 110. Si durante dicho bucle, cualquier contenido de frecuencia de la señal audio original ha sufrido una ganancia superior a uno, se producirá una condición de silbido. El término ganancia de sistema usado aquí se refiere a la ganancia que se aplica a una señal audio durante dicho bucle, es decir, la combinación de la ganancia en el primer dispositivo de usuario 104 y la ganancia en el segundo dispositivo de usuario 110.

20 Los dispositivos tienen típicamente un módulo de procesado de señal audio dedicado (tal como una tarjeta de sonido) además de un procesador local en el dispositivo. Este módulo de procesado de señal audio realiza funciones de procesado audio para el dispositivo de usuario tal como conversión analógica a digital (ADC) de señales audio capturadas en un micrófono y conversión digital a analógica (DAC) de señales audio para reproducción desde un altavoz. Para usar el módulo de procesado de señal audio, un sistema operativo (OS) ejecutado en el procesador local en el dispositivo requiere típicamente software específico. Por ejemplo, para usar una tarjeta de sonido, un OS requiere típicamente un controlador específico de tarjeta de sonido (un programa de software que maneja las conexiones de datos entre el hardware físico de la tarjeta de sonido y el sistema operativo).

30 Es común que este software (es decir, los controladores de tarjeta de sonido) introduzcan efectos en la señal reproducida (es decir, la señal a emitir por un altavoz) con el fin de maximizar la experiencia del usuario (por ejemplo, efectos de mejora de sonoridad incluidos en los controladores). Dichos efectos se logran mediante módulos de procesado de señal en el módulo de procesado de señal audio cuya funcionalidad es desconocida para las aplicaciones (es decir, un cliente de comunicación) ejecutadas en un procesador local en el dispositivo que usan el sistema de reproducción disponible en el OS. Sin embargo, algunos sistemas operativos incluyen funcionalidad para realimentar la señal que va a ser reproducida, a la aplicación ejecutada en el procesador local. Los ejemplos de sistemas operativos que incluyen esta funcionalidad son los sistemas operativos de Microsoft Windows 7, 8, XP y Vista Windows Phone 8. Esta señal que es realimentada a la aplicación ejecutada en el procesador local se denomina aquí en adelante una "señal de bucle".

40 El uso de tal módulo de procesado de señal audio dedicado en combinación con un sistema de cancelación de eco introduce algunos problemas. Específicamente, el módulo de procesado de señal audio dedicado cambia la ganancia que se aplica a una señal audio que es enviada por una aplicación ejecutada en el procesador local antes de reproducirse en un altavoz. Este cambio de ganancia es desconocido para la aplicación ejecutada en el procesador local y por ello puede afectar a la ganancia de sistema y aumentar el riesgo de que el cancelador de eco entre en un estado de silbido.

50 Se hace referencia ahora a la figura 1b que representa un esquema simplificado de un dispositivo de usuario en un sistema de comunicaciones donde una señal audio es procesada por hardware dedicado de procesado de señal audio antes de ser reproducida en una señal de altavoz.

Con el fin de evitar el silbido, las ganancias de sistema en el establecimiento de comunicación en bucle cerrado tienen que ser rastreadas y mantenidas por debajo de uno. Para ello, un dispositivo de usuario estima la ganancia introducida por la funcionalidad de procesado de señal implementada en el dispositivo de usuario en un procesador local. La funcionalidad de procesado de señal implementada ejecutando un cliente de comunicación en el procesador local de un dispositivo se representa contenida en el recuadro de trazos de la figura 1b. Como se representa en la figura 1b, la funcionalidad de procesado de señal implementada ejecutando un cliente de comunicación en el procesador local de un dispositivo puede incluir control de ganancia digital, supresión de eco y reducción de ruido. Cada componente de procesado de señal introduce ganancia que contribuye a la ganancia total de sistema. La ganancia introducida por cada componente de procesado de señal se representa por ϕ y se usa para estimación de ganancia de sistema. La estimación de ganancia de sistema también toma en cuenta ganancias de recorrido de eco modeladas usando la señal audio recibida $y(t)$ y una señal de referencia.

65 Para modelar las ganancias de recorrido de eco y estimar el eco capturado por un micrófono, se necesita una señal de referencia. Con referencia a la figura 1b (donde el OS incluye funcionalidad para realimentar la señal que va a ser reproducida, a un cliente de comunicación ejecutado en el dispositivo de usuario), se puede ver que dos señales posibles pueden ser consideradas como señales de referencia.

La primera señal que puede ser considerada una señal de referencia es la señal etiquetada como “señal de extremo lejano”. Esta señal representa la señal audio que un cliente de comunicación envía para salida por un altavoz. Usar la señal de extremo lejano como una referencia tiene la ventaja de que cualquier procesamiento realizado por el módulo de procesamiento de señal audio se toma en cuenta cuando se estima el recorrido de eco. Sin embargo, dado que el procesamiento implementado por el módulo de procesamiento de señal audio es a menudo altamente no lineal y dependiente de señal, es sumamente difícil obtener buenas estimaciones para el eco recorridos que sean válidos.

La segunda señal que puede ser considerada una señal de referencia es la señal etiquetada como “señal de bucle”. Como se ha descrito anteriormente, ésta es la señal que el OS realimenta al cliente de comunicación y que ha sido afectada por el procesamiento que el módulo de procesamiento de señal audio aplica a la señal antes de salir por un altavoz. Usar la señal de realimentación como la señal de referencia evita el problema de forzar la estimación de recorrido de eco para intentar que estime el procesamiento realizado por el módulo de procesamiento de señal audio. Sin embargo, el inconveniente es que la señal a menudo ha sido modificada de forma no lineal de tal manera que las señales de nivel bajo (es decir, de amplitud baja) son amplificadas más que las señales de nivel alto (es decir, amplitud alta), haciendo sumamente difícil usar esta señal para estimar la ganancia de sistema.

Según los métodos aquí descritos, la ganancia introducida por el módulo de procesamiento de señal audio se estima usando los niveles de ruido de la señal de extremo lejano antes de y después del procesamiento. Esta información es utilizada por el sistema de cancelación de eco para asegurar que la ganancia de sistema esté por debajo de uno, y por lo tanto reduce el riesgo de silbido.

Estimando la ganancia aplicada por el módulo de procesamiento de señal audio para al menos una frecuencia, un paso de reducción de ganancia de sistema puede ser aplicado selectivamente por el cliente de comunicación a dicha frecuencia.

Aunque es posible obtener una reducción del silbido atenuando solamente una frecuencia que probablemente predispone el sistema acústico a silbido, es especialmente ventajoso calcular una ganancia local respectiva o una ganancia de sistema del sistema acústico para cada una de una pluralidad de frecuencias en la señal recibida. Esto es debido a que se introducirá un efecto de silbido en el sistema acústico si algún componente de frecuencia de una señal audio en el establecimiento de comunicación en bucle cerrado tiene una ganancia de sistema superior a uno.

En las realizaciones aquí descritas, la ganancia aplicada por el módulo de procesamiento de señal audio es estimada para cada una de una pluralidad de frecuencias, y un paso de reducción de ganancia de sistema puede ser aplicado selectivamente por el cliente de comunicación en cada una de la pluralidad de frecuencias. Así se evita silbido asegurando que las ganancias de sistema para todos los componentes de frecuencia de una señal audio en el establecimiento de comunicación en bucle cerrado sean rastreadas y se mantengan por debajo de uno.

La figura 2 ilustra una vista detallada del dispositivo de usuario 104 en el que se ejecuta una instancia de cliente de comunicación 206 para comunicar por el sistema de comunicaciones 100. El dispositivo de usuario 104 incluye una unidad central de proceso (“CPU”) o “módulo de procesamiento” 202, al que están conectados: dispositivos de salida tal como una pantalla 208, que puede implementarse como una pantalla táctil, y un altavoz (o “parlante”) 210 para enviar señales audio; dispositivos de entrada tales como un micrófono 212 para recibir señales audio, una cámara 216 para recibir datos de imagen, y un teclado 218; una memoria 214 para almacenar datos; y una interfaz de red 220 tal como un módem para comunicación con la red 106. El dispositivo de usuario 104 puede incluir otros elementos distintos de los representados en la figura 2. La pantalla 208, el altavoz 210, el micrófono 212, la memoria 214, la cámara 216, el teclado 218 y la interfaz de red 220 pueden estar integrados en el dispositivo de usuario 104 como se representa en la figura 2. En dispositivos de usuario alternativos, uno o varios de la pantalla 208, el altavoz 210, el micrófono 212, la memoria 214, la cámara 216, el teclado 218 y la interfaz de red 220 pueden no estar integrados en el dispositivo de usuario 104 y pueden estar conectados a la CPU 202 mediante interfaces respectivas. Un ejemplo de tal interfaz es una interfaz USB. Si la conexión del dispositivo de usuario 104 a la red 106 mediante la interfaz de red 220 es una conexión inalámbrica, la interfaz de red 220 puede incluir una antena para transmitir de forma inalámbrica señales a la red 106 y recibir de forma inalámbrica señales de la red 106.

La figura 2 también ilustra un sistema operativo (“OS”) 204 ejecutado en la CPU 202. Sobre el OS 204 se ejecuta el software de la instancia de cliente 206 del sistema de comunicaciones 100. El sistema operativo 204 gestiona los recursos de hardware del ordenador y maneja datos que son transmitidos a y de la red 106 mediante la interfaz de red 220. El cliente 206 comunica con el sistema operativo 204 y gestiona las conexiones sobre el sistema de comunicaciones. El cliente 206 tiene una interfaz de usuario cliente que se usa para presentar información al usuario 102 y para recibir información del usuario 102. De esta forma, el cliente 206 realiza el procesamiento requerido para que el usuario 102 pueda comunicar por el sistema de comunicaciones 100.

Con referencia a las figuras 3 y 4 ahora se describe un método de aplicar selectivamente reducción de ganancia de sistema. La figura 3 es un diagrama funcional de una parte del dispositivo de usuario 104 que representa cómo se implementa un proceso de reducción de ganancia de sistema.

Como se representa en la figura 3, el dispositivo de usuario 104 incluye el altavoz 210, el micrófono 212, y un módulo de procesado de señal 300. El módulo de procesado de señal 300 (representado como el recuadro de trazos en la figura 3) representa la funcionalidad de procesado de señal implementada ejecutando aplicación cliente de comunicación 206 en la CPU 202 del dispositivo 104. El módulo de procesado de señal 300 puede incluir módulos de ganancia digital 302/312, un módulo de modelado 304 incluyendo un módulo filtro, un módulo de estimación de nivel de ruido 306, un módulo de reducción de ruido 308, un módulo de supresión de eco 310 y un módulo de estimación de ganancia de sistema 314. La funcionalidad de procesado de señal implementada ejecutando una aplicación cliente de comunicación 206 puede incluir más o menos funcionalidad que la representada en la figura 3. El dispositivo de usuario 104 incluye además un módulo de procesado de señal audio 209.

La figura 4 es un diagrama de flujo para el proceso de aplicar selectivamente reducción de ganancia de sistema.

Una señal a emitir por el altavoz 210 está acoplada a una entrada del módulo de ganancia digital 302. Una salida del módulo de ganancia digital 302 (denotada "señal de extremo lejano") está acoplada a una entrada del módulo de procesado de señal audio 209. Una salida del módulo de procesado de señal audio 209 está acoplada al altavoz 210. Se deberá indicar que en las realizaciones aquí descritas solamente hay un altavoz (indicado con el número de referencia 210 en las figuras), pero en otras realizaciones puede haber más de un altavoz al que se acopla la señal a emitir (para su emisión). Igualmente, en las realizaciones aquí descritas hay solamente un micrófono (indicado con el número de referencia 212 en las figuras), pero en otras realizaciones puede haber más de un micrófono que reciba señales audio del entorno circundante. La salida del módulo de procesado de señal audio 209 también está acoplada a una primera entrada del módulo de modelado 304 y a una primera entrada del módulo de estimación de nivel de ruido 306. La salida del módulo de ganancia digital 302 está acoplada a una segunda entrada del módulo de estimación de nivel de ruido 306. Una salida del micrófono 212 está acoplada al módulo de procesado de señal 300. En particular, la salida del micrófono 212 está acoplada a una entrada del módulo de reducción de ruido 308. La salida del micrófono 212 también está acoplada a una segunda entrada del módulo de modelado 304. Una salida del módulo de modelado 304 está acoplada a una primera entrada del módulo de estimación de ganancia de sistema 314. Una salida del módulo de estimación de nivel de ruido 306 está acoplada a una segunda entrada del módulo de estimación de ganancia de sistema 314. Una salida del módulo de modelado 304 está acoplada a una primera entrada del módulo de supresión de eco 310. Una salida del módulo de reducción de ruido 308 está acoplada a una segunda entrada del módulo de supresión de eco 310. Una salida del módulo de supresión de eco 310 está acoplada a una entrada del módulo de control de ganancia 312. Una salida del módulo de control de ganancia 312 se usa para proporcionar la señal recibida (con cancelación de eco aplicada) para procesado adicional en el dispositivo de usuario 104.

En el paso S402 se recibe una señal que ha de ser emitida por el altavoz 210. Por ejemplo, la señal a emitir puede ser una señal de extremo lejano que ha sido recibida en el dispositivo de usuario 104 en la interfaz de red 220 del dispositivo de usuario 110 durante una llamada entre los usuarios 102 y 108 por el sistema de comunicaciones 100. En otras realizaciones, la señal a emitir puede recibirse de algún lugar distinto de por el sistema de comunicaciones 100 en una llamada. Por ejemplo, la señal a emitir puede haberse almacenado en la memoria 214 y el paso S402 puede incluir recuperar la señal de la memoria 214.

El módulo de ganancia digital 302 puede aplicar un nivel de ganancia a la señal de extremo lejano antes de que la señal de extremo lejano sea suministrada al módulo de procesado de señal audio 209.

En el paso S404, la señal de extremo lejano es procesada por el módulo de procesado de señal audio 209. Es decir, el módulo de procesado de señal audio 209 realiza conversión digital a analógica (DAC) de la señal de extremo lejano y procesa la señal de extremo lejano según efectos introducidos por software ejecutado en la CPU 204 antes de enviar la señal audio procesada al altavoz 210. El procesado aplicado por el módulo de procesado de señal audio 209 puede ser variable en el tiempo y puede ser diferente para la regiones de voz de regiones con ruido de la señal de extremo lejano. El procesado implementado por el módulo de procesado de señal audio 209 puede incluir compresión, por lo que se aplican ganancias diferentes a la señal de extremo lejano dependiendo del nivel de entrada de la señal de extremo lejano.

En el paso S406, la señal audio que ha sido procesada por el módulo de procesado de señal audio 209 es emitida por el altavoz 210. De esta forma, la señal audio que ha sido procesada por el módulo de procesado de señal audio 209 es emitida al usuario 102.

En el paso S408, el micrófono 212 recibe una señal audio. Como se representa en la figura 3, la señal audio recibida puede incluir una señal de extremo próximo que es una señal deseada o "señal primaria". La señal de extremo próximo es la señal que el usuario 102 intenta que reciba el micrófono 212. Sin embargo, la señal audio recibida también incluye una señal de eco resultante de las señales audio emitidas por el altavoz 210 en el paso S406. La señal audio recibida también puede incluir ruido, tal como ruido de fondo. Por lo tanto, la señal audio recibida total $y(t)$ puede venir dada por la suma de la señal de extremo próximo, el eco y el ruido. El eco y el ruido actúan como interferencia para la señal de extremo próximo. Aunque no se representa en la figura 3, se aplica conversión analógica a digital (ADC) a la señal capturada por el micrófono 212 para llegar a la señal digital $y(t)$.

El módulo de modelado 304 toma como entradas la señal audio emitida (denotada "señal de bucle") y la señal audio recibida $y(t)$. En el paso S410, el módulo de modelado 304 se usa para modelar el recorrido de eco del eco en la señal audio recibida $y(t)$.

5 El recorrido de eco describe los efectos de los recorridos acústicos que recorren las señales audio salidas del altavoz 210 al micrófono 212. La señal audio puede ir directamente desde el altavoz 210 al micrófono 212, o puede ser reflejada por varias superficies en el entorno del terminal de extremo próximo. El recorrido de eco atravesado por la señal audio salida del altavoz 210 puede ser considerado como un sistema que tiene una frecuencia y una respuesta de fase que pueden variar con el tiempo.

Para quitar el eco acústico $s(t)$ de la señal $y(t)$ registrada en el micrófono de extremo próximo 212, hay que estimar cómo el recorrido de eco cambia la señal de salida de altavoz de extremo lejano deseada a un componente de eco indeseado en la señal de entrada.

15 El recorrido de eco $h(t)$ describe cómo el eco en la señal audio recibida $y(t)$ se refiere a la señal de bucle $x(t)$ salida del altavoz 201, por ejemplo, para un recorrido de eco lineal representado por la respuesta de impulso $h(t)$ o su contrapartida en el dominio de frecuencia $H(\omega)$, la ecuación siguiente describe la relación entre el eco y la señal de bucle: $S(\omega)=H(\omega)X(\omega)$ donde $S(\omega)$ se refiere a la respuesta de frecuencia de la señal de eco, $s(t)$, y $X(\omega)$ se refiere a la respuesta de frecuencia de la señal de bucle, $x(t)$. El recorrido de eco también podría variar con el tiempo y, por lo tanto, se pueden hallar diferentes respuestas de frecuencia, $H(\omega)$ en diferentes instancias de tiempo. El recorrido de eco $h(t)$, o su contrapartida $H(\omega)$, puede depender de (i) las condiciones medioambientales actuales que rodean el altavoz 210 y el micrófono 212 (por ejemplo, si hay obstrucciones físicas al paso de la señal audio desde el altavoz 210 al micrófono 212, la presión de aire, la temperatura, el viento, etc), (ii) características del altavoz 210 y/o el micrófono 212 que pueden alterar la señal emitida y/o recibida, y (iii) cualquier otro proceso de la señal que podría no reflejarse en la señal de bucle, por ejemplo, retardos de memoria intermedia.

El módulo filtro 304 modela el recorrido de eco $h(t)$ del recorrido de eco en la señal audio recibida $y(t)$. Esto se realiza típicamente haciendo una estimación del filtro en el dominio de tiempo o en el dominio de frecuencia. Usando dicha estimación y la señal de bucle actual, es posible estimar los parámetros que serán usados por el cancelador de eco. Dichos parámetros podrían ser, por ejemplo, las ganancias de supresión que se aplican al espectro de extremo próximo con el fin de quitar el eco (canceladores de eco en base a supresión) o los parámetros de filtro que producen la estimación de eco que se tiene que restar de la señal de extremo próximo con el fin de quitar el eco (canceladores de eco basados en sustracción). La realización actual está especialmente adaptada para un cancelador de eco basado en supresión, sin embargo, también es posible utilizarla en canceladores de eco basados en sustracción dado que la ganancia de frecuencia introducida por el sustractor de eco se puede estimar.

En cualquier caso, canceladores de eco basados en supresión, sustracción o una versión híbrida de ambas, los parámetros de filtro que son modelados por el módulo filtro 304 se preparan mejor cuando el eco es la parte dominante de la señal audio recibida, que es cuando $y(t)-s(t)$.

La estimación del recorrido de eco se realiza durante actividad de extremo lejano; la actividad de extremo lejano es detectada por un detector de actividad de voz (VAD) (un componente del módulo de procesado de señal 300 no representado en la figura 3) que detecta cualidades a modo de voz en la señal de extremo lejano. Por lo tanto, la estimación del recorrido de eco se basa principalmente en señales de alta energía puesto que éstas son las señales que disparan el VAD. Típicamente, el VAD mantiene un umbral, y las señales de alta energía son aquellas con energía por encima de la cantidad umbral por encima del ruido de fondo, es decir, el umbral que determina si el cuadro actual tiene suficiente energía para disparar el VAD depende del ruido de fondo presente en la señal de extremo lejano. Para usar terminología conocida, hacemos referencia a VAD como al módulo que detecta actividad. Sin embargo, se deberá indicar que este módulo no se limita a detectar señales de voz, sino cualquier señal cuyo eco esperado sea perturbador si pasa a través del cancelador de eco. Como se ha señalado anteriormente, dicho módulo se basa a menudo en detectar señales con una energía más alta que el ruido de fondo. El módulo de estimación de ganancia de sistema 314 está dispuesto para recibir el recorrido de eco estimado del módulo de modelado 304.

Identificar la ganancia introducida por el módulo de procesado de señal audio 209 es posible que el sistema de cancelación de eco asegure que la ganancia de sistema esté por debajo de uno, y por lo tanto reducir el riesgo de silbido. Este proceso se describe ahora.

Dado que el procesado de señal que se aplica a la señal de extremo lejano en el módulo de procesado de señal audio 209 es generalmente variable en el tiempo y dependiente de nivel, es importante seleccionar el tipo apropiado de señales para estimar la contribución del módulo de procesado de señal audio 209 a la ganancia de sistema. Para reducción del silbido, la ganancia se aplica sobre señales de baja energía que son las más relevantes puesto que éstas son las señales que son amplificadas típicamente por los sistemas que experimentan silbido. Con señales de baja energía nos referimos a las señales con una energía comparable al ruido de fondo presente en la señal de extremo lejano. Dado que las señales de baja energía tienen una energía comparable al nivel de ruido de fondo en

la señal de extremo lejano, el VAD en el extremo lejano no se dispara (las señales de baja energía no son detectadas como voz) y el supresor de eco es inactivo durante dichas regiones.

5 El módulo de estimación de nivel de ruido 306 recibe la señal de extremo lejano y la señal de bucle como entradas. En el paso S412, el módulo de estimación de nivel de ruido 306 determina una estimación de nivel de ruido ($NL_{Farena}(f)$) de la señal de extremo lejano (es decir, antes del procesado de señal por el módulo de procesado de señalización externa 209). En el paso S414, el módulo de estimación de nivel de ruido 306 determina una estimación de nivel de ruido ($NL_{Loopback}(f)$) de la señal de bucle (es decir, después del procesado de señal por el módulo de procesado de señalización externa 209). Las posibles técnicas implementadas por el módulo de estimación de nivel de ruido 306 para determinar estimaciones de nivel de ruido $NL_{Farena}(f)$ y $NL_{Loopback}(f)$ son conocidas por los expertos en la técnica y por lo tanto no se explican aquí en detalle.

15 En el paso S416, el módulo de estimación de nivel de ruido 306 estima la ganancia de bucle, $LG(f)$, que es una estimación de la ganancia introducida por el módulo de procesado de señal audio 209 teniendo en cuenta las estimaciones de nivel de ruido $NL_{Farena}(f)$ y $NL_{Loopback}(f)$. Por ejemplo, el módulo de estimación de nivel de ruido 306 puede determinar una relación entre las estimaciones de nivel de ruido $NL_{Farena}(f)$ y $NL_{Loopback}(f)$ con el fin de estimar un valor para la ganancia de bucle, $LG(f)$. Es decir:

$$LG(f) = \frac{NL_{Loopback}(f)}{NL_{Farena}(f)}$$

20 Así, la estimación de la ganancia introducida por el módulo de procesado de señal audio 209 se basa en la relación entre las estimaciones de nivel de ruido de la señal de bucle y de la señal audio que el cliente de comunicación envía para emisión por el altavoz 210.

25 El procesado de señal puede ser realizado en base por cuadro. Los cuadros pueden tener, por ejemplo, entre 5 y 20 milisegundos de longitud y estar divididos en puntos de frecuencia espectral, por ejemplo, entre 64 y 256 puntos por cuadro. Cada punto contiene información acerca de un componente de señal en una cierta frecuencia, o en una cierta banda de frecuencias. Idealmente, para voz, cada cuadro de la señal de extremo lejano es procesada en tiempo real y la ganancia introducida por el módulo de procesado de señal audio para cada punto de frecuencia es estimada para controlar el nivel de ganancia aplicado por la funcionalidad de procesado de señal para dicho punto de frecuencia implementado ejecutando una aplicación cliente de comunicación.

30 Un estimador de ruido estima típicamente el ruido de los períodos de silencio en la señal de voz y, por lo tanto, la estimación de nivel de ruido $NL_{Farena}(f)$ representa las porciones de la señal de extremo lejano que tienen valores de amplitud más baja que tendrán una ganancia alta introducida por alguna funcionalidad de compresor en el módulo de procesado de señal audio 209, y la estimación de nivel de ruido $NL_{Loopback}(f)$ representa las porciones de la señal de bucle que tienen los valores de amplitud más bajos y por ello se les ha aplica una ganancia alta en alguna funcionalidad de compresor en el módulo de procesado de señal audio 209.

40 En particular, la estimación de la ganancia de bucle aplicada por el módulo de procesado de señal audio 209 se implementa usando porciones de la señal de extremo lejano audio que tienen una energía que no dispara el VAD, es decir, que tienen una energía que no excede de una cantidad umbral por encima del nivel de ruido estimado de la señal audio.

45 Identificando la ganancia introducida por el módulo de procesado de señal audio 209 en base a la relación de estos niveles de ruido, la ganancia de sistema, que puede ser usada para controlar la reducción de silbido, puede ser rastreada incluso en regiones sin extremo lejano activo. Además, el módulo de procesado de señal audio 209 puede tener una ganancia que depende del nivel de señal; efectuando seguimiento de la relación de niveles de ruido, es posible estimar la ganancia que se aplica a las señales de nivel bajo, que es la ganancia más relevante para evitar condiciones de silbido.

50 El nivel de ruido de la señal de extremo lejano también es utilizado típicamente por canceladores de eco basados en supresión de eco en el módulo VAD con el fin de determinar si deberán cancelar el eco, o dejar pasar el eco con ruido (cancelar todo el eco que consta solamente de ruido produce típicamente un desvanecimiento excesivo). Por lo tanto es de especial importancia que la ganancia de sistema, y en este caso en particular la ganancia de bucle, sea estimada correctamente con respecto a las señales de nivel bajo, dado que este eco con ruido, por el diseño del cancelador de eco, nunca será cancelado típicamente por el cancelador de eco.

60 Aunque la estimación de ganancia de bucle basada en nivel de ruido no sea una buena estimación de la ganancia de bucle máxima, no obstante es suficiente para asegurar que la ganancia de sistema sea estimada correctamente con relación al ruido, lo que, a su vez, asegura que el ruido no dé lugar a silbido. Si la ganancia real aplicada por el módulo de procesado de señal audio 209 fuese más alta para las señales audio de nivel inferior, esto sería aceptable dado que el ruido en estas señales audio de nivel inferior se producirá raras veces porque, de otro modo, el estimador de ruido cambiaría su estimación hacia dichos niveles bajos.

Además, si la ganancia fuese más alta para señales audio de nivel más alto, esto también sería aceptable dado que la acumulación de silbido para estos niveles de señal será manejada por el supresor de eco 310. Es decir, las señales audio de nivel de entrada alto serán suprimidas por el supresor de eco 310, por lo tanto las señales audio de nivel de entrada alto no serán capaces de disparar el silbido. Sin embargo, el supresor de eco 310 no realizará supresión de eco en las señales de entrada de nivel bajo si no son detectadas como voz y, por lo tanto, este tipo de señales es el que más probablemente introducirá silbido.

El módulo de estimación de nivel de ruido 306 puede realizar la estimación de nivel de ruido que necesitan otros módulos en el módulo de procesado de señal 300, por ejemplo, en el VAD referido anteriormente. Por lo tanto, las realizaciones aquí descritas tienen un costo computacional bajo. Además, los niveles de ruido estacionario son típicamente bastante sencillos y robustos de estimar y por ello las realizaciones aquí descritas también son robustas.

El módulo de estimación de ganancia de sistema 314 está dispuesto para recibir del módulo de estimación de nivel de ruido 306 el valor estimado para la ganancia de bucle $LG(f)$.

En el paso S418, el módulo de estimación de ganancia de sistema 314 está dispuesto para controlar el nivel de ganancia aplicado en la funcionalidad de procesado de señal implementado ejecutando la aplicación cliente de comunicación 206.

En particular, el módulo de estimación de ganancia de sistema 314 se puede disponer de manera que estime la ganancia total introducida en el lado de dispositivo de usuario 104 del establecimiento de comunicación en bucle cerrado. Es decir, el módulo de estimación de ganancia de sistema 314 está dispuesto para estimar la ganancia total introducida en el dispositivo de usuario 104 en base a las ganancias de recorrido de eco estimadas recibidas del módulo de modelado 304, el valor para la ganancia de bucle, $LG(f)$, recibido del módulo de estimación de nivel de ruido 306 y una señal φ_1 . La señal φ_1 representa la ganancia total introducida por la funcionalidad de procesado de señal implementada en el dispositivo de usuario 104 (por ejemplo, las ganancias introducidas por los bloques de control de ganancia digital 302/312, el bloque de reducción de ruido 308, y el módulo de supresión de eco 310). La ganancia total introducida en el lado de dispositivo de usuario 104 del establecimiento de comunicación en bucle cerrado se puede estimar multiplicando todas las ganancias que se aplican en el lado de dispositivo de usuario 104 del establecimiento de comunicación en bucle cerrado.

Como se ha descrito anteriormente, con el fin de evitar el silbido, las ganancias de sistema en el establecimiento de comunicación en bucle cerrado tienen que ser rastreadas y mantenidas por debajo de uno. Usando las ganancias de recorrido de eco estimadas recibidas del módulo de modelado 304, el valor para la ganancia de bucle, $LG(f)$, recibido del módulo de estimación de nivel de ruido 306 y la señal φ_1 , el módulo de estimación de ganancia de sistema 314 es capaz de determinar una estimación de la ganancia introducida en el lado de dispositivo de usuario 104 del establecimiento de comunicación en bucle cerrado.

La estimación de la ganancia introducida en el lado de dispositivo de usuario 104 del establecimiento de comunicación en bucle cerrado variará con la frecuencia.

El módulo de estimación de ganancia de sistema 314 se puede disponer para controlar selectivamente la ganancia aplicada en un módulo de procesado de señal del dispositivo de usuario 104 que contribuye a la ganancia de sistema en base a la estimación determinada de la ganancia introducida en el lado de dispositivo de usuario 104 del establecimiento de comunicación en bucle cerrado con el fin de mantener la ganancia de sistema por debajo de uno. Es decir, incluso sin una indicación de la ganancia introducida en el lado de dispositivo de usuario 110 del establecimiento de comunicación en bucle cerrado, la estimación determinada de la ganancia introducida en el lado de dispositivo de usuario 104 del establecimiento de comunicación en bucle cerrado proporciona una indicación relativa al riesgo de que tenga lugar una condición de silbido.

El módulo de estimación de ganancia de sistema 314 puede estimar la ganancia introducida en el lado de dispositivo de usuario 104 del establecimiento de comunicación en bucle cerrado y compararla con un nivel umbral predeterminado, y si excede del umbral predeterminado, el módulo de estimación de ganancia de sistema 314 es capaz de determinar que es alto el riesgo de que tenga lugar una condición de silbido y de controlar la ganancia aplicada en uno o varios módulos de procesado de señal del dispositivo de usuario 104 que contribuye a la ganancia de sistema. Este nivel umbral predeterminado puede ser por ejemplo un valor mayor o igual a 0,5.

El dispositivo de usuario 104 también puede recibir mediante interfaz de red 220 una señal φ_2 que proporciona una estimación de la ganancia introducida en el lado de dispositivo de usuario 110 del establecimiento de comunicación en bucle cerrado transmitido por la red de comunicaciones 106 del dispositivo de usuario 110. La señal 02 puede ser suministrada al módulo de estimación de ganancia de sistema 314. Recibiendo el recorrido de eco estimado del módulo de modelado 304, el valor para la ganancia de bucle, $LG(f)$, del módulo de estimación de nivel de ruido 306 y las señales φ_1 y φ_2 , el módulo de estimación de ganancia de sistema 314 es capaz de determinar una estimación de la ganancia de sistema del establecimiento de comunicación en bucle cerrado. La ganancia de sistema se puede estimar multiplicando todas las ganancias que se aplican en el sistema.

La estimación de la ganancia de sistema del establecimiento de comunicación en bucle cerrado variará con la frecuencia.

5 El módulo de estimación de ganancia de sistema 314 puede estimar la ganancia de sistema del establecimiento de comunicación en bucle cerrado y compararla con un nivel umbral predeterminado, y si excede del umbral predeterminado, el módulo de estimación de ganancia de sistema 314 es capaz de controlar la ganancia aplicada en uno o varios módulos de procesamiento de señal de dispositivo de usuario 104 que contribuye a la ganancia de sistema. Este nivel umbral predeterminado sería idealmente igual a 1. Sin embargo, puede ser conveniente bajarlo con el fin de tomar en cuenta las posibles inexactitudes en la estimación de cada bloque de ganancias.

15 El módulo de estimación de ganancia de sistema 314 puede controlar la cantidad de ganancia aplicada en el módulo de control de ganancia digital 302 en base a su estimación de la ganancia introducida en el lado de dispositivo de usuario 104 del establecimiento de comunicación en bucle cerrado o su estimación de la ganancia de sistema del establecimiento de comunicación en bucle cerrado.

20 El módulo de estimación de ganancia de sistema 314 puede controlar la cantidad de ganancia aplicada en el módulo de reducción de ruido 308 en base a su estimación de la ganancia introducida en el lado de dispositivo de usuario 104 del establecimiento de comunicación en bucle cerrado o su estimación de la ganancia de sistema del establecimiento de comunicación en bucle cerrado.

25 El módulo de reducción de ruido 308 está dispuesto para bajar el nivel de ruido de la señal de micrófono $y(t)$ sin afectar a la calidad de señal de voz de la señal de micrófono $y(t)$. Varias técnicas de reducción de ruido son conocidas por los expertos en la técnica al objeto de eliminar ruido. La sustracción espectral es uno de estos métodos para mejorar la voz en presencia de ruido. La sustracción espectral usa estimaciones del espectro de ruido y el espectro de voz con ruido para formar una función de ganancia basada en señal a ruido (SNR) que se multiplica con el espectro de entrada para suprimir frecuencias que tienen una SNR baja. Además, dicha ganancia se limita con el fin de evitar distorsiones de voz cuando el ruido es sobresuprimido. La finalidad de este proceso es obtener una señal audio que contenga menos ruido que el original. El módulo de estimación de ganancia de sistema 314 puede controlar la cantidad de ganancia aplicada a la señal de micrófono $y(t)$ en el proceso de sustracción espectral en base a su estimación de la ganancia introducida en el lado de dispositivo de usuario 104 del establecimiento de comunicación en bucle cerrado o su estimación de la ganancia de sistema del establecimiento de comunicación en bucle cerrado.

35 El módulo de estimación de ganancia de sistema 314 puede controlar la cantidad de ganancia aplicada en el módulo de supresión de eco 310 en base a su estimación de la ganancia introducida en el lado de dispositivo de usuario 104 del establecimiento de comunicación en bucle cerrado o su estimación de la ganancia de sistema del establecimiento de comunicación en bucle cerrado.

40 Un módulo filtro en el módulo de modelado 304 estima, en base a la señal de bucle y el recorrido de eco, las contribuciones del componente de eco a la señal de extremo próximo $y(t)$. En una implementación ejemplar, el módulo filtro en el módulo de modelado 304 filtra la señal de bucle $x(t)$ para generar una estimación del componente de eco en la señal de extremo próximo $y(t)$ según la estimación del recorrido de eco.

45 El módulo de supresión de eco 310 está dispuesto para aplicar supresión de eco a las regiones de tiempo-frecuencia de la señal audio recibida $y(t)$ que son dominadas por el eco. La finalidad del supresor de eco 310 es suprimir el eco de altavoz presente en la señal de micrófono, por ejemplo, en un cliente VoIP, a un nivel suficientemente bajo para que no sea observable/perturbador en presencia de los sonidos de extremo próximo (sonidos no eco) captados por el micrófono 212. Los métodos de supresión de eco son conocidos en la técnica. Además, el método de supresión de eco aplicado por el módulo de supresión de eco 310 puede ser implementado de formas diferentes. Como tales, por lo tanto, los detalles exactos del método de supresión de eco no se describen aquí en detalle.

55 El módulo de supresión de eco 310 está dispuesto para recibir como entrada la estimación del componente de eco en la señal de extremo próximo $y(t)$ y la señal de micrófono $y(t)$ después de la reducción de ruido implementado por el módulo de reducción de ruido 308. El módulo de supresión de eco 310 está dispuesto para determinar la potencia del eco estimado y la potencia de la señal de micrófono $y(t)$ después de la reducción de ruido. En el módulo de supresión de eco 310, la potencia de eco estimada se usa juntamente con la potencia determinada de la señal de micrófono $y(t)$, y otras posibles medidas, para formar ganancias de supresión de eco $G(t,f)$ para tiempo t y frecuencia f . Las otras medidas posibles pueden incluir, aunque sin limitación, información acerca de la exactitud del filtro, e información acerca de las no linealidades. Una ganancia de supresión de eco $G(t,f)$ para tiempo t y frecuencia f es la relación de la potencia de la señal de salida a la potencia de la señal de entrada del módulo de supresión de eco 310. Estas ganancias de supresión de eco tienen la finalidad de suprimir cualquier eco $s(t)$ en la señal de micrófono $y(t)$ a un nivel tal que no sean observables en presencia de la señal de extremo próximo en la entrada de micrófono.

65 El módulo de estimación de ganancia de sistema 314 puede controlar el nivel de las ganancias de supresión de eco

en base a su estimación de la ganancia introducida en el lado de dispositivo de usuario 104 del establecimiento de comunicación en bucle cerrado o su estimación de la ganancia de sistema del establecimiento de comunicación en bucle cerrado.

5 El módulo de supresión de eco 310 envía la señal recibida, con el eco que ha sido suprimido, para procesado adicional en el módulo de control de ganancia digital 312.

10 El módulo de estimación de ganancia de sistema 314 puede controlar la cantidad de ganancia aplicada en el módulo de control de ganancia digital 312 en base a su estimación de la ganancia introducida en el lado de dispositivo de usuario 104 del establecimiento de comunicación en bucle cerrado o su estimación de la ganancia de sistema del establecimiento de comunicación en bucle cerrado.

15 La señal salida del módulo de control de ganancia digital 312 puede ser procesada por el cliente 206 (por ejemplo, codificada y paquetizada) y luego transmitida por la red 106 al dispositivo de usuario 110 en una llamada entre los usuarios 102 y 108. Adicional o alternativamente, la señal salida del módulo de control de ganancia digital 312 puede ser usada para otros fines por el dispositivo de usuario 104, por ejemplo, la señal puede ser almacenada en la memoria 214 o usada como una entrada a una aplicación que se ejecute en el dispositivo de usuario 104.

20 En las realizaciones descritas anteriormente, la extracción de eco se implementa en un sistema VoIP (por ejemplo, la señal audio recibida puede incluir voz del usuario 102 para transmisión al dispositivo de usuario 110 durante una llamada entre los usuarios 102 y 108 por el sistema de comunicaciones 100). Sin embargo, el método de estimación de ganancia de bucle descrito aquí se puede aplicar en cualquier sistema adecuado en el que se haya de aplicar reducción de silbido.

25 En las realizaciones descritas anteriormente, el sistema acústico 100 incluye solamente dos dispositivos de usuario. Sin embargo, se apreciará que el método de reducción de silbido en base a estimación de ganancia de bucle aquí descrito puede aplicarse en sistemas acústicos incluyendo más de dos dispositivos de usuario.

30 Los métodos aquí descritos pueden implementarse ejecutando un producto de programa de ordenador (por ejemplo, el cliente 206) en el dispositivo de usuario 104. Es decir, un producto de programa de ordenador puede estar configurado para reducir el ruido en un sistema acústico incluyendo el dispositivo de usuario 104 y al menos otro dispositivo de usuario donde el producto de programa de ordenador se realiza en un medio de almacenamiento legible por ordenador (por ejemplo, almacenado en la memoria 214) y configurado de modo que, cuando se ejecute en la CPU 202 del dispositivo 104, realice las operaciones de alguno de los métodos aquí descritos.

35 En general, cualquiera de las funciones aquí descritas (por ejemplo, los módulos funcionales representados en la figura 3 y los pasos funcionales representados en la figura 4) pueden implementarse usando software, microprogramas, hardware (por ejemplo, circuitería lógica fija), o una combinación de estas implementaciones. Los módulos y los pasos representados por separado en las figuras 3 y 4 pueden implementarse o no como módulos o pasos separados. Los términos "módulo", "funcionalidad", "componente" y "lógica" en el sentido en que se usan aquí, indican en general software, microprogramas, hardware, o su combinación. En el caso de una implementación de software, el módulo, la funcionalidad o la lógica indica código de programa que realiza tareas especificadas cuando se ejecuta en un procesador (por ejemplo, CPU o CPUs). El código de programa puede estar almacenado en uno o varios dispositivos de memoria legibles por ordenador. Las características de las técnicas aquí descritas son independientes de plataforma, lo que quiere decir que las técnicas pueden implementarse en una variedad de plataformas informáticas comerciales que tengan una variedad de procesadores. Por ejemplo, los dispositivos de usuario también pueden incluir una entidad (por ejemplo, software) que haga que el hardware de los dispositivos de usuario realice operaciones, por ejemplo, bloques funcionales de procesador, etc. Por ejemplo, los dispositivos de usuario pueden incluir un medio legible por ordenador que puede estar configurado para mantener instrucciones que hagan que los dispositivos de usuario, y más en concreto el sistema operativo y el hardware asociado de los dispositivos de usuario, realicen operaciones. Así, las instrucciones sirven para configurar el sistema operativo y el hardware asociado para realizar las operaciones y de esta forma dar lugar a la transformación del sistema operativo y del hardware asociado para realizar funciones. Las instrucciones pueden ser proporcionadas por el medio legible por ordenador a los dispositivos de usuario a través de varias configuraciones diferentes.

55 Una configuración de un medio legible por ordenador es un medio de soporte de señal y por ello está configurado para transmitir las instrucciones (por ejemplo, como una onda portadora) al dispositivo informático, tal como mediante una red. El medio legible por ordenador también puede estar configurado como un medio de almacenamiento legible por ordenador y así no es un medio de soporte de señal. Los ejemplos de un medio de almacenamiento legible por ordenador incluyen una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de lectura solamente (ROM), un disco óptico, memoria flash, memoria de disco duro, y otros dispositivos de memoria que pueden usar técnicas magnéticas, ópticas y otras para almacenar instrucciones y otros datos.

65 Aunque la materia se ha descrito en lenguaje específico de los elementos estructurales y/o hechos metodológicos, se ha de entender que la materia definida en las reivindicaciones anexas no se limita necesariamente a los elementos específicos o los hechos descritos anteriormente. Más bien, los elementos específicos y los hechos

descritos anteriormente se describen como formas ejemplares de implementar las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método de reducir ruido en un sistema acústico en bucle cerrado (100) que tiene una ganancia de sistema e incluyendo un primer terminal de usuario y al menos otro terminal de usuario (110), donde el primer terminal de usuario tiene un módulo de procesado de señal audio configurado para procesar señales audio capturadas y/o reproducidas por el terminal, incluyendo el método, en el primer terminal de usuario:
- 5 recibir una señal audio del al menos único terminal de usuario adicional por una red de comunicaciones (106); y
- 10 ejecutar una aplicación cliente de comunicación (206) en una unidad de procesado (202);
- caracterizado porque** la aplicación cliente de comunicación está configurada de modo que, cuando sea ejecutada en dicha unidad de procesado:
- 15 suministre la señal audio al módulo de procesado de señal audio (209) del primer terminal de usuario, donde el módulo de procesado de señal audio procesa la señal audio por lo que se aplica un nivel de ganancia a la señal audio que es desconocido para la aplicación cliente de comunicación, y envía una señal audio procesada a medios de salida audio (210) para ser reproducida por el primer terminal de usuario;
- 20 estimar un nivel de ruido de la señal audio y la señal audio procesada y estimar el nivel de ganancia aplicado por el módulo de procesado de señal audio teniendo en cuenta ambas estimaciones de nivel de ruido; y
- 25 aplicar selectivamente un paso de reducción de ganancia de sistema a al menos una de la señal audio y una señal audio de extremo próximo capturada mediante medios de entrada audio (212) del primer terminal de usuario, en base a al menos el nivel de ganancia estimado aplicado por el módulo de procesado de señal audio.
2. Un método según la reivindicación 1, donde el nivel de ganancia aplicado por el módulo de procesado de señal audio es estimado con respecto a al menos una frecuencia, y el paso de reducción de ganancia de sistema incluye reducir un nivel de ganancia aplicado a al menos una de la señal audio y la señal audio de extremo próximo en dicha frecuencia.
3. Un método según la reivindicación 1 o 2, donde el nivel de ganancia aplicado por el módulo de procesado de señal audio es estimado con respecto a cada una de una pluralidad de frecuencias, y el paso de reducción de ganancia de sistema incluye reducir un nivel de ganancia aplicado a al menos una de la señal audio y la señal audio de extremo próximo en cada una de la pluralidad de frecuencias.
- 35 4. Un método según cualquier reivindicación precedente, donde la aplicación cliente de comunicación está configurada para usar el nivel de ganancia estimado aplicado por el módulo de procesado de señal audio al estimar una ganancia de primer terminal de usuario; teniendo la ganancia de primer terminal de usuario contribuciones del nivel de ganancia estimado aplicado por el módulo de procesado de señal audio, una ganancia de recorrido de eco estimada en el primer terminal de usuario, y una ganancia en cada una de una pluralidad de etapas de procesado implementadas por la aplicación cliente de comunicación; incluyendo además el método comparar la ganancia de primer terminal de usuario con un umbral y aplicar el paso de reducción de ganancia de sistema si se determina que la ganancia de primer terminal de usuario excede de dicho umbral.
- 45 5. Un método según la reivindicación 1, donde la aplicación cliente de comunicación está configurada para usar el nivel de ganancia estimado aplicado por el módulo de procesado de señal audio al estimar la ganancia de sistema del sistema acústico; donde el primer terminal de usuario recibe una indicación de ganancia aplicada en al menos otro terminal de usuario, y la ganancia de sistema tiene contribuciones de la ganancia estimada aplicada por el módulo de procesado de señal audio, una ganancia de recorrido de eco estimada en el primer terminal de usuario, una ganancia en cada una de una pluralidad de etapas de procesado implementadas por la aplicación cliente de comunicación, y la indicación de ganancia aplicada en al menos otro terminal de usuario; incluyendo además el método comparar la ganancia de sistema estimada con un umbral y aplicar el paso de reducción de ganancia de sistema si se determina que la ganancia de sistema estimada excede de dicho umbral.
- 50 6. Un método según cualquier reivindicación precedente, donde el paso de reducción de ganancia de sistema incluye al menos uno de:
- 55 alterar una ganancia digital aplicada a la señal audio;
- 60 alterar una ganancia digital aplicada a la señal audio de extremo próximo;
- alterar una ganancia digital aplicada al reducir el ruido en la señal audio de extremo próximo; y
- 65 alterar una ganancia digital aplicada al suprimir el eco incluido en la señal audio de extremo próximo resultante de dicha señal audio procesada salida.

- 5 7. Un método según cualquier reivindicación precedente, donde la aplicación cliente de comunicación está configurada para estimar el nivel de ganancia aplicado por el módulo de procesado de señal audio en base a una relación de las estimaciones de nivel de ruido.
8. Un método según cualquier reivindicación precedente, donde la estimación del nivel de ganancia aplicado por el módulo de procesado de señal audio se implementa usando porciones de la señal audio que tienen una energía que no excede de una cantidad umbral por encima del nivel de ruido estimado de la señal audio.
- 10 9. Un terminal de usuario (104) incluyendo:
- una interfaz de red (220) dispuesta para recibir una señal audio del al menos único terminal de usuario adicional (110) por una red de comunicaciones (106);
- 15 un módulo de procesado de señal audio (209) configurado para procesar señales audio capturadas y/o reproducidas por el terminal; y
- una unidad de procesado (202) para ejecutar una aplicación cliente de comunicación (206), **caracterizado porque** la aplicación cliente de comunicación está configurada de modo que, cuando sea ejecutada en dicha unidad de procesado, suministre la señal audio al módulo de procesado de señal audio, donde el módulo de procesado de señal audio está dispuesto para procesar la señal audio aplicando por ello un nivel de ganancia a la señal audio que es desconocido para la aplicación cliente de comunicación, y envía una señal audio procesada a un medio de salida audio (210) para ser reproducida por el terminal de usuario;
- 20
- 25 estando dispuesta la unidad de procesado para recibir la señal audio procesada, y la aplicación cliente de comunicación configurada de modo que, cuando sea ejecutada en dicha unidad de procesado:
- estime un nivel de ruido de la señal audio y la señal audio procesada y estime el nivel de ganancia aplicado por el módulo de procesado de señal audio teniendo en cuenta ambas estimaciones de nivel de ruido; y
- 30 aplique selectivamente un paso de reducción de ganancia de sistema a al menos una de la señal audio y una señal audio de extremo próximo capturada mediante un medio de entrada audio (212) del terminal de usuario, en base a al menos el nivel de ganancia estimado aplicado por el módulo de procesado de señal audio.
- 35 10. Un producto de programa de ordenador configurado para reducir el ruido en un sistema acústico en bucle cerrado (100) que tiene una ganancia de sistema e incluyendo un primer terminal de usuario (104) y al menos otro terminal de usuario (110), realizándose el producto de programa de ordenador en un medio de almacenamiento legible por ordenador,
- 40 **caracterizado porque** el producto de programa de ordenador está configurado de modo que, cuando sea ejecutado en un procesador (202) del primer terminal de usuario:
- suministre una señal audio recibida a un módulo de procesado de señal audio (209) del primer terminal de usuario, donde el módulo de procesado de señal audio procesa la señal audio por lo que se aplica un nivel de ganancia a la
- 45 señal audio que es desconocido a la aplicación cliente de comunicación, y envía una señal audio procesada a un medio de salida audio (210) para ser reproducida por el primer terminal de usuario;
- estime un nivel de ruido de la señal audio y la señal audio procesada y estime el nivel de ganancia aplicado por el módulo de procesado de señal audio teniendo en cuenta ambas estimaciones de nivel de ruido; y
- 50 aplique selectivamente un paso de reducción de ganancia de sistema a al menos una de la señal audio y una señal audio de extremo próximo capturada mediante un medio de entrada audio (212) del primer terminal de usuario, en base a al menos el nivel de ganancia estimado aplicado por el módulo de procesado de señal audio.

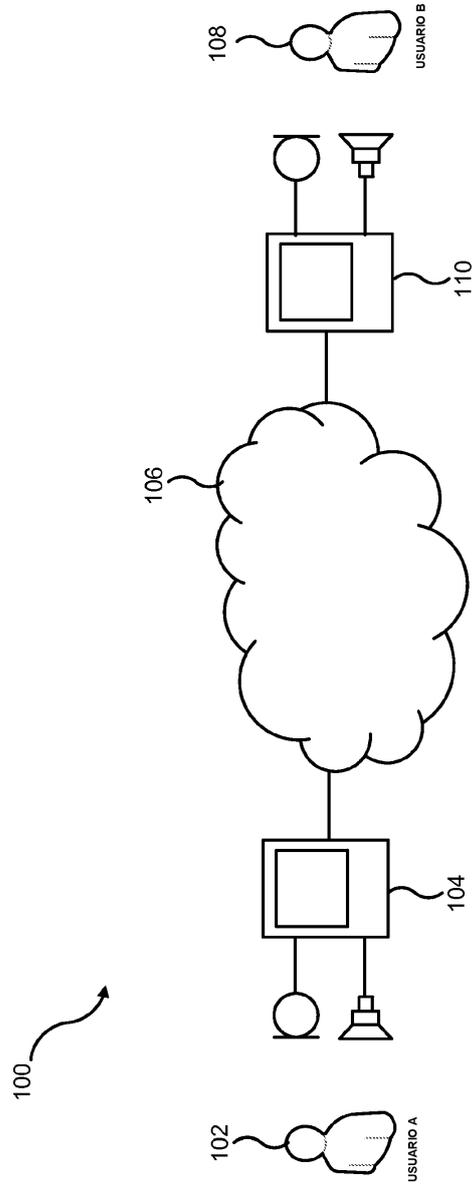


FIG. 1a

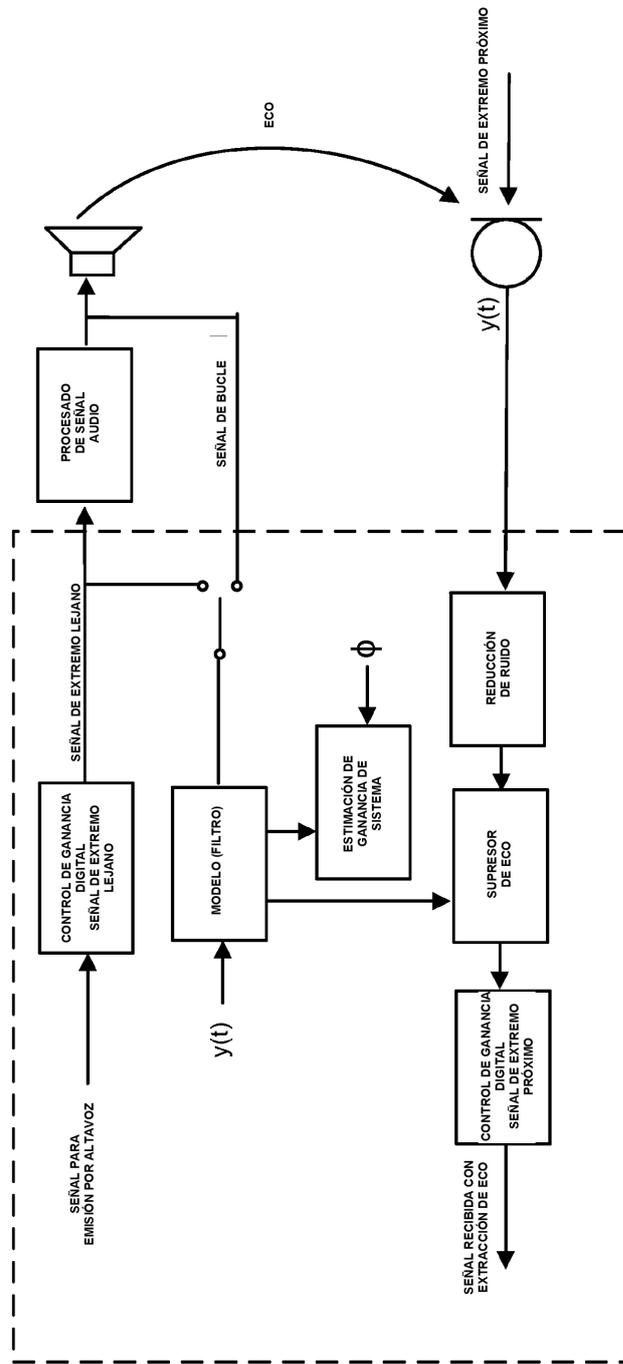


FIG. 1b

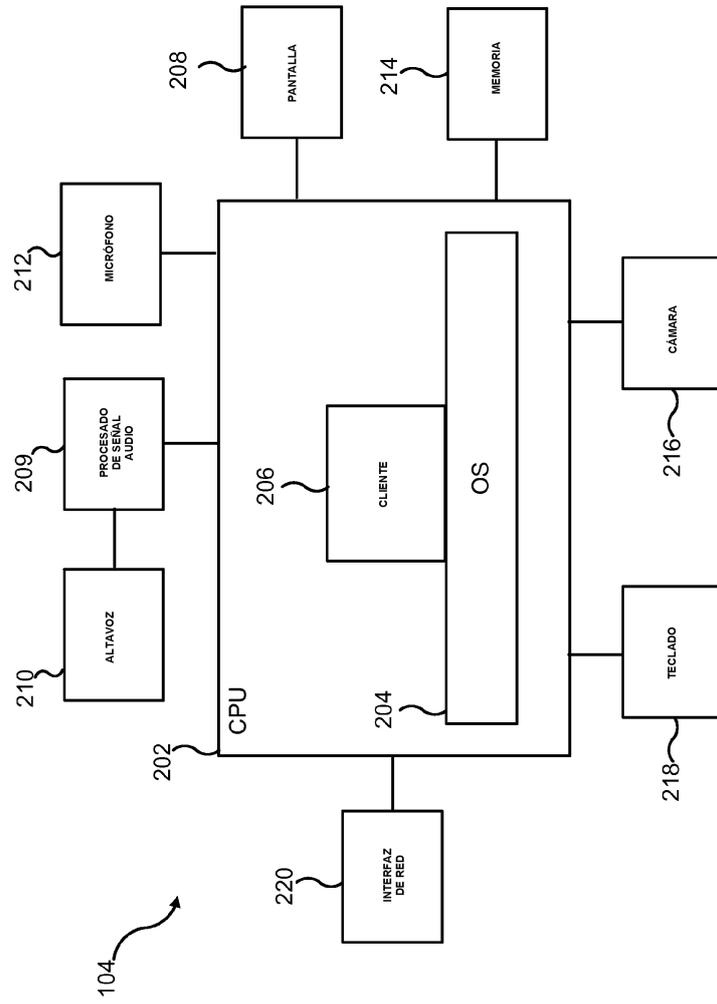


FIG. 2

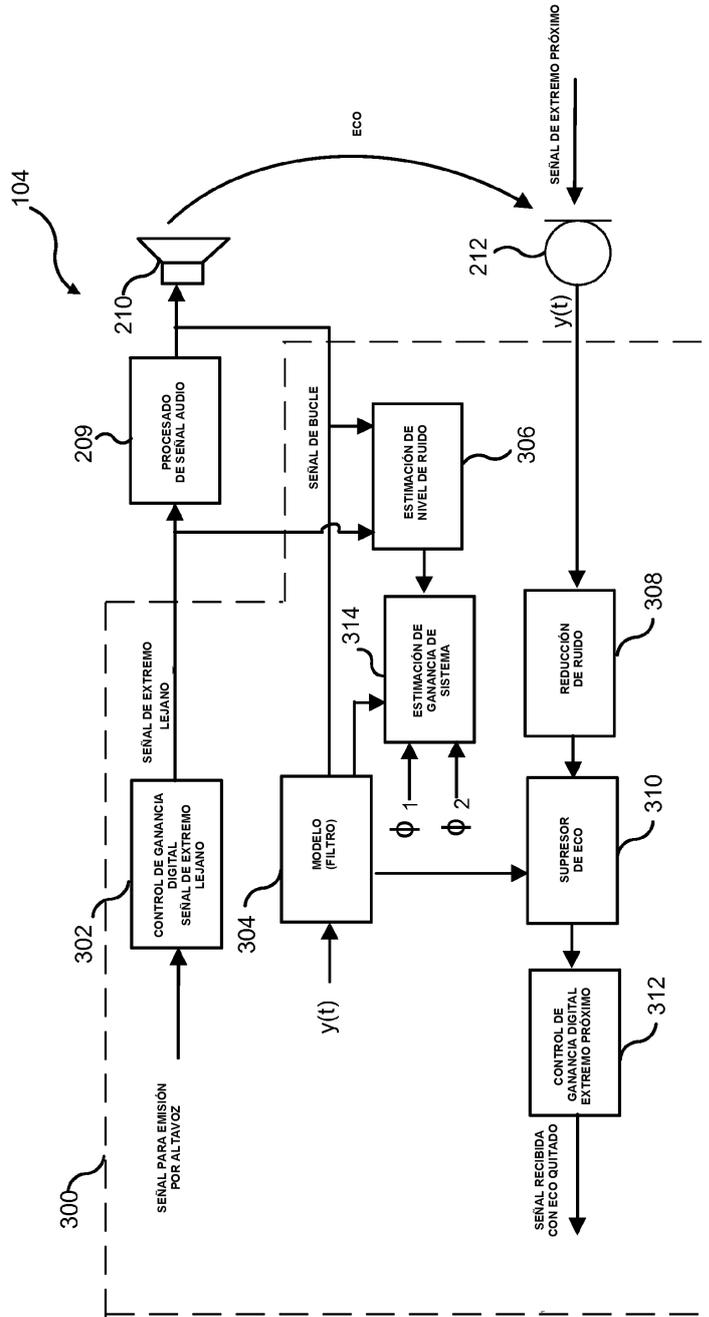


FIG. 3

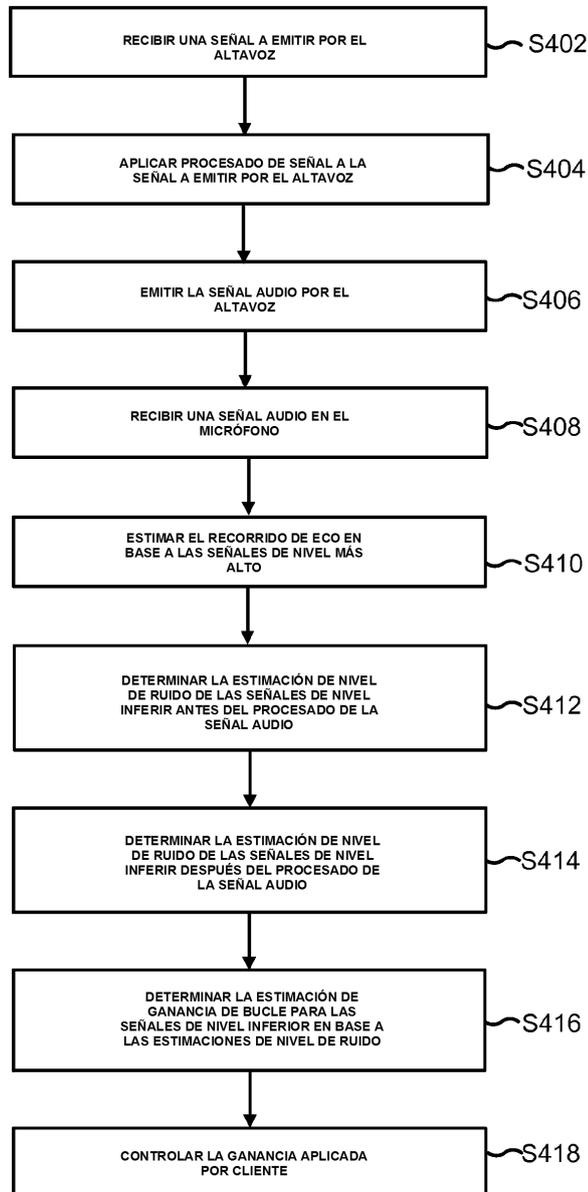


FIG. 4