

IDI3185 - Realidad Extendida

Clase 12b - Evaluación en XR

**Prof. Leonel Merino
Ayud. Agustín Gutiérrez**

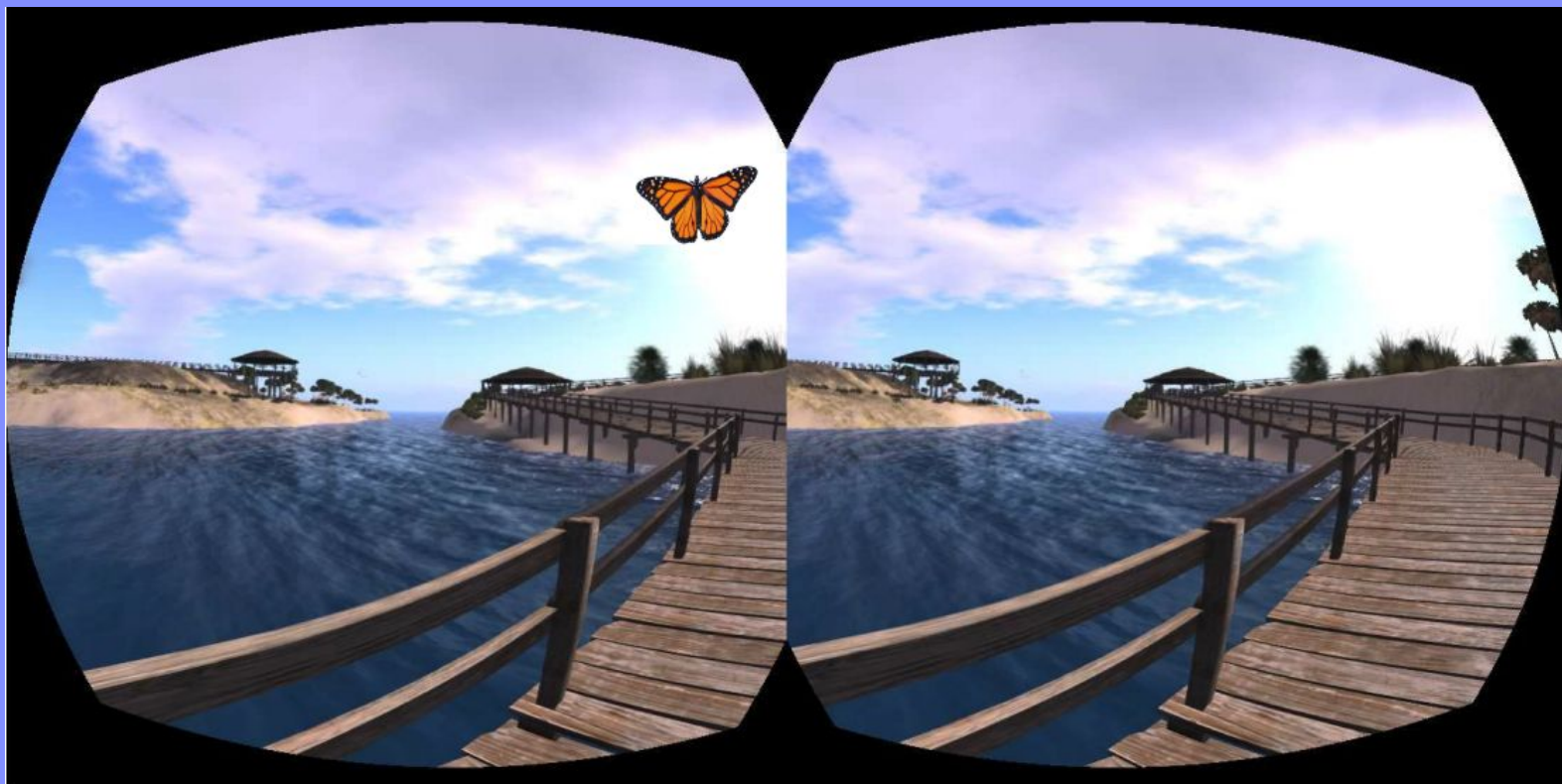
2025 - 1



Entrenamiento perceptivo

- Mediante la exposición repetida y guiada a un sistema y una experiencia de XR concretos, los usuarios pueden adaptar sus sistemas perceptivos.
- Ejemplos de aprendizaje perceptivo:
 - Un especialista en cáncer puede detectar tumores en las tomografías y resonancias magnéticas.
 - Los audiófilos aprenden a notar determinados defectos en la reproducción de la música
 - ¿Podemos hacer lo mismo para evaluar la XR?
- Se han desarrollado cuatro mecanismos básicos para explicar el aprendizaje perceptivo:
 - Ponderación atencional
 - Impronta de estímulos
 - Diferenciación
 - Unitización

Entrenamiento perceptivo: Problemas de estereofonía



Entrenamiento perceptivo:

Movimientos canónicos de la cabeza

- Para detectar distintos tipos de errores de movimiento o de punto de vista, el evaluador debe ser entrenado para realizar cuidadosamente rotaciones básicas individuales
- Para cada una de estas rotaciones básicas, el evaluador debe practicar su ejecución con distintas velocidades angulares y amplitudes constantes
- Si también se realiza un seguimiento de la posición, entonces son importantes otros tres tipos de movimientos canónicos de la cabeza, uno para cada DOF de posición. Por ejemplo, con movimientos horizontales, de lado a lado, se puede determinar si el paralaje de movimiento funciona correctamente

Entrenamiento perceptivo:

Problemas periféricos

- La distorsión en la periferia puede ser menos perceptible cuando se mira a través del centro de la lente
- Las señales de flujo óptico son fuertes en la periferia. Girar los ojos para mirar directamente a través del borde de la lente puede revelar la falta de enfoque en la periferia
- Para observar la distorsión de cojín o de barril, el evaluador debe aplicar un movimiento canónico de guiñada con la mayor amplitud posible, mientras se fija en un objeto

Entrenamiento perceptivo:

Percepción de la latencia

- La percepción de la latencia varía enormemente entre las personas, y es uno de los principales factores que contribuyen al malestar por la XR
- La adaptación causa grandes dificultades porque las personas pueden ajustarse a una cantidad constante de latencia mediante una larga exposición
- Para detectar los problemas de latencia, el evaluador puede enfrentarse a un borde vertical desde una distancia de dos metros y realizar un movimiento canónico de guiñada con unos pocos grados de amplitud y una frecuencia de unos 2 Hz
- Al realizar este movimiento, el borde debe parecer que se mueve fuera de fase con la cabeza si hay una latencia significativa

Recomendaciones para los desarrolladores: Mundos virtuales

- Para apoyar mejor con la percepción de la profundidad y la escala, establezca unidades en el mundo virtual que coincidan con el mundo real para que las escalas se puedan ajustar fácilmente
- Asegúrese de que los objetos estén completamente modelados para que las partes que falten no se noten cuando el usuario los mire desde puntos de vista que hubieran sido inesperados para los gráficos en una pantalla
- Los objetos muy finos, como las hojas de un árbol, pueden parecer incorrectos en la XR debido a la variación de los puntos de vista
- Diseñar el entorno de manera que se requiera menos locomoción; por ejemplo, un ascensor virtual sería más cómodo que unas escaleras virtuales
- Tener en cuenta los problemas de rendimiento de la renderización visual y auditiva y simplificar los modelos geométricos según sea necesario para mantener las velocidades de fotogramas adecuadas en el hardware objetivo

Recomendaciones para los desarrolladores:

Renderización visual

- La única diferencia entre las vistas izquierda y derecha debe ser el punto de vista, no los modelos, texturas, colores, etc.
- Nunca se debe permitir que las palabras, los objetos o las imágenes se fijen en una parte de la pantalla; todo el contenido debe parecer incrustado en el mundo virtual
- El sistema de renderizado debe estar optimizado para que el mundo virtual deseado pueda actualizarse a una velocidad de fotogramas que sea al menos tan alta como los requisitos del hardware (por ejemplo, 90 FPS para Oculus Rift y HTC Vive)
- Evitar los movimientos de los objetos que hacen que la mayor parte del campo visual cambie de la misma manera; de lo contrario, el usuario podría sentir que se está moviendo
- A diferencia de los juegos y la cinematografía, el punto de vista no debe cambiar de forma que no se corresponda con el seguimiento de la cabeza, a menos que la intención sea que el usuario sienta que se está moviendo en el mundo virtual, lo que en sí mismo puede resultar incómodo
- Para una correcta percepción de la profundidad y la escala, la distancia interpupilar del usuario en el mundo real debe coincidir con la correspondiente distancia del punto de vista entre los ojos en el mundo virtual
- En comparación con los gráficos de una pantalla, hay que reducir el brillo y el contraste de los modelos para aumentar la comodidad de la XR.

Recomendaciones para los desarrolladores:

El tracking y la zona coincidente

- Nunca permita que el seguimiento de la cabeza se congele o se retrase; de lo contrario, el usuario podría percibir inmediatamente el movimiento propio
- Asegúrese de que los puntos de vista de los ojos están correctamente localizados, teniendo en cuenta los desplazamientos estereoscópicos, los modelos de cabeza y la locomoción
- Tenga cuidado con los obstáculos en el mundo real que no existen en el mundo virtual; puede ser necesario un sistema de advertencia cuando el usuario se acerque a un obstáculo
- A medida que se alcanza el borde de la región de tracking, es más cómodo reducir gradualmente el contraste y el brillo que simplemente mantener la posición fija

Recomendaciones para los desarrolladores:

Interacción

- Considerar mecanismos de interacción mejores que la realidad dando a las personas poderes sobrehumanos, en lugar de aplicar el principio de simulación universal
- Para la manipulación en el mundo virtual, hay que intentar que el usuario se mueva lo menos posible en el mundo físico
- En cuanto a la interacción social, los mayores grados de realismo no son necesariamente mejores, debido al *uncanny valley* (relación entre el grado de parecido de un objeto con un ser humano y la respuesta emocional a dicho objeto)

Recomendaciones para los desarrolladores: Interfaces de usuario

- Si aparece un menú flotante, un navegador web o cualquier otro tipo de pantalla virtual, debe representarse a una distancia mínima de dos metros del punto de vista del usuario para minimizar el desajuste entre la vergencia y la acomodación.
- Esta pantalla virtual debe estar centrada y tener un campo de visión relativamente estrecho, aproximadamente un tercio del área total de visión, para minimizar el movimiento de los ojos y la cabeza.
- La incrustación de menús, opciones, estado del juego y otra información puede resultar más cómoda si parece estar escrita en el mundo virtual de forma que resulte familiar

Recomendaciones para los desarrolladores:

Audio

- Tenga en cuenta la diferencia entre un usuario que escucha a través de altavoces externos fijos y unos auriculares conectados; la localización de la fuente de sonido no funcionará correctamente a través de los auriculares sin seguimiento
- Tanto la posición como la orientación del seguimiento y la locomoción del avatar deben tenerse en cuenta para la auralización
- El efecto Doppler proporciona una fuerte señal de movimiento.

Recomendaciones para el uso de un avatar:

Aspecto propio

- La sensación de estar presente en el mundo virtual y la capacidad de juzgar la escala en él aumentan si el usuario puede ver su cuerpo correspondiente en la XR
- Un simple cuerpo virtual es mucho mejor que no tener ninguno
- Las diferencias inesperadas entre el cuerpo virtual y el real pueden ser alarmantes. Podrían tener un género, un tipo de cuerpo o una especie diferentes. Esto podría dar lugar a una experiencia impactante, o podría ser una distracción accidental
- La apariencia de los usuarios afectará a su comportamiento social, así como a la forma en que la gente que les rodea reacciona ante ellos

Comodidad y malestar de la XR

Nos referimos a cualquier efecto secundario involuntario e incómodo del uso de un sistema de XR como una forma de malestar por XR, que podría incluir síntomas que no se asocian normalmente con el malestar, como la fatiga.

Confort y mareo por XR: Variantes de la cinetosis

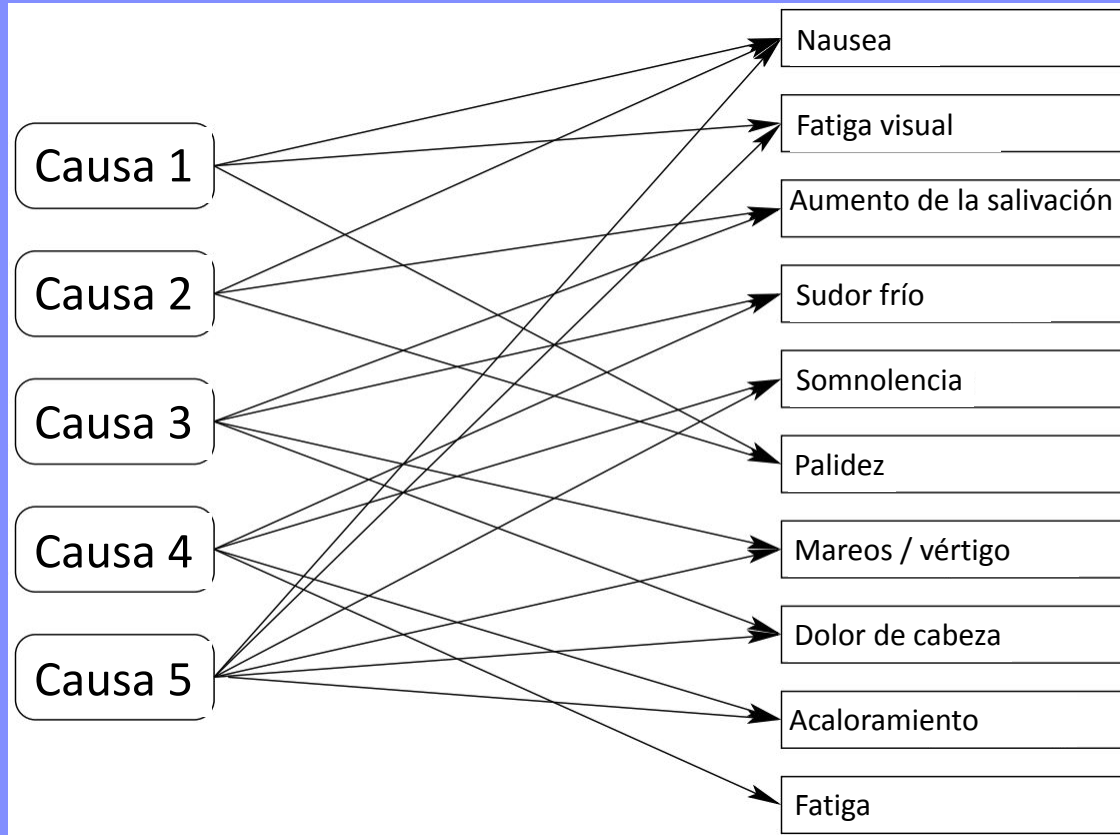
La **cinetosis** se refiere a los síntomas asociados a la exposición al movimiento real y/o aparente. Están estrechamente relacionados con el mareo por XR:

- Mareos y náuseas (por ejemplo, dar vueltas en círculos)
- Mareo en el auto, en el mar y en el aire (por ejemplo, cuando se viaja en vehículos)
- Mareo espacial (es decir, náuseas y otros síntomas causados por la microgravedad)

Comodidad y mareo por XR: Síntomas comunes

- Náuseas
- Mareos
- Somnolencia
- Dolor de cabeza
- Fatiga
- Cansancio de la vista

Comodidad y enfermedad de la XR: De los síntomas a las causas



¿Cuáles son las **causas** de estos **síntomas**?

- Los síntomas pueden analizarse teniendo grupos más pequeños que se espera que tengan una baja variabilidad, y realizando pruebas previas
- Las preguntas relacionadas con la causa se responden encontrando correlaciones estadísticas en los datos obtenidos antes, durante y después de la exposición a la XR

Comodidad y malestar de la XR: Niveles

- Para mejorar los sistemas y experiencias de XR hay varias medidas importantes que se pueden registrar:
 - La intensidad del síntoma
 - La velocidad de aparición del síntoma o el aumento de la intensidad mientras se presenta el estímulo
 - La tasa de disminución del síntoma o de la intensidad tras la retirada del estímulo
 - El porcentaje de usuarios que experimentan el síntoma a un nivel fijo o superior

Comodidad y enfermedad por XR:

Cuestionarios

- El más conocido y utilizado es el cuestionario sobre la enfermedad en el simulador (SSQ)
 - Diseñado para los estudios sobre la enfermedad en los simuladores para el ejército estadounidense
 - Se pide a los usuarios que puntúen cada uno de los 16 síntomas estándar en una escala de cuatro puntos: 0 ninguno, 1 leve, 2 moderado y 3 grave
 - Para determinar las tasas de aparición o decaimiento, el SSQ debe administrarse varias veces, como antes, después de 10 minutos, después de 30 minutos, inmediatamente después del experimento y 60 minutos después
- Los cuestionarios presentan cuatro inconvenientes principales:
 - Las respuestas son subjetivas
 - Se pide a los usuarios que presten atención a sus síntomas, lo que podría ser un sesgo
 - Hay que interrumpir a los usuarios para que proporcionen puntuaciones durante la sesión
 - La intensidad a lo largo del tiempo debe ser muestreada de forma grosera porque hay que rellenar un nuevo cuestionario en cada instante de interés

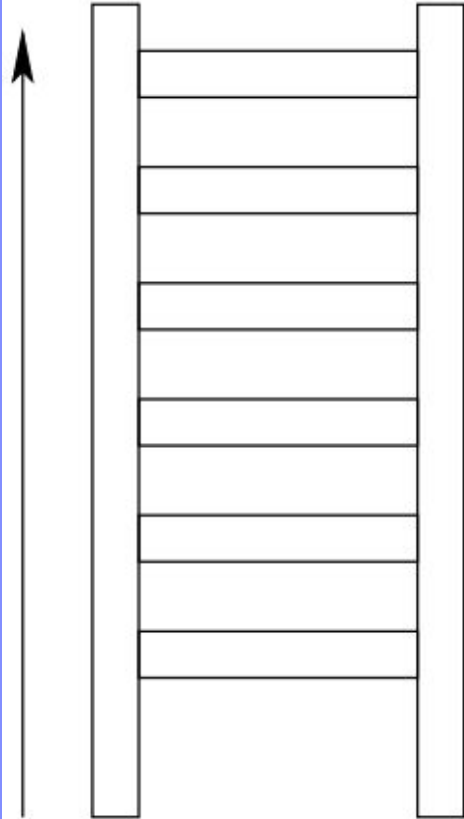
Comodidad y enfermedad por XR:

Mediciones fisiológicas

- Electrocardiograma (ECG)
- Electrogastrograma (EGG)
- Electrooculograma (EOG)
- Fotopletismograma (PPG)
- Respuesta galvánica de la piel (GSR)
- Esfuerzo respiratorio
- Palidez de la piel
- Movimiento de la cabeza

Experimentos en seres humanos:

El método científico



- 6: Promover un nuevo método
- 5: Analizar datos y generar una conclusión
- 4: Diseño y condición de un experimento
- 3: Formular una hipótesis
- 2: Diseño e implementación de un método
- 1: Aprender de la literatura relacionada y experiencia

Experimentos en seres humanos

- **Sujetos humanos:** tratar con personas es difícil; pueden diferir mucho en cuanto a su experiencia previa con la XR, su susceptibilidad al mareo, su desconfianza hacia la tecnología.
- **Normas éticas:** hay que evitar los experimentos que afecten a su intimidad o a su salud; a veces, los experimentos con humanos deben ser aprobados por un comité.
- **Variables:**
 - Dependientes: medidas para probar una hipótesis
 - Independientes: condiciones que son manipuladas directamente por el científico
- **Formulación de una hipótesis:** por ejemplo, ¿cuál de los 17 métodos de locomoción diferentes es el más cómodo?
- **Comprobación de la hipótesis:** pruebas estadísticas que se seleccionan en función del tipo de datos, por ejemplo, ANOVA
- **Más variables:**
 - Las variables de control se fijan mediante la selección de los sujetos o los ensayos experimentales. Por ejemplo, la varianza puede mantenerse baja controlando la selección de los sujetos de modo que sólo se utilicen en el experimento varones de entre 18 y 21 años
 - Las variables de confusión hacen que las variables independientes y dependientes estén correlacionadas, pero dejan de estarlo cuando se da el valor de la variable de confusión. Por ejemplo, tener un número de zapato más grande puede correlacionarse con una mejor capacidad de hablar. En este caso, la variable de confusión es la edad de la persona.

Futuro de XR

Fronteras de la VR: Tacto y Propiocepción



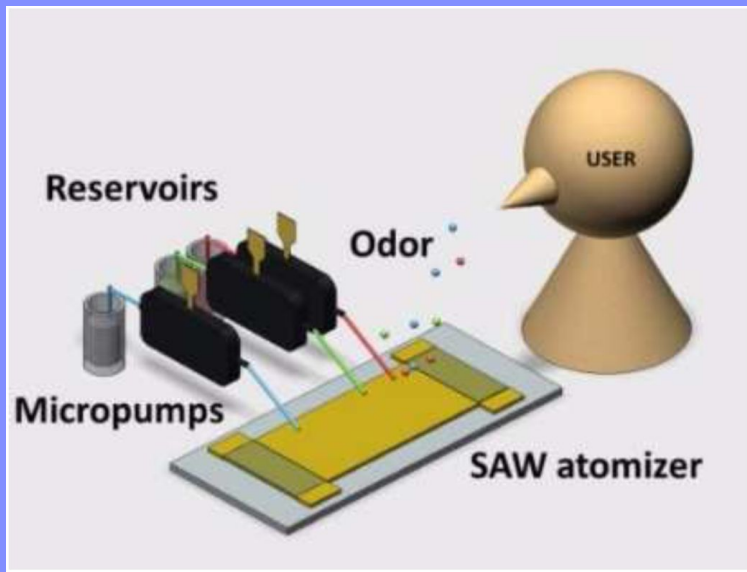
La ilusión de la mano de goma, en la que una persona reacciona a una mano falsa como si fuera la suya propia

Una matriz de pines táctiles



Un dispositivo táctil para guiar el lápiz

Fronteras de la VR: El olfato y el gusto



Representación de un visor olfativo portátil.
Las microbombas extraen trozos de líquido de pequeños depósitos



Una piruleta digital

Fronteras de la VR: Interfaces robóticas



Los robots humanoides HRP-4, producidos en Japón por el Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología Industrial Avanzada (AIST) y Kawada Industries



El robot de telepresencia Double es una pantalla y una cámara en un soporte.

Fronteras de la VR Interfaces cerebro-máquina



Sistema de electroencefalograma: un gorro de cráneo que permite medir hasta unas decenas de señales.



Dispositivo de EEG inalámbrico emotivo

Fronteras de la VR: Normas y código abierto

- El **código abierto** es una clase de licencia que suele referirse al software.
- Un **estándar de facto** ha alcanzado una posición dominante debido al gran volumen de personas asociadas a él mediante la aceptación pública o las fuerzas del mercado, por ejemplo, DirectX (Microsoft Xbox y PC), Steam OS (Valve), LiquidVR (AMD), GameWorks VR (Nvidia).
- Los **estándares abiertos** son "normas puestas a disposición del público en general y desarrolladas (o aprobadas) y mantenidas a través de un proceso de colaboración y consenso" [ITU-T 2015].
- El Grupo Khronos es un buen ejemplo de organización de estándares sin ánimo de lucro (OpenGL, OpenCL, WebGL).

Fronteras de la AR:

La AR como medio dramático

- La AR pasa de ser una tecnología a un medio dramático
- El nuevo medio tiene nuevas características
 - Antes de "Ciudadano Kane", las películas eran como grabaciones escénicas
- Características de la AR como medio
 - Combina real+virtual
 - Registrada espacialmente
 - Interactivo en tiempo real
- Requiere nuevas convenciones
 - Por ejemplo, enfoque narrativo frente a control de cámara libre
 - No hay escenas de corte como en los juegos
 - La AR se parece más a un escenario de teatro

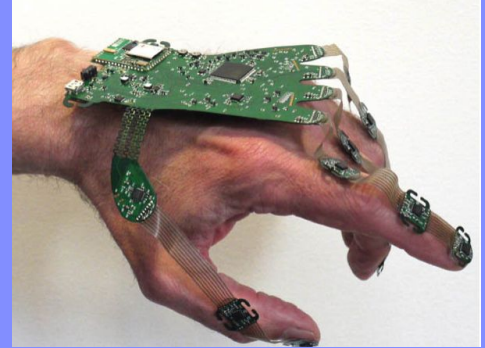
Fronteras de la AR:

La AR como medio de comunicación

- La AR como medio de comunicación
- Contenido proporcionado por
 - Profesionales (entretenimiento, periodistas, etc.)
 - Autoridades (tráfico, etc.)
 - Individuos sociales
- No geolocalización, sino anotación espacial precisa (parte de un objeto)
- Vinculación (como los enlaces web) entre lo virtual y lo real
- Canales (como los blogs) para organizar el contenido
- Presentación no lineal de los flujos, siempre en función del contexto

Fronteras de la VR/AR: Hardware

- En la actualidad se producen regularmente nuevos desarrollos de hardware de VR, en gran medida gracias al acceso a la impresión 3D.
- Los HMD son cada vez más ligeros y con campos de visión más amplios.
- Las principales empresas de VR (Oculus, Valve, Sony y Sixense) están creando opciones de control de mano con seguimiento a bajo precio (al menos en comparación con los antiguos sistemas profesionales).
- Guantes de VR a precio de consumidor.



Primer prototipo del guante Tyndall/TSSG VR



Magic Leap afirma que está resolviendo el conflicto acomodación-vergencia.



Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0)

You are free to:

Share — copy and redistribute the material in any medium or format

Adapt — remix, transform, and build upon the material for any purpose, even commercially.

The licensor cannot revoke these freedoms as long as you follow the license terms.

Under the following terms:



Attribution — You must give appropriate credit, provide a link to the license, and indicate if changes were made. You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggests the licensor endorses you or your use.



ShareAlike — If you remix, transform, or build upon the material, you must distribute your contributions under the same license as the original.

No additional restrictions — You may not apply legal terms or technological measures that legally restrict others from doing anything the license permits.

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>