



adicado: NC2017/0001638 Folios 1022
dependencia: 2020 Fecha: 2017-05-26 11:51:58
ipo aplicación: Respuesta a requerimiento

3

SEDE NORTE
Calle 75 n.º 16-03
PBX: 326 68 20
Bogotá, Colombia

SISTEMA Y MÉTODO PARA EL ENVÍO INALÁMBRICO DE SONIDO DESDE UNA MESA DE MEZCLA DE AUDIO

5

Objetivo de la invención

El objeto de la presente tecnología se refiere a un sistema electrónico para la transmisión de señales de audio reproducidas por una mesa de mezcla a puntos remotos de refuerzo sonoro en eventos en vivo, tales como conciertos, conferencias, convenciones, entre otros. El sistema está conformado por un módulo transmisor y dos módulos receptores de pequeño tamaño, los cuales permiten la transmisión estéreo de la señal principal de audio, cumpliendo con los requerimientos necesarios para la transmisión y recepción de la señal con alta calidad y fidelidad. El sistema trabaja en conjunto con tecnología de audio digital y protocolos de comunicación inalámbrica, logrando un mejor desempeño frente a otros dispositivos inalámbricos y cableados existentes en el mercado de equipos de audio.

20

Campo de la invención

La presente invención tiene su aplicación dentro del campo de la transmisión y recepción de señales, más específicamente en el área de la electrónica de audio.

25

Antecedentes de la invención

En la actualidad, la producción digital de sonido tiene como objetivo brindar los conocimientos necesarios para realizar una producción sonora de calidad y adecuada, que busca encontrar soluciones a varias de sus problemáticas, una de las más frecuentes, son el transporte y distribución de señales de audio, desde un sistema controlador (mesa de mezclas) a los diferentes puntos de refuerzo sonoro, que proporcione confiabilidad, calidad y practicidad.

Se han intentado implementar varios dispositivos para disminuir la pérdida de señal y generación de ruido especialmente en eventos en vivo, pero no se ha llegado a encontrar un dispositivo confiable. Por otra parte, la utilización de sistemas cableados conlleva varios problemas al sistema entre los que se cuentan la dificultad en la instalación, el costo de la logística y la susceptibilidad al ruido. Por este motivo es necesario buscar una alternativa más sencilla y que implique un costo adecuado para los usuarios.

Sistema de sonido

10

Es importante entender y tener en cuenta que para mezclar sonido en vivo se debe tener en cuenta la distribución de los espacios por donde viajan las ondas sonoras. Para tener una buena calidad auditiva en un evento se debe considerar la distribución de las ondas sonoras respecto a un ambiente en el que se propagan en función del género musical ya que el tono depende del mismo. Así por ejemplo, no es lo mismo hacer sonido en vivo en una sala de eventos diseñada acústicamente, que hacerlo para un concierto al aire libre.

Para conseguir un buen sistema de sonido en un evento en vivo, se utilizan varias técnicas. La técnica más común consiste en la propagación equilibrada de las ondas sonoras mediante sistemas de refuerzo de sonido entre los que se encuentran; amplificadores, micrófonos, altavoces, y demás. Estos contienen una gran cantidad de elementos que se conectan entre sí, como parlantes, bajos y buffers. Si es un evento de gran formato, normalmente se requiere de una ruta de señal que comienza desde la conexión de un instrumento o micrófono a un cable multi-núcleo, el cual direcciona las señales de entrada a una mesa de mezclas, que permite, a partir de estas señales de entrada, proporcionar una o más salidas, combinadas [Bob Mc Carthy 2007 *Sistemas de Sonido: Diseño y Optimización*].

30

Sistemas de comunicación de audio

Un sistema de audio esta comunicado por diversos tipos de conexión, con diferentes protocolos de comunicación además de las diferentes configuraciones de elementos que se van a enlazar. El tipo de conexión más común es *snake* o medusa. Este es un sistema de cableado multinucleado para transportar múltiples señales de audio en ambos sentidos (envío y retorno). Se utiliza para comunicar la mesa de mezcla con los amplificadores y los micrófonos e instrumentos hacia la mesa de mezcla.

La Mesa de Mezclas es un sistema capaz de proporcionar, a partir de varias señales de entrada, una o más señales de salida que son mezclas de las de entrada. Cada señal de salida será una suma, en diferentes proporciones, de las señales de entrada. La mesa tiene "N" entradas y "M" salidas, siendo N y M números que varían según el modelo. Las principales características de una mesa de mezclas son:

- Número de canales de entrada de que dispone. Cuanto mayor sea el número de canales de entrada, más señales distintas se podrán mezclar. Hay que destacar, que además de las entradas principales o canales de entrada, la mesa puede comprender otras entradas auxiliares.
- Posibilidad de obtener efecto estéreo. Es decir, cada señal de entrada puede enviarse en la proporción que se quiera a dos salidas diferentes, principal izquierda (L) y principal derecha (R). De esta forma se puede conseguir el efecto estéreo y situar los sonidos en diferentes posiciones frente al oyente.
- Posibilidad de mezclar cada señal de entrada con las demás, en cualquier proporción, independientemente del nivel con el que llegue a la mesa.
- Ecualización independiente de las señales de entrada. Con esto se puede conseguir el timbre deseado de cada voz o instrumento.
- Posibilidad de realizar varias mezclas diferentes con las señales de entrada, obteniendo así varias salidas.

Para la conexión del audio se utilizan principalmente dos tipos de conexiones; conexión No balanceada y conexión balanceada. Estas conexiones se diferencian básicamente en la cantidad de cables y la calidad del sonido alcanzado.

5

Se le llama conexión No balanceada a aquella que utiliza un cable únicamente con dos conectores. En un conector va la señal de audio y en el otro el aterrizaje. La mayoría de dispositivos electrodomésticos utilizan este tipo de sistema no balanceado (conectores RCA para audio y video). A nivel profesional no se utiliza, puesto que a pesar que la mayoría de equipos soporta este tipo de conexión, son más propensos a interferencias o ruidos por parte de estas conexiones y por distancias de cable largas son susceptibles a interferencia electro-magnética [Anónimo 2013, Doctor pro Audio].

La conexión balanceada es aquella que se realiza a través de un cable de tres conectores. En uno de ellos viaja la señal de audio normal, en el otro la señal de audio con polaridad invertida, y en el último el aterrizaje del cableado. Generalmente estos cables tienen una malla metálica para evitar interferencias electromagnéticas. El objetivo de enviar estas dos señales se hace para que al recibirlas se sumen entre si y se recupere la totalidad de la información en dado caso que haya una ligera pérdida en el trayecto del cableado y permitiendo eliminar ruidos a la salida [Anónimo 2013, Doctor pro Audio].

Comunicación inalámbrica – protocolo Radio frecuencia

25

Las comunicaciones inalámbricas, han permitido una interconexión tecnológica favorable para el ser humano por medio de propagación de espectros de ondas electromagnéticas a través del espacio libre físico. Uno de los mecanismos más usados, es la radio frecuencia la cual es una comunicación no guiada y que corresponde a la parte con menos energía del espectro electromagnético. Este

30

mecanismo permite conectarse a través de ondas radio eléctricas con diferentes dispositivos. [Harold K., 1992, *manual de comunicaciones por radio*]

5 La conexión inalámbrica soporta diferentes topologías, entre las cuales está la conexión estrella, que tiene un nodo transmisor, conocido como maestro, y cuatro nodos receptores, esclavos; donde es el maestro en que se encarga de conectarse con los esclavos, pero ningún esclavo se puede comunicar entre sí. Existen varios protocolos de radio frecuencia específicos para transmitir audio, y estos dependen de diferentes ID de configuración. [Texas Instruments 2014]

10

Sistemas de comunicación de audio desarrollados.

En el estado de la técnica se pueden encontrar diversos sistemas para la comunicación entre sistemas de comunicación de audio para eventos en vivo.
15 La empresa Shure se encuentra desarrollando dispositivos inalámbricos para comunicar micrófonos y parlantes, principalmente para eventos religiosos y lugares de concentración como iglesias, tal como el sistema QLX-D.

El dispositivo comercial QLX-D, es un sistema robusto inalámbrico digital para
20 eventos en vivo que tiene como función, realizar comunicación directa entre micrófonos y parlantes, sin una mesa mezcladora. Permite coordinación de frecuencias avanzada a través de Shure Wireless Workbench® 6.11.3.

La medusa comercial DHBOX1604, creada por la empresa Proel Technology
25 tiene 30 metros de largo y 16 canales de conexión hembra y 4 ancho lo cual permite que se conecten varias señales al tiempo pero únicamente a través de una conexión de cable limitando y dificultando el enlace entre los sistemas de sonido.

30 En el estado del arte, también se encuentran documentos de patentes relacionados. Algunos documentos se tratan de aspectos generales de sistemas

de sonido con comunicación inalámbrica. En este orden de ideas, los documentos No. CN201270589Yy No.US7212787B2 enseñan el proceso comunicación para sistemas de audio que se basan en un módulo transmisor de audio.

5

Otros documentos mencionan aspectos sobre sistemas de distribución inalámbrica de sonido para hogares, que se enfocan en transmisores digitales de baja energía para evitar un consumo desmedido. En este caso se puede mencionar la solicitud de patente No. ES2380330T3 la cual trata de manera general sobre sistemas multimedia inalámbricos. Así mismo el documento No. ES2213885T3 se refiere a sistemas de altavoces inalámbricos utilizando medios de compresión de tramas de la señal modulada dentro de una red doméstica.

10

En relación al manejo múltiple de dispositivos de refuerzo como micrófonos, se encuentra el documento No. US8483757B2. En cuanto al control inalámbrico, de la mesa de mezcla donde se pueden administrar las líneas de entrada de audio, se puede consultar el documento No. US2012195445A1. En relación a los sistemas de comunicaciones por medio de señales en corriente alterna, a través de señales de audio convertidas en señales FM, el documento No.US4829570Aexpone un equipo conformado por un sistema conversor de señales de sonido en FM y cuenta también con un receptor que realiza la conversión inversa, mediante la transmisión de señales de corriente alterna.

15

20

Otros documentos describen sistemas de transmisión de sonido inalámbrico conformados por un módulo maestro y varios esclavos, donde existe transmisión y recepción a niveles de radio frecuencias, entre estos documentos se pueden mencionar los N° CN203691638U, US5832024A y US3590382A.

25

El documento N° US6466832 se refiere a un sistema de transmisión inalámbrica para datos de audio. El sistema incluye un transmisor de frecuencia de radio digital, el cual está conectado a una fuente analógica o digital de audio. Un

30

receptor de frecuencia de radio digital para la recepción de la información de audio transmitida en lugares remotos. El dispositivo descrito en este documento tiene la viabilidad de contener información básica como volumen y control de tono, entre otros.

5

Otra patente de referencia es la No. CN203327219 la cual se refiere a un sistema de sonido inalámbrico multifuncional, perteneciente al campo técnico de la comunicación inalámbrica multimedia. El sistema de sonido inalámbrico multifuncional comprende un equipo maestro y un equipo esclavo de recepción
10 de audio. El equipo maestro está conectado con el receptor esclavo a través de un sistema inalámbrico. La transmisión inalámbrica de audio se realiza por medio de la tecnología inalámbrica PurePath. El equipo maestro comprende un conector RCA, un receptor coaxial de fibra óptica, un equipo de procesamiento, una tarjeta SD, una memoria flash USB y una interfaz de IPOD. La distancia de
15 transmisión y la eficiencia del sistema se mejoran en alto grado a medida que las funciones del sistema son enriquecidas.

El documento N° CN103269469, se encuentra dentro del campo técnico de la comunicación inalámbrica de multi-medios de comunicación, el cual se refiere
20 principalmente a un sistema de sonido inalámbrico una alta fidelidad 5.1. El sistema de sonido inalámbrico comprende un sistema maestro y seis receptores esclavos, donde el sistema maestro está conectado con los receptores esclavos de forma inalámbrica. El control del sonido del sistema maestro y los receptores esclavos se realiza a través de tecnología ZigBee, la transmisión inalámbrica del
25 sonido se realiza a través de la tecnología inalámbrica Pure Path Wireless. Las ventajas complementarias de la tecnología ZigBee con la tecnología inalámbrica Pure Path Wireless, se combinan en el sistema sobre la premisa de que se realiza una transmisión inalámbrica de alta fidelidad 5.1.

30 Como se puede ver, actualmente existe desarrollo y comercialización de diversos tipos de sistemas de comunicaciones inalámbrico para señales de audio de

eventos en vivo. Sin embargo los productos que se ofrecen son cerrados a posibles cambios, no ofrecen la calidad de sonido profesional y los con diseños son de carácter privado, lo que limita la cantidad de investigaciones que pueden realizarse a partir de los datos que estos subsistemas entregan.

5

Descripción de la invención

El objeto de la presente invención se refiere a un sistema de comunicaciones inalámbrico de señales de audio para el refuerzo del sonido en eventos en vivo.

10 El sistema permite comunicar varios dispositivos de refuerzo de sonido con la mesa de mezcla mediante una conexión balanceada por lo cual se puede obtener una calidad de sonido profesional. Adicionalmente, el dispositivo comprende un módulo de baterías y un puerto USB que permite realizar la carga con cualquier dispositivo de cómputo o cargador de móvil. Este módulo permite
15 la portabilidad del dispositivo, lo cual hace que sea más fácil de transportar y más práctico toda vez que No tiene la necesidad de una toma eléctrica disponible para su alimentación. Esto adicionalmente evita posibles interferencias en el audio con la señal de la red eléctrica.

20 La invención se encuentra conformada por dos módulos: módulo de hardware electrónico y módulo de comunicación y procesamiento. El hardware del sistema comprende una arquitectura conformada por una unidad de comunicación, una unidad de procesamiento, un dispositivo de almacenamiento, y un extensor de rango. Cada elemento de la arquitectura esta soportado por una pluralidad de
25 dispositivos de hardware, seleccionados para cumplir con los diferentes tipos de restricciones tecnológicas, y están sujetos a los métodos y técnicas de administración de señales de ondas sonoras para cualquier ambiente. Adicionalmente, el hardware cumple con los requerimientos de confiabilidad y sensibilidad estándar para este tipo de tecnologías.

30

El desarrollo del hardware del sistema inalámbrico contempla diferentes restricciones a tener en cuenta en los distintos módulos del dispositivo, como lo son; el uso eficiente de la energía, ya que existe una sola fuente regulada de alimentación que proporciona energía a todo el sistema lo cual genera un proceso de descarga más rápido, y las diferentes plataformas de comunicación del dispositivo las cuales tienden a generar pérdidas en la señal. Esto último se corrige mediante la aplicación de filtros.

El sistema está adaptado para funcionar desde dos módulos; el módulo transmisor ubicado en la mesa de mezclas en donde se realiza el proceso de gestión de las entradas y salidas de audio del sistema y el módulo receptor el cual se encuentra instalado en los sistemas de refuerzo de sonido tal como amplificadores y micrófonos.

El módulo del hardware electrónico comprende un conjunto de dispositivos tales como, conversor AC-DC, ADC y DAC, módulo de procesamiento maestro, y módulo de comunicación de radiocontrol, un extensor de rango de la señal generada, un botón de sincronización y un indicador del estado eléctrico del sistema. Este dispositivo se encarga de almacenar y enviar señales de ondas sonoras con el menor rango de pérdida de señal para que el sistema de refuerzo de sonido reproduzca una salida de audio lo más pura posible.

El módulo de procesamiento y comunicación, es el encargado de ejecutar la secuencia lógica para el almacenamiento y procesamiento en el sistema, mediante los protocolos de comunicación para señales de sonido I2S y el protocolo SPI. El módulo de comunicación comprende un conversor tipo delta-sigma para la conversión ADC y DAC, adicionalmente, recibe y procesa los comandos que le lleguen por medio de una interface serial de comunicación SPI.

Dispositivos como snake o medusa son elementos muy robustos y difíciles de instalar, por tal motivo existe una tendencia creciente al desarrollo de métodos

alternativos basados en sistemas de audio inalámbrico. A través de esta técnica de comunicación se pueden aplicar diferentes tipos de conexión y diferentes técnicas en las áreas relacionadas con la administración de sonido. Existen desarrollos de sistemas inalámbricos digitales de audio que cumplen con la labor de enviar y administrar una señal de audio para la amplificación en un evento en vivo, sin embargo estos se encuentran limitados, debido a que contienen un dispositivo de enlace robusto que depende de varios factores tales como el dispositivo a usar.

En consideración de lo anterior es necesario para el procesamiento de las señales, un módulo administrador que se encargue de atender todas las funciones y componentes del dispositivo en forma paralela, tal como el módulo de comunicaciones, el cual está conformado por dos puertos de comunicación, I2S Y SPI, y el módulo indicador de estados, los cuales proporcionaran los métodos necesarios para enviar de manera ordenada y optima los datos solicitados por el servidor.

El diseño de los módulos permite determinar los periféricos necesarios que utiliza el sistema embebido que soportara el sistema de procesamiento y la arquitectura de los periféricos que intervienen en la adquisición y comunicación de señales. En la presente invención se hace uso de una arquitectura con un microprocesador, el cual cuenta con diferentes interfaces de comunicación tales como I2C, SPI y USART, que son usadas para la configuración y control del módulo de conversión y de comunicación, así como también para la comunicación de otros subsistemas. El microprocesador además cuenta con un módulo para la habilitación de puertos de entrada y de salida (GPIO General Purpose Input Output), que permite configurar los puertos digitales para el control de periféricas básicas tal como leds indicadores.

Para completar la descripción y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, se adjunta a la presente memoria descriptiva

una serie de figuras ilustrativas donde se podrá comprender más fácilmente las innovaciones y ventajas del sistema de diseño de un sistema de comunicaciones inalámbrico para señales de audio de eventos en vivo.

5

Breve descripción de los dibujos

Los aspectos relevantes y las ventajas de la presente invención serán mejor entendidos con relación a las siguientes figuras, en las cuales:

10

FIG. 1 Muestra la arquitectura de un sistema clásico de envío de señales de sonido desde una mesa de mezcla de audio.

FIG. 2 Diagrama de bloques del funcionamiento del sistema Pure Path Wireless el protocolo de comunicación por radio control.

15

FIG. 3 Muestra la arquitectura de un sistema inalámbrico de envío de señales de sonido desde una mesa de mezcla de audio.

FIG. 4 Diagrama de bloques del funcionamiento del sistema transmisor, los recursos del módulo de procesamiento y sus protocolos de comunicación.

20

FIG. 5 Diagrama de bloques del funcionamiento del sistema receptor, los recursos del módulo de procesamiento y sus protocolos de comunicación.

FIG. 6 Diagrama de flujo del procedimiento para configurar el módulo de conversión del módulo transmisor y el módulo receptor.

25

Descripción Detallada de las Modalidades Preferidas.

30

El transporte de señales de audio dentro de un sistema de refuerzo sonoro, es uno de los componentes más importantes de un sistema de sonido de gran magnitud tal como los que se utilizan en eventos en vivo. La presente invención suple la necesidad de los medios cableados existentes para el transporte de las señales de audio desde la mesa de mezcla hasta los puntos de amplificación,

mediante la utilización de un sistema inalámbrico conectado en la mesa de mezclas.

5 El proceso de implementación de un sistema transmisor inalámbrico de señales digitales de audio, comprende la exploración del sistema existente de refuerzo sonoro, conociendo sus componentes y funcionamiento en general, teniendo en cuenta diferentes aspectos que pueden estar sujetos a mejoras e interconexión de los diferentes tipos de elementos presentes en el sistema.

10 En la figura 1 se ilustra el caso típico de un sistema de refuerzo sonoro. Estos sistemas comerciales necesitan de un medio cableado para transportar la señal principal estéreo que suministra la mesa de mezcla hasta los diferentes puntos de amplificación sonora que estén presentes a lo largo de la sala o auditorio. En este caso, se utiliza un subwoofer y una cabina amplificada para cada lado de la
15 mezcla estéreo (izquierdo y derecho). El sistema se encuentra conformado básicamente por la mesa de mezcla (1) y una pluralidad de sistemas de refuerzo sonoro que para este caso son: Un subwoofer (2) para el lado izquierdo y un subwoofer (3) para el lado derecho, y una cabina amplificada (4 y 5) para cada lado de la mesa de estéreo (1). El sistema comprende un medio cableado para
20 comunicar la mesa y los sistemas de refuerzo, utilizando así un canal de salida desde el lado izquierdo de la mesa (6) y un canal de salida (7) desde el lado derecho de la mesa, para la conexión de los respectivos subwoofer. Finalmente se puede notar que la salida de cada subwoofer (8 y 9) se conectan a las
25 entradas (10 y 11) de las respectivas cabinas de amplificación, estas conexiones se realizan igualmente a través de un medio cableado.

La conexión típica para eventos de gran tamaño o magnitud, tales como conciertos, eventos deportivos, convenciones, entre otros, comprende una arquitectura similar conformada por una pluralidad de puntos de amplificación
30 conectados en cascada, tanto subwoofers como cabinas, tomando la señal izquierda o derecha del punto de amplificación más cercano. En este tipo de

conexión, es común encontrar ruidos y atenuaciones en relación a la señal original de la mesa de mezcla, ya que al utilizar grandes cantidades de cable se pueden generar pérdidas a lo largo del trayecto, por lo cual se debe aplicar más potencia sonora en los últimos puntos de amplificación.

5

Para realizar el envío inalámbrico de sonido desde una mesa de mezcla de audio a sus sistemas de apoyo sonoro, es necesario implementar un método de comunicación que permitiera obtener una comunicación eficaz para eventos de pequeña y gran magnitud. Por este motivo en la presente invención se usa el protocolo Pure Path Wireless el cual es descrito en la figura 2. El protocolo Pure Path Wireless soporta una topología en estrella con un único nodo transmisor PM (*Protocol Master*) (12) que en este caso es la mesa mezcladora de audio y permitiendo conectar distintos tipos de nodos receptores PS (*Protocol Slave*) (14) que representan a los distintos tipos de sistemas de refuerzo sonoro. El nodo PM es el único que puede transmitir al nodo PM, es decir que la comunicación solo se hace desde y hacia el modulo maestro PM y no hay comunicación entre nodos esclavos. Otro parámetro del protocolo es la red de sincronismo de reloj para audio (13). Este es el reloj de referencia que determina la tasa de muestreo de la señal de audio que normalmente se distribuye en paralelo con la señal, o de manera embebida desde la fuente de audio. Similarmente, cuando se transmiten muestras de audio inalámbricamente, debe haber un mecanismo que distribuya el reloj de referencia para mantener el sistema sincronizado.

10

15

20

25

30

El sistema inalámbrico de sonido de la presente invención, contempla como objetivo fundamental suprimir el cableado utilizado para llevar la señal de audio mezclada previamente en la mesa de mezcla hasta los puntos de amplificación de la señal de audio en un enlace directo. Por tal motivo la invención implementa un transmisor y una pluralidad receptores conectados simultáneamente, para garantizar que la mezcla entregada por la mesa de mezcla sea la misma en los diferentes puntos de refuerzo sonoro, sin generar atenuaciones ni pérdidas a lo

largo del medio de transmisión empleado. La señal digital permite reducir los ruidos no deseados en la reproducción de la señal de audio.

En una modalidad de la invención, se usó la banda ISM de 2.4GHz para hacer el enlace del módulo transmisor con los módulos receptores. Para la interconexión se implementó el uso de un botón único para determinar el enlace entre los dispositivos transmisor y receptores, y dos indicadores luminosos, uno de los cuales notifica cuando existe enlace entre los módulos y otro que indica cuando está listo el dispositivo para transmitir la señal. Los módulos transmisor y receptores, se interconectan entre sí mediante el protocolo PurePath Wireless®, este protocolo soporta una red de topología estrella con un único nodo maestro (Protocol Master – PM) y nodos esclavos (Protocol Slave – PS). Todo el tráfico es limitado a enviar ráfagas en un periodo de tiempo constante, donde el tiempo de cada intervalo es controlado por el nodo maestro PM y los nodos esclavos PS y sólo se les permite transmitir datos en tiempos específicamente dados por el nodo maestro PM. Todo el tráfico va desde el nodo maestro PM, nunca habrá tráfico entre nodos esclavos PS.

La figura 3 muestra la arquitectura del sistema implementado, este comprende una mesa de mezcla (1) que se comunica con los puntos de refuerzo a través de un módulo transmisor (15). La mesa de mezclas (1) envía una señal estéreo al módulo transmisor (15) a través de una conexión balanceada con conector TRS. La señal de audio izquierda es recibida por el módulo inalámbrico de recepción (16), mientras que la señal derecha es recibida por el módulo de recepción (17). El módulo de recepción (16) se encuentran conectados directamente al subwoofer (2) por medio de una conexión de audio balanceada (18), de la misma forma el módulo de recepción (17) se conecta al subwoofer (3) por medio de una conexión de audio balanceada (19). Las salidas (8 y 9) de cada subwoofer se conectan a las entradas (10 y 11) de las respectivas cabinas de amplificación (4 y 5) a través de un medio cableado, ya que no existe la necesidad de una

comunicación inalámbrica debido a las cortas distancias que existen entre el subwoofer y las cabinas de amplificación.

El sistema de comunicaciones inalámbrico de la presente invención está en capacidad de llevar la señal principal estéreo de cualquier mesa de mezcla a los puntos de refuerzo en diferentes tipos de eventos que requieren de sistemas de refuerzo sonoro. Con base en las figuras 4 y 5 se expone la arquitectura del hardware tanto para el módulo transmisor como receptor, se muestra la interacción de los diferentes componentes presentes, su función en detalle, y como en conjunto operan para el procesamiento digital de la señal analógica para ser enviada y posteriormente regenerada.

En la figura 4 se muestra el diagrama de bloques del módulo transmisor. El transmisor comprende un módulo de alimentación (20) del sistema inalámbrico presente tanto en el módulo transmisor como en el receptor. El módulo de alimentación (20) consta de dos circuitos; el primer circuito está diseñado para la carga de una batería de una celda tipo LiPo de 3.7 VDC a 500mA, y el segundo circuito está diseñado para entregar un voltaje regulado de 3.3 VDC para la alimentación de todos los componentes activos presentes en los módulos. El dispositivo inalámbrico cuenta con un puerto USB (21) asociado al módulo de alimentación (20) para la carga de la batería mediante cualquier dispositivo de cómputo o cargador de móvil.

El módulo de alimentación (20) proporciona energía a los demás bloques del módulo de transmisión, sin embargo para reducir la interferencia electromagnética que se puede presentar en los circuitos integrados que trabajan con Radio Frecuencia, es necesario conectar el módulo de alimentación a través de filtro EMI (22).

El módulo de alimentación (20) proporciona energía a un módulo de Conversión Analógica a Digital ADC (23). Este conversor es parte importante del sistema

inalámbrico ya que en esta etapa se toma la señal original analógica de audio en los canales izquierdo (24) y derecho (25) y mediante el proceso de conversión delta-sigma ($\Delta\Sigma$) descrito anteriormente, se procede con la digitalización de los datos para ser transmitidos. La conexión entre la mesa de mezcla y el módulo transmisor, se realiza por medio de una entrada balanceada de audio (26) para el canal izquierdo y (27) para el canal derecho.

Los datos digitalizados son transmitidos al módulo de procesamiento (28) por medio de un protocolo de comunicación I2S. Para utilizar este protocolo es necesario contar con una sincronización exacta sin pérdidas de ninguna índole, para garantizar que la señal que será enviada sea lo más parecida posible a como se tomó originalmente. Además, es necesario tener en cuenta que el conversor análogo a digital en el transmisor y así como el conversor digital a análogo en el receptor (fig. 5), cuenten con los mismos parámetros para lograr reproducir la señal original captada por el transmisor. En el presente caso se trabajó con una frecuencia de muestreo de 44.1 kHz y 48 kHz para cada canal de audio (24 y 25), obteniendo así una calidad de audio tipo CD o de estudio profesional de audio.

El conversor análogo a digital ADC (23) del transmisor, está configurado como esclavo siguiendo el protocolo I2S, ya que quien suministra las señales de reloj para nuestro proyecto será el Módulo maestro. Los conversores únicamente trabajaran con las tramas de datos tanto de salida para el ADC como de entrada en el DAC.

El bloque ADC (23) está conectado a un bloque Programación ADC (29). Este bloque contiene un microcontrolador el cual mediante el protocolo SPI se encarga de escribir y leer los registros presentes en el conversor (23). En el transmisor, el conversor ADC (23) se configura mediante el acceso a los diferentes registros contenidos en él, se verifica que la entrada de las señales analógicas sean de forma diferencial para ser compatible con los sistemas

profesionales de audio, se configura la frecuencia de muestreo con la cual se va a trabajar la conversión, ganancia adicional para la señal analógica que será convertida y enviada, el modo de justificación de los datos en relación con la señal de reloj, la cantidad de bits a la cual será muestreada la señal y se configura como esclavo en protocolo I2S para que el módulo maestro de RF actúe como maestro y entregue las señales de reloj correspondientes para la conversión. El microcontrolador del módulo de programación ADC (29), se programa a través del protocolo ICSP, mientras que la salida del módulo se envía en formato de protocolo SPI.

El Módulo de Procesamiento Maestro (28) se encarga de la distribución de las señales de sincronismo necesarias para el funcionamiento del conversor (23), y la transmisión de los datos digitales en la banda ISM, preferiblemente en la banda 2.4GHz. Este módulo es alimentado desde el módulo de alimentación (20) a través de un filtro EMI (22) para evitar interferencias de frecuencias o señales parasitas que puedan alterar el correcto funcionamiento de las señales de sincronismo y la correcta transmisión de los datos. El módulo de procesamiento (28) es programable mediante protocolo SPI (32), y se interconecta con el conversor ADC (23) mediante protocolo I2S, el circuito integrado principal se configura mediante el protocolo PurePath Wireless, en el cual se ingresan todas las opciones previamente programadas en los registros del conversor. El módulo de procesamiento (28) esta acoplado a un extensor de rango de RF (31) y además tiene un botón de sincronización entre sistemas (33) y un indicador de encendido (34).

El módulo de procesamiento comprende un módulo de comunicación por radio control (30) el cual envía las señales digitales tomadas del conversor en forma diferencial, con el fin de transmitir la señal fielmente si se pierde algún dato en el medio de transmisión, funciona con modulación 2FSK para 2 receptores asignándosele una tasa de datos de 2Mbps, si se planea conectar hasta 4

receptores, es necesario configurar la tasa de datos a 5Mbps y la modulación operará en 8FSK.

5 El Extensor de Rango de Radio Frecuencia (31) es el encargado de darle amplificación de Potencia a las señales de Radio Frecuencia que se enviarán a través de la antena de RF (35) El dispositivo seleccionado para esta operación, trabaja en conjunto con el módulo de procesamiento en la banda de frecuencias ISM seleccionada. Dado lo anterior, el transmisor logra dar hasta 11 dBm de potencia para ser enviada la señal sin alterarla, logrando un alcance de distancia
10 mayor a como si se conectara la antena (35) directamente al módulo de procesamiento.

El esquema del dispositivo receptor comprende casi los mismos elementos mencionados en los párrafos anteriores, sin embargo el flujo de datos es
15 contrario al expuesto arriba. El receptor también comprende un módulo de alimentación (36) que suministra energía a los demás bloques del receptor usualmente a través de filtros EMI (38) para eliminar interferencia. El módulo de alimentación está conectado a un puerto USB (37) para realizar la carga desde un equipo de cómputo o un dispositivo móvil.

20 Los módulos transmisor y receptores, se interconectan entre sí mediante el protocolo PurePath Wireless, que al ser un protocolo diseñado solamente para audio, garantiza que la fidelidad del sonido sea excelente, sin ruidos o interferencias externas que se puedan presentar a lo largo del medio de
25 transmisión de la señal. El receptor recibe los datos de manera directa por medio de una antena de RF (39) con ayuda de un extensor de rango de radio frecuencia (40). El extensor de rango es el encargado de amplificar con un nivel de ruido muy bajo las señales recibidas. En este caso se logra aumentar hasta -87dBm la sensibilidad del receptor, permitiendo más sensibilidad comparando si se
30 conectara la antena directa al módulo de procesamiento, para poder reconstruir la señal digital transmitida.

El extensor de rango (40) se conecta al módulo de comunicación por radio control (41) del módulo de procesamiento maestro (42). El módulo de comunicación recibe las señales digitales tomadas de forma diferencial, para reconstruir las tramas de datos digitales si se pierde algún dato en el camino. Funciona con modulación 2FSK y una tasa de datos de 2Mbps si se está trabajando con 2 receptores, si se trabaja con 4 receptores es necesario una tasa de datos de 5Mbps y la modulación de operación será 8FSK. El transmisor y el receptor deben estar configurados de la misma manera para un correcto funcionamiento.

El módulo de procesamiento maestro (42) es programable mediante protocolo SPI (43) y además tiene un botón de sincronización entre sistemas (44) y un indicador de encendido (45).

La salida del módulo de procesamiento (42) se comunica con el conversor digital a análogo DAC (46). En este bloque se toma la señal original analógica de audio y mediante el proceso de conversión delta-sigma ($\Delta\Sigma$) se toman los datos digitales y se procesan para reconstruir la señal analógica original.

El bloque de programación DAC (47) contiene un microcontrolador programando a través del protocolo ICSP, el cual mediante el protocolo SPI se encarga de escribir y leer los registros presentes en el conversor DAC del receptor. El DAC (46) se configura accediendo a los registros de configuración encontrados en los conversores, asegurando que la salida de la señal sea de forma diferencial para ser compatible con los sistemas profesionales de audio, y se configura la frecuencia de muestreo idéntica con la del transmisor para que funcione de forma sincrónica, si es necesario se configura ganancia para que la salida se amplifique, el modo de justificación de los datos en relación con la señal de reloj siendo idéntica al transmisor, la cantidad de bits también debe ser idéntica a como se haya configurado el transmisor y, de igual manera, se configura como esclavo en protocolo I2S para que el módulo de programación actúe como

maestro y entregue las señales de reloj correspondientes resultado de la conversión.

5 La señal analógica generada por el conversor DAC (46) se envía por medio de los canales de audio izquierdo (50) y derecho (51) a través de salidas balanceadas de audio (48 y 49) respectivamente.

10 Otro componente importante de la presente invención es el módulo de comunicación y procesamiento. Este módulo comprende el procedimiento para llevar a cabo la transmisión de audio tanto para el transmisor como el receptor, teniendo en cuenta que el desarrollo se enfatiza en dos partes importantes, el módulo conversor para cada dispositivo transmisor y receptor y el módulo de procesamiento maestro quien se encargará de entregar las señales de reloj y tomar las señales digitales de audio tanto para el transmisor, como para el receptor. Este último se programó mediante la herramienta PurePath Wireless
15 quien se encarga del procesamiento maestro y la transmisión de Radio frecuencia de las señales digitales.

20 El procedimiento para configurar el módulo de conversión se muestra en la figura 6. El primer paso para llevar a cabo es procedimiento es establecer los registros con los valores necesarios (52) para que el microcontrolador opere. Por ejemplo, configurar que pines son de entrada o de salida, la frecuencia de oscilación de microcontrolador. A continuación se configura el módulo SPI (53) que trae internamente el microcontrolador y lo establecemos para que este trabaje en modo maestro, y con un reloj de $\frac{1}{4}$ de la frecuencia de oscilación del
25 microcontrolador.

Posteriormente se realiza la escritura del registro del ADC del módulo transmisor, para esto se debe escribir los registros (54) (por ejemplo, ADC1_INPUT_SEL_L y ADC1_INPUT_SEL_R), los cuales configuran el multiplexor y la polaridad del canal L (izquierdo) y R (derecho) respectivamente. Para configurar el registro se
30 debe establecer la página donde se encuentra este y después enviar una trama

de 16 bits que contenga la dirección del registro y el valor al cual se desea establecer, por ejemplo configurar los canales R y L para que funcionen de manera diferencial.

- 5 Para asegurarnos que los registros del ADC han sido bien configurados, se debe leer los registros (55), y luego compararlos con los valores escritos previamente (56), si no es el mismo, se pasara a reenviar el dato hasta que la condición se cumpla, cuando la condición se cumpla, el micro entrara en reposo(57) y se finalizara el procedimiento. El proceso solo se volverá a ejecutar después de un
- 10 Reset.

El procedimiento anterior es aplicado al módulo receptor pero con la diferencia que en el paso correspondiente a leer los registro (54), se escriben otros 2 registros los cuales habilitan y controlan la ganancia en los canales.

- 15 Se considera no necesario hacer más extensa esta descripción para que un experto en la materia comprenda el alcance y las ventajas de la invención. Los materiales, forma, tamaño y disposición de los elementos serán susceptibles de variación siempre y cuando ello no suponga alteración en la forma esencial del
- 20 invento. Todos los términos técnicos y científicos aquí empleados tienen el mismo significado tal como comúnmente los entienden aquellos expertos en la técnica. Todas las publicaciones, solicitudes de patente y patentes y otras referencias mencionadas, quedan incorporadas por referencia en su totalidad.