

Nuevas Interfaces y sus Aplicaciones en las Tecnologías de Información y Comunicaciones

José A. Incera D.
Laboratorio de Redes Avanzadas
Instituto Tecnológico Autónomo de México
Reporte técnico 1-1007
Octubre 2007

Resumen

Resulta difícil imaginar alguna disciplina que haya evolucionado tan vertiginosamente como ocurre con las Tecnologías de Información y de Comunicaciones, a través de las cuales se ha identificado a la sociedad contemporánea como la sociedad de la información. A lo largo de su muy joven historia, estas tecnologías han sabido solventar los diversos obstáculos a los que se han visto enfrentadas. Ante la constante miniaturización de los dispositivos electrónicos, la masificación y diversificación de los equipos computacionales y su potencial interrelación, el surgimiento de nuevos paradigmas de cómputo, y la necesidad de dar acceso a los beneficios de estas tecnologías a la sociedad en su conjunto, el diseño de nuevas interfaces que simplifiquen la interacción entre los usuarios y la infraestructura de cómputo, es un desafío prioritario.

1. Introducción

Las Tecnologías de Información y de Comunicaciones (TIC) han transformado virtualmente todas las actividades del hombre en las sociedades modernas. En la actualidad, el no contar con nociones básicas para poder *servirse* de la computadora (específicamente, de los programas y aplicaciones ejecutándose en ella) puede limitar severamente las posibilidades de desarrollo profesional de las personas y, de manera creciente, de su interacción social.

Debido a su enorme penetración, la primera idea que viene a la mente al pensar en una computadora, es quizás la *computadora personal* (de escritorio o portátil) en la cual la interacción se da a través de dispositivos como el teclado, el ratón y la pantalla. Estos dispositivos son las *interfaces físicas* de la computadora. Para acceder a los programas, aplicaciones y datos dentro de la computadora, se recurre también a una *interfaz lógica o interfaz de usuario*, una abstracción conceptual que permite identificar estos objetos como *archivos* almacenados en *carpetas* con distintas propiedades.

La interfaz de usuario más popular consiste en la representación gráfica de programas como *iconos* seleccionados a través del *ratón* que se ejecutan en *ventanas* desplegadas en la pantalla de la computadora (figura 1). Los comandos y opciones de los programas pueden ser seleccionados a través de *menús* dispuestos en secciones

específicas de las ventanas. Esta interfaz, conocida comúnmente como *WIMP* (*Windows-icons-mouse-pointer*), ha sido sumamente exitosa por más de 20 años, un período sorprendentemente largo cuando se habla de TICs.

Canny (2006) considera que la longevidad de las interfaces WIMP se debe, entre otros, a dos factores principales. En primer lugar, esta abstracción permitió que la computadora pudiera ser utilizada prácticamente por cualquier persona sin tener que ser experta en computación; se trata de una *interfaz centrada en el usuario*. En segundo lugar, ha resultado muy apropiada al considerar la computadora como una herramienta de trabajo para las funciones convencionales en la oficina, la escuela y el hogar.

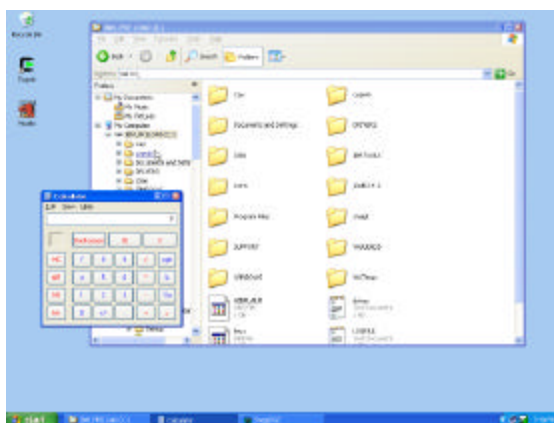


Figura 1. Interfaz WIMP¹

Sin embargo, este modelo de *Interacción Humano-Computadora* (IHC) presenta severas limitaciones ante los nuevos escenarios que las TICs van englobando durante su acelerado proceso de transformación social. Un estudio reciente realizado por la División de Ciencias de la Computación de la Universidad de California en Berkeley consideró que la prioridad número uno en investigación y desarrollo debería concentrarse en IHC (Canny, 2006). Algunos de estos escenarios son el objeto de estudio del presente documento, entre los que cabe destacar los siguientes:

- Si bien las interfaces WIMP han permitido la adopción generalizada de las computadoras, la facilidad de uso sigue considerándose la principal barrera para el crecimiento y éxito de las TIC en las organizaciones (Canny, 2006).
- Hace tiempo que la computadora ha dejado de ser tan sólo herramienta de trabajo en la oficina y el hogar. Las consolas de videojuegos, los reproductores de DVD, los nuevos televisores, un número creciente de sistemas de control en el automóvil y el hogar, son tan sólo algunos ejemplos de equipos computacionales con los que el hombre contemporáneo interactúa todos los días. En estos dispositivos resulta crítica

¹ Imagen tomada de la página: [http:// horstmann.com/bigj/help/windows/tutorial.html](http://horstmann.com/bigj/help/windows/tutorial.html)

la adopción de interfaces simples y amigables para explotar adecuadamente sus funcionalidades.

- La convergencia entre las tecnologías de información y las comunicaciones es cada vez mayor y las barreras entre ellas se han diluido casi por completo. Con herramientas como el correo electrónico, la mensajería instantánea, los foros de discusión y las plataformas de trabajo colaborativo, hoy en día la computadora es una innegable herramienta de comunicación. Al mismo tiempo, el teléfono móvil se utiliza cada vez menos para realizar conversaciones de voz y más para intercambio de información. En ambos casos, las interfaces convencionales resultan poco intuitivas y entorpecen las tareas que el usuario desea realizar (Hybs, 1996).
- Una de las áreas de mayor crecimiento en TICs es la de dispositivos móviles (agendas portátiles, teléfonos celulares, etcétera) con capacidad de interconexión a través de redes inalámbricas. En particular, la venta estimada de teléfonos celulares es de 800 millones al año, cuatro veces más que la venta de computadoras personales (Economist, 2006a). En estos dispositivos, en los que se busca reducir su tamaño cada vez más, las interfaces basadas en teclado y pantalla terminan siendo un fuerte obstáculo para interactuar con ellos.
- Grandes avances paralelos en otras tecnologías como nanotecnologías, infraestructura de comunicaciones, dispositivos de monitoreo, y agentes inteligentes, nos han acercado más que nunca a la visión de *cómputo ubicuo* o *penetrante* propuesta por Weiser (1991) (OECD, 2006). En esta visión, la computadora está en contacto permanente con el usuario de manera que prácticamente desaparece de su entorno para convertirse en un consumible más, como ocurre con la red de energía eléctrica en la actualidad.

Los escenarios anteriores señalan una acelerada inserción de las computadoras en las actividades cotidianas del ser humano que sólo podrá ocurrir si la interacción entre las computadoras y los usuarios se simplifica. Ello ha dado lugar a una muy fértil actividad en los últimos años enfocada al diseño y desarrollo de *nuevas interfaces* más amigables y ergonómicas, capaces de ofrecer un intercambio de información entre el usuario y la computadora más natural, eficiente y productivo, inspirado en la forma en que los humanos nos comunicamos.

En este enfoque, la IHC ya no será la limitante sugerida en el primer párrafo del presente documento; por el contrario, será capaz de *percibir* el contexto en el que se encuentra el usuario y podrá asistirlo de forma proactiva (Harris, 2005). El reto no es simple, se requiere de una mejor comprensión de las capacidades humanas (cognitivas, motoras, de comunicación y perceptivas), combinada con profundos avances en técnicas de síntesis y reconocimiento de lenguaje, visión por computadora, animaciones gráficas, e interfaces hápticas, entre otros.

El presente documento busca ofrecer una panorámica general de los avances más relevantes que se han dado recientemente en el diseño de interfaces humano-computadora

y la forma en la que éstas podrán hacer realidad los nuevos paradigmas de cómputo que seguirán transformando a nuestra sociedad.

2. Antecedentes

Durante los primeros años de la joven historia de la computación, los equipos de cómputo solamente podían ser operados por especialistas entrenados específicamente para ello. A mediados de los años 40, ENIAC, considerada la primera computadora electrónica, era programada manualmente conectando y desconectando cables para configurar los valores binarios de los datos e instrucciones a ejecutar. Los avances tecnológicos rápidamente dieron paso a computadoras más rápidas y eficientes y a dispositivos de entrada y salida que simplificaban la interacción con ellas. En los años 50 se populariza el procesamiento por lotes introduciendo información a través de tarjetas perforadas y utilizando impresoras como dispositivos de salida. También aparecen las primeras terminales electrónicas que utilizan un teclado y una pantalla de tubo de rayos catódicos (CRT) como dispositivo de salida.

La década de los años 60 fue de grandes progresos en la computación. El avance en el diseño de sistemas operativos y la capacidad y velocidad de las computadoras permite que múltiples usuarios puedan trabajar simultáneamente con la computadora a través de terminales interconectadas. Aparecen las mini-computadoras permitiendo que un número mucho mayor de organizaciones tenga acceso a los recursos computacionales. También aparecen en esta década los trabajos de dos grandes investigadores, Licklider y Engelbart, que sentaron los cimientos de las interfaces de usuario más populares en la actualidad. No es exagerado imaginar que sin el desarrollo de estas interfaces, la computadora personal, surgida en los años 80, estaría muy lejos de gozar de su popularidad actual.

Myers (1998) ofrece una reseña valiosa sobre los cimientos que más influencia han tenido en el diseño de interfaces humano-computadora.

2.1 Los pioneros

Joseph Licklider ha sido una de las personas más influyentes en la historia moderna de la computación. Propuso las bases que eventualmente dieron origen a la Internet al concebir una *red galáctica* para interconectar computadoras globalmente con el fin de poder acceder a datos y programas. En su trabajo seminal, *Man-Computer Symbiosis*, propone que “*las computadoras deberían cooperar con los usuarios en la toma de decisiones y en el control de situaciones complejas, sin la dependencia inflexible de programas predeterminados*” (Licklider, 1960). Para llevar a cabo esta visión, considera primordial facilitar la interacción humano-computadora e identifica diez problemas prioritarios que deberían ser resueltos, entre los que destacan:

- Proporcionar interfaces de entrada y salida mediante datos simbólicos y gráficos;

- contar con mecanismos de almacenamiento masivo y rápida recuperación de información;
- crear sistemas para el reconocimiento de voz, de escritura impresa y de la escritura manual directamente;
- desarrollar sistemas para la comprensión del lenguaje natural sintáctica y semánticamente.

Más de cuarenta años después, la mayoría de los problemas planteados por Licklider han quedado resueltos, pero otros más aún siguen siendo grandes retos en los que hay una actividad intensa en diversos centros de investigación.

Douglas Engelbart, una de las mentes más prolíficas en el mundo de la computación, es indudablemente el creador de los conceptos más influyentes en el diseño de interfaces humano-computadora. En una espectacular presentación en 1968 de su sistema NLS (*Online System*), demostró:

- La creación de bibliotecas digitales y la recuperación de documentos a través de hiperligas que dieron origen, muchos años después, al WWW;
- la primera sesión de videoconferencia;
- la edición de gráficos en dos dimensiones en una pantalla CRT;
- el concepto de ventanas en pantalla;
- el diseño y uso del ratón para seleccionar y manipular objetos en la pantalla.

Las innovaciones propuestas por Engelbart resultaron demasiado avanzadas para poder ser exitosas comercialmente en su época. Algunos años después estas ideas fueron retomadas y extendidas con las aportaciones de otros investigadores en el Centro de Investigación en Palo Alto (PARC) de Xerox, donde además del uso de ventanas, se desarrollaron la manipulación directa de objetos, las interfaces WYSIWYG (*What you see is what you get*) y el concepto de menús para organizar y acceder a la información, dando origen a las interfaces WIMP. Estas ideas fueron plasmadas por primera vez en la computadora Xerox Star (1981), en la Apple Lisa (1982) y en la sumamente popular Apple MacIntosh (1984). Poco tiempo después Microsoft toma estos principios para diseñar sus sistemas operativos Windows que terminaron dominando el mundo de las computadoras personales.

3. Avances en dispositivos de entrada y salida

La comunicación con la computadora se establece a través de los dispositivos de entrada (por ejemplo, teclado, ratón, lápiz óptico, micrófono) y de salida (por ejemplo, pantalla, impresora, graficador, audífono). La ruta para alcanzar las visiones de Weiser y Licklider empieza por franquear las limitaciones propias de los dispositivos convencionales de entrada y salida.

Un porcentaje importante de los esfuerzos actuales en investigación y desarrollo en IHC, está orientado a ofrecer interfaces más naturales e intuitivas. Se está trabajando

activamente, entre otros, en el desarrollo de interfaces de voz y diálogo, reconocimiento de lenguaje natural, reconocimiento de características humanas (gestos, movimientos), visión por computadora, y mejores técnicas de despliegado. En esta sección se presentan algunos de los avances más sobresalientes en esta área; los resultados mostrados permitirán comprender con mayor claridad el nivel de madurez de los nuevos paradigmas de cómputo que serán presentados en la sección 5.

3.1 Despliegado de información

Debido a la importancia y sofisticación de nuestro sentido de la vista, las pantallas (o unidades de despliegado visual) son la interfaz más común para despliegado de información en las computadoras actuales y en una gran cantidad de dispositivos electrónicos como teléfonos móviles, agendas personales, cámaras fotográficas y consolas de videojuegos.

Ha habido un avance importante en las tecnologías utilizadas para la fabricación de pantallas, desde los cinescopios con tubos de rayos catódicos, hasta las actuales pantallas de cristal de cuarzo líquido y de plasma. Sin embargo, estos dispositivos presentan algunas limitaciones, particularmente en los ámbitos del cómputo móvil y ubicuo, debido a su fragilidad, consumo de energía y tamaño de la pantalla.

Pantallas flexibles

Una gran cantidad de empresas y centros de investigación está trabajando en tecnologías para crear pantallas flexibles tan delgadas como el papel. Algunas de estas tecnologías ofrecen enormes ventajas en maleabilidad, ligereza, bajo consumo de energía y – potencialmente- bajos costos de producción, por lo que su impacto puede compararse al salto dado por la humanidad cuando pasó de escribir en tablillas de arcilla al pergamino.



Figura 2. Pantalla flexible en dispositivo eReader de Philips LG²

Existen básicamente cuatro categorías de productos las cuales se correlacionan con el nivel de desarrollo de la tecnología: (a) Pantallas rígidas delgadas; (b) Pantallas

² Imagen tomada de la página: http://www.mobilemag.com/content/images/4565_super.jpg

conformables. Pueden adaptarse a un contorno una sola vez, y quedan fijas con esa forma; (c) Pantallas flexibles. Pueden tomar formas suaves, como enrollarse alrededor de un cilindro (figura 2); (d) Pantallas que pueden ser dobladas y arrugadas a tal grado que se pueden incorporar a prendas de vestir. Las últimas dos categorías permiten incorporar pantallas de un tamaño apropiado a dispositivos móviles.

Las tecnologías dominantes para crear pantallas flexibles son partículas con carga eléctrica suspendida en un fluido, y capas ultra delgadas de polímeros orgánicos emisores de luz (OLED) montados en algún sustrato flexible. Las primeras, conocidas como *papel electrónico* o tinta electrónica, reflejan la luz de manera similar a la tinta en papel y conservan su imagen aún sin recibir energía eléctrica, por lo que ofrecen excelentes características en ahorro de energía para dispositivos móviles.

El principal productor de papel electrónico es la empresa E Ink quien ha establecido varias alianzas comerciales con productores de equipos y con proveedores de contenido. Junto con LG Phillips, ha producido una pantalla flexible de 10.1 pulgadas sumamente delgada (300 micras) con una resolución de 600 x 800 píxeles con cuatro niveles de gris, y se encuentran muy avanzados bs prototipos de pantallas a color. Esta tecnología no permite refrescar la imagen con la velocidad necesaria para desplegar imágenes en movimiento (video) pero está siendo utilizada en reproductores de libros electrónicos, dispositivos electrónicos y, en un programa piloto, en la distribución de periódicos electrónicos en Bélgica (Mitchell 2006a), donde se tiene un gran interés por su potencial de protección ambiental al ser una tecnología naturalmente reciclable (Choi, 2004).

Algunos centros de investigación están trabajando con técnicas similares complementadas con tecnologías nanocromáticas para producir pantallas transparentes como las que aparecían en la película *Minority Report* y que pueden ser incorporadas, por ejemplo, al parabrisas de un automóvil (Mitchell, 2006a). Una técnica muy prometedora para crear películas de transistores transparentes combinando materiales orgánicos e inorgánicos ha sido publicada recientemente por el Prof. Tobin Marks de la U. De Northwestern. Se espera crear prototipos de pantallas transparentes con esta técnica en uno o dos años (Wang et al.; 2006).

Las tecnologías OLED con sustratos de polímeros flexibles tienen un mejor desempeño y una mayor riqueza cromática que las pantallas de matriz activa (Shah, 2004). Sin embargo, presentan varios retos técnicos para los que se están buscando distintas soluciones. Actualmente, es necesario desarrollar costosos procesos especiales para su fabricación, pero se está experimentando con técnicas litográficas y de inyección de tinta en capas de polímeros, con lo que se espera una dramática reducción de precios en producciones de grandes volúmenes. Otro problema que debe resolverse es que los polímeros permiten el paso de la humedad, lo que puede empañar las pantallas. Finalmente, su vida útil, actualmente oscila entre las 12,000 y las 15,000 horas, lo cual puede ser suficiente para teléfonos móviles pero no para computadoras portátiles.

Mini proyectores

Otra manera de resolver el inconveniente de contar con pantallas cada vez más pequeñas en dispositivos portátiles, consiste en sustituir la pantalla por un proyector que permita desplegar las imágenes en cualquier superficie. El problema con este enfoque es que la imagen proyectada se distorsiona con las tonalidades e irregularidades de la superficie. Para ello, se han desarrollado distintas técnicas en las que se estima la distorsión producida y se aplican algoritmos para compensar dicha distorsión. (Zacks, 2004; Zollman et al.; 2006). Sin embargo, estos algoritmos pueden ser muy demandantes en tiempo de procesamiento para las capacidades de los dispositivos móviles actuales.

Micro pantallas

La idea de colocar pequeñas pantallas frente a los ojos integradas a un casco o visera (conocidas como HMD, *Head Mounted Displays*) fue propuesta originalmente por otro gran visionario de la computación, Ivan Sutherland, en 1968. Con la tecnología disponible en aquella época, su prototipo eran tan pesado permanecía sujeto al techo de su laboratorio. Durante la segunda mitad de los años 80 aparecieron los primeros HMD portátiles dentro de los sistemas iniciales de Realidad Virtual (sección 5) en proyectos militares.

Los primeros años del presente milenio han visto la proliferación de HMD comerciales a precios relativamente accesibles para ambientes de Realidad Virtual y se proyecta un crecimiento importante en las capacidades y usos de esta tecnología para entornos donde se requiera de visualización estereoscópica, visión nocturna, realidad aumentada, etcétera. Los avances tecnológicos han dado lugar a un concepto similar: pantallas o monóculos montados en anteojos, llamadas FMD (*Face Mounted Display*) de bajo costo, que pueden ser utilizados en dispositivos como agendas digitales y reproductores de video portátiles (figura 3).



Figura 3. HMD (derecha) y FMD (izquierda)³

Las modernas pantallas montadas en estos dispositivos se sirven de técnicas ópticas muy ingeniosas modificando el ángulo del campo visual para crear la sensación de tener una pantalla de mucho mayor tamaño a varios metros de distancia. Así mismo, la resolución y calidad de la imagen han mejorado notablemente.

³ Imágenes tomadas de las páginas: http://www.cu.tu-berlin.de/forschung/AR/medizin_AR.phtml y <http://igargoyle.com/archives/2006/01/>.

Pantallas virtuales de barrido retinal

Las pantallas virtuales de barrido retinal (VRD, *Virtual Retinal Display*) también conocidas como pantallas de escaneo retinal (RSD, *Retinal Scan Display*), utilizan una tecnología que consiste en dirigir un haz de luz con la imagen de una pantalla directamente hacia la retina del ojo. El usuario percibe una pantalla de tamaño completo flotando frente a él. Aunque el concepto fue creado en la Universidad de Washington en 1991, hasta muy recientemente la tecnología ha permitido contar con LEDs de gran brillo y con técnicas ópticas capaces de adaptarse a las irregularidades del ojo, dando por resultado la sensación de una imagen con gran resolución y con una riqueza cromática mejor que la de las tecnologías de televisión actuales.

Al igual que los FMDs, los VRDs actuales se montan como anteojos y han rebasado las fronteras de los ambientes de realidad virtual para ser utilizados en agendas digitales, teléfonos celulares (figura 4) y reproductores de video.



Figura 4. VRD en teléfono celular⁴

Se está experimentando con sistemas VRD que se montan sobre el escritorio y, mediante técnicas de reconocimiento facial, detectan la posición del ojo para adaptar la emisión del haz adecuadamente. También se espera una notable mejora en la calidad de la percepción al introducir escáners basados en MEMS, diodos super luminiscentes (SLEDs) y láseres miniatura que permitan la modulación directa de la luz.

Visualización en tres dimensiones

El sentido de la vista es quizás el más utilizado por el hombre para recibir información, por lo que se ha trabajado intensamente en crear imágenes tridimensionales (3D) que ofrezcan una gran riqueza visual. El hombre puede percibir profundidad principalmente gracias a que las dos imágenes que se forman en la retina están ligeramente desfasadas. Es el cerebro al combinarlas en la corteza visual, quien aporta la sensación de tercera dimensión (Johanson, 2001).

Con base en este principio, los sistemas estereoscópicos buscan que la imagen que

⁴ Imagen tomada de la página:
http://www.cs.nps.navy.mil/people/faculty/capps/4473/projects/fiambolis/vrd/vrd_full.html/.

recibe cada ojo sea ligeramente distinta. Probablemente la técnica más conocida consiste en utilizar anteojos polarizados que filtran distintas partes de la escena para cada lente. Sin embargo, al filtrar la imagen se pierde parte de su riqueza cromática. Otra técnica utiliza anteojos con pequeñas pantallas LCD para cada ojo, sincronizadas con la fuente emisora, típicamente una pantalla de computadora. Las pantallas se activan y desactivan a alta velocidad conforme se despliega la imagen correspondiente a cada ojo. La sincronización puede hacerse por difusión si se desea contar con varios observadores. Alternativamente, en los HMDs se puede desplegar una imagen distinta para cada ojo.

Johanson (2001) reporta varias restricciones que presentan los sistemas estereoscópicos debidas a las características ópticas en la captura y desplegado de las imágenes. Además, el uso de anteojos, cascos o dispositivos similares, puede ser molesto para los usuarios. Esto ha dado lugar a la creación de muy variadas técnicas de visualización que no requieren de dispositivos externos. La comunidad no ha llegado a un consenso para clasificar estos métodos. En el presente artículo, se adaptan las taxonomías propuestas por (Halle, 1997 y Onuman, 2006).

Sistemas auto-estereoscópicos. Utilizan distintas técnicas para alterar la imagen que se recibe en cada ojo. Los más sencillos disponen de una rejilla que bloquea las columnas de puntos que corresponden a cada ojo. En otros, la pantalla está cubierta por filtros ópticos que difractan en distintas direcciones las ondas luminosas en función de su longitud de onda (es decir, de su color). Estos sistemas son muy atractivos pues no dependen de la posición del usuario, por lo que se pueden tener varios observadores simultáneamente.

En esta categoría también pueden incluirse los sistemas llamados de imágenes integrales en los que se capturan imágenes en 2D desde distintos ángulos de vista y se proyectan simultáneamente, creando la sensación de 3D (Onural, 2006).

Sistemas volumétricos. En estos sistemas, los puntos que forman la imagen (voxels) se iluminan dentro de una región bien determinada. Se han propuesto varios de estos sistemas con las más diversas tecnologías: retículas de LEDs que se activan y desactivan conforme la retícula se va desplazando; láminas de LCD traslúcidas que se activan secuencialmente a gran velocidad, cada una desplegando una sección de la imagen que se desea proyectar; espejos varifocales con distintos índices ópticos que oscilan en sincronización con una imagen 2D proyectada hacia ellos; etc.

Dos sistemas volumétricos que han adquirido cierta popularidad se muestran en la figura 5. El primero de ellos consiste en una pantalla dentro de una esfera de cristal que gira a unas 900 rpm. Conforme va girando, se proyectan en ella 198 imágenes de la escena con distintos ángulos, formando así la percepción de un objeto en 3D. El sistema en la segunda imagen, utiliza una técnica de pulsos de láser con duración de 1ns altamente concentrados en su punto focal, provocando burbujas de plasma en el aire. El punto focal está dirigido por una combinación de espejos galvanométricos (Onural, 2006).

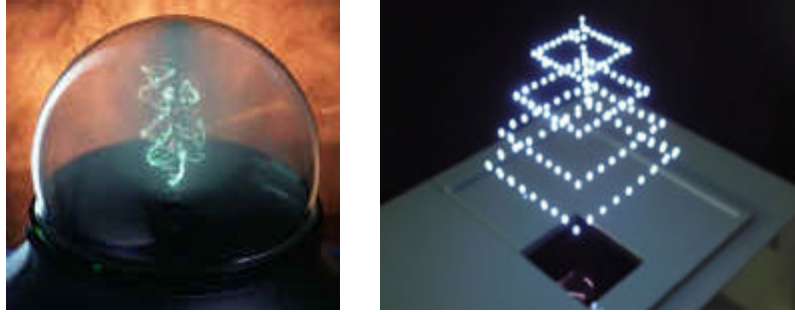


Figura 5. Dos ejemplos de pantallas volumétricas ⁵

Sistemas holográficos. En una imagen bidimensional, cada punto conserva información sobre la amplitud y longitud de onda de los haces de luz reflejados, pero se pierde información sobre la fase, que es el componente principal de la percepción de profundidad. En una imagen holográfica, esta información sí se conserva. Los sistemas holográficos buscan que cada voxel en la escena emita rayos de luz con la amplitud, longitud de onda y fase apropiados. Desgraciadamente, estos sistemas generan y deben procesar enormes volúmenes de información (Favarola, 2005; Onural, 2006).

Para recrear un ambiente holográfico, la captura de objetos se puede hacer de distintas maneras. Se han utilizado varias cámaras en semi-círculo para obtener distintas vistas simultáneas, cámaras panorámicas con arreglos de espejos (Chinoy, 2002). Otras cámaras permiten medir la distancia, intensidad de luz, y profundidad (Halan, 2003).

El proyecto HOLOVISION⁶ financiado por la Unión Europea, propone generar la imagen holográfica a partir de módulos ópticos que emiten rayos de luz en varias direcciones de manera controlada. Cada rayo se dirige hacia distintos voxels en la pantalla; en cada voxel convergen varios rayos formando distintos colores e intensidades. El sistema de control puede hacer converger los rayos con ángulos tales que se genere la impresión de que el voxel correspondiente está detrás o delante de la pantalla, creando así la sensación tridimensional.

Una iniciativa sumamente original y potencialmente revolucionaria, está siendo desarrollada por científicos de la Universidad Carnegie Mellon y de Intel, y consiste en la reproducción tridimensional de objetos a través de pequeños dispositivos físicos capaces de ensamblarse dinámicamente con el fin de reconstruir la forma de los objetos a representar. Los dispositivos, llamados “claytronic atoms” o catoms, son el equivalente a las células orgánicas, capaces de combinarse con otros para formar sistemas más complejos, en este caso, los objetos a representar (Vander Veen, 2007). Por ahora han logrado construir catoms de unos cuantos centímetros con capacidad de procesamiento y otros mucho más pequeños pero con muy poca funcionalidad. Al mismo tiempo, están investigando cuáles son las mejores alternativas para mantenerlos unidos así como los

⁵ Imágenes tomadas de las páginas: <http://www.actuality-systems.com> y de <http://www.physorg.com/>

⁶ <http://www.holovisionproject.org/>

enormes retos que enfrentan para diseñar un software capaz de adaptar estas partículas con la estructura que se desea reproducir.

3.2 Dispositivos de entrada

Teclado

La generación y consulta de documentos de texto (físicos o en formato electrónico) está fuertemente arraigada en nuestra sociedad y el teclado ha sido una excelente interfaz para su manejo, sobre todo en ambientes de oficina.

Sin embargo, la tendencia a la miniaturización de los dispositivos móviles ha provocado que sus teclados sean muy difíciles de manipular, provocando la frustración de los usuarios, o limitando las posibilidades de estos dispositivos.

Es factible que, eventualmente, los teclados en estos dispositivos desaparezcan por completo y sean sustituidos por pantallas táctiles con reconocimiento de escritura y sistemas de reconocimiento de voz, como ha empezado a ocurrir en años recientes. Sin embargo, las ventajas de poder introducir información a través de un teclado, no necesariamente desaparecerán en estos dispositivos.

Desde hace varios años existen con éxito comercial teclados plegables que se pueden conectar al dispositivo móvil, y han emergido nuevas tecnologías que ofrecen funcionalidades similares. Una de ellas, conocida como *Sensorboard*, consiste en un ingenioso dispositivo que detecta el movimiento de las manos y los dedos cuando el usuario simula escribir sobre un teclado o desplazar un ratón en cualquier superficie. Otro dispositivo proyecta con un láser un teclado virtual sobre una superficie plana. Sensores en el dispositivo identifican qué tecla se está “presionando” (figura 6).



Figura 6. Teclado plegable, Sensorboard y Virtual laser keyboard ⁷

Pantallas sensibles al tacto

Las pantallas táctiles han sido muy populares en nichos particulares como puntos de

⁷ Imágenes tomadas de las páginas: <http://www.wirelessshop.biz/>, <http://www.senseboard.com> y <http://www.virtual-laser-keyboard.com>

venta, y kioscos de información. También son una interfaz de entrada común en las agendas personales y tabletas digitales. Sin embargo, estos dispositivos eran capaces de reconocer únicamente la presión de una sola referencia en la pantalla, pero recientemente se mostraron con gran éxito pantallas capaces de reconocer la presencia simultánea de varios dedos (u otros medios apuntadores).

Estas pantallas, llamadas de multi-táctiles (*multi-touch*), permiten manipular de forma intuitiva objetos en la pantalla para girar, rotar, desplazar, acercar, etcétera. A nivel popular, tendrán una aceptación inmediata pues se utilizan en el novedoso dispositivo iPhone de Apple.

También se han demostrado pantallas multi-táctiles de varios metros de diámetro en las que varios usuarios pueden trabajar simultáneamente. Con la llegada de estas tecnologías, se espera que aparezcan aplicaciones innovadoras capaces de reducir drásticamente la complejidad de interactuar con la computadora (Greene, 2007).

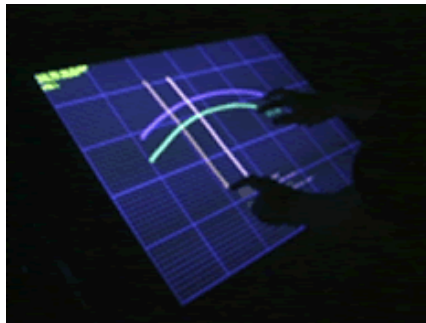


Figura 7. Pantalla multitáctil ⁸

3.3 Voz y diálogo

En todas las interacciones humano-computadora se definen protocolos para establecer un diálogo entre el hombre y la computadora; este diálogo es metafórico si no se dispone de una interfaz de voz (Harris, 2005). Los primeros sintetizadores y reconocedores de voz tenían características técnicas bastante limitadas y eran utilizados en nichos específicos. Sin embargo, en los últimos años, ha habido enormes progresos en la generación y procesamiento de voz, con lo que empiezan a aparecer interfaces capaces de establecer diálogos breves, al menos en contextos puntuales.

Un campo donde los reconocedores de voz ha crecido de manera importante, es en los sistemas telefónicos de respuesta interactiva (IVR, *Interactive Voice Response*). Estos sistemas, en los que el usuario responde a una serie de opciones a través del teclado, tienen un alto nivel de insatisfacción, en parte porque no siguen principios adecuados de

⁸ Imagen tomada de la página: <http://www.tarleton.edu/~coe/images/>

diseño (Canny, 2006; Kotelly, 2003) y en parte por la frustración de tener que alejar el teléfono portátil o móvil del auricular para poder presionar la tecla (Harris, 2005).

Los reconocedores de voz para sistemas IVR empezaron por aceptar palabras sencillas (*sí, no*, el número de la opción a elegir) pero ahora se han hecho populares sistemas con vocabularios mucho más amplios capaces de entender frases simples y se están realizando grandes progresos en sistemas capaces de reconocer estructuras sintácticas complejas.

Las interfaces de voz para telefonía celular también han visto enormes avances en los últimos años. Los modernos dispositivos móviles son capaces de reconocer comandos para marcado, búsqueda de nombres y navegación de menús con una buena eficiencia y sin tener que pasar por una fase de entrenamiento como se hacía en los primeros sistemas (Canny, 2006). Poco a poco, estas interfaces van mejorando su funcionalidad como reconocedores de lenguaje y empiezan a aparecer sistemas capaces de tomar dictado, aunque con resultados moderados. En estos dispositivos, una limitación es la capacidad de memoria actual, que no permite almacenar vocabularios de palabras muy grandes (Queue, 2006). Sin embargo, se espera que la capacidad de almacenamiento en estos dispositivos crezca dramáticamente en los próximos años.

Recientemente han aparecido algunos sistemas que utilizan interfaces de voz para activar dispositivos en el hogar a través de comandos simples (como “encender la luz de la sala”, “apagar la televisión”). En este entorno, así como en el automóvil, y en general, cuando el micrófono no está cercano a la boca, el ruido ambiental puede degradar severamente el desempeño del reconocedor de voz. Para estos ambientes, se están diseñando soluciones que utilizan micrófonos ambientales y sistemas inteligentes capaces de filtrar distintas fuentes de sonido.

En cuanto a la generación de voz, también se han logrado grandes avances. Con el uso de procesadores de señales sofisticados, así como recurriendo a segmentos de frases pregrabados, los nuevos sintetizadores de voz o sistemas de texto a diálogo (TTS, *Text To Speech*), están muy lejos de la voz artificial robotizada de los primeros sistemas.

Como se observa, en las interfaces de voz los problemas tecnológicos han sido prácticamente superados. Los principales retos en la actualidad consisten en lograr que estas interfaces permitan una interacción más cercana al lenguaje natural con el fin de explotar las enormes habilidades lingüísticas y conversacionales que como especie hemos cultivado a lo largo de nuestra existencia.

Este es un problema complejo que requiere de la colaboración de disciplinas tan diversas como la filosofía, sociología, psicología, teoría de la información, electrónica, y computación (CORDIAL; Harris, 2005). Se han desarrollado prototipos capaces de mantener una conversación relativamente fluida en contextos particulares como la predicción meteorológica o la programación de películas (Waldrop, 2003), pero este tipo de interfaces requiere de una gran creatividad y son sumamente costosas en términos computacionales.

Aún si el reconocimiento de lenguaje natural se encuentra en una etapa muy temprana de desarrollo, y parezca lejana la posibilidad de contar con interfaces capaces de hacer reconocimiento de voz en varios idiomas (Queue, 2006), tanto en los Estados Unidos (GALE) como en Europa (SpeeCon) se están desarrollando proyectos muy ambiciosos para reconocimiento y traducción de diálogos en varios idiomas.

Entre las razones que hacen muy difícil a una computadora comprender el significado de un texto, está el hecho de que éstas carecen de un conocimiento base que les permita inferir y dar contexto a las frases aisladas. Científicos del Instituto de Tecnología de Israel (Technion) han propuesto un ingenioso sistema con el que la enciclopedia libre wikipedia podría proporcionar ese conocimiento base a los programas analizadores de lenguaje (Hattori, 2007). Con este esquema, los analizadores de correo no deseado, los programas de búsqueda y las interfaces de voz podrían ser mucho más eficientes.

Por otra parte, hay un interés creciente por el diseño y desarrollo de interfaces multimodales, en las que las interfaces de voz son un componente muy importante. Un canal de voz sofisticado en una interfaz multimodal puede ser de gran utilidad, por ejemplo, para enfatizar un detalle, aclarar situaciones ambiguas, repetir información, o reactivar la atención del usuario.

Dentro de estas interfaces, el diseño del canal de voz puede ser menos demandante al tomar en cuenta el contexto. Por ejemplo, un usuario puede ser más tolerante en esperar una respuesta (vocal) si al mismo tiempo observa en la pantalla un mensaje indicando que ésta se está procesando. Al mismo tiempo, no es necesario desarrollar frases elaboradas para entender el mensaje, pues éste se complementa con los demás medios de la interfaz. Sin embargo, también presentan grandes retos precisamente por la dependencia contextual del lenguaje humano (Harris, 2005). Por ejemplo, el simple hecho de no sincronizar apropiadamente las acciones del ratón con los mensajes emitidos por una interfaz multimodal, puede generar una gran confusión en el usuario.

Finalmente, una fecunda área de investigación reciente, está relacionada con las llamadas interfaces perceptivas o cómputo afectivo. Las interfaces de voz, sobre todo al aproximarse a un diálogo natural, no sólo establecen un canal de entrada y salida; activan una dimensión cognitiva adicional capaz de erigir vínculos más estrechos entre el usuario y la computadora. La búsqueda de una interacción aún más fluida requiere de la capacidad de interpretar, y eventualmente de reproducir, las sutilezas de la comunicación humana en la que el estilo del diálogo, las inflexiones, y hasta las expresiones corporales dan matiz y complementan el mensaje que se desea transmitir (Waldrop, 2003; O'Hanion, 2006; PRIMA).

3.4 Reconocimiento humano

La búsqueda de una interacción humano-computadora más natural desde un punto de vista antropocéntrico, ha llevado a los investigadores a diseñar interfaces con la capacidad

de reconocer algunas características humanas, tales como gestos, posturas y movimientos, patrones de escritura, biométricos y reconocimiento facial.

En el apartado anterior, ya se ha comentado sobre el interés de incorporar en una interfaz multimodal, la identificación de gestos y movimientos para complementar el contenido de información en un canal de voz (Harris, 2005). Otras técnicas que han sido exploradas para desarrollar interfaces de voz, sobre todo en ambientes con ruido, consisten en hacer el reconocimiento de voz detectando las sutiles variaciones de movimiento en la laringe, así como la lectura de los labios al hablar.

Las interfaces capaces de reconocer caracteres manuscritos han tomado un nuevo auge con la masificación de las agendas y tabletas digitales y se espera una segunda ola de crecimiento con la introducción del papel electrónico y el incremento en el diseño de interfaces multimodales. En la actualidad las investigaciones se han dirigido a desarrollar sistemas de reconocimiento de escritura más tolerantes a las particularidades del individuo, así como a la capacidad de realizar análisis lexicográficos sobre el contenido del documento. Así mismo, se han desarrollado sistemas para reconocimiento de gráficos y para usos específicos, como la edición de partituras musicales.

La introducción de acelerómetros sensores inerciales y de movimiento sumamente reducidos, ha permitido diseñar interfaces capaces de utilizar el movimiento de las manos y brazos para controlar dispositivos. Un ejemplo muy reciente de esta tecnología puede apreciarse en el mando de juegos inalámbrico de la muy popular consola de juegos Nintendo Wii. El control de dispositivos portátiles girando y rotando el dispositivo, ha sido demostrado por Benbasat y Paradiso (2001) y por el sistema *Rock 'n' Scroll* introducido por la empresa Hewlett-Packard (Bartlett et al.; 2000). Aunque no han tenido mucho éxito comercial, fueron pruebas de concepto que empiezan a ser migradas a otros ámbitos. Un ejemplo, es el dispositivo *GestureWrist*, capaz de reconocer movimientos del antebrazo y cambios en la posición de la muñeca (figura 8). Este dispositivo puede enviar comandos a computadora cercana actuando como un ratón virtual. También podría, dentro de una interfaz multimodal, utilizarse para acelerar búsquedas en grandes documentos secuenciales de texto, audio y video.

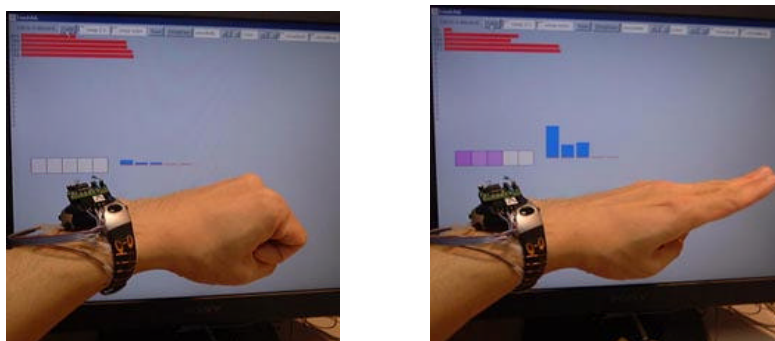


Figura 8. Dispositivo GestureWrist de Sony⁹

⁹ Imagen tomada de la página: <http://www.csl.sony.co.jp/person/rekimoto/gwrist/>

Las tecnologías para seguir el movimiento ocular han sido utilizadas exitosamente como interfaz de entrada para pacientes parapléjicos, aunque con limitada precisión baja velocidad de operación. Recientemente, investigadores en la Universidad de Stanford han mejorado sustancialmente los programas que discriminan errores en estas tecnologías y las empieza a aplicar con resultados promisorios como sustitutos del ratón. La idea básica es que el usuario observa un objeto en la pantalla (una ventana, un icono) y presiona una tecla para seleccionarlo, o realizar alguna acción sobre él. De acuerdo a sus creadores, esta forma de interacción resulta más natural y es mejor aceptada que el uso del ratón en los sujetos que la han evaluado (Greene, 2007b).

La biometría, que consiste en el reconocimiento de características físicas (como la huella digital, la retina, el iris, la geometría facial y el ADN) o dinámicas (como el patrón de tecleo, la firma y los rasgos de escritura) ha sido muy utilizada en las TICs para verificar la identidad de un usuario. El abaratamiento de varias de estas tecnologías ha permitido que se popularice su uso en un número creciente de dispositivos personales.

A pesar de los grandes avances conseguidos en los últimos 10 años en tecnologías de reconocimiento facial, éstas no han evolucionado lo suficiente para producir sistemas confiables en lugares públicos; se estima que en estos ambientes un reconocimiento fiable puede todavía tomar de 10 a 30 años (O'Brien, 2004).

Los sistemas actuales funcionan muy bien en condiciones controladas donde los sujetos a evaluar pertenecen a un universo limitado de personas y el reconocimiento se lleva a cabo bajo condiciones de iluminación apropiadas. Empiezan a aparecer prototipos de reconocimiento facial para teléfonos móviles con resultados bastante satisfactorios (Canny, 2006). Estos sistemas podrían utilizarse, por ejemplo, para intercambiar fotografías automáticamente entre miembros de una misma red social. También se ha propuesto incorporar sistemas de reconocimiento facial en HMDs y FMDs para asistir a los usuarios en la identificación de interlocutores (Economist, 2006a).

El reconocimiento facial no solamente es utilizado para autenticar o identificar personas. Proyectos recientes basados en la identificación de gestos faciales, han permitido detectar con muy alta precisión si un usuario está mintiendo o diciendo la verdad o si está triste, contento, aburrido o distraído, lo cual abre muchas posibilidades en el área de cognición aumentada (sección 5).

3.5 Interfaces hápticas

Las interfaces hápticas permiten una interacción humano-computadora estimulando el sentido del tacto a través de fuerzas, vibraciones o movimientos. Un ejemplo muy sencillo y muy común de estimulación háptica es el modo vibrador de los teléfonos móviles. Se podría utilizar esta idea en un ambiente de cómputo ubicuo, por ejemplo, para alertar a un turista o un estudiante cuando pase cerca de un edificio de interés histórico o cultural del cual se puede consultar información (Newmann et al.; 2004).

En un entorno más general, las interfaces hápticas son bidireccionales: la estimulación temporal se da en respuesta a movimientos del usuario (Hayward et al.; 2004). El resultado permite incrementar el flujo de información entre la computadora y el usuario al poder percibir la sensación de tocar un objeto o de un efecto físico, como las fuerzas de torque en un proceso de ensamblado.

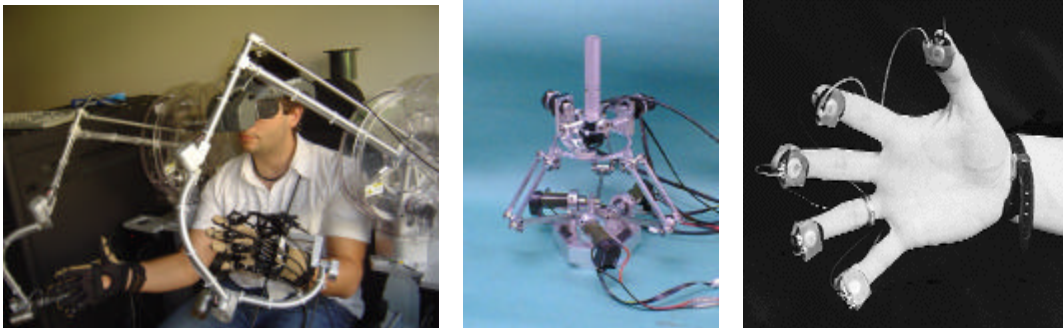


Figura 9. Ejemplos de interfaces hápticas: Estación de trabajo en la EPFL, Suiza (izquierda); interfaz con seis grados de libertad (centro); guante sensorial¹⁰

En un principio, estas interfaces eran sumamente costosas y reservadas a ambientes científicos e industriales para simulación o modelado en ambientes virtuales de inmersión total. Sin embargo, recientemente han surgido interfaces hápticas de bajo costo, las cuales han inyectado una nueva dinámica a este campo. Por ejemplo, en los juegos de computadora son cada vez más populares las manijas, volantes y pedales con retorno de fuerza para dar una mayor sensación de realismo y aumentar la experiencia del usuario.

A través del sentido del tacto se puede informar sobre elementos que podrían pasar desapercibidos a la vista, por lo que se han incorporado sistemas hápticos a interfaces multimodales en aplicaciones como la exploración de mapas multidimensionales, minería de datos, y como complemento de microscopios y escáners. También se han propuesto para navegar rápidamente en archivos de audio y video, y para crear un canal adicional en aplicaciones multimedia, agregando una dimensión *mecánica* a los documentos. Una aplicación inmediata de esta idea podría darse en la presentación de productos en catálogos en línea (Hayward et al.; 2004).

Por otra parte, estas interfaces todavía presentan muchos retos a resolver. Con la tecnología actual, pueden ocurrir problemas de sincronización cuando se trabaja con muchos grados de libertad, por ejemplo, al manipular múltiples objetos a la vez en un ambiente virtual. Así mismo, los resultados no han sido completamente satisfactorios en ambientes donde se requiere de muy alta sensibilidad, por ejemplo, en intervenciones quirúrgicas remotas o al desear manipular órganos vivos. Hay una actividad importante

¹⁰ Imágenes tomadas de las páginas:http://teslacore.blogspot.com/2005_06_01_teslacore_archive.html,
<http://www.space.mech.tohoku.ac.jp/research/haptic/haptic-e.html>
http://www.ri.cmu.edu/projects/projects_100.html

para identificar cuáles son los sensores apropiados y qué grado de fidelidad es el necesario para trabajar de manera confiable en este tipo de disciplinas (Robles-De-La-Torre, 2006).

Afortunadamente, rara vez es necesario reproducir una sensación de tacto con gran realismo pues el usuario se adapta rápidamente a la percepción simulada, ignorando sus imperfecciones, sobre todo cuando la interfaz háptica convive con un canal visual. En la actualidad se considera muy improbable lograr, en el corto plazo, interfaces hápticas capaces de reproducir toda la gama de sensaciones que puede percibir la piel, por ejemplo, al hacer una caricia. Algunos investigadores consideran que este nivel de sofisticación, así como la habilidad de reproducir el sentido del olfato, puede ser satisfecho interactuando directamente con el cerebro humano, tema que será abordado en la siguiente sección.

Recientemente se ha presentado un dispositivo capaz de identificar el contorno y la textura de objetos con la misma sensibilidad que la piel humana. Está formado por una delgada capa de electrodos con otras capas de nano-partículas cargadas eléctricamente encima y debajo de éstos. Cuando el dispositivo se pone en contacto con un objeto, las variaciones de presión en las capas generan cambios de corriente que se traducen en emisiones de luz con distintas intensidades. Aunque se encuentra en una fase experimental, la resolución que se ha alcanzado con este dispositivo es de 40 micras, y se tiene un gran optimismo por el potencial de campos en los que el dispositivo se podría aplicar (Saraf & Maheshwari, 2006).

4. Interfaces Cerebro-Computadora

En los años 60 se demostró que las señales de actividad cerebral captadas por un electroencefalógrafo correspondían a eventos de procesos cognitivos; a partir de entonces se empezó a considerar la idea de utilizar estas señales para controlar dispositivos, o bien para medir el desempeño de los usuarios. Sin embargo, no fue sino en los años recientes, con los avances en neurociencias, neurobiología, robótica y ciencias computacionales, que comenzaron a aparecer los primeros resultados satisfactorios.

Gran parte de la investigación en interfaces cerebro-computadora (ICC) ha estado dirigida a la atención de personas con alguna discapacidad física y últimamente comienzan a explorarse las posibilidades de las ICC para el desarrollo de interfaces multimedia radicalmente revolucionarias, así como para la extensión de las capacidades humanas (Hughes, 2004). De acuerdo a la forma en que interactúan con el cerebro, las ICC pueden clasificarse en tres categorías:

- **Invasivas.** Se implantan directamente en la materia gris del cerebro. La calidad de la interacción es muy alta, pero se corre el riesgo de causar infecciones. Por otra parte, se corre el riesgo de sufrir rechazos del implante, y debido a la plasticidad del cerebro, los electrodos pueden dejar de funcionar.
- **No invasivas.** Captan la actividad neuronal mediante dispositivos externos y métodos indirectos. Si bien son las más seguras, el cráneo genera interferencia en

las señales, por lo que es más difícil determinar el área específica de donde provienen. La técnica no invasiva más utilizada es la electro-encefalografía (EEG). También se ha utilizado la magneto-encefalografía (MEG), la electro-corticografía (ECoG), las imágenes de resonancia magnética (fMRI) y la tomografía de emisión de positrones (PET).

- **Parcialmente invasivas.** Son un compromiso entre las dos anteriores: Se colocan bajo el cráneo sin penetrar en el cerebro, reduciendo los riesgos de las invasivas y generando una mejor calidad de señal que las no invasivas.

4.1 Prótesis neuronales

Las neuro prótesis o implantes neuronales consisten en la integración de dispositivos electrónicos con el sistema nervioso (nervios o tejido neuronal) con el fin de aumentar, restaurar o modificar su funcionalidad (Hall, 2003). A continuación se presentan algunos resultados exitosos en el campo médico aplicados a los sistemas óptico, auditivo y motor. En todos los casos, hay un gran optimismo por el nivel de sofisticación que podrán alcanzar estos dispositivos en los próximos años, sobre todo con la incursión de las nanotecnologías en este campo (Fiedeler, Krings, 2006).

Prótesis visuales

Básicamente se han desarrollado tres tipos de prótesis visual: implantes en la corteza visual, implantes epi-retinales e implantes sub-retinales.

- **Implantes en la corteza visual.** Existen 35 centros de visión en el cerebro humano; el encargado de reconocer patrones gruesos, es la llamada corteza visual primaria (V1) y es en esta región en la que se ha experimentado con implantes visuales. Desde 1968 se encontró que al aplicar impulsos eléctricos directamente en la corteza visual a pacientes ciegos, éstos percibían formas luminosas llamadas fosfenos (Jennings, 2003).

Con base en estas ideas, W. Dobbelle concibió un sistema de visión artificial formado por varios elementos: Por una parte, el implante neuronal contiene electrodos que entran en contacto con la corteza visual. De ahí sale una serie de cables a través de un pequeño orificio en el cráneo hacia un sistema de estimulación. Por otro lado, una cámara montada sobre unos anteojos (figura 10) captura imágenes que son enviadas a una computadora la cual digitaliza la imagen y determina la secuencia de electrodos que deberán ser activados. Esta información es enviada al sistema de estimulación y de ahí a los electrodos seleccionados (Cosine, 2006).



Figura 10. Paciente con implante en la corteza visual. Video-cámara de captura ¹¹

El resultado está muy lejos de la calidad de la visión humana, únicamente se perciben formas geométricas formadas por fosfenos, pues no se estimulan los demás centros de visión. Un paciente podía distinguir uniones entre piso y pared y algunos objetos sobre un escritorio, mientras que otro incluso logró conducir lentamente un automóvil bajo condiciones controladas (Gupta & Petersen, 2002).

Los electrodos utilizados entran en contacto con la parte superficial de la corteza visual, por lo que requiere de estímulos eléctricos relativamente altos. Algunos investigadores consideran que esto puede causar ataques epilépticos. Además, se desconoce si la aplicación continua de una estimulación cerebral puede acarrear efectos laterales.

A pesar de sus limitaciones, esta línea es muy promisoría y se han desarrollado proyectos de investigación similares en diversas partes del mundo. Algunos buscan estimular varios centros visuales simultáneamente para poder mejorar la calidad visual (color, movimiento, discriminación de formas) reduciendo al mismo tiempo el tamaño de los electrodos y la intensidad de los impulsos eléctricos (Maugh, 2002).

- **Implantes epi-retinales.** En estos sistemas, un arreglo de electrodos se implanta a los axones del nervio óptico en la retina. Una videocámara toma las imágenes que son procesadas por una pequeña computadora que envía pulsos eléctricos a los electrodos los cuales generan impulsos transportados por el nervio óptico hacia el cerebro (IIBN, Maugh, 2002).

Los primeros implantes tenían un arreglo de 4x4 electrodos y permitían identificar formas y contornos formados por los fosfenos. Los resultados reportados son sumamente alentadores pues el cerebro de los pacientes hace un gran trabajo en reinterpretar las nuevas señales visuales que recibe. Varios centros de investigación están siguiendo esta línea para producir circuitos con mucha mayor resolución basados en sistemas MEMS. Se considera que con un arreglo de 1,000 electrodos, los pacientes serán capaces de leer.

- **Implantes sub-retinales.** Estos sistemas no requieren de cámaras o procesadores externos. Se trata de un circuito sumamente delgado (25 micras) formado por un arreglo de foto celdas conectadas a micro electrodos y que sustituyen la función de los conos y bastones dañados en la retina. Al ser estimulados por la luz que llega al ojo, los electrodos generan impulsos eléctricos capturados por el nervio óptico. Varios centros de investigación están trabajando con variaciones de implantes sub-retinales y se espera que con los avances en nanotecnología estos implantes mejoren sustancialmente en los próximos años (OECD, 2006).

¹¹ Imagen tomada de la página: <http://www.seeingwithsound.com>

Prótesis auditivas

La neuro-prótesis auditiva busca compensar la pérdida auditiva cuando la cóclea, o caracol, es incapaz de transformar señales auditivas en impulsos neuronales. Está formada por un micrófono que capta las señales sonoras y las pasa a un procesador de voz, el cual envía impulsos eléctricos a un arreglo de electrodos conectados al nervio auditivo (MED-EL).

Con más de 80,000 trasplantes realizados exitosamente, es por mucho, el tipo de neuro-prótesis más difundida (Horgan, 2005; Fiedeler, Krings, 2006). Sin embargo, está lejos de alcanzar el nivel de perfección del oído humano. En realidad, al igual que los implantes retinales, el cerebro se adapta a la prótesis y aprende a interpretar las señales artificiales. La calidad de sonido es muy pobre en ambientes ruidosos (Chorost, 2005).

Prótesis motoras

Las prótesis neuro motoras (PNM) buscan remplazar o restablecer funciones motoras de personas discapacitadas. Sensan la actividad generada cuando se tiene *la intención* de realizar algún movimiento, y emiten señales hacia dispositivos externos o hacia las extremidades del cuerpo para que la acción deseada se lleve a cabo (Nicolelis, 2001).

Se han implantado con éxito las primeras prótesis neuronales de extremidades humanas. Un sofisticado brazo biónico es activado con los impulsos eléctricos generados por el deseo de mover el brazo. Estos impulsos son tomados de las terminales nerviosas dirigidas al brazo faltante (figura 11). Aunque de forma limitada, el brazo artificial también funciona como interfaz háptica: sensores en el brazo artificial han sido conectados a una zona de la piel bajo el pecho que permite a los pacientes *percibir* un impulso (RIC). Se espera que con esta forma de retroalimentación, superior a la obtenida únicamente por la vista, la plasticidad del cerebro asimile y “acepte” con mayor naturalidad la prótesis artificial (Lebedev, Nicolelis, 2006).



Figura 11. Paciente con un brazo artificial operado por las terminales nerviosas¹²

¹² Imagen tomada de la página: <http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2006/09/13/AR2006091302271.html>

Un pequeño chip conocido como *BrainGate* (figura 12), ha sido implantado exitosamente en la corteza motora primaria de pacientes voluntarios. Está formado por 96 electrodos y puede captar miles de impulsos cerebrales relacionados con el movimiento voluntario. En una demostración, un paciente tetraplégico logró controlar el cursor en una pantalla, acceder a su correo electrónico, controlar el volumen del televisor, mientras conversaba al mismo tiempo (Hochberg, et al 2006), por las neuronas en la corteza motora del cerebro. En otros experimentos, se pudo manipular un brazo robótico a distancia.

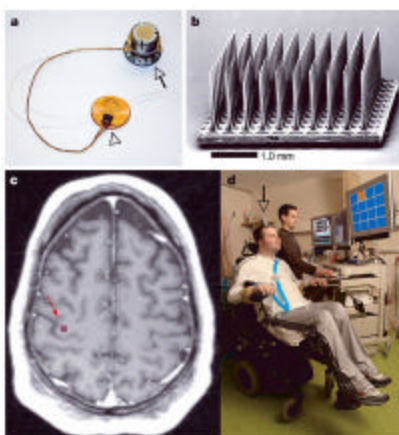


Figura 12. La prótesis neuro motora BrainGate¹³

En un futuro, se espera contar PNM con múltiples sensores en distintas regiones del cerebro trabajando en paralelo para permitir el movimiento simultáneo de brazos y piernas (Lebedev, Nicolelis, 2006).

Desgraciadamente, no todos los pacientes reaccionaron de la misma forma; algunos pacientes jamás pudieron adaptarse a las prótesis sin que se conozcan con precisión las causas. También se han expresado dudas sobre la seguridad y longevidad de los implantes cerebrales. Para reducir el riesgo de rechazo, científicos en la Universidad de Pensilvania, han desarrollado un sistema en el cual lo que se trasplanta es tejido nervioso vivo al que ya se le han insertado los electrodos. Se espera que en poco tiempo se pueda reducir aún más el tamaño de los dispositivos y que, mediante el uso de redes inalámbricas, los riesgos de infección en las prótesis invasivas se reduzcan sustancialmente (Santhanam et al.; 2006).

Las ICC no invasivas, aunque prometedoras, son muy difíciles de operar. Se requiere de muchas horas de entrenamiento antes de que los usuarios puedan trabajar con ellas (Lebedev, Nicolelis, 2006). Además, tienen un bajo desempeño en actividades continuas como desplazar un cursor o seleccionar letras de un alfabeto. En (Santhanam et al.; 2006)

¹³ Imagen tomada de la página: <http://neurophilosophy.wordpress.com/2006/07/13/brain-machine-interface-controls-movement-of-prosthetic-limb/>

se reportan experimentos donde un voluntario tarda más de una hora en *escribir* 100 caracteres y se sugiere un mecanismo predictivo para poder mejorar este desempeño.

Aunque las neurociencias conocen cada vez mejor cuáles son las áreas del cerebro relacionadas con la actividad motora, todavía no se comprenden adecuadamente las interacciones entre ellas ni la forma en la que éstas puedan variar de un sujeto a otro. Se está trabajando intensamente en algoritmos de clasificación y en evaluación de patrones en múltiples sujetos para poder tener una interpretación más generalizada de estas señales (Hüsing et al.; 2006; EBCI).

4.2 ICC en áreas no médicas

Una serie de experimentos que han recibido una enorme difusión en los medios, es el proyecto Cyborg del profesor Kevin Warwick. Inicialmente se hizo instalar un circuito integrado en su brazo. El chip tenía un identificador que servía para encender luces y otros dispositivos automáticamente. El objetivo principal del experimento consistía en evaluar si el cuerpo humano aceptaría este tipo de dispositivo sin alteraciones mayores. En una segunda fase, se implantó un circuito formado por 100 electrodos en nervio medio del brazo. El circuito captaba señales del nervio y las transmitía a un brazo robótico que imitaba los movimientos del brazo del Prof. Warwick. Durante una conferencia en los Estados Unidos, logró controlar el brazo robótico a través de Internet. En un tercer experimento, su esposa se hizo colocar un dispositivo mucho más sencillo que estaba conectado al del Prof. Warwick. Cuando éste movía su brazo, su esposa lograba percibir algunas sensaciones.

El Prof. Warwick ha generado una gran polémica por sus opiniones, consideradas por muchos como radicales y por su falta de rigor científico (Kahney, 2000). Por ejemplo, ha sugerido que las sensaciones de placer podrían interceptarse en las señales eléctricas que activan en el cerebro, almacenarse en algún medio electrónico y reenviarse para estimular nuevamente el cerebro cuando se deseara reproducir la sensación de placer. También ha sugerido que la comunicación verbal es lenta e imprecisa y que un mejor medio de comunicación sería el intercambio directo de pensamientos a través de implantes cerebrales. Justifica sus investigaciones tras la línea dura de la Inteligencia Artificial al considerar que en poco tiempo las computadoras tendrán capacidades superiores a las humanas, y que la única alternativa que el ser humano tiene como especie, requiere de la expansión de las capacidades humanas a través de implantes biónicos.

Otro proyecto que ha despertado mucho interés y cierta polémica ha sido la patente llenada en abril de 2005 por la empresa Sony para registrar una técnica que, mediante radiaciones de frecuencias y patrones de ondas ultrasónicas, podría modificar la actividad neuronal con el fin de recrear en el cerebro sensaciones de los cinco sentidos: oído, tacto, gusto, vista y olfato. El portavoz de la empresa ha hecho énfasis en que ésta es únicamente una propuesta teórica basada en experimentos paralelos y que no se han realizado prototipos para confirmar la factibilidad del proyecto (Horsnell, 2005). La idea de estimular células del cerebro aplicando campos magnéticos ya ha sido evaluada; el

problema con esta técnica es que no se puede hacer incidir los campos en un grupo muy localizado de la corteza cerebral.

En otro orden de ideas, se ha mostrado recientemente la capacidad de una ICC para controlar los movimientos de un robot. Un voluntario portando un casco con 32 electrodos, conseguía mover el robot hacia delante, elegir uno de dos objetos y colocarlo en una de dos regiones. El robot estaba equipado con dos cámaras; cuando se presentaba el objeto deseado y la región donde debía colocarse, el cerebro del paciente reaccionaba con *sorpres*a la cual era captada por el casco. A pesar de trabajar con señales bastante atenuadas, se pudo conseguir una tasa de éxito de 94% (Hickey, 2006). El proyecto a mediano plazo pretende conseguir que el robot pueda desplazarse por una habitación y manipule objetos de uso común.

5. Nuevos paradigmas en Tecnologías de Información y Comunicaciones

En el modelo informático habitual, la computadora y sus aplicaciones son herramientas que el usuario debe aprender a utilizar para sacar el mejor provecho de ellas. Sin embargo, se encuentran en proceso de maduración nuevos paradigmas en los que este modelo va desapareciendo. En ellos, la computadora se va integrando cada vez más al entorno del usuario, es capaz de asistirlo pro-activamente y de presentarle información con mayor calidad y eficiencia. La interacción humano-computadora, aunque más sofisticada, se percibe como más intuitiva y natural para el usuario. En esta sección se presentan brevemente algunos de estos paradigmas en TICs en los que la aplicación de las nuevas interfaces es fundamental.

5.1 Conciencia del contexto

En un ambiente de cómputo consciente del contexto (*context aware computing*), la computadora es capaz de identificar el entorno del usuario (dónde se encuentra, qué hace, cómo se encuentra, etcétera) para ofrecerle un mejor servicio.

Crowley (2006) ejemplifica con bastante claridad cómo la falta de una interfaz consciente del contexto ha contribuido a la limitada penetración de los sistemas de videoconferencia. A pesar de que esta tecnología es bastante madura, el usuario aún debe invertir mucho tiempo configurándolo y adaptándose al sistema. Es una tecnología que interrumpe la interacción entre personas al no entender de roles sociales, ni contar con la capacidad para predecir acciones en un contexto determinado. En este escenario particular, Coutaz et al. (2005) han propuesto un sistema jerárquico basado en roles y escenarios que puede comprender estereotipos sociales típicos (como en una reunión de trabajo) e inferir cómo se desarrolla la situación y participar pro-activamente, de ser necesario.

En telefonía móvil una interfaz consciente del contexto podría decidir si el usuario se encuentra en una situación en la que puede ser interrumpido para recibir una llamada entrante o si es mejor canalizarla al buzón. Así mismo, podría ofrecer información de interés para el usuario en ese contexto. Por ejemplo, si se está desplazando en auto, podría activar automáticamente un servicio de información de tráfico; si está próximo al horario de comer, podría proponer restaurantes cercanos que coincidan con los gustos del usuario; si detecta que se encuentra en una librería, podría sugerir resúmenes en audio de libros y descargarlos si éstos se encuentran en formato electrónico.

Estos escenarios requieren que el sistema tenga un apropiado conocimiento del usuario, de su historia y sus preferencias, de su actividad y del entorno (hora, lugar, clima). Se han tenido grandes avances identificando las preferencias del usuario en contextos específicos, como ocurre en la tienda virtual *amazon.com*.

Extender los intereses y el comportamiento del usuario a un entorno global, es mucho más complejo y demanda conocimientos de ingeniería de sistemas, inteligencia artificial, psicología, sociología, entre otros. Dado el conocimiento que el sistema puede tener sobre el usuario, también es necesario definir un marco regulatorio que proteja su privacidad.

Conocer el entorno y poder ofrecer servicios relevantes al usuario dentro del mismo, requiere de una colaboración entre el dispositivo del usuario y otros dispositivos (muy probablemente bajo la forma de agentes) en el entorno, instrumentando lo que se conoce como la Internet de los objetos, hacia un ambiente de cómputo ubicuo.

Sin embargo, debe tenerse presente que el mundo real es complejo y dinámico. Con las tecnologías actuales, la brecha entre lo que un usuario entiende por contextual y lo que pueda interpretar la computadora es muy grande, por lo que es importante integrar al usuario en el diseño de estos sistemas y permitirle decidir qué acciones tomar (Christensen et al.; 2006).

5.2 Cognición aumentada

Un sistema de cognición aumentada (*augmented cognition*) podría definirse como un ambiente de cómputo consciente del entorno altamente personalizado en el que el contexto se especializa en la actividad del usuario con la computadora.

Ante la ubicuidad de las TICs una persona invierte cada vez más tiempo interactuando con dispositivos computacionales y se ve inundada por volúmenes de información cada vez mayores. Sin embargo, el ser humano tiene un límite en sus capacidades cognitivas (memoria, aprendizaje, comprensión, atención, capacidad de juicio), determinado por diversos factores como la fatiga, el ambiente, la complejidad de las tareas y el nivel de estrés. Los sistemas de cognición aumentada exploran estrategias para filtrar la información y presentarla al usuario en el momento, y a través del canal, más apropiado tratando de aumentar la capacidad de asimilación y de toma de decisiones (Schmorrow, Kruse, 2004).

Básicamente, estos sistemas están formados por cuatro componentes: sensores para determinar el estado del usuario, un modelo para interpretar la información recabada, una interfaz de usuario adaptable y la infraestructura necesaria para integrarlos.

Hay un amplio rango de parámetros que pueden ser utilizados para evaluar el estado del usuario: la actividad cerebral con técnicas no invasivas (EEG, fMRI), cambios en el volumen de irrigación y cambios en la oxigenación de la sangre), sudoración, dilatación de las pupilas, ritmo cardiaco, parpadeo, antecedentes de desempeño en tareas similares, frecuencia de teclado, movimiento del ratón, etcétera.

Sin embargo el principal reto no está en los sensores sino en la correcta interpretación del estado del usuario y en seleccionar la estrategia adecuada para apoyarlo. Específicamente, el sistema debe ser capaz de detectar saturación en alguna de las áreas cognitivas antes mencionadas, y debe elegir una estrategia como limitar la información, utilizar algún canal alternativo (visual, auditivo, táctil), o renegociación de actividades para aumentar el desempeño.

El Departamento de Defensa de los Estados Unidos ha estado muy interesado en estos sistemas y espera que a través de ellos, la capacidad en el manejo de información de sus activos sujetos a actividades con altos niveles de estrés, pueda aumentar en un orden de magnitud. En CogPit, uno de sus proyectos financiados, se simula la cabina de un avión de caza (figura 13). Cuando el sistema detecta que el piloto se acerca a un nivel de saturación, el sistema cubre el tablero con una “niebla” traslúcida resaltando únicamente los indicadores más importantes o formando grupos de indicadores apropiados para atender la tarea más prioritaria. Conforme los sensores indican que el piloto va regresando a niveles normales de desempeño, la niebla empieza a disiparse (Economist, 2006b).



Figura 13. CogPit, un simulador de control de avión con cognición aumentada¹⁴

¹⁴ Imagen tomada de la página: <http://ieet.org/index.php/IEET/print/1055/>

También se está evaluando su uso en ambientes de entrenamiento. Se pueden comparar los EEG tomados a pilotos expertos contra los de novatos realizando tareas específicas para medir la diferencia. Se ha observado que los cambios detectados están más relacionados con la novedad de la actividad que con su complejidad, por lo que esta estrategia permitiría optimizar los planes de capacitación de su personal.

Para la sociedad civil hay también un gran interés en desarrollar sistemas de cognición aumentada. En la industria automotriz ya se han desarrollado sistemas que monitorean el movimiento de cabeza, la tasa de parpadeo, y la apertura del iris para determinar si el conductor empieza a dar signos de distracción o fatiga y sugieren que se detenga. Con una interfaz más proactiva, se podría encender el radio, modificar el tipo de música, aumentar los niveles de oxigenación o redistribuir indicadores en el tablero (en el parabrisas, por ejemplo), para recuperar la atención del conductor.

Los sistemas de cognición aumentada tienen un gran potencial en los sistemas individualizados de educación y entrenamiento, cada vez más comunes ante el crecimiento de la modalidad de educación a distancia. Un tutor inteligente puede detectar el nivel de atención, capacidad de retención y grado de avance de un estudiante y proponer dinámicas o actividades alternas (modificar la complejidad de la actividad, proponer una videoconferencia con otros estudiantes, activar un clip de video, despertar un avatar) para mantener un nivel óptimo de desempeño. Investigadores de la Universidad de Essex han creado un prototipo con algunas de estas ideas, complementado con un anillo que puede detectar el ritmo cardiaco, la presión sanguínea y la tasa de transpiración para inferir el grado emocional del estudiante y así moderar el flujo de información enviado (Simonite, 2007b).

Las grandes empresas en la industria del software han trabajado en proyectos de cognición aumentada. Microsoft ha desarrollado un sistema que intercepta nueva información dirigida al usuario (correos electrónicos, sesiones de diálogo en línea, llamadas telefónicas) y decide, con base en la prioridad de la información y a la actividad realizada por el usuario, si permite o bloquea la información entrante. El sistema no requiere de sensores especializados, evalúa parámetros como frecuencia de tecleado, ruido ambiental, número de ventanas abiertas y contenido, hora del día, si se está desplazando información, y contenido del calendario (Economist, 2006b).

5.3 Realidad virtual

El concepto de realidad virtual se ha vuelto bastante difuso pues diversos autores y organizaciones han identificado bajo este rubro a los más diversos sistemas: desde pequeños ambientes simulados (juegos de computadora, comunidades virtuales, etc.) con los que el usuario interactúa a través de interfaces convencionales, hasta sofisticados entornos de inmersión total. Si bien los llamados mundos virtuales son cada vez más populares en internet¹⁵ y de hecho se han convertido en todo un fenómeno social, estos

¹⁵ <http://www.virtualworldsreview.com>

sistemas quedan fuera del alcance del presente reporte. Se ha decidido clasificar como realidad virtual únicamente aquellos sistemas inmersivos totalmente simulados, y presentar en la sección siguiente aquellos en los que los modelos virtuales interactúan con el entorno real (llamados realidad aumentada).

Bajo esta distinción, los sistemas de realidad virtual permiten la interacción con un ambiente (real o imaginario) simulado por la computadora generando una sensación de inmersión en ese ambiente. Se ha trabajado bastante en la interfaz visual de estos sistemas a través de pantallas gigantes que cubren los muros de una habitación, mediante el uso de HMDs con visión estereoscópica que ofrecen imágenes en tres dimensiones, y desarrollando gráficos con un alto grado de realismo. Una experiencia de inmersión total también requiere, al menos, de interfaces de audio envolvente e información sensorial a través de interfaces hápticas.

Estos sistemas han sido utilizados en muy diversas áreas como el modelado de moléculas en medicina, sofisticados sistemas de simulación para entrenamiento de tareas especializadas, en ingeniería para diseño de componentes, y en arquitectura para visualizar espacios. Un proyecto piloto reciente, ha sugerido que un ambiente de realidad virtual en el que se proyectaban imágenes holográficas del corazón, permite diagnosticar enfermedades cardíacas (Van den Bosch et al., 2005).

El ejército de los Estados Unidos utiliza ambientes inmersivos de realidad virtual para entrenamiento de soldados y, últimamente, también para atender a aquellos que presentan estrés post-traumático a su regreso de Irak. El ambiente reproduce situaciones con mayor o menor nivel de aprehensión (controlado por el médico), en el que se incluyen vibraciones, sonidos, imágenes con gran realismo y hasta olores (de sudor, gasolina, humo, etc.), lo cual ha demostrado ser un gran incentivo para la memoria (Havenstein, 2007).

Los recientes avances en diseño de micro pantallas y sistemas de rastreo de movimiento para HMDs, así como la capacidad de procesamiento de las computadoras personales actuales, han permitido que aparezcan sistemas de realidad virtual relativamente económicos para videojuegos y aplicaciones personales. Sin embargo, sigue resultando sumamente costoso y complejo crear ambientes virtuales con muy alta fidelidad. Por ello, han empezado a surgir centros especializados que rentan sofisticados sistemas y servicios de realidad virtual, facilitando así el acceso a esta tecnología.

5.4 Realidad aumentada

En un ambiente de realidad aumentada, se superpone información o animaciones generadas por computadora al mundo real, mejorando la apreciación de los usuarios. Un ejemplo simple y bien conocido es la línea que demarca las diez yardas en los partidos de fútbol americano, aunque su potencial es mucho mayor.

Los sistemas de realidad aumentada más sofisticados deben adaptarse a la perspectiva del usuario y utilizan micro pantallas HMD o FMD como en los sistemas de

realidad virtual, pero se requiere de mecanismos que puedan seguir el movimiento de los ojos y de la cabeza mucho más precisos para sincronizar las imágenes superpuestas con el ambiente exterior; de lo contrario, la sensación resultante es de imágenes no referenciadas que “flotan” en el entorno (Fischer et al.; 2007).

Para los ambientes de realidad aumentada existen básicamente dos tipos de visores: los primeros utilizan cámaras que graban un video al que se le agregan gráficos e información (*video see-through*) y los que utilizan pantallas traslúcidas a través de las cuales puede percibirse el mundo exterior con las imágenes superpuestas (*optical see-through*). Los últimos dan una mayor sensación de integración con el ambiente pero es más difícil hacer coincidir las animaciones con el mundo exterior.

El espectro de aplicaciones que pueden servirse de un ambiente de realidad aumentada es inmenso y se está desarrollando un número creciente de prototipos que exploran su potencial. Por ejemplo, en entornos de manufactura y mantenimiento, un ambiente de realidad aumentada podría superponer guías de instalación, números de parte y manuales informativos a las piezas del producto a instalar o reparar sin tener que distraer al operador en consultar un manual convencional.

Un prototipo de realidad aumentada ha sido desarrollado para observar animaciones del feto en ultrasonidos (figura 14), en biopsias de pecho, o en laparoscopias para distinguir elementos que no podrían ser observados de otra forma (UNC). En recorridos turísticos y visitas a museos, estos sistemas podrían servir como guías personales.



Figura 14. Visualización de un feto con realidad aumentada¹⁶

El proyecto HARP (*Handheld Augmented Reality Project*) financiado por el Departamento de Educación de los Estados Unidos, explora formas de incorporar ambientes de realidad aumentada en la docencia. En una primera etapa, los profesores e investigadores involucrados en el proyecto, se han concentrado en el desarrollo de habilidades matemáticas y literarias a través de juegos de situación simulados (Devaney, 2007).

Para demostrar el potencial de estas tecnologías en la vida cotidiana, en el laboratorio de medios del Instituto Tecnológico de Massachussets (<http://www.media.mit.edu>) se han

¹⁶ Imagen tomada de la página: <http://www.cs.unc.edu/Research/us/web/quicktime.htm>

desarrollado diversos ambientes apoyados con realidad aumentada. En uno de ellos, los electrodomésticos en una cocina colaboran de distintas formas con el usuario. El lavavajillas despliega una etiqueta indicando si está vacío o lleno y si los trastos están limpios o sucios mientras que el refrigerador indica si se han terminado algunos productos o si están a punto de caducar.

Una aplicación de realidad aumentada que ha tomado un renovado interés, es la llamada tele-inmersión. Con ambientes de visualización en tres dimensiones de gran realismo, sonido ambiental envolvente, interfaces hápticas y redes digitales de muy alta velocidad, se empieza a vislumbrar la posibilidad de contar con sistemas a través de los cuales dos o más individuos se puedan comunicar en tiempo real en un ambiente virtual compartido (Chinoy, 2002). A diferencia de las videoconferencias convencionales, estos sistemas permiten que la gente se desplace dentro de su entorno, comparta un ambiente en tres dimensiones y hasta pueda manipular conjuntamente objetos virtuales (Halan, 2003; Scheroer et al.; 2005).

Un avance importante en esta dirección se logró a través del proyecto *National Tele-immersion Initiative, NTII*¹⁷. En una interesante demostración, se estableció una conferencia entre Carolina del Norte, Pensilvania y Nueva York en la que los participantes podían verse entre sí a través de grandes pantallas 3D. La imagen era grabada con varias cámaras desde distintos ángulos. En cada sitio, los observadores utilizaban dispositivos que rastreaban el movimiento de la cabeza y el desplegado en la pantalla se ajustaba en función de su ángulo visual, dando la impresión de que se observaba al colaborador a través de una ventana.

Una de las principales limitantes para utilizar estos sistemas, son los requerimientos de procesamiento y de ancho de banda debido a la cantidad de información que debe ser procesada. Se estima que se precisa de enlaces de al menos 1.2 Gbps para poder crear un ambiente tele-inmersivo de calidad (Halan, 2003). Sin embargo, gracias a los sostenidos grandes avances que se han venido dando precisamente en las capacidades de procesamiento y de transporte en los últimos años, es muy probable que estos sistemas serán cada vez más comunes en aplicaciones médicas, en las empresas y hasta en sistemas de entretenimiento (cine, video juegos, interacción social, entre otros).

5.5 Cómputo ubicuo

El cómputo ubicuo o penetrante sugerido inicialmente por Weiser (1991), es un ambiente de red en el que las personas y los objetos se encuentran conectados permanentemente. Se caracteriza por el uso continuo de redes y dispositivos de cómputo que están integrados en el mundo que nos rodea. Esta visión va cobrando realidad si observamos que agendas personales, computadoras portátiles, cámaras y video-cámaras, teléfonos móviles, reproductores portátiles de música y video, y consolas de juego, son algunos ejemplos de

¹⁷ <http://www.advanced.org/teleimmersion2.html>

dispositivos de cómputo (quizás, de uso específico) con capacidades de interconexión completamente integrados a las actividades cotidianas del hombre contemporáneo.

Un ambiente de cómputo ubicuo conforma con estos dispositivos, con servidores y redes de contenidos, monitores y sensores inteligentes, una red transparente al servicio de los usuarios. Tanto Japón (con el proyecto uJapan) como Korea (bajo la Estrategia IT839) han lanzado iniciativas muy concretas para promover el desarrollo y la propagación de las redes ubicuas (OECD, 2006). Por su parte, la Unión Europea ha lanzado el proyecto *Dissapearing Computer* para investigar de qué manera las TICs pueden ser diluidas en los objetos y actividades cotidianas de manera que éstas puedan mejorar la condición de vida de las sociedades.

En el cómputo ubicuo, la interacción con la computadora pasa de ser explícita a implícita y, con el desarrollo de redes de sensores, identificadores RFID y nuevos sistemas de localización, ésta puede darse en cualquier lugar, en cualquier momento y para ofrecer servicios inimaginables en la actualidad. Por ejemplo, en el hogar redes de sensores pueden detectar si una persona ha entrado a una habitación, reconocer su identidad y adecuar las condiciones de iluminación y temperatura conforme los gustos de esa persona. Al mismo tiempo, puede ofrecerle servicios personalizados de información a través de un agente inteligente.

La capacidad de los ambientes de cómputo ubicuo para ofrecer estos servicios cuando y donde sea necesario, debe ocurrir a través de interfaces perceptivas, cuya intervención no resulte irritante o disruptiva para el usuario. En una visión de mediano plazo, el cómputo ubicuo se sirve de nuevas interfaces, en ambientes conscientes del entorno para ofrecer servicios de realidad aumentada de manera transparente.

Un reto importante para la proliferación de estos sistemas, tiene que ver con la privacidad del usuario y la seguridad de la información. Estos sistemas se caracterizan por la autonomía de sus componentes (agentes) los cuales pueden coleccionar continuamente información (que se almacena indefinidamente) y que entran y salen del ambiente, lo cual complica severamente el establecer políticas formales de privacidad entre ellos (Sackman et al.; 2006; Subirana, Bain, 2006). Considere por ejemplo una tienda departamental altamente modernizada, con etiquetas RFID en los productos, así como en el carrito donde se van colocando. Los clientes pueden consultar información sobre los productos a través de sus teléfonos celulares; la tienda departamental puede ubicar dónde se encuentra el cliente y, a partir de los productos que ha comprado, y de su historial previo, podrá proponerle nuevos productos en ese pasillo.

Si bien esta interacción parece beneficiosa para ambas partes, la tienda departamental posee una gran cantidad de información de sus clientes, y no es claro qué uso se le daría a esta información en un futuro. Lo que es muy probable, es que la tienda departamental la conservará por un largo tiempo.

Aún si el cliente no quisiera exhibir su información, la tienda lo puede vincular a través de su tarjeta de crédito cuando haga el pago, o a través de las imágenes captadas

por las cámaras de vigilancia a las que se les puede incorporar una interfaz de reconocimiento facial, o mediante señales emitidas por los propios dispositivos electrónicos del cliente (sensores, celulares, PDAs, etc.).

Las redes de sensores conectados a Internet, que permiten, monitorear el medio ambiente, dar seguimiento a pacientes enfermos, y realizar análisis estructurales (Chang, 2007) entre otros, han recibido un creciente interés. Con los avances electrónicos, los nodos monitores pueden abarcar desde unos cuantos centímetros cuadrados hasta el tamaño de la cabeza de un cerillo; contar con cámaras de video, micrófonos, sensores de humedad, temperatura, infra-rojos, etc. para adaptarse a las más diversas aplicaciones.

5.6 Computadoras para vestir

El concepto de computadora para vestir (*wearable computer*) está estrechamente vinculado con el cómputo ubicuo, y se refiere a dispositivos de cómputo muy pequeños que se portan en el cuerpo como se porta un sombrero o unos anteojos, con los que se interactúa con total libertad y prácticamente de manera transparente. Estos dispositivos pueden ofrecer servicios tecnológicos propios en beneficio del usuario (por ejemplo, como agentes inteligentes integrados a alguna interfaz, o como monitores de signos vitales) o bien como dispositivos de comunicación para acceder a los servicios de las redes de cómputo ubicuo.

Las computadoras para vestir buscan mezclar el espacio de información del usuario con su propio entorno laboral y social proveyendo la integración de procesamiento de información con el ambiente. Se han utilizado para estudiar comportamientos sociales en la vida diaria (Mann, 1998), para monitoreo en sistemas de salud, para la concepción y desarrollo de nuevas interfaces y en la industria militar.

A la par de los trabajos en desarrollo de nuevas interfaces y de cómputo ubicuo, hay una importante actividad en esta área, encaminada a explorar, en el mediano plazo, esquemas de trabajo colaborativo e interacción personal. Sin embargo, en el corto plazo los desarrollos en cómputo para vestir se están manifestando en la aparición de una cantidad sorprendente de nuevos artefactos (Broesma, 2002). Con el fin de ejemplificar el estado actual de la tecnología, se presentan a continuación algunos de estos dispositivos.

Un chaleco con 16 motores de vibración en la espalda se ha desarrollado para el Ejército de los Estados Unidos. Los motores pueden captar señales inalámbricas con comandos simples que generan patrones particulares de vibraciones. Estos chalecos pueden ser utilizados en situaciones en las que las comunicaciones por radio están comprometidas, se requiere de total silencio o el soldado tiene las manos ocupadas en otra actividad (Simonite, 2007a). Sería muy sencillo adaptar este chaleco a aplicaciones civiles, como alertar al usuario sobre la cercanía de sitios de interés, de la presencia de amigos cercanos, o de alguna situación de riesgo.

Se han realizado pruebas de concepto en telas inteligentes, capaces de modificar su color en función de la luz externa y su textura en función de la temperatura. Por medio de etiquetas RFID, pueden instruir a la lavadora sobre el ciclo ideal de lavado. Pueden tener incorporada una pantalla flexible con tecnología de red inalámbrica para despliegado de información. La empresa Sony ha diseñado un dispositivo *GesturePad* similar al *GestureWrist* (sección 3) integrado al interior de una prenda.

Las empresas Nike y Apple han anunciado el primero de una serie de productos de apoyo a los corredores llamado *Nike+iPod Sport kit*. Un sensor electrónico en la suela del tenis, se enlaza de forma inalámbrica a un reproductor musical iPod el cual puede proporcionar al corredor información sobre su desempeño: distancia recorrida, cadencia, tiempo transcurrido, etcétera.

IBM ha desarrollado una computadora personal sumamente compacta que puede colgarse al cinturón y con la capacidad suficiente para poder ejecutar un sofisticado programa de reconocimiento de voz. También ha desarrollado el prototipo de una computadora en un reloj de pulsera que corre el sistema operativo Linux. Al mismo tiempo, en el 2007 se anticipa la entrada de una serie de teléfonos inteligentes con características de computadores personales, de empresas tan importantes como Apple, Sony y Nokia (Markoff, 2007).

7. Conclusiones generales

Los sorprendentes avances que se han dado en los últimos años en los campos de Tecnologías de Información y de Comunicaciones (TIC), nos han llevado a un mundo cada vez más global e interconectado. En esta llamada sociedad de la información hay un número creciente de oportunidades innovadoras de comunicación y de oferta de servicios, pero también grandes obstáculos que enfrentar. Un elemento indispensable para que los beneficios prometidos por la sociedad de la información estén disponibles para un número creciente de personas, es el diseño de *nuevas interfaces* que faciliten la interacción entre el usuario y la computadora, particularmente ante los nuevos escenarios de cómputo que han aparecido recientemente.

En la comunidad informática han adquirido una relevancia creciente los conceptos de diseño de sistemas centrados en el usuario, en los que el diseño de la interfaz entre el usuario y el sistema juega un papel primordial. Las tecnologías aquí presentadas, como el diseño de dispositivos de visualización, las interfaces hápticas, los sistemas capaces de reconocer gestos y hasta emociones, permiten una interacción más natural, eficiente y transparente con los equipos de cómputo.

Con la llegada de las nuevas interfaces se van haciendo más accesibles los nuevos paradigmas de cómputo, como conciencia del entorno, cognición aumentada, realidad aumentada y cómputo ubicuo. Estos paradigmas darán un impulso aún mayor a la penetración de las TICs en nuestra sociedad. Sin embargo, es importante definir políticas públicas e iniciativas nacionales y regionales para crear la infraestructura necesaria y llevar los beneficios de estas tecnologías a la sociedad en su conjunto, incidiendo en

servicios comunitarios, médicos y educativos, entre otros. No proceder de esta manera conlleva el riesgo de acrecentar la brecha digital.

En la búsqueda de interfaces más naturales para el hombre, las ciencias cognitivas han adquirido un papel muy relevante. Hoy se reconoce que, en muchas ocasiones, los retos para crear sistemas que no sean percibidos como disruptivos, están más vinculados con los procesos cognitivos, y con las ciencias sociales, que con las limitaciones de la tecnología.

Los avances en las ciencias cognitivas, en general, y en las neuro ciencias en particular, han sido potenciados por -y se han beneficiado de- la atención que han adquirido las interfaces cerebro-computadora. Estas áreas se encuentran aún en fase experimental y se desconoce aún su verdadero potencial.

Las prótesis neuronales y los implantes cerebrales en aplicaciones médicas han sido recibidos con interés por la comunidad científica. El uso de estas tecnologías para extender las capacidades humanas, ha sido la fuente de enormes debates filosóficos, legales, sociológicos y tecnológicos. Los proponentes más aventurados de estas tecnologías sugieren que se podrá recurrir al uso de implantes cibernéticos para obtener funcionalidades como aumento de la memoria, comprensión de varios idiomas, visión nocturna, capacidad auditiva ultrasónica, comunicación cerebro a cerebro, entre otros. Estos temas no han sido discutidos en el presente documento pues no existen bases científicas sólidas (del dominio público) que den certidumbre a estos desarrollos en un futuro cercano.

Sin embargo, hay una actividad importante en centros de investigación privados, y para la industria militar, de la que se ignora el grado de avance alcanzado. En cualquier caso, el posicionamiento de la Unión Europea, supeditando la aceptación de estas nuevas tecnologías a la preservación de la integridad y la dignidad humanas y a la identificación de las necesidades de la sociedad en su conjunto, parece ser el camino adecuado a seguir.

Referencias

- (ASU) *Army Open new Flexible Display Center*. Arizona State University
<http://www.asu.edu/feature/includes/spring05/flexdisplay.html>
- (Bartlett, 2000) Bartlett, J.F. *Rock n' Scroll is Here to Stay*. IEEE Computer Graphics and Applications. Vol. 20 No. 3 May/Jun pp40-50.
- (Benbasat, Paradiso 2001) Benbasat, A., Paradiso, J. *Compact, Configurable Inertial Gesture Recognition*. Conference on Human Factors in Computing Systems CHI '01 pp183-184
- (Berendt et al.; 2005) Berendt, B., Günther, O., Spiekermann, S., *Privacy in e-commerce: stated preferences vs actual behavior*. Communications of the ACM, Vol. 48 No. 4. Apr. pp01-106.
- (Broersma, 2002) Broersma, M., *Smart Clothing Expected to Take off*. CNET News.com

- Sep 5. <http://mews.com.com/2100-1040-956696.html>
- (Canny, 2006) Canny, J. *The Future of Human Computer Interaction*. ACM Queue, Vol. 4 No. 6. pp24-32.
- (Casassa et al.; 2003) Casassa, M., Bramhall, P., Pato, J. *On Adaptive Identity Management: The Next generation of identity management technologies*. HP Labs, Trusted systems laboratory, Jul
- (Chang, 2007) Chang, A., *Wireless sensor extend reach of Internet into the real world*. USA Today, Posted on Feb 12th, Associated Press.
http://www.usatoday.com/tech/data2007-02-12-wireless-sensors_x.htm
- (Chinoy, 2002) Chinoy, A., *Immersed in Reality*, illumin. A review of Engineering in Everyday Life, Vol. 7, No. III, <http://illumin.usc.ed/article.print.php?articleID=110>
- (Choi, 2004) Choi, C., *Philips Unveils Ultra-thin Flexible Display* Forbes.com. Jan, 26
http://www.forbes.com/2004/01/26/0126flexiblepinnacor_ii_print.html
- (Chorost, 2005) Chorost, M., *Rebuilt: How Becoming Part Computer Made Me More Human*. Houghton Mifflin Company.
- (Christensen et al.; 2006) Christensen J., Sussman. J., Levy, S., Bennett, W., Vetting, T., Wendy, W., Kellogg, A. *Too Much Information*. ACM Queue, Vol. 4 No. 6.
- (Coisne, 2006). Coisne, S. *L'aveugle qui voit*. Science & Vie Junior. Apr. pp28-30.
- (CORDIAL) *Human-Machine Spoken Dialogue* IRISA/INRIA Research project
<http://www.inria.fr/recherche/equipements/cordial.en.html>
- (Coenen et al. ; 2004) Coenen, C., Rader, M., Fleischer, T. *Of Visions, Dreams and Nightmares; The Debate on Converging Technologies Report on the Conference "Converging Technologies for a Diverse Europe"* Technikfolgenabschätzung Theorie und Praxis No. 3 Dec. pp118-125
- (Coutaz et al.; 2005) Coutaz, J., Crowley, J.L., Dobson, S., Garlan, D., *Context is Key*. Communications of the ACM (Special issue on the Disappearing Computer) Vol. 48 No. 3 pp49-53.
- (Crowley, 2006) Crowley, J. *Social Perception*. ACM Queue. Vol. 4 No. 6, Jul-Aug.
- (Devaney, 2007), Devaney, L., *Research project uses handheld computers to teach kids math and literacy skills* eSchool News, Jan 31st.
- (Economist, 2006a) *The Phone of the Future*. The Economist. Nov 30.
http://www.economist.com/science/displayStory.cfm?Story_ID=8312260
- (Economist, 2006b) *Computers That Read Your Mind* The Economist Sep 21
http://www.economist.com/science/tq/displaystory.cfm?story_id=7904258
- (EBCI) The EPFL Brain-Computer Interface home page. <http://bci.epfl.ch/>
- (Fiedeler, Krings, 2006) Fiedeler, U., Krings, B. *Naturalness and neuronal Implants – Changes in the Perception of Human Beings* EASST Conference. Lausanne Aug.
- (Fischer et al.; 2007) Fischer, J., Eichler, M., Bartz, D., Straber, W. *Model-based Hybrid Tracking for Medical Augmented Reality* Eurographic to appear Computers & Graphics Vol 31, No 1 Feb.
- (Fukuyama, 2004) Fukuyama, F., *Transhumanism in The world's most dangerous ideas*. Foreign Policy. Sep/Oct. http://foreignpolicy.com/story/cms.php?story_id=2696
- (GALE) *Global Autonomous Language Exploitation*. Defense Advanced Research Projects Agency - Information Technology Processing Office,
<http://www.darpa.mil/ipto/Programs/gale/>
- (Greene, 2007) Greene, K., *Touch screens for many fingers*. Technology Review, Feb.

- <http://www.techreview.com/InfoTech/12257/>
- (Greene, 2007b) Greene, K., *An alternative to the computer mouse*. Technology Review, Feb. 27 <http://www.techreview.com/InfoTech/18254/>
- (Gupta & Petersen, 2002) Gupta, S. & Petersen, K. *Could bionic eye end blindness?* CNN.com/Health Jun <http://archives.cnn.com/2002/HEALTH/06/13/cov.bionic.eye/index.html>
- (Hacker, Dijk, 2000) Hacker, L., van Dijk, J. (eds.) *Widening Information Gaps and Policies of Prevention*, Digital Democracy. Issues of theory & Practice. Sage Publications, 2000.
- (Halan, 2003), Halan, M., *Tele-Immersion: Virtualy Here!* Information technology, Aug 2003, pp. 24-27.
- (Hall, 2003) Hall, S., *Commercialising neuroprotheses: the business of putting the brain back in business* PhD. Thesis. Princeton University. Molecular Biology Department
- (Halle, 1997) Halle, M. *Autostereoscopic displays and computer graphics* Computer Graphics, ACM SIGGRAPH, Vol. 31, No. 2, pp. 58-62
- (Harris, 2005) Harris, R., *Voice Interaction Design: Crafting the New Conversational Speech Systems*. Morgan Kaufmann Series in Interactive Technologies ISBN 1-55860.768-4
- (Hattori, 2007) Hattori, K., *Researchers Use Wikipedia To Make Computers Smarter*. American Technion Society. Jan 4. <http://www.ats.org/news.php?id=154>
- (Havensten, 2007), Havenstein, H., *Sending U.S. soldiers to a "virtual Iraq"* ComputerWorld, Feb. 27th
- (Hayward et al.; 2004) Hayward, V., Astley, O. R., Cruz-Hernandez, M., Grant, D., Robles-De-La-Torre, G., *Haptic Interfaces and Devices*. Sensor Review. Vol. 24 No. 1 pp6-29
- (Hickey, 2006) Hickey, H., *Researchers demonstrate direct brain control of humanoid robot*. University of Washington Office of News and Information. Dec. <http://uwnews.washington.edu/ni/article.asp?articleID=28819>
- (Hochberg et al.; 2006) Hochberg, L.; Serruya, M.; Friehs, G.; Mukand, J.; Saleh, M.; Caplan, A.; Branner, A.; Chen, D.; Penn, R.; Donoghue, P. *Neuronal Ensemble Control of Prosthetic Devices by a Human with Tetraplegia*. Nature. Vol. 442 No. 13. Jul. pp164-171.
- (Horgan, 2005) Horgan, J. *Brain Chips and Other Dreams of the Cyber-Evangelists* Chronicle of Higher Education, Jun 3 <http://www.johnhorgan.org/work7.htm>
- (Horsnell, 2005) Horsnell, M., *Sony takes 3-D cinema directly to the brain*. Times online. Apr 07. <http://www.timesonline.co.uk/article/0,,2-1557733,00.html>
- (Hybs, 1996) Hybs, I. *Beyond the Interface: A Phenomenological View of Computer Systems Design*. LEONARDO Vol. 29 No. 3. pp215-223.
- (Hughes, 2004) Hughes, J. *Citizen Cyborg: Why Democratic Societies Must Respond to the Redesigned Human of the Future*. Westview Press. ISBN 0-8133-4198-1
- (Hüsing et al.; 2006) Hüsing, b., Jäncke, L. Tag, B. (eds.) *Impact Assessment of Neuroimaging* IOS Press. Amsterdam
- (IIBN) *Retinal and Cortical Chip Implants: Artificial Vision (Vision Prostheses)* in Wayfind Technology e-book. Institute for Innovative Blind Navigation <http://www.wayfinding.net/iibnNECtextchip.htm>
- (Jennings, 2003). Jennings, B., *A Bionic Visionary for the Blind*, The Sydney Morning

- Herald, Feb 20. <http://www.smh.com.au/articles/2003/02/19/1045330662016.html>
- (Johanson, 2001) Johanson, M., *Stereoscopic Video Transmission over the Internet* Procs 2nd IEEE Workshop on Internet Applications, IEEE Computer Society, pp. 12-19.
- (Kahney, 2000) Kahney, L. *Warwick: Cyborg or media doll?* Wired News. Sep
<http://www.wired.com/news/culture/0,1284,38467,00.html>
- (Kanzaki et al.; 2005) Kanzaki, R.m Nagasawa, S., Shimoyana, I. *Neural basis of odor-source searching behavior in insect brain systems evaluated with a mobile robot* Chemical Senses. Vol. 30 Suppl. 1.
- (Kotelly, 2003) Kotelly, B. *The Art and Business of Speech Recognition*. Addison Wesley Professional. ISBN: 0-32115492-4
- (Lebedev, Nicolelis, 2006) Lebedev, M., Nicolelis, M., *Brain-machine interfaces: past, present and future*. Trends in Neuroscience. Vol. 29, No. 9, Elsevier, pp 536-546.
http://www.nicolelislab.net/NLNet/Load/Papers/TiNS_2006.pdf
- (Licklider, 1960). Licklider, J.; *Man-Computer Symbiosis*. IRE Transactions on Human Factors in Electronics. Vol HFE-1, pp4-11. <http://memex.org/licklider.html>.
- (Mann, 1998) Mann, S. *Wearable Computing as Mans for Personal Empowerment*. The First International Conference on Wearable Computing, ICWC-98
<http://wearcam.org/icwckeynote.html>
- (Markoff, 2007) Markoff, J. *A Personal Computer to carry in the Pocket* The New York Times. Jan 8.
http://www.nytimes.com/2007/01/08/technology/08mobile.html?_r=1&oref=slogin
- (Maugh, 2002) Maugh II, T., *Vision fo the Future. Researchers are on the Right Track to Produce Artificial Sight for the Blind* Los Angeles Times Sep 16
<http://www.latimes.com/features/health/la-he-eye16sep16002051.story?null>
- (MED-EL) *Understanding Cochlear Implants* Medical Electronics
http://www.medel.com/Shared/pdf/en/Medel_uci.pdf
- (Mercuri, 2005) Mercuri, R., *Trusting in Transparency*, Communications of the ACM Vol. 48 No. 5. May pp5-19.
- (Mitchell, 2006a) Mitchell, R., *Flexible display technologies to provide new twist for computing* Computerworld, July.
- (Myers, 1998). Myers, B. *A Brief history of Human-Computer Interaction Technology*. Interactions. Vol. 5 No. 2.
- (Neuman, 2004) Neuman, P., *The big picture*, Inside Risks, Communications of the ACM Vol. 47 No. 9, Sep
- (NeuroLab) Laboratory of Neuroengineering. Potter group home page. University of Georgia. <http://www.neuro.gatech.edu/groups/potter/animat.html>
- (Newmann et al.; 2004) Newmann, U., Kyriakakis, C. *2020 Classroom*. 2020 Visions. Transforming Education and Training Through Advanced Technologies. USA Secretary of Commerce and Secretary of Education.
<http://www.technology.gov/reports/TechPolicy/2020Visions.pdf>
- (Nicolelis, 2001) Nicolelis, M., *Actions from thoughts* Nature Vol. 409, pp 402-407
http://www.nicolelislab.net/NLNet/Load/Papers/NATR_0101.pdf
- (Nordmann, 2004) Nordmann, A. (rapporteur) *Converging Technologies – Shaping the Future of European Societies* HLEG European Comission Research
http://europa.eu.int/comm/research/conferences/2004/ntw/pdf/final_report_en.pdf
- (NTII) National Tele-immersion Initiative home page.

- <http://www.advanced.org/teleimmersion2.html>
- (O'Brien, 2004) O'Brien, D., *Computer Prove Weak at Faces*. Baltimore Sun. Sep 27.
- (OECD, 2006) *Information Technology Outlook 2006*. Organisation for Economic Co-operation and Development. ISBN 92-64-02643-6 311
<http://213.253.134.29/oecd/pdfs/browseit/9306051E>
- (O'Hannion, 2006) O'Hannion, C. *Able Bodies*. ACM Queue. Vol. 4 No. 6, Jul-Aug. pp8-9.
- (Onural et al.; 2006) Onural, L., Sikora, T., Ostermann, J., Smolic, A., Civanlar, M., Watson, J., *An assessment of 3DTV technologies* Proceedings NAB BEC, pp. 456-467
- (PRIMA) *Perception, Recognition and Integration for Interactive Environments*. INRIA Research Team. <http://www-prima.imag.fr/prima/pub/prima/presentation.php>
- (Queue, 2006) *A Conversation with Jordan Cohen*. ACM Queue. Vol. 4 No. 6, Jul-Aug. pp14-23.
- (RIC) *Rehabilitation Institute of Chicago Unveils World's First "Bionic Woman"*
<http://www.ric.org/bionic/bionicwoman.php>
- (Robles-De-La-Torre, 2006) Robles-De-La-Torre, G.; *The Importance of the Sense of Touch in Virtual and Real Environments*. IEEE MultiMedia Vol. 13 No. 3 pp24-30.
- (Roco, Bainbridge, 2002) Roco, M., Bainbridge, W. (eds.) *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science* <http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies>
- (Sackmann et al.; 2006) Sackmann, S., Strüker, J., Accorsi, R. *Personalization in Privacy-Aware Highly Dynamic Systems*, Communications of the ACM. Vol. 49 No. 9 Sep. pp32-38.
- (Santhanam et al.; 2006) Santhanam, G.; Ryu, S.; Yu, B.; Afshar, A. ; Shenoy, K. *A High-Performance Brain-Computer Interface*, Nature. Vol. 442 No.13. Jul. pp95-198.
- (Saraf, Maheshwari, 2006) Saraf, R., Maheshwari, V. *High-resolution thin-film device to sense texture by touch* Science Magazine. Vol. 312 No. 5779:1478 Jun 9th, pp1501-1504
- (Schmorrow, Kruse, 2004). Schmorrow, D. D., Kruse, A. *Augmented Cognition* W.S. Bainbridge (Ed.), Berkshire Encyclopedia of Human-Computer Interaction, Berkshire Publishing Group, pp54-59.
- (Schroer et al.; 2005) Schroer, O., Kauff, P., Sikora, T., Eds. *3D Videocommunication. Algorithms, concepts and real-time systems in a human centered communication* John Wiley & Sons
- (Shah, 2004) Shah, A. *Will Your Next Display be Flexible?* PC World May
<http://www.pcworld.com/printable/article/id,115963/printable.html>
- (Simonite, 2007a) Simonite, T. *Vibrating vest could send alerts to soldiers* NewScientTech, Jan. <http://www.newscientisttech.com/article/dn10846-vibrating-vest-could-send-alerts-to-soldiers.html>
- (Simonite, 2007b) Simonite, T. *Emotion-aware Teaching Software tracks student attention* NewScientTech, Jan.
http://www.newscientisttech.com/article.ns?id=dn10894&feedId=online-news_rss20
- (SpeeCon) *Speech-driven Interfaces for Consumer Devices*. European Commission's Information Societies Technologies Programme - Human Language Technologies
<http://www.speechdat.org/speecon/index.html>
- (Subirana, Bain, 2006) Subirana, B., Bain, M., *Legal programming*. Communications of

- the ACM Vol. 49 No. 9. Sep. pp57-62.
- (UNC) Ultrasound/Medical Augmented Reality Research Home Page. University of North Caroline at Chapel Hill. <http://www.cs.unc.edu/Research/us/>
- (VVander Veen, 2007), Vander Veen, C., *3D You*, Government Technology, Jan 29, <http://www.govtech.net/magazine/story.print.php?id=103598>
- (Van den Bosch et al; 2005) van den Bosch, A., Koning, A., Meijboom, F., McGhie, J., Simoons, M., Van der Spek, P., Bogers, A. *Dynamic 3D echocardiography in virtual reality*. Cardiovascular Ultrasound Vol. 3, No. 37
<http://www.cardiovascularultrasound.com/content/3/1/37>
- (Waldrop, 2003) Waldrop, M., *Natural Language Processing*. Technology Review, Feb <http://www.techreview.com/InfoTech/12257/>
- (Wang et al; 2006) Wang, L., Yoon, M., Lu, G., Yang Y., Facchetti, A., Marks, T., *High-performance transparent inorganic-organic hybrid thin-film n-type transistors* Nature Materials. 5 pp893-900. Un reporte del proyecto está disponible en: http://www.technologyreview.com/read_article.aspx?ch=specialsections&sc=nanotech&id=17645
- (Weiser, 1991) Weiser, M. *The Computer for the 21st century*. Scientific American Vol. 265 No. 3.
- (WSIS) *Compromiso de Túnez*. Cumbre Mundial de la Sociedad de la Información. Documento: WSIS-05/TUNIS/DOC/7-S Junio 2006
[http:// www.itu.int/wsis/docs2/tunis/off/7-es.html](http://www.itu.int/wsis/docs2/tunis/off/7-es.html)
- (WTA) Asociación Mundial Transhumanista. Página principal. <http://www.transhumanism.org>
- (Zacks, 2004) Zacks, R., *Portable Projectors*. Technology Review. Vol. 107 No. 10, p72.
- (Zollmann et al. 2006) Zollmann, S., Langlotz, T., Bimber, O., *Passive-Active Geometric Calibration for View-Dependent Projections onto Arbitrary Surfaces*. Workshop on Virtual and Augmented Reality of the I-Fachgruppe AR/VR.

Glosario¹⁸ sobre nuevas interfaces

- **BCI:** Ver ICC
- **Biometría:** Trata sobre el estudio de métodos para reconocer de manera única a las personas con base en características físicas o de su comportamiento.
- **Circuito integrado:** Pastilla o *chip* muy delgada en la que se encuentran miles o millones de dispositivos electrónicos interconectados, principalmente diodos y transistores.
- **Catom:** *Claytronics atom*, es una partícula elemental capaz de combinarse con otras para reproducir la forma de algún objeto en un ambiente de visualización tridimensional.
- **Cóclea:** También llamada caracol, es una estructura en forma de tubo enrollado en espiral, situada en el oído interno.
- **Computadora para vestir:** Es una computadora formada por un conjunto de dispositivos interconectados que se portan en el cuerpo de manera similar a como se porta un sombrero, unos anteojos y hasta la ropa. El término en inglés es *Wearable Computer*. No existe una traducción formal del término, también se les llama computadora para portar, informática para llevar, computadora llevable.
- **Computación ubicua:** Refiere al incremento en el uso de sistemas de cómputo a través del ambiente físico, haciéndolo disponible e invisible al usuario, en cualquier lugar y en cualquier momento.
- **Cyborg:** Esta palabra se forma a partir de las palabras inglesas *Cybernetics*- y *organism* -organismo cibernético o ciberorganismo- y se utiliza para designar una criatura medio orgánica y medio mecánica, generalmente con la intención de mejorar las capacidades del organismo utilizando tecnología artificial.
- **FMD:** Ver PMC
- **Interacción Humano-Computadora (IHC):** Disciplina que estudia el intercambio de información entre las personas y las computadoras. El acrónimo también se refiere a la Interfaz Humano-Computadora, es decir, a los dispositivos a través de los cuales tiene lugar la interacción. El término en inglés es HCI (*Human Computer Interaction/Interface*).
- **Háptico:** Todo aquello referido al contacto. La palabra no existe en el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española pero es muy probable que provenga del griego *Hapthai* (relativo al tacto). Típicamente las interfaces hápticas estimulan los canales sensoriales del tacto a través de un retorno de fuerza.
- **HCI:** Ver IHC.
- **HMD:** Ver PMC
- **ICC:** Interfaz Cerebro-Computadora. Uso de dispositivos electrónicos implantados en el cerebro o de mecanismos para detectar actividad cerebral con el fin de interactuar con dispositivos externos o con las extremidades del cuerpo.
- **Interfaz multimodal:** Es aquella que utiliza varios canales (sonido, vista, tacto) para interactuar con el usuario.
- **IVR:** Ver SIV

¹⁸ Cabe mencionar que varias de las definiciones que aparecen en el glosario, provienen de la enciclopedia libre que se encuentra en Internet: Wikipedia.

- **MEMS:** Ver SMEM
- **OLED:** Tipo especial de diodo emisor de luz (LED) en el cual la capa emisiva está formada por componentes orgánicos
- **Papel electrónico:** También llamado tinta electrónica, es una tecnología basada en partículas cargadas eléctricamente desplegar información con la apariencia de la tinta en el papel.
- **PBR:** Pantalla de Barrido Retinal. Dispositivo de desplegado que genera la imagen haciendo un barrido directamente sobre la retina. Su término en inglés es VRD (Virtual Raster Display).
- **PMC:** Pantalla Montada en la Cabeza, es un dispositivo de desplegado que se utiliza frente a la cara y que proyecta imágenes directamente hacia los ojos. El término en inglés es HMD (Head Mounted Display). Si no cubre completamente los ojos, o si es más parecido al uso de anteojos, también se le llama Pantalla Montada en la Cara (FMD, Face Mounted Display).
- **PNM:** Prótesis Neuro Motora. Prótesis artificial que se interconecta con el sistema nervioso para remplazar, mejorar o reparar funciones motoras.
- **RFID:** Identificador de Radio Frecuencia. Es una tecnología de identificación automática que utiliza ondas de radio para enviar la información de identificación. Entre sus muchas aplicaciones potenciales, se espera que RFID sustituya a la tecnología de identificación por código de barras.
- **SIV:** Sistemas Interactivos de Voz. Sistema automático utilizado en telefonía en el que un usuario selecciona a través del teclado una opción de un menú que se le presenta verbalmente. El término en inglés es IVR (Interactive Voice Response)
- **SMEM:** Sistemas Micro Electro-Mecánicos. Se trata de la tecnología para desarrollar dispositivos sumamente pequeños, del orden de micras a milímetros. El término en inglés es MEMS (Microelectromechanical systems)
- **TIC:** Tecnologías de la Información y de Comunicaciones.
- **Voxel:** Elemento unitario de una imagen digital en tres dimensiones.
- **VRD:** Ver PBR
- **WIMP:** *Windows Icons Mouse Pointer*. La interfaz gráfica de usuario más popular en las computadoras de uso personal.

Sitios de interés

- Historia de las interacciones humano-computadora
<http://sloan.stanford.edu/mousesite>
- *Special Interest Group on Human Computer Interaction* <http://www.sigchi.org>
- Laboratorios de investigación interfaces humano-computadora
 - *Asociación francófona de interacción hombre-máquina*
<http://www.afihm.org>
 - MIT Media Lab <http://www.media.mit.edu>
 - U. de Waterloo <http://hccitel.uwaterloo.ca>
 - U. de Tumbere <http://www.cs.uta.fi/research/hci>
 - Georgia Institute of Technology <http://www.chmsr.gatech.edu>
 - Carnegie Mellon University <http://www.hci.cmu.edu>
- Realidad aumentada <http://www.augmented-reality.org>
- Cognición aumentada <http://www.augmentedcognition.org>
- Literatura sobre ICC: <http://www.nicolelislalab.net>
- World Transhumanism Association <http://www.transhumanism.org>
- Future of Humanity Institute <http://www.fhi.ox.ac.uk>
- Institute for Innovative Blind Navigation
<http://www.wayfinding.net/iibn/NECtextchip.htm>