



Seminario de Ingeniería Biomédica - 2009

Dispositivos de proyección de imágenes en la retina.

Gonzalo Eduardo Sotta Medina

Monografía vinculada a la conferencia del Dr. Hamlet Suárez sobre Evaluación del equilibrio: conceptos, desarrollo de equipos y normativa internacional para su comercialización del 28 de abril de 2009

Email: gsotta@gmail.com;

Resumen

Se analizará la tecnología de proyección de imágenes en la retina en forma artificial. Explicando su principio de funcionamiento y sus características principales, así como también una comparación con los dispositivos actualmente utilizados y su aplicación en terapias de corrección de patologías del equilibrio.

1. Introducción

La utilización de la realidad virtual en la práctica médica comenzó a principios de la década del 90, motivada por la necesidad de visualizar de forma eficiente datos médicos complejos, en particular durante la planificación de cirugías y su posterior ejecución [1]. Actualmente la utilización de la realidad virtual abarca un amplio espectro de disciplinas que van desde la enseñanza y entrenamiento médico, hasta la evaluación y tratamiento neuropsicológico.

La finalidad de la realidad virtual radica en generar experiencias lo mas cercanas posibles a la realidad mediante el estímulo de los sentidos del individuo. En particular en el área del estímulo visual se está desarrollando una nueva tecnología de proyección de imágenes en la retina llamada Virtual Retinal Display (VRD) o Pantalla Virtual en la Retina, que será abordada en la presente monografía.

2. Sistema de proyección de imágenes en la retina

El principio fundamental del VRD es la proyección de un haz de luz modulada directamente en la retina del usuario, este tiene la ilusión de estar viendo la fuente de imágenes a unos pocos centímetros de sus ojos. Pero en realidad la imagen se forma en las retinas de sus ojos, no existiendo pantalla alguna. En la Figura 1 se muestra el principio de funcionamiento del dispositivo.

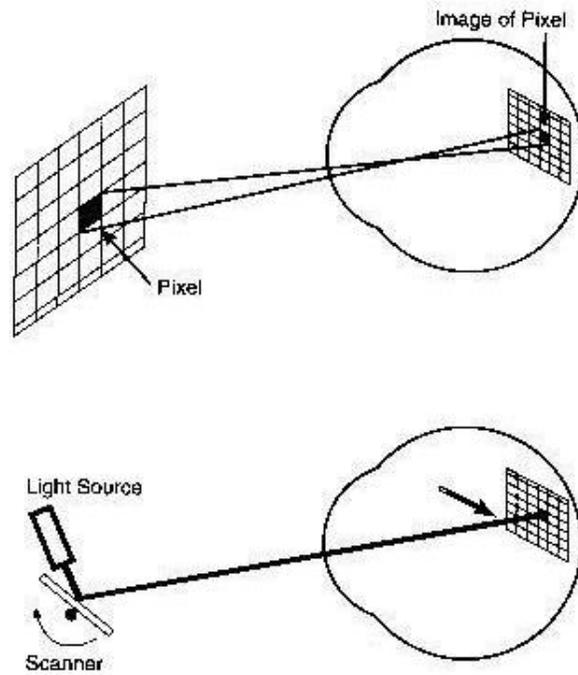


Figura 1: Imagen generada en la retina. Arriba, al ver una pantalla convencional. Abajo utilizando proyección de luz directamente en la retina.

Cómo muestra la Figura 1 el sistema no utiliza pantallas de cristal líquido. Componente que actualmente es utilizado en los sistemas de emisión de imágenes portátiles como los de la Figura 2.



Figura 2: Casco de realidad virtual utilizado en la actualidad.

3. Breve descripción del sistema visual humano

En el fondo del ojo se encuentra la retina, ésta se compone de múltiples capas de células nerviosas que transforman la luz en señales eléctricas que son transmitidas al cerebro a través del nervio óptico.

Hay dos tipos de células fotorreceptoras en la retina que se encargan de generar dichas señales eléctricas: las células llamadas conos y las llamadas bastones. Los bastones se utilizan en condiciones de baja intensidad lumínica, mientras que los conos responden a intensidades lumínicas altas y también a los colores. En la Figura 3 se muestra la estructura de la retina.

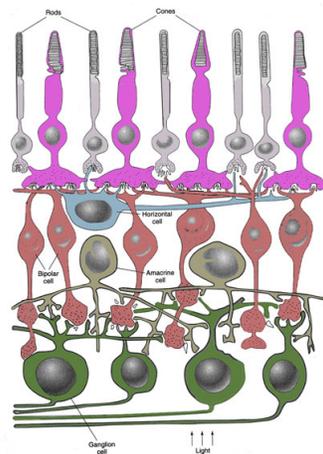


Figura 3: Detalle de la retina, las células en gris son los bastones, las violetas son los conos.

Una característica importante del sistema visual es su capacidad de lograr imágenes estereoscópicas, es decir la capacidad de calcular la distancia de los objetos en forma óptica. Como se muestra en la Figura 4, los ojos registran imágenes ligeramente distintas de la misma escena. La información del lado izquierdo del campo visual se proyecta en el lado derecho de la retina en ambos ojos.

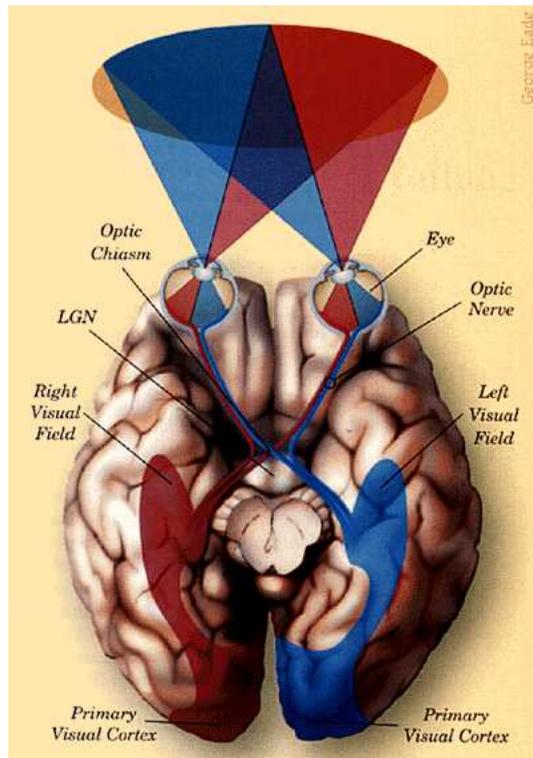


Figura 4: Esquema del procesamiento de imágenes en el cerebro.

La información recabada sobre el campo visual izquierdo se dirige al hemisferio derecho, por lo que cada hemisferio se encarga de procesar solo uno de las mitades del campo visual, sin embargo las señales que llegan a los hemisferios provienen de ambos ojos. Esto define la estructura que debe tener el VRD para lograr imágenes estereoscópicas.

4. Funcionamiento del VRD

En los dispositivos de realidad virtual actuales se genera una imagen en una pantalla que se coloca a una distancia tal que permite al ojo poder enfocar correctamente. En el caso de la tecnología VRD las imágenes no son proyectadas en una pantalla, sino que éstas se forman directamente en la retina. En la Figura 5. se muestra un diagrama esquemático del sistema.

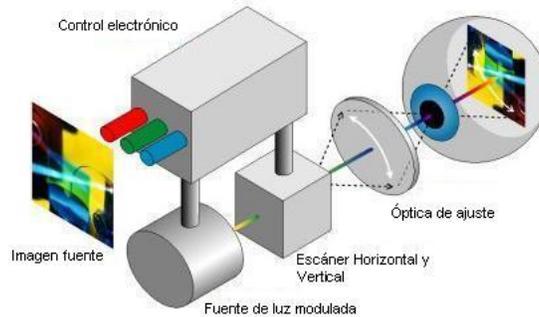


Figura 5: Diagrama esquemático del sistema de proyección en la retina. Tomado de Microvision Inc.

Para crear la imagen en la retina una fuente de fotones (tres en el caso de imágenes a color) se utiliza para generar un haz de luz coherente. Se utiliza una fuente de luz coherente para iluminar un área lo más reducida posible en la retina. La intensidad del haz de luz se modula para ajustarse a la intensidad de la imagen que se quiere proyectar. Dicha modulación de intensidad se puede lograr luego de generado el haz o directamente en el generador si este lo permite.

El haz de luz es alterado para colocar los píxeles de la imagen en el lugar adecuado en la retina, se pueden utilizar distintos patrones de dibujo en la retina. Sin embargo la forma de proyección preferida es la de barrido. Esta forma de proyección es la utilizada en los antiguos monitores de PC y televisores (que utilizaban tubos de rayos catódicos).

Para dibujar la imagen en la retina, un escáner horizontal mueve el haz para proyectar una fila de píxeles en la retina. Luego un escáner vertical mueve el haz a la siguiente línea para dibujar la siguiente fila de píxeles. Previo al barrido es necesario proyectar el haz en el ojo de forma correcta, para ello se utiliza un lente a la salida del sistema (llamado pupila de salida) que es coplanar a la pupila del ojo. El lente y la córnea enfocan el haz de luz formando un punto en la retina. El lugar donde se forma dicho punto depende del ángulo con el cual el haz entra en el ojo, como indica la Figura 6. Dicho ángulo es variado continuamente por los escáneres horizontales y verticales del sistema para lograr el barrido.

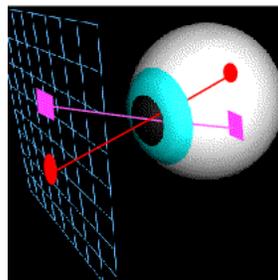


Figura 6: Variación del punto proyectado en la retina en función del ángulo de incidencia del haz.

El brillo del punto generado en la retina es controlado por la modulación de intensidad del haz de luz. De esta forma el punto de luz móvil enfocado por el ojo, dibuja la imagen en la retina. La retina presenta al igual que las pantallas de fósforo una cierta persistencia, lo que permite que la imagen proyectada en la retina se vea en forma continua.

5. Características del dispositivo

Las imágenes a color se logran con la utilización de tres fuentes de luz, una roja, una verde y una azul. Los rayos provenientes de dichas fuentes se solapan en el espacio logrando un pixel de color único. Dicha cualidad mejora la resolución del sistema.

En contraposición a los sistemas tradicionales que implementan arreglos de tres píxeles, cada uno con los colores base. El brillo de la imagen percibida con el VDR es mucho mayor al caso de una pantalla convencional. Además los sistemas convencionales no tienen un comportamiento adecuado en lugares con un nivel alto de luz ambiental, como es el caso en una sala de procedimientos quirúrgicos.

Al proyectar la luz directamente en la retina, la potencia lumínica necesaria para generar una imagen visible es considerablemente menor a la utilizada por una pantalla común. Lo que implica que los niveles de potencia manejados son del orden de los nW a mW, dependiendo de los requerimientos del sistema. Una función especialmente útil en los sistemas de proyección de imágenes es el funcionamiento en modo "see-through". El mismo implica que la imagen a proyectar se superpone al campo visual normal del usuario, este modo de trabajo es inviable en un dispositivo convencional por lo expresado anteriormente.

6. Desarrollo del VRD en la actualidad

El primer prototipo del VDR fue desarrollado en el año 1993 en el Laboratorio de Tecnologías de Interfase Humana de la Universidad (HITL por sus siglas en inglés) de Washington en Seattle estado de Washington. El objetivo inicial del proyecto fue el probar la viabilidad de la proyección de imágenes en la retina utilizando un haz de luz láser. Durante el desarrollo del dispositivo se construyeron tres prototipos. El primer sistema construido lograba una resolución muy baja, un campo de visión angosto y era difícil de alinear con los ojos. Por lo que se trabajó en mejorar dichos aspectos llegándose a la fabricación del primer prototipo.

6.1. Prototipo 1

El primer prototipo utiliza un diodo láser con una longitud de onda de 635 nm como fuente lumínica. La frecuencia de escaneo horizontal requerida de 73 kHz no puede alcanzarse con un espejo móvil convencional o un polígono rotativo. La solución propuesta utiliza un escáner opto acústico. El escaneo vertical requiere una frecuencia de 72 Hz por lo que puede realizarse con un espejo móvil. La utilización del escáner opto acústico permite alcanzar las frecuencias de barrido deseadas pero conlleva la solución de otras complicaciones. Destacándose entre ellas el diseño de un sistema electrónico complejo para su utilización, un ángulo de escaneo de solamente 4 grados y un elevado costo económico. Además en el primer prototipo el recorrido total del haz de luz es de 45 cm. Lo que resulta insuficiente si se apunta a un dispositivo portátil.

6.2. Prototipo 2

La solución al problema del escaneo horizontal presentado en el primer prototipo fue solucionado con el desarrollo de un escáner mecánico en miniatura que se muestra en la Figura 7.

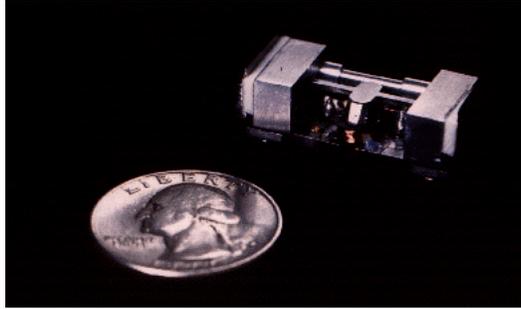


Figura 7: Escáner mecánico en miniatura para el barrido horizontal del haz.

La utilización de dicho escáner mecánico implica una reducción en el costo del dispositivo y una reducción considerable de su tamaño ya que en este caso el haz de luz recorre solamente 8 cm. El segundo prototipo fue probado en 1994, lográndose la proyección de una imagen clara y espacialmente estable.

6.3. Desarrollo subsiguiente

El tercer prototipo se basa en la misma estructura de hardware, agregando la proyección de color. En teoría el refinamiento en el diseño del escáner horizontal permitiría al sistema alcanzar la resolución del propio ojo humano. Para ello es necesario barrer un total de 3000 líneas manteniendo los tiempos de barrido anteriores. Las estrategias planteadas para lograrlo incluyen escaneo en paralelo y escaneo de ultra alta velocidad. Actualmente la patente del dispositivo pertenece a la empresa Microvision Inc. La misma ha desarrollado versiones del aparato en modo inclusivo y "see-through", utilizados en aplicaciones militares. En la Figura 8 se muestra el dispositivo en modo "see-through".



Figura 8: Visión del usuario, en este caso un mecánico, utilizando el dispositivo en modo "see-through".

Las medidas de la potencia irradiada con imágenes típicas indican que el VRD genera potencias del orden de los 200 nW operando normalmente. Este valor está por debajo del valor de potencia de láseres Clase 1 fijado en 400 nW. En caso de ocurrir una falla (detención de uno o ambos escáners) los límites de potencia indican que el mecanismo mantiene su seguridad[3].

El dispositivo ha sido probado también por cirujanos, que gracias al uso de éste obtienen los signos vitales del paciente como la presión arterial y el ritmo cardíaco, durante las operaciones quirúrgicas [4].

7. El VRD y su utilizadas en los sistemas de evaluación de patologías del equilibrio

Una herramienta muy utilizada en los dispositivos de evaluación en pacientes con patologías del equilibrio es la realidad virtual. Con esta se puede estimular al paciente para determinar su patología y luego realizar el tratamiento adecuado con este mismo sistema. El sentido más estimulado en estas técnicas de evaluación y tratamiento es el de la vista; por tanto es imprescindible contar con dispositivos de proyección de imágenes que logren el efecto de mostrar al paciente los escenarios de prueba de la forma mas verosímil posible.

Como se mostró en las secciones anteriores, la tecnología VRD presenta claras ventajas con respecto a los dispositivos de proyección de imágenes actuales en aspectos como: resolución alcanzable, relación de contraste, luminiscencia y rango de colores. Dichos factores contribuyen a una calidad y realismo en las imágenes muy difícil de alcanzar por los dispositivos actuales.

Pero también destaca la facilidad en los procesos de construcción involucrados en la tecnología VRD. En el caso de los monitores de pantalla plana su fabricación implica técnicas complejas de ensamblaje y tolerancias críticas que repercuten en su robustez y costo. Por otro lado el tamaño y peso reducidos de un sistema VRD lograría que el paciente no note diferencia en el uso o no del dispositivo.

8. Conclusiones

Conclusiones Luego de analizar esta tecnología y de ver todas sus ventajas es difícil imaginar por que razón no ha tenido una expansión comercial a gran escala, dado que su desarrollo comenzó a principios de la década del 90 y que puede potencialmente revolucionar la utilización de la tecnología en general y en particular en sistemas de evaluación de patologías del equilibrio.

Referencias

1. G. Riva, Applications of Virtual Enviroments in Medicine, Applied Technology for Neuro-Psychology Lab., Istituto Auxologico Italiano, Milan, Italy, 2003.
2. M. Tidwell, R.S. Johnston, D. Melville, T.A. Furness, The Virtual Retinal Display - A Retinal Scanning Imaging System, Proceedings of Virtual Reality World '95 pp. 325-333, 1995.
3. E. Viirre, R. Johnston, H. Pryor, S. Nagata, Laser Safety Analysis of a Retinal Scanning Display System, Journal of Laser Applications 9(4) pp. 253-260, 1997.
4. Laser vision offers new insights, BBC News, 27 April 2004, 1995.
<http://news.bbc.co.uk/2/hi/technology/3647437.stm>