
Tecnología WhistleBlock

El nuevo punto de referencia de la cancelación de la realimentación

Durante décadas, la realimentación, los pitidos o los chillidos han sido las mayores quejas de los usuarios de audífonos [Kochkin, MarkTrak I-IV]. El mecanismo físico subyacente de la realimentación es bastante simple: el sonido amplificado del auricular o altavoz se filtra por el venting, el audífono lo recoge y lo vuelve a amplificar. Esto causa una inestabilidad acústica que, en última instancia, provoca un pitido, chillido o silbido muy molesto y habitual en los usuarios de audífonos. En el pasado, el enfoque más generalizado sobre el tratamiento de la realimentación era, bien eliminar la ganancia aplicada, o bien reducir la filtración acústica con ventilaciones más pequeñas. La introducción de la tecnología digital ha mejorado de manera significativa la estabilidad acústica de los audífonos modernos. Los sistemas de gestión de la realimentación modernos permiten a los audioprotesistas utilizar de una manera

óptima el rango dinámico residual de la persona hipoacúsica y sistemas de acoplamiento con diámetros de ventilación mayores. En particular, la introducción de estos dispositivos que cuentan con una adaptación abierta y ofrecen mayor comodidad ha sido posible gracias a los sistemas de gestión de realimentación modernos. A pesar de las significativas mejoras en la estabilidad acústica de los audífonos, el rendimiento de los sistemas de gestión de realimentación todavía está regido, principalmente, por la compensación del rendimiento de cancelación de realimentación con la calidad sonora y la ganancia aplicada de forma efectiva. Un desafío mayor de los sistemas de gestión de realimentación de última generación es que puedan causar distorsiones de las señales naturales, como los sonidos verbales, la música, los tonos de teléfono o los timbres.

Mecanismo físico: desafíos para los sistemas de gestión de realimentación

Tal y como se menciona más arriba, el mecanismo básico subyacente de la realimentación es bastante simple. No obstante, es algo más complejo cuando se trata de los parámetros que influyen en la formación de realimentación. La función de transferencia de la realimentación, determinada por la vía de realimentación acústica entre el auricular y el micrófono, no es estable, sino que cambia de manera significativa durante el transcurso del día. Esto se debe al hecho de que el portador del dispositivo puede mover un objeto cerca del audífono (p. ej. un teléfono), puede caminar cerca de una pared o un objeto, o sentarse junto a ellos, llevar sombrero, hablar o bostezar. [J. Hellgren (1999, 2000)] llevó a cabo un análisis sistemático de los distintos parámetros que influyen en la formación de la realimentación. Las principales conclusiones de este estudio fueron las siguientes:

- Hay grandes diferencias en cuanto a las características espectrales, temporales y de amplitud de los distintos mecanismos de formación de realimentación.
- Se observan diferencias bastante notables entre distintos sujetos, debido a la anatomía del conducto auditivo y del pabellón auditivo.

- La realimentación no es un fenómeno que se produzca a una sola frecuencia. Tiene complejas características espectrales, variables en el tiempo, pero normalmente se pone más de manifiesto en la zona del espectro en torno a los 1,5-3 kHz.

En general, la realimentación es un complejo fenómeno muy dinámico que, para ser resuelto, requiere técnicas igualmente complejas de cancelación y estimación de la vía de realimentación adaptable. Además de los cambios dinámicos en las vías de transferencia acústica, se deben tener en cuenta también otros algoritmos que tienen lugar en los audífonos, tales como los esquemas dinámicos de amplificación compresiva o los sistemas adaptables de reducción de ruido. Éstos también cambian la función de transferencia del sistema de maneras que deben ser tenidas en cuenta por el sistema de gestión de realimentación. Por lo tanto, la gestión de realimentación requiere un enfoque global: para un rendimiento óptimo, el cancelador de realimentación tiene que integrarse y ajustarse cuidadosamente igual que el resto de sistemas adaptables de procesamiento de señales y de control de los audífonos modernos.

Consecuencias de la realimentación en la calidad sonora

Un aspecto importante a considerar es el impacto de la realimentación acústica en la calidad sonora de la señal de salida. Comúnmente se asume de forma implícita que la realimentación iguala el silbido de forma similar a un tono puro. No obstante, esto sólo ocurre cuando la señal de realimentación está bastante más allá del umbral de realimentación crítico, es decir, "por encima del

umbral crítico". Cuando el sistema todavía se encuentra "por debajo del umbral crítico", pero acercándose al umbral de realimentación, las características de frecuencia del audífono comienzan a cambiar y se produce un marcado impacto en la calidad sonora: los audífonos pueden sonar mal, modulados o estridentes; p. ej., empiezan a producirse efectos y distorsiones.

Gestión de realimentación

Existen distintos enfoques sobre la gestión de realimentación que han sido introducidos en la tecnología de audífonos [Dillon 2001]. El enfoque con más éxito hasta la fecha de hoy es el sistema

adaptable de cancelación de realimentación basado en la inversión de fase de realimentación.

Anti-realimentación por inversión de fase

En la actualidad, los microprocesadores de última generación permiten la implementación de potentes estrategias de procesamiento de señales para la cancelación efectiva de la realimentación acústica. La mayoría de los canceladores de realimentación están basados en un enfoque de fase invertida. En este enfoque, las ondas de sonido se anulan por su propia inversión de fase de 180°. Esta es la única tecnología capaz de eliminar la realimentación sin reducción de ganancia.

El algoritmo lo componen dos pasos:

- Estimación y modelación de la vía de realimentación.
- Eliminación de la realimentación.

Para la estimación de la vía de realimentación se realiza un análisis de correlación de alta resolución entre la entrada y la presión de salida del audífono. La cantidad de sonido que se filtra desde el receptor hacia el micrófono se indica en el resultado de este análisis de correlación. Para conseguir la supresión, se genera una señal de fase inversa con la misma frecuencia que la señal de realimentación. Debido a interferencias destructivas, la señal de realimentación se elimina de manera eficaz sin que se produzca una reducción de ganancia. La inversión o la supresión de fase de realimentación se han convertido en un método de eliminación de realimentación comprobado y aceptado. No obstante, los sistemas de gestión de realimentación deben activarse solamente donde y cuando sea necesario. En programas en los que la realimentación es menos probable que se produzca, la configuración del inversor de fase de realimentación debe ser menos agresiva que en aquellos programas en los que existe una mayor probabilidad de que se produzca realimentación. Aunque sean efectivos a la hora de eliminar la realimentación, muchos algoritmos pueden ser objeto de artefactos si el mecanismo de estimación de la vía de realimentación identifica erróneamente como realimentación otros sonidos. Esto se ve afectado

por el grado de inversión de fase de realimentación. Puesto que algunos ambientes sonoros tienen mayor probabilidad de realimentación que otros, los canceladores de realimentación tradicionales deben disponer de medios efectivos para asegurar el equilibrio adecuado entre la supresión de realimentación, la calidad sonora y la ganancia efectiva aplicada por el audífono. El criterio de diseño principal para un sistema de gestión de realimentación tradicional es encontrar el equilibrio idóneo entre estas tres dimensiones de rendimiento. En distintos ambientes sonoros deberán aplicarse distintas configuraciones optimizadas para conseguir así un rendimiento óptimo de todo el sistema del audífono. Por ejemplo, la supresión de realimentación puede recibir prioridad sobre la calidad sonora cuando se esté utilizando un teléfono, puesto que la probabilidad de que se produzca realimentación es mayor en esta situación. Por otra parte, cuando se activa el programa de música, el inversor de fase adaptativo asegura una calidad sonora óptima al reducir la configuración de supresión de realimentación, puesto que existe menor probabilidad de que se produzca realimentación. Los sistemas modernos de gestión de realimentación pueden reducir la realimentación existente, pero la mayoría identifican erróneamente como realimentación los componentes de señal correlacionados o tonales y, por consiguiente, crean incómodos artefactos. Esto no sólo tiene un impacto en la calidad sonora de los audífonos, sino que también limita la cantidad de ganancia aplicada del sistema. Los sistemas existentes podrían configurarse para que redujesen la realimentación de manera más efectiva y rápida si los usuarios de audífonos pudiesen tolerar mejor los artefactos provocados y, por lo tanto, una calidad sonora mucho más pobre. Para solucionar las limitaciones de rendimiento del sistema, es necesario identificar y distinguir de manera precisa la realimentación de otros componentes de la señal tonal.

Tecnología WhistleBlock: identificación y eliminación de realimentación revolucionarias

La Tecnología WhistleBlock representa un importante paso adelante en la inversión de fase de realimentación, conseguido mediante la activación de la cancelación de la realimentación con mucha mayor precisión y eficacia. Se beneficia de un módulo de última generación para la identificación de la realimentación y el etiquetado. Este módulo es capaz de diferenciar instantáneamente entre la realimentación real y los tonos producidos de forma natural, como la música. La ilustración 1 muestra la compensación entre el rendimiento de los sistemas de cancelación de realimentación de ganancia estable añadida comparada con la calidad sonora. Con los supresores de realimentación actuales, la supresión de realimentación aumentada resulta en una calidad sonora menor. El supresor de realimentación que aplica la Tecnología WhistleBlock elimina esta compensación. Se consigue una mayor ganancia estable con la misma calidad sonora. La identificación rigurosa de sonidos que han vuelto a entrar en el sistema como realimentación real permite una estrategia de cancelación de realimentación precisa, pues bloquea la realimentación sin que la calidad sonora o la claridad verbal se vean afectadas (ver ilustración 2). Al efectuar una distinción de los componentes de realimentación en la señal de otros componentes tonales correlativos, se posibilita la aplicación de técnicas de cancelación de realimentación significativamente más agresivas, sin que se creen efectos no deseados.

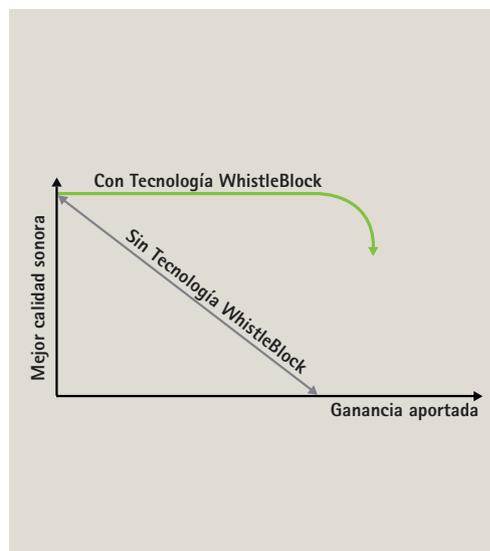


Ilustración 1:

Representación cualitativa de la compensación entre la calidad sonora y la ganancia estable añadida en los supresores de realimentación actuales. Gracias a la Tecnología WhistleBlock se puede conseguir considerablemente una ganancia mayor sin comprometer la calidad sonora.

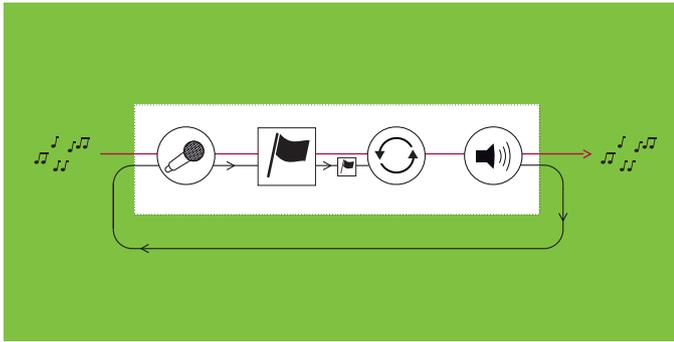


Ilustración 2:

La Tecnología WhistleBlock se beneficia de un módulo de última generación de etiquetado e identificación de realimentación. Este tipo de tecnología puede diferenciar de forma instantánea entre la realimentación real y los tonos que se producen de forma natural, como la música. La identificación rigurosa de sonidos que han vuelto a entrar en el sistema como realimentación real permite una estrategia de cancelación de realimentación precisa. Esto elimina la correlación existente entre las señales de entrada y de salida, pues bloquea la realimentación sin que la calidad sonora o la claridad verbal se vean afectadas.

Evaluación del rendimiento de la Tecnología WhistleBlock

Para evaluar el rendimiento de los sistemas de gestión de realimentación, han de tomarse en cuenta varios aspectos y distintas dimensiones de calidad. Freed y Soli (2006) y Merks et al. (2006) sugieren lo siguiente: (i) ganancia estable añadida/ganancia efectiva, (ii) ganancia efectiva aplicada, (iii) fiabilidad y velocidad de los mecanismos de detección de realimentación, (iv) calidad sonora.

El rendimiento de un sistema de gestión de realimentación puede evaluarse respondiendo las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es la eficacia del algoritmo al prevenir la realimentación?
- ¿Cuál es la eficacia del algoritmo en la reducción de los picos suboscilatorios en la respuesta en frecuencia?
- ¿El algoritmo sacrifica ganancia en alguna de las bandas de frecuencia?
- ¿Cuál es la resistencia del algoritmo cuando se le presentan señales de entrada tonales?

Para contestar a estas preguntas y evaluar el rendimiento de los sistemas de gestión de realimentación, es necesario utilizar una configuración de test realista y reproducible. Esto puede llevarse a cabo colocando un modelo de cabeza artificial en una cabina acústica, utilizando un motor para mover un objeto cerca de la oreja y del audífono (ilustración 3). Este proceso permite una simulación

realista y reproducible de diferentes condiciones de realimentación. Con esta configuración de test, el rendimiento de la nueva Tecnología WhistleBlock se comparó con otros productos del mercado en lo referente a los siguientes aspectos:

- Ganancia estable añadida o ganancia en exceso. Esta medida muestra cuánta ganancia de más puede ser aplicada con el supresor de realimentación encendido, en comparación con la que puede aplicarse con el supresor apagado.
- Calidad sonora: tiene en cuenta el número de artefactos que se están produciendo.
- La resistencia en cuanto a la distinción de los sonidos de realimentación real de aquellos que son componentes de la señal tonal.

Ganancia estable añadida

La ilustración 4 muestra la ganancia estable añadida o la ganancia en exceso, medida en cinco dispositivos distintos con la configuración de test descrita más arriba. Los audífonos fueron configurados para producir la misma cantidad de ganancia. Resulta claramente visible que el nuevo sistema de gestión de realimentación ofrece una ganancia estable significativamente mayor. Especialmente en el rango de frecuencias más susceptible a la realimentación, 1,5–3 kHz, esta nueva tecnología ofrece la mayor cantidad de ganancia estable.



Ilustración 3:

Configuración de test para la evaluación del rendimiento de los sistemas de gestión de realimentación en condiciones realistas.



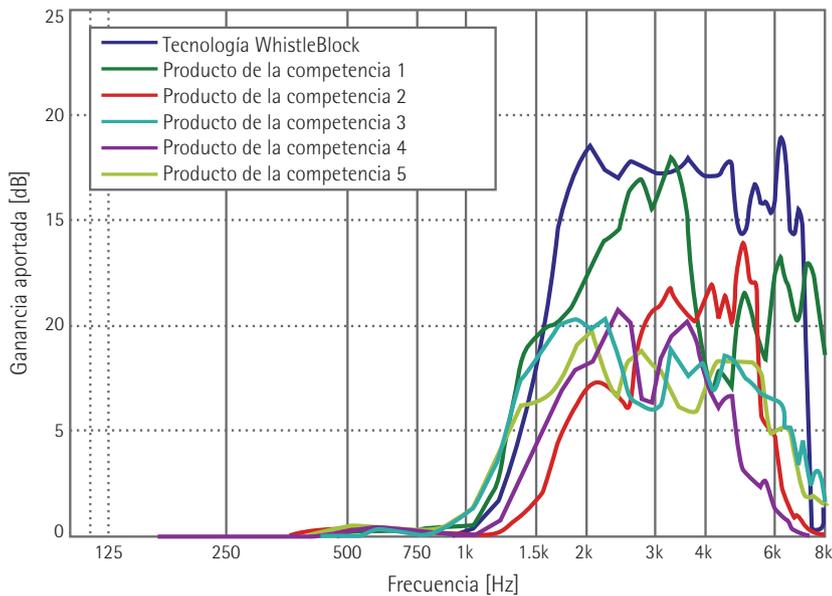


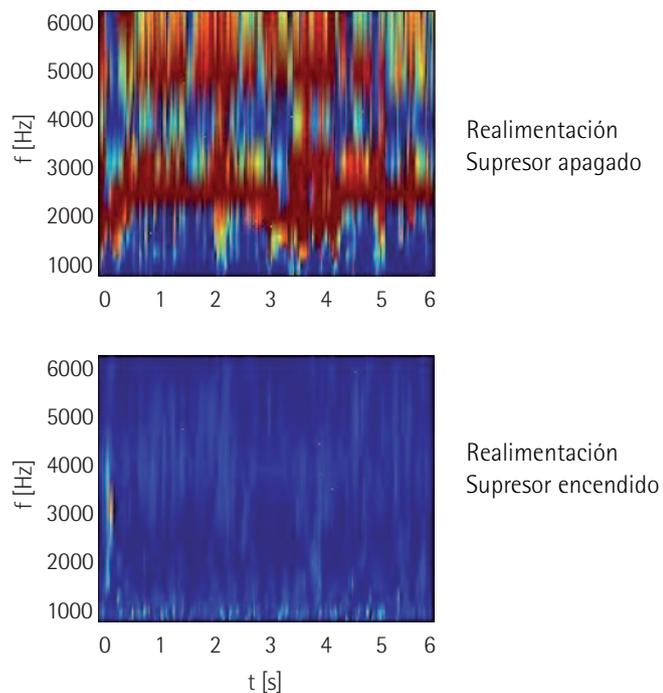
Ilustración 4: Ganancia estable aportada por distintos audífonos. La Tecnología WhistleBlock disponible en las líneas de productos Exélica y Naida demuestra tener, con diferencia, la mayor ganancia estable, especialmente en la región espectral más crítica; entre 1,5 y 3 kHz.

Calidad sonora

La ilustración 5 compara la cantidad de artefactos, en el ejemplo la calidad sonora, de un audífono equipado con Tecnología WhistleBlock comparado con un dispositivo de la competencia que utiliza otro esquema de cancelación de realimentación moderno. El gráfico de la izquierda muestra los resultados del dispositivo con Tecnología WhistleBlock. Se midieron dos grupos de espectrogramas de las señales de salida amplificada: el primero sin ningún objeto cercano a la oreja, y el segundo con un objeto sólido que se

encontraba a unos 2 cm del pabellón auditivo. La fila superior muestra los resultados con los sistemas de gestión de realimentación apagados, la fila inferior muestra los resultados con la gestión de realimentación encendida. Las áreas rojas de los gráficos muestran la producción de componentes de realimentación o artefactos. Con Tecnología WhistleBlock prácticamente no se produce ningún artefacto, mientras que con otro conocido sistema de la competencia sí que se producen efectos significativos.

Tecnología WhistleBlock



Producto de la competencia

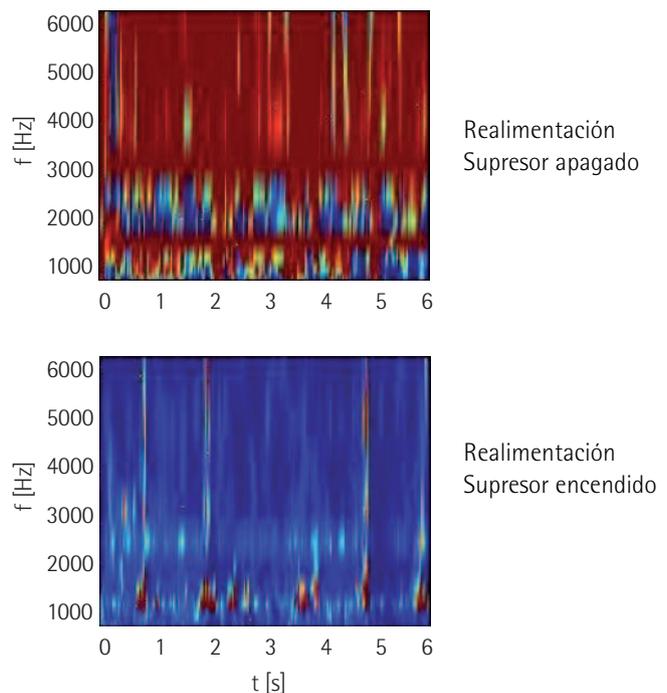


Ilustración 5: Comparación de la presencia de artefactos, p. ej. calidad sonora, de dos sistemas distintos de supresión de realimentación: Los gráficos de la izquierda corresponden a la Tecnología WhistleBlock, los gráficos de la derecha corresponden a un sistema de la competencia. Fila superior: gestión de realimentación apagada. Fila inferior: gestión de realimentación encendida.

Rojo = realimentación
Azul = no hay realimentación

Arrastre

El último parámetro para tratar es el arrastre. Este fenómeno crea artefactos molestos cuando el sistema de cancelación de realimentación identifica erróneamente como realimentación tonos altamente correlativos, y genera una señal de fase invertida. La ilustración 6 compara los artefactos creados por el arrastre de un dispositivo con Tecnología WhistleBlock y un dispositivo sin él. Se reprodujo un tono de prueba a través de un audífono con los

respectivos canceladores de realimentación encendidos. El cancelador de alimentación de la competencia (imagen inferior) produce artefactos de modulación que generan bandas laterales en torno a los picos espectrales. Con la Tecnología WhistleBlock (imagen superior) no se produce ningún artefacto de arrastre. La Tecnología WhistleBlock es capaz de identificar correctamente las señales de entrada tonal y no lleva a cabo ninguna medida paliativa molesta.

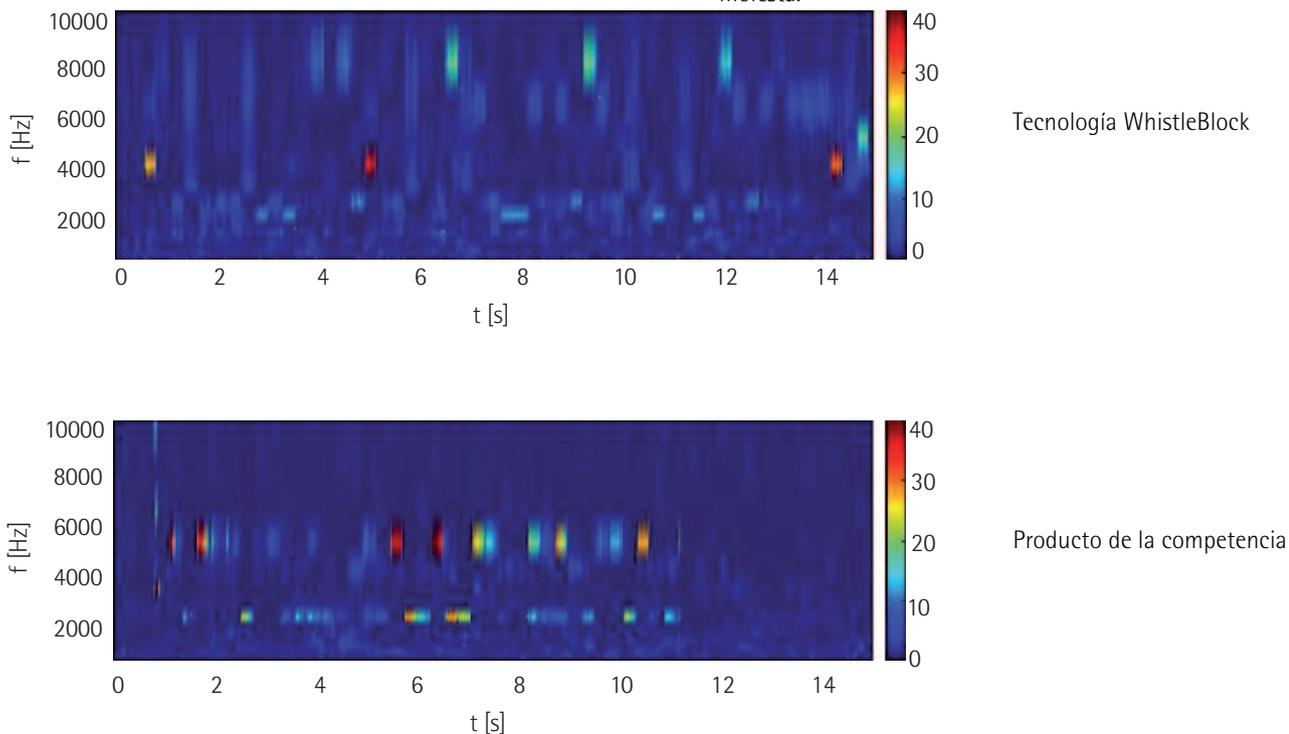


Ilustración 6:

Espectrograma en el que se muestra la cantidad de artefactos en los productos con Tecnología WhistleBlock y sin él. Se reproduce un tono de llamada y se graba la presión de salida del audífono. El gráfico superior muestra los resultados de la medición de un dispositivo con Tecnología WhistleBlock. Las áreas amarillas y rojas indican la presencia de artefactos que provocan una calidad sonora pobre. Se observa claramente que la Tecnología WhistleBlock produce una cantidad de artefactos significativamente menor por el arrastre.

Resumen

La Tecnología WhistleBlock, ahora disponible para los productos Exéla y Naída, proporcionará un rendimiento óptimo para los muchos estilos y familias de audífonos. Comparado con los esquemas de cancelación de realimentación de la competencia, la Tecnología WhistleBlock logra mejoras significativas que permiten obtener una ganancia estable añadida, una calidad sonora mayor y una reducción de los artefactos de arrastre.

La Tecnología WhistleBlock consigue una mejora sin precedentes para una de las mayores quejas de los usuarios de audífonos: eliminar de manera efectiva la realimentación sin producir efectos molestos.

Referencias

Kochkin, MarkTrak I-IV.

Dillon, H. (2001) "Hearing Aids", Boomerang Press.

Freed, D.; Soli, S. (2006) "An Objective Procedure for the Evaluation of Adaptive Anti-Feedback Algorithms in Hearing Aids", Ear and Hearing.

Hellgren, J; Lunner, T.; Arlinger, S. (1999) "Variations in the Feedback of Hearing Aids", J. Acoust. Soc. Am. 106, 2821-2834.

Merks, I.; Bannerjee, S.; Trine, T. (2006) "Assessing the Effectiveness of Feedback Cancellers in Hearing Aids", Hearing Review 4/2006.