

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

CONTROL A DISTANCIA DE UN ROBOT MÓVIL UTILIZANDO PRINCIPIOS DE TELEOPERACIÓN

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
INGENIERO EN COMPUTACIÓN
P R E S E N T A
FIGUEROA CÁLIX SAÚL CRISTÓBAL

DIRECTOR DE TESIS: M.I. MARCO ANTONIO MORALES AGUIRRE



MEXICO, D.F.

281391

2000



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

e Temático.

INTRODUCCIÓN	3
Antecedentes del Proyecto	3
Objetivo del Proyecto	4
Alcance del Proyecto	4
REALIDAD VIRTUAL.....	6
Objetivo de la Realidad Virtual.....	6
Características de las Aplicaciones de Realidad Virtual	6
Exploración de espacios virtuales.....	8
2.3.1 Factores Determinantes en el Grado de Inmersión.....	8
2.3.2 Software para exploración de Mundos Virtuales	9
Aplicaciones.....	10
ROBÓTICA.....	11
Antecedentes de la robótica	11
Influencia del Entorno en la Elección del Sistema de Solución	15
Niveles de Inteligencia en los Robots.....	16
3.3.1 Robots autónomos.....	16
3.3.2 Teleoperadores.....	17
Aplicaciones de los Robots Autónomos.....	18
TELEOPERACIÓN.....	19
Concepto de Teleoperación	19
Antecedentes de la Teleoperación	20
Factores que afectan el desempeño de un Teleoperador	20
4.3.1 Realidad Virtual aplicada a Teleoperación.....	21
4.3.2 Retroalimentación como determinante de desempeño en Teleoperadores.....	21
4.3.3 Telepresencia como determinante de desempeño en Teleoperadores.....	22
4.3.4 Factor Humano en la Teleoperación.....	29
4.3.5 Otros factores que afectan el desempeño de Teleoperadores	31
Aplicaciones.....	32
SARROLLO.....	33
Programación del Robot	33
5.1.1 Sistemas que conforman al Robot.....	33
5.1.2 Interfaz robot - usuario.....	33
5.1.3 Protocolo de comunicación Robot - WorkStation	35
Programación de la Interfaz de Control.....	36
5.2.1 Interfaz de Control desde una página de Internet.....	36
5.2.1.1 Descripción del equipo utilizado	36
5.2.1.2 Digitalización de la información sensada.....	37
5.2.1.3 Protocolo de comunicación WorkStation – Robot.....	38
5.2.1.4 Interfaz WorkStation – Usuario.....	38
5.2.2 Interfaz de Control utilizando Equipo de Realidad Virtual.....	42
5.2.2.1 Descripción del equipo utilizado.....	42
5.2.2.2 Manejo de la Interfaz de Control	43
5.2.2.3 Protocolo de comunicación WorkStation – Robot.....	44
5.2.2.4 Interfaz Equipo RV – Usuario.....	44
Transmisión de Video.....	45
5.3.1 WebCam.....	45
5.3.1.1 Descripción del equipo	45
5.3.1.2 Presentación de la imagen en Tiempo Real	45

5.3.1.3 Creación de la WebCam.....	46
5.3.2 Visor del VR4	49
5.3.2.1 Descripción del Equipo.....	50
5.3.2.2 Interfaz con el Usuario.....	51
Integración de módulos.....	52
5.4.1 Interfaz Gráfica en Java.....	52
5.4.2 Interfaz utilizando Equipo de Realidad Virtual.....	53
RESULTADOS.....	55
CONCLUSIONES	578
INFORMACIÓN ADICIONAL.....	61
ANEXO 1. B14 de WWII.....	62
ANEXO 2. Sockets de Comunicaciones.....	66
GLOSARIO.....	73
Bibliografía y Ligas de Internet	79

roducción.

cedentes del Proyecto.

re siempre ha buscado herramientas que faciliten su trabajo, que disminuyan el esfuerzo, el tiempo y el riesgo involucrado ur tareas o realizar ciertas actividades, que le permitan explorar nuevos horizontes por los cuales no ha transitado aún, que an el porcentaje de error o incrementen la precisión de sus labores. Todo esto como parte de la labor creativa y la bilidad adjunta que como seres racionales y conscientes tenemos. El ser humano se encuentra en continuo proceso de nto intelectual y cultural, la tecnología es el trampolín del cual nos valemos para progresar y conquistar los diversos que interactúan con nuestro entorno. La búsqueda de control de los factores que nos rodean, con los cuales interactuamos indirectamente, y que nos afectan, es la principal razón que activa nuestra creatividad. El universo tiende al equilibrio, y evolucionamos para poder mantenernos a la par de nuestro ambiente, siempre cambiante, y la única manera de que nunca e – o tal vez que no nos deje lo suficientemente detrás – es controlar los factores ambientales que interactúan con nuestras ades, con nuestra especie, al final de cuentas, controlar el ambiente mismo, con la prerrogativa de sobrevivir como especie. res racionales y conscientes, hay cosas que nosotros podemos predecir del futuro, simplemente analizando las experiencias y presentes) que nuestra historia contiene. El resultado, una continua evolución a la par de nuestro medio mediante una equerimientos necesarios para asegurar nuestra existencia, algunas veces errados, otras audaces, pero es así como a través uo movimiento lo que en un principio podría ser una manera de controlar uno de los factores que interactúan con nuestro e convierte en la satisfacción de necesidades hoy triviales, mañana elementales.

parte de esta labor creativa, abordaremos uno de los avances que involucra una buena cantidad de conocimientos os acumulados hasta este momento por el hombre, y que sigue siendo motivo de interés y estudio por su amplio campo o así como por ser una herramienta que resuelve muchos de los requerimientos enumerados en el primer párrafo (ahorro de y tiempo, disminución de riesgo y error, incremento de certeza y potencia). La robótica, busca generar máquinas as programables, que realicen tareas específicas sujetando sus actividades a cierto grado de decisión, que les permita abrirse un buen número de circunstancias, mediante la oportuna recuperación de información del entorno donde se desenvuelven, a resolver una buena variedad de problemas de manera óptima.

ualidad, uno de los usos comunes de los robots, es el de realizar tareas rutinarias en áreas de trabajo cuyas condiciones peligerosas para los seres humanos, como lugares donde exista radiación, temperaturas extremas, riesgos de explosiones etc. veces los robots autónomos no tienen la capacidad suficiente de tomar las decisiones adecuadas bajo una circunstancia lo que se tiene que interrumpir su desempeño para ser reajustado, reprogramado o de plano completamente cambiado por elo que cumpla las nuevas especificaciones. Ante este tipo de situaciones, una buena alternativa es dejar las decisiones en e los humanos y que el robot sirva de ejecutor de las ordenes que el personal humano le de. Este es el principio de la ción, donde el ser humano puede interactuar con el entorno remoto donde fue colocado el robot para realizar una tarea. las decisiones pertinentes en el momento adecuado, sin la necesidad de interrumpir la ejecución de una tarea por la dad del robot de tomar decisiones. Los teleoperadores tienen un objetivo distinto a los robots, otro alcance, dejan a un lado atización y se enfoca a incrementar las capacidades de manipulación, movimiento y sentido del operador humano, en otras más que buscar desplazar al operador humano en sus actividades cotidianas, procura proporcionarle los medios para mejor su intervención en una tarea, basándose en la capacidad móvil, la velocidad de respuesta, la calidad de sentido del on el cual interactúa, y la precisión en la ejecución de las tareas.

ente la Facultad de Ingeniería tiene en el laboratorio de Interfaces Inteligentes un robot móvil modelo B14 de RWII, el enta con tres motores conectados a un sistema de locomoción que consta de 3 ruedas las cuales le permiten al robot rse. Las ruedas están montadas sobre un eje que les permite girar hacia cualquier dirección en el plano paralelo a la e. Podemos dividir al robot en tres cilindros montados uno sobre otro, a lo largo del cuerpo del robot. Cada uno de los agrupa a un conjunto de sensores cuya funcionalidad puede ser revisada en el Anexo 1.¹

parte importante del robot, se encuentra una microcomputadora integrada, la cual está cargada con sistema operativo Linux, y ftware de control de los recursos del robot, utilizando librerías de control y comunicaciones² en lenguaje C.

¹ Para mayor especificación de las características del robot. La dirección de Internet del fabricante del robot es la siguiente www.rwii.com/index.html

² Apartado especial sobre sockets de comunicación

El equipo de Ingeniería cuenta en el laboratorio de interfaces Inteligentes con una WorkStation O2 de Silicon Graphics en la cual se encuentra instalado el software DVision, que es una herramienta para desarrollar Espacios Virtuales que nos permite interactuar con el equipo de Realidad Virtual³. Con este equipo podemos monitorear las señales provenientes del casco de Realidad Virtual⁴ y el uso de 3 Dimensiones (3DMouse)⁵.

Debemos mencionar que el procesador del robot está enfocado a administrar los recursos del robot, y todos los demás procesos de visión, reconocimiento, cálculo, etc., se realizan en un servidor dedicado, que está conectado con el robot mediante sockets de comunicaciones UDP. De esta forma, se realiza una interacción cliente-servidor, donde el operador es el cliente y realiza un movimiento al robot, el cual, si es necesario, se convierte en cliente y solicita el procesamiento a uno de los servidores dedicados (ordenamiento de algoritmos, filtrado de la imagen, obtención de un plan de movimiento, interpretación de la información sensada, etc.). El objetivo con el objeto de optimizar los tiempos de respuesta del procesador del robot y no saturarlo con tareas que implican por sí mismas una buena carga de procesamiento.

El objetivo del presente trabajo es generar las bases para el desarrollo de un teleoperador íntegro, entendiendo que la capacidad del teleoperador deriva de su capacidad para interactuar con el entorno donde va a desarrollar sus tareas. Para obtener un teleoperador de este tipo, debemos tener un buen control sobre el desplazamiento del robot en el área de trabajo, debemos explotar el uso de sensores ofrecidos por el fabricante (sonares e infrarrojos), debemos proporcionar calidad en la retroalimentación del robot a través de un buen sistema de visión, y debemos de proporcionarle habilidades de manipulación montándole un brazo robótico. En el presente trabajo nos enfocamos a proporcionar un buen control en el desplazamiento del robot.

Para completar la parte física del teleoperador, vale la pena invertir esfuerzos en proporcionar al teleoperador la capacidad de asumir mayor responsabilidad sobre las funciones de control involucradas en la tarea, como puede ser, el alertamiento de áreas de trabajo, la interpretación y modelado de la información sensada, el desplazarse a puntos específicos del área de trabajo evadiendo obstáculos y el absorber la enseñanza del operador humano.

Objetivo del Proyecto.

El presente trabajo tiene por objeto controlar a distancia el movimiento del robot RWII modelo B14 aplicando principios de telerobotica. Entendemos que el presente trabajo es parte de un proyecto más complejo y de mayor alcance, por lo que nos enfocamos a controlar los movimientos del robot desde una terminal remota donde se encontrará el usuario.

Para operar el robot, requerimos que el usuario interactúe con el entorno remoto donde se desenvuelve el robot mediante una cámara de video capturada en tiempo real a través de una cámara situada estratégicamente en el área de operación, lo que permite al usuario enviar comandos adecuados de movimiento para controlar el desplazamiento del robot en el entorno remoto.

En un sistema de este tipo, donde el usuario es retroalimentado por el entorno remoto y a su vez alimenta de comandos al robot, es necesario el uso de teleoperación.

Alcance del Proyecto

El alcance del presente proyecto es controlar a distancia y con oportunidad los movimientos del robot. Para alcanzar el objetivo del proyecto, se plantea sensar el entorno del robot mediante una cámara que va a estar colocada estratégicamente en el entorno sintético, el robot enviará la señal para ser procesada a la WorkStation O2, la cual se desplegará en un entorno gráfico para el usuario. El usuario convivirá con el robot mediante una interfaz gráfica, la cual le permitirá indicarle si se mueva hacia adelante, hacia atrás, si gire en sentido horario o antihorario, todo esto en tiempo real. En una situación ideal, se espera que el usuario reciba la imagen sensada por el robot en el monitor encontrado en el casco de Realidad Virtual, que los datos de dirección estén tomados del sensor de posición del casco y el movimiento se determine utilizando los controles del 3D Mouse. Esto proporcionará al usuario un gran sentimiento de inmersión en el entorno remoto debido a que controlará la orientación del robot a través de la imagen que recibe desde el casco montado en su cabeza.

1. Peripheral Unit. Interfaz entre la WorkStation y el equipo de realidad virtual, el cual permite procesar señales que proceden de un casco de realidad virtual.
2. El casco de realidad Virtual consta de un sensor de posición de 3 ejes (Fastrak) y un visor integrado.
3. El casco de realidad Virtual consta de un sensor de posición de 3 ejes (Fastrak) y 5 botones. El principio de funcionamiento se comenta en el capítulo 5 de este documento.

Desde la perspectiva visual ofrecida al usuario, es la obtención de una imagen estratégica del entorno remoto, donde el usuario pueda obtener información suficiente para desarrollar una tarea, esto se puede obtener fijando la cámara en algún lugar del entorno remoto donde se pueda apreciar el área de operación del robot. En una situación ideal, fuera del alcance, la cámara puede estar montada sobre el robot y funcionará como sus ojos en el entorno remoto, de tal manera que al avanzar el robot, el usuario puede ver a los objetos acercarse en la pantalla, al girar el robot, el usuario vera los obstáculos que se encuentren en el foco de visión de la cámara. Lo anterior permitirá al usuario navegar en el entorno en que se encuentra el robot, observando los objetos con los que interactúa, esquivándolos o acercándose a ellos según el objetivo de su tarea.

La función de los teleoperadores es la de expandir las posibilidades de la presencia humana en un entorno de difícil acceso al usuario, por lo que un buen desempeño y una buena relación causal⁶ entre los comandos enviados por el usuario y lo ejecutado por el robot es siempre deseable.

El desempeño en los teleoperadores está determinado por la facilidad con la que el usuario completa la tarea, la velocidad y la precisión al resolver la misma, y la comodidad relacionada con el tiempo en que un usuario puede estar sujeto a una sobrecarga de trabajo operando un teleoperador.

Para proporcionar un buen desempeño, el diseño de un teleoperador debe tomar en cuenta la tarea para la cual es diseñado y un conjunto de características relacionadas con la calidad de la interfaz.

La facilidad de uso y la comodidad proporcionada al usuario, está en función del diseño de la interfaz de control, la cual depende de la calidad de la representación visual, de la velocidad de respuesta, la correspondencia funcional, la facilidad de navegación, la capacidad de adaptación, etc., conceptos análogos a los manejados en la Realidad Virtual para la interacción con mundos virtuales. El capítulo 3 profundiza sobre conceptos de Realidad Virtual.

La velocidad y precisión están en función del equipo, principalmente de la calidad de los servomecanismos del robot y la potencia del equipo donde se procesa la información presentada al usuario; los componentes de los sistemas robóticos son presentados en el capítulo 3 dedicado a profundizar sobre temas de robótica. En este capítulo se habla de la división de la robótica en robots autónomos y teleoperados, y del punto de intersección de ambos que es la telerobótica. Se habla de cuando es conveniente usar un robot autónomo y cuando uno teleoperado, y la importancia del factor humano dentro de esta decisión.

El capítulo 4 habla sobre teleoperadores, en este capítulo se profundiza sobre la clasificación de teleoperadores, se contemplan los factores que incrementan el desempeño, se considera al factor humano pieza clave en el sistema telerobótico, se habla de la importancia de un equilibrio en el nivel de control delegado al usuario y al teleoperador, y sobre la importancia de los teleoperadores como sistemas que incrementan las posibilidades humanas en áreas de trabajo poco accesibles para el ser humano. Este capítulo busca mantener el precedente para el desarrollo de un sistema telerobótico íntegro y completo.

El capítulo 5 habla sobre el desarrollo del proyecto, habla sobre el de control de movimiento en el robot, la presentación del entorno virtual al usuario y los controles de movimiento proporcionados al usuario.

Los capítulos 6, 7 y 8 hablan sobre la valoración del desempeño del sistema de teleoperación, los resultados obtenidos al desarrollar el presente proyecto y las conclusiones a las que llegamos respectivamente. Se proporcionan anexos con información que podría interesarle al lector, como son las características técnicas del robot, un apartado de sockets de comunicaciones, los programas fuente utilizados y un glosario.

⁶ Relación causal es la fidelidad con la que el robot ejecuta los comandos enviados por el usuario, es decir, la correspondencia entre el efecto en el robot a causa de un movimiento humano.

Realidad Virtual.

Objetivo de la Realidad Virtual.

Respuesta a la continua evolución de los medios de comunicación, a las formas complejas que adquiere el intercambio de información entre las personas, a la interacción hombre - máquina que se incrementa con el paso del tiempo, a la búsqueda de la automatización, al uso de la computadora en la simulación de situaciones cada vez más complejas; se ha requerido generar entornos de hardware y software que permitan tener una comunicación directa y rápida entre el hombre y la máquina. Esta comunicación debe ser más natural para el hombre, con el fin de que la máquina se introduzca como un elemento más de su vida cotidiana, de fácil acceso, y que responda a los complejos requerimientos que se van presentando en la actualidad.

Con el tiempo, ha cambiado en las computadoras, es la naturaleza y la lógica que se encuentra detrás de los dispositivos de entrada / salida de datos, por lo tanto, todo el conjunto de interfaces hombre - máquina que se ha desarrollado se ha identificado a la Realidad Virtual⁷ como una nueva alternativa para la generación de soluciones a los problemas de interacción hombre - máquina, soluciones que incluyen multimedia, la interacción directa con el usuario final, la capacidad de generar ideas y los procesos de programación activados por el usuario. Los desarrollos se apoyan en avances tales como las redes de datos orientadas a objetos, el incremento en la velocidad de comunicación de las redes, las computadoras de alto rendimiento y la Inteligencia Artificial.

Definiciones de Realidad Virtual.

La Realidad Virtual en su origen fue concebido como Realidad porque nuestros sentidos perciben estímulos táctiles, auditivos y visuales reales; es Virtual porque es una representación creada utilizando herramientas de cómputo. Esta definición es subjetiva pero ayuda a ubicarnos en el porque del nombre. Más objetivamente la Realidad Virtual es una representación del mundo en tiempo real por una computadora que produce un sentimiento de inmersión del usuario en el mundo virtual, creado por la percepción de un mundo en tres dimensiones y la posibilidad de interacción con los elementos del mundo virtual. También es conocida como simulación en tiempo real.

El espacio de trabajo totalmente interactivo, enriquecido con sensaciones del mundo real a través de estímulos visuales, auditivos, táctiles y de cualquier otro tipo que afecten al usuario⁸.

La presentación de datos generados por computadora que cuentan con características similares a las de elementos reales bien sea... "(por su forma, sonido, textura)

La capacidad de obtener percepciones interactivas del mundo real, a través de la computadora⁹.

Un sistema interactivo que permite sintetizar un mundo tridimensional ficticio, creando en el usuario una ilusión de realidad¹⁰.

Para considerar que el usuario obtiene una ilusión de realidad, tenemos que afectar los diversos sentidos del usuario, de modo que perciba sensaciones generadas por la simulación virtual análogas a las que espera se presentarían en condiciones reales.

Características de las Aplicaciones de Realidad Virtual.

Las aplicaciones de Realidad Virtual son una excelente herramienta de simulación, pues cada mundo virtual tiene asociado un conjunto de elementos u objetos que fueron creados en su interior, los cuales están sujetos a las mismas leyes físicas existentes en el mundo real⁸, lo que nos permite simular con dichos objetos, eventos de los cuales podemos esperar una respuesta razonable.

Para que una aplicación sea considerada como de Realidad Virtual necesitamos que:

El usuario que excite a un mundo o ambiente virtual en tiempo real, tenga una perspectiva en tercera dimensión y pueda mover y rotar esa perspectiva a cualquier posición del mundo virtual.

El programa de Realidad Virtual pueda proporcionar una respuesta en tiempo real al factor de excitación recibido por el usuario, esto es, que el usuario pueda interactuar con los elementos contenidos en el mundo virtual, sujetándose a ciertas reglas que dominan las políticas de dicho mundo (como son las leyes físicas).

⁷ Acuñado por Jaron Lanier a mediados de los 80's

⁸ Considerar que no es una restricción sujetar las leyes que actúan en el espacio virtual a las leyes del mundo real, es decir, se pueden alterar las leyes del mundo real para producir un efecto específico, lo cual es útil para la simulación de eventos que no son comunes en el mundo real. (p.e. gravedad cero, fricción cero, etc.)

de las reglas anteriores, para desarrollar una aplicación de Realidad Virtual se deben considerar los siguientes conceptos.

Capacidad Sintética. Las imágenes que en cada momento se presentarán al usuario, no se encuentran almacenadas en ninguna memoria (como si fuera una película). Son imágenes sintéticas, generadas en tiempo real por la computadora de acuerdo a la perspectiva del usuario dentro del mundo virtual. Resultaría imposible calcular o almacenar de antemano las imágenes correspondientes a todas y cada una de las posibles posiciones. En su lugar, la computadora controla una base de datos con las características de los objetos y su posición dentro del mundo virtual. A la hora de generar la imagen, la computadora recurre a esta base de objetos, calcula como se vería cada uno desde la posición que el usuario ocupa teniendo en cuenta la distancia, y lo proyecta en la correspondiente posición de pantalla. Los sistemas de Realidad Virtual contienen una representación abstracta del mundo virtual: cuales son los objetos que lo componen, donde están situados, cuales son sus representaciones gráficas o colores etc., a partir de la cual generan información que posteriormente se presentará al usuario.

Interactividad. El usuario hace uso de su capacidad de control sobre los elementos del mundo virtual, el usuario puede dirigirse a cualquier punto del mundo virtual que desee (siempre que las restricciones del sistema lo permitan), puede mover objetos, ejecutar procesos etc. Puede modificar el entorno virtual en que se encuentra. Si no existiera interactividad, no sería necesario la capacidad de sintetizar las imágenes. La interacción dinámica, es cuando los elementos del entorno virtual, cambian en el momento en que el usuario realiza una acción sobre el entorno, relacionada con las características de alguno de los elementos. La navegación, es el mínimo de interacción permitido, y se refiere a la capacidad de cambiar su perspectiva dentro del mundo virtual. La latencia tiene una considerable importancia, pues cuando se incrementa mucho, el usuario puede experimentar molestias físicas. Normalmente la latencia es más problemática con los sistemas que incorporan algún dispositivo para medir la posición u orientación del usuario, por que la mayoría de dichos dispositivos son lentos.

Tridimensionalidad. Para que un sistema sea considerado como de Realidad Virtual, es necesario que proporcione además la sensación de profundidad. No basta la simulación de la relación de profundidad en la aplicación, es necesario que exista la sensación de profundidad. Existe una serie de factores que generan la sensación de profundidad llamadas claves de profundidad, dentro de las cuales tenemos la perspectiva lineal que se relaciona con el tamaño de los objetos, y el paralaje, donde al desplazar una cámara, los objetos cercanos parecen desplazarse más que los alejados.

Ilusión de Realidad. El mundo virtual debe ser congruente, para lo cual se sujeta a un conjunto de reglas que definen su comportamiento y lo hacen parecer real, no diciendo con esto que se debe parecer visualmente al mundo real. Existen muchos mecanismos que influyen en la creación de una ilusión de realidad los cuales son utilizados por los sistemas de realidad virtual. Podemos dividir en físicos y psicológicos. Los físicos están relacionados con el aspecto del mundo virtual, con las percepciones (sonoras, visuales, táctiles...) del usuario acerca del mundo. El sistema será más real cuanto más sentidos sea capaz de estimular y tanto más parecidas a las sensaciones reales sean estas representaciones artificiales. Los factores psicológicos están relacionados con la naturaleza del mundo virtual, tal como el usuario la percibe, podemos mencionar algunos factores importantes como la interactividad y la facilidad de navegación. Los periféricos de entrada complejos, como los electroguantes, responden a la necesidad de relacionar los medios de interacción que empleamos cotidianamente con el comportamiento del mundo virtual, las respuestas a los estímulos de los usuarios, el comportamiento autónomo de los objetos, y en general, a las diversas tecnologías de la realidad virtual. La inmersión permite privar al usuario de la interacción con el mundo real, de manera que no existan distracciones visuales en su navegación por el mundo virtual. Los sistemas multiusuario, intensifican la sensación de realidad, pues existen otros elementos que se intercalan con el usuario presentando comportamientos humanos reales.

La Realidad Virtual explota técnicas y herramientas de propósito específico para el desarrollo de mundos virtuales, buscando los conceptos relacionados con la obtención de un mayor grado de inmersión y realismo.

Algunas de estas técnicas son

Técnicas Tridimensionales. Los sistemas de Realidad Virtual parten de una definición tridimensional del mundo virtual y de los algoritmos que lo forman, y utilizan técnicas de tratamiento de gráficos tridimensionales (3D) para generar las imágenes.

Técnicas de Estereoscopia. El ser humano es capaz de ver en tres dimensiones porque las imágenes que percibe con cada ojo son ligeramente distintas. Aun cuando vea la misma escena con ambos ojos, la perspectiva de cada ojo es ligeramente diferente, debido a la diferente posición relativa de cada ojo con respecto a los objetos. Esto permite al cerebro comparar las imágenes recibidas y deducir, a partir de las diferencias relativas, la profundidad a que se encuentra cada parte de un objeto.

Simulación de Comportamiento. Al igual que sucedía con la representación del mundo virtual, esta simulación se realiza de manera sintética; no se tiene precalculada la evolución del estado del mundo virtual, sino que se va calculando en tiempo real, de acuerdo con los factores mencionados. En sistemas de simulación, o aquellos cuyo fin es mostrar lo que ocurre en la realidad, la sensación de realidad está asociada a la fidelidad de su representación. En representaciones sin equivalentes directos con la realidad, la apariencia de realidad se da con factores más subjetivos, como un comportamiento coherente de los objetos y un alto grado de interactividad. En este último tipo de representaciones, se intensifica la sensación de realidad cuanto más

El mundo virtual es el mundo representado, esto es porque existen menos puntos de referencia con el mundo real. La sensación de realidad depende de que el usuario entienda las reglas que gobiernan el mundo virtual y del grado de interacción que tiene el usuario con el sistema. El usuario es sensible a la relación Entrada - Salida con el sistema, es decir, el usuario espera que el mundo virtual sufra cambios al realizar una acción.

Grado de navegación. Son mecanismos puestos a disposición del usuario para poder variar su posición o perspectiva dentro del mundo virtual. Existen dos dispositivos que pueden utilizarse para implementar las facultades de navegación: dispositivos de control y dispositivos de localización. Los dispositivos de control, permiten al usuario señalar a la computadora hacia donde quiere desplazarse o hacia donde quiere ver (joystick o teclado). Los dispositivos de localización permiten a la computadora determinar los deseos de navegación del usuario de manera implícita, utilizando un dispositivo que detecta la posición del usuario y hacia donde desea desplazarse variando así las escenas del mundo virtual. Normalmente se ocupa un dispositivo que controle la perspectiva del usuario y otro que controle los desplazamientos. La navegación del usuario alimenta dos variables, una que es el estado del usuario como elemento del sistema de Realidad Virtual y otra que es la escena que debe de estar observando el usuario de acuerdo a su posición dentro del mundo virtual.

Grado de Inmersión. Consisten en aislar al usuario de los estímulos procedentes del mundo real circundante, esto con el fin de eliminar toda referencia del mundo real y facilitar la sensación de realidad. El grado de inmersión en los sistemas de Realidad Virtual está muy ligado a la forma en que se presenta la información visual, por lo que pueden ser clasificados en: Sistemas Inmersivos, Sistemas Proyectivos y Sistemas de Sobreimpresión.

Clasificación de espacios virtuales.

Al crear el mundo virtual, debemos preocuparnos por la manera como vamos a interactuar con él. La visión es el sentido más importante para la exploración del entorno virtual, pues nos permite con una simple mirada darnos cuenta de los objetos, sus dimensiones y demás elementos que interactúan con nosotros en el entorno sintético. Sin embargo, la perspectiva desde la que observamos el mundo virtual afecta el grado de inmersión que experimentamos, ya que no es lo mismo ser el protagonista en la escena que ser un simple espectador. El protagonista puede tomar decisiones y manipular los objetos del entorno virtual, lo que le permite a mantener su atención en la ejecución de una tarea. Un espectador a lo más juzga las acciones que realiza el protagonista y su atención en la tarea está en función de la importancia que le represente la misma.

De acuerdo a la perspectiva que se le presenta al usuario para explorar el Entorno Virtual, tenemos la siguiente clasificación:

Perspectiva en primera persona.

El usuario es el protagonista. El foco de visión del usuario dentro del mundo virtual se desplaza de acuerdo a las instrucciones de navegación que él mismo determina, tomando como referencia un punto significativo de su cuerpo (mano, pistola, parabrisas de un automóvil, etc.) dentro del espacio virtual.

Perspectiva en segunda persona.

El usuario es transportado al entorno virtual por referencia de una segunda persona, como si escuchara una narración que describe una representación mental tan fuerte y real que se sumergiera en ese mundo. Puede presentarse al observar un video de imágenes lo suficientemente descriptivas como para permitir la generación mental de ese medio y sentirse inmerso en el mundo virtual.

Perspectiva en Tercera Persona.

El punto de vista del usuario dentro del mundo virtual se limita al de un espectador en la escena. El usuario no participa en la acción, pero puede darse bien cuenta de lo que sucede en el mundo virtual, aprecia los objetos, los observa, pero no puede interactuar con ellos.

Factores Determinantes en el Grado de Inmersión.

El principal factor que influye para una buena inmersión en un ambiente virtual, es la visualización del mundo virtual. La visión es el sentido que nos produce un gran efecto de realidad.

De acuerdo a la perspectiva mostrada al usuario, podemos clasificar los sistemas de realidad virtual en:

Sistemas Inmersivos.

que el usuario tenga la sensación de estar realmente dentro del mundo virtual representado. Para lo cual se utilizan dispositivos que impiden la visión del entorno real que rodea al usuario al mismo tiempo que le presentan las imágenes del mundo virtual. El ejemplo más común es el del casco de Realidad Virtual. Por su naturaleza, los sistemas inmersivos necesitan de algún dispositivo que permita detectar los movimientos de la cabeza del usuario, buscando que el entorno virtual se desplace al igual que el movimiento de la cabeza del usuario, proporcionando un mayor sentido de realidad. Si la imagen no cambiara a medida que nos desplazamos o giramos la cabeza, la sensación de inmersión se perdería. Aunque no es imprescindible, lo ideal es que la imagen que se presente sea estereoscópica (diferentes para cada ojo), lo que permite acentuar la profundidad.

Sistemas Projectivos.

Para dar la misma sensación de inmersión al usuario, pero en vez de utilizar un dispositivo acoplado a su cabeza, el usuario se sienta en una habitación o espacio cerrado, en cuyas paredes se presentan una o más imágenes del mundo virtual. Este sistema es ideal para aplicaciones multiusuario, donde un grupo de personas comparte simultáneamente la experiencia. El concepto es similar al de las cápsulas en las que un grupo de personas pueden ver una película en el interior, mientras que ésta se inclina a un ángulo al compás de las imágenes, como si estuviera realmente desplazándose.

La característica que diferencia a dichas cápsulas de un sistema de realidad virtual projectivo, es la interactividad. En las cápsulas tradicionales, lo que los usuarios pueden contemplar es una película previamente grabada, y los movimientos de la cápsula también son predefinidos. En un sistema de realidad virtual projectivo, por el contrario, es el usuario quien controla los desplazamientos del mundo virtual, y las imágenes se calculan en tiempo real de acuerdo con los mismos. Los simuladores de vuelo profesionales, pertenecen a este tipo de sistemas de Realidad Virtual.

Sistemas de sobremesa.

Los sistemas de sobremesa no se pretende proporcionar al usuario una sensación de inmersión en el mundo virtual. Las imágenes se muestran en el monitor de una computadora, por lo que el usuario no pierde la visión del mundo circundante. Para conseguir un efecto de relieve, pueden emplearse dispositivos especiales como son las gafas estereoscópicas, aunque también existen sistemas de sobremesa monoscópicos, con imagen plana.

Interacción en Tiempo Real

Los programas permiten el movimiento en tiempo real, pero pocos permiten manipular objetos pertenecientes al mundo virtual. Para interactuar con el mundo virtual debemos tener la capacidad de localizar objetos (identificarlos en el mundo virtual), tomarlos, y trasladarlos. El movimiento de la Realidad Virtual es que podemos determinar en forma concreta lo que podemos manejar y lo que no. (Podemos interactuar con el entorno que nos permita buscar y encontrar unas llaves, pero que no nos permita cogerlas). "El diseñador puede controlar el mundo virtual en que se relacionan los objetos y como pueden ser manejados". Es importante que la manipulación de los objetos pueda realizarse en tiempo real. El mundo virtual debe tener la capacidad de sentir como en nuestro mundo real.

Software para exploración de Mundos Virtuales

Diferentes tipos de desarrollos de software relacionados con la exploración de espacios virtuales. Podemos clasificarlos de acuerdo a su interacción y a la perspectiva en el espacio virtual en:

Programas en Tercera Dimensión: Software que emplea gráficos en Tercera dimensión (bitmaps o elementos generados por computadora) poseen movimiento limitado del punto de vista y no permiten la manipulación del entorno en tiempo real (por lo que no son considerados software de Realidad Virtual).

Programas de Demostración: Herramientas comunes de demostración utilizadas por muchas empresas de Realidad Virtual para demos de sus productos. Agrupa los elementos del software de tercera dimensión y agrega la posibilidad del movimiento completo del punto de vista en tiempo real. Como no es posible interactuar con el entorno (manejar o modificar) no se considera software de Realidad Virtual.

Programas de Exploración: Programa tridimensional que permite un movimiento completo del punto de vista y el manejo de objetos en tiempo real. Por lo que es considerado software de Realidad Virtual. Sin embargo, el mundo simplemente se utiliza para exploración. Normalmente solo podemos explorar los objetos que aparecen y movernos por allí. Por esta limitación solo se utilizan en aplicaciones de demostración.

Programas de Realidad Virtual: Conserva las características del mundo virtual y presenta una tarea a realizar.

Aplicaciones.

La Realidad Virtual ofrece una buena cantidad de aplicaciones que van desde los videojuegos hasta la telepresencia

Algunas de los programas de Realidad Virtual.

Simulación de eventos físicos (Ingeniería civil, mecánica, física, genética etc.).

Simulación de situaciones reales con fines educativos (Medicina, simulador de vuelo etc.)

Telepresencia o telerobótica

etc.

Control de perspectivas en tercera dimensión (Arquitectura)

Como criterio

Construcción de Prototipos /modelado (Arquitectura)

Entrenamiento/simulación/enseñanza. (Medicina, simulador de vuelos, etc.)

Visualizaciones de Visualización Científica.

Operación y telerobótica.

Simulación de Prototipos.

En el uso de aplicaciones, se emplea un sistema de realidad virtual para tratar de simular las condiciones reales de operación de un equipo u objeto, con el fin de detectar cualquier problema antes de proceder a su construcción. La simulación de algunos eventos puede ser muy complicada, *sobretudo cuando depende de variables que no dependen del programa*. Si se utiliza un prototipo por cada cambio, se consume dinero, tiempo y esfuerzo; si se utiliza Realidad Virtual, se pueden estudiar las resultantes de variar los parámetros del prototipo, fácilmente y sin mayor consumo de recursos.

En

Las aplicaciones de simulación fueron las que dieron lugar, en buena medida, al nacimiento de los sistemas de Realidad Virtual. Las aplicaciones de simulaciones se utilizan para entrenar a los operadores humanos en el manejo de determinados equipos o en la realización de ciertas actividades

El entrenamiento y enseñanza utilizando técnicas de simulación, tiene sentido cuando se presenta en condiciones reales peligrosas y de alto costo, como en los simuladores de vuelo.

Visualizaciones de Visualización Científica.

El uso de una representación visual a un cierto conjunto de datos. Encontramos dentro de este rubro, todas las aplicaciones de visualización científica de carácter inmersivo. Se ha desarrollado por ejemplo una interfaz virtual para el control de un microscopio electrónico de túnel, en el que se utilizan un caso de Realidad Virtual y un dispositivo de realimentación kinestésica¹⁰. Con esta interfaz se puede ver una representación virtual de los datos procedentes del microscopio, y modificar la superficie del material o pulsos de tensión. Es una especie de sistema de telepresencia, pero a escala atómica.

En

Las aplicaciones de Teleoperación y telerobótica son sistemas donde se emplean técnicas de Realidad Virtual para que un operador pueda controlar a distancia la acción de un robot o dispositivo mecánico.

Como no ser lo mismo, los conceptos de Realidad Virtual resultan muy útiles para el diseño y desarrollo de proyectos de teleoperación, ya que los fundamentos son los mismos. La interacción del usuario en un entorno distinto al que se encuentra en la realidad.

En el uso de la Realidad Virtual en proyectos de este tipo, se muestra claramente en proyectos donde se requiere reproducir o simular la información del entorno remoto, como es el caso de teleoperación de submarinos, donde muchas veces por la dificultad a la que se encuentra el aparato, no es posible obtener una imagen de lo que sucede en el entorno remoto, y se genera una imagen virtual a partir de información recuperada por otros sensores como sonares y de tacto (principio de Realidad Virtual extendida).

¹⁰ El producto de las extremidades humanas. Es extender las capacidades de una extremidad humana a otro nivel o dimensión, como podría ser el caso de un robot teleoperado.

ROBÓTICA.

El ingeniero Norteamericano de Robótica define robot como "Un manipulador multifuncional y reprogramable, diseñado para mover objetos, piezas, herramientas o dispositivos especiales, mediante movimientos programables y variables que permitan llevar a cabo diversas tareas" La motivación que se tiene para construir un robot es desarrollar máquinas de propósito general que puedan adaptarse fácilmente a diversas tareas.

Un robot es un dispositivo mecánico reprogramable y controlable, sujeto a dos condicionantes:

Adaptabilidad: Posibilidad mecánica de ejecutar tareas diversas y/o la misma tarea de diversas formas.

Autonomía: El robot debe, por sí mismo, alcanzar su objetivo (ejecutar la tarea especificada) a pesar de las perturbaciones ocasionadas por las actividades (pero limitadas) del entorno, a lo largo de la ejecución de la tarea.

El desarrollo de la Inteligencia Artificial ha promovido el desarrollo de la autonomía de los robots, pero a pesar de ello, falta mucho para poder considerar a un robot como una máquina con inteligencia propia.

Antecedentes de la robótica.

Se sabe que el término robot empezó a utilizarse en los años 1920 - 1930, a raíz de una obra de teatro del Checo Karel Čapek "RUR (Rossum Universal Robot)". Esta obra pone en juego pequeños seres artificiales antropomórficos, que responden únicamente a las ordenes de su maestro. Estos seres llevan el nombre de robot, del checo "robotá"(esclavo) término idéntico al ruso y que significa trabajo.

La necesidad de aumentar la productividad y mejorar la calidad hace insuficiente la automatización rígida de las primeras décadas del siglo XX; además, la aparición de las computadoras impulsa a pensar en una automatización flexible. Las máquinas costosas, de estructura instrumental avanzada, no resultan rentables en la fabricación de series cortas de productos, aquí es donde el robot industrial encuentra uno de sus principales campos de aplicación por lo flexible de su diseño. En cualquier caso, podemos decir que hoy en día se habla, y se habla, de una fabricación automatizada al cien por ciento, aunque el incremento del porcentaje de automatización no está asegurado en los próximos años debido a su demanda.

Es difícil admitir que el padre de la robótica industrial fue en 1960 George Devol, quien desarrolló lo que puede considerarse como el primer robot industrial al cual se incorporó ya la computadora como parte fundamental, buscando construir una máquina que tuviera las características que se buscaban:

1. Versatilidad en su adaptación a diversos trabajos y herramientas (multifuncional).

2. Facilidad de manejo.

Desde la aparición del primer robot industrial hasta el descubrimiento y popularización del microprocesador, a lo largo de la década de los 70's el progreso de la robótica industrial ha sido escaso. Actualmente y debido a las enormes posibilidades que ofrecen los sistemas microcomputarizados se atraviesa una época de crecimiento continuo, que permitirá disponer, en un futuro próximo, de robots inteligentes, cuyas posibilidades caen dentro de lo que hoy es considerado ciencia ficción. (Ya existen robots que sirven de mascota).

La historia del hombre se han presentado cambios tecnológicos que marcan etapas de su evolución, de esta categoría son la rueda, el telégrafo, la máquina de vapor, el telégrafo, el automóvil, el avión, la nave espacial, la computadora.

Las inquietudes relacionadas con las comunicaciones y la automatización de las cosas han sido muy acentuadas en el hombre. Las comunicaciones acortan distancias y la automatización reduce tiempos y esfuerzo.

La robótica es una combinación de elementos mecánicos, electrónicos y de computación para la automatización de actividades que antes eran del ser humano.

Un robot obtiene datos a través de sus sensores, los interpreta, toma decisiones y envía ordenes a sus actuadores. La "inteligencia" que posee depende de los algoritmos que le permiten interpretar los datos y tomar decisiones, por esto el controlador del robot debe ser programado con técnicas de inteligencia artificial. Desde que nació el campo de la inteligencia artificial, ha existido la intención de construir robots autónomos verdaderamente inteligentes, esto es, robots que realicen tareas de manera similar a como las realizaría un humano, sujetas a criterios de decisión análogos a los que aplicaría el hombre.

tema que se debe de enfrentar es la velocidad de los programas que controlan el robot. Contar con algoritmos eficientes y prioritario ya que por el momento, un robot no podría cargar consigo una supercomputadora

ente un robot está formado por los siguientes subsistemas¹¹.

Estructura mecánica: Constituida por el manipulador (cuya base es la cadena cinemática compuesta por eslabones y juntas), y los actuadores (como motores de paso) que mueven al mecanismo.

Sistema de Sensores: Sistema formado por los transductores y los circuitos asociados que permiten la generación de señales que informan sobre el estado interno (posición y velocidad de cada articulación), o bien, que proporcionan información del medio ambiente

Sistema de Control: Este subsistema procesa la información percibida y controla la estructura mecánica para que la tarea programada se realice, además de registrar dichas tareas en memoria.

Interfaz Hombre - máquina: Por medio de este subsistema el operador establece comunicación con el robot para activar o desactivar los componentes del sistema robótico (interfaz hombre - máquina).

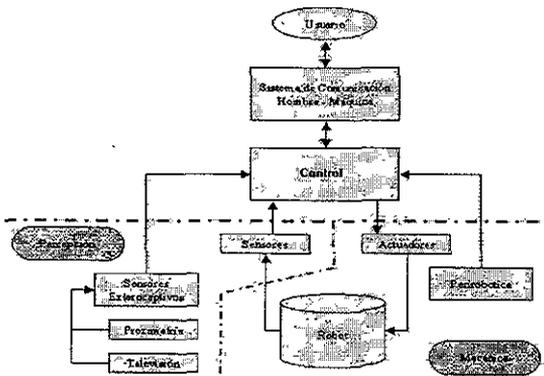


Figura 3.1: Subsistemas Funcionales de un Robot.

Los conceptos aquí mencionados fueron tomados del manual de robótica de la Facultad de Ingeniería, elaborado por el MI Ignacio Juárez Campos. En el presente se profundizará sobre los conceptos relacionados con robótica industrial

Arquitectura mecánica de manipuladores.¹²

Las estructuras mecánicas están formadas del brazo, articulaciones y/o juntas que unen a los eslabones del manipulador

Las estructuras mecánicas de los robots pueden presentar, las siguientes arquitecturas:

Arquitectura Cartesiana: Estos manipuladores constan de un brazo con tres articulaciones de posicionamiento ortogonales.

Arquitectura cilíndrica: Esta arquitectura permite rotación azimutal, seguida de dos articulaciones de traslación ortogonales. El terminal que equipa estos robots también suele tener movimientos rotacionales alrededor de ejes concurrentes para asegurar ción.

Arquitectura esférica: Esta es una de las arquitecturas más utilizadas en el diseño de robots. Consta de dos articulaciones que proporcionan el movimiento azimutal y de elevación respectivamente más una articulación prismática que se como un elemento telescópico retráctil.

Arquitectura angular: Esta es la más versátil de las arquitecturas y la que más recuerda a un brazo humano. Posee un grado de rotacional que provee de movimiento azimutal más dos grados de libertad rotacionales que varían en el mismo plano

es.

Los actuadores proporcionan al robot potencia suficiente para manejar piezas de volumen o peso considerable, potencia que muchas se consigue con un trabajador humano. Podemos definir el actuador como el dispositivo generador de esfuerzo a velocidad que permite modificar y mantener la configuración de la estructura mecánica del robot. En función de la energía que los actuadores pueden ser neumáticos, eléctricos o hidráulicos.

Los actuadores eléctricos se utilizan en robótica en los motores de corriente continua, y con mayor frecuencia, en motores de pasos. La ventaja que proporciona el uso de motores eléctricos está la precisión de posicionamiento y la repetitividad que es posible para la continuidad tecnológica en la cadena automática de producción.

Respecto a las desventajas podemos citar sensibilidad al ruido, limitación en potencial, costo elevado de los sistemas de para motores de corriente continua, peso considerable del actuador más los sistemas de transmisión, en relación con la proporcionada. Su uso es aconsejable en casos donde se requieren movimientos precisos o servocontrolados

Capacidad de Percepción.

La capacidad de inteligencia de un robot está sujeto a la cantidad de información que puede procesar para interactuar con el entorno desenvuelve. Esta información es recopilada por los sensores del robot, de ahí la importancia del sistema de percepción.

Existen dos tipos de sensores de percepción: Internos y Externos.

Internos: "Proporcionan información sobre el estado Interno del robot, es decir la posición, velocidad, o aceleración de sus articulaciones."

Externos: "Informan al sistema de decisión la concurrencia de eventos externos, de la situación del entorno significativo, para los robots que adoptan las variables de posicionamiento relativo y de la magnitud de la interacción del robot con el entorno con interactuar".

Capacidad de Decisión.

El sistema de decisión está formado por el controlador, éste tiene la inteligencia para hacer que el manipulador se desenvuelva de la manera que haya sido descrita por su entrenador (es decir el usuario). El controlador consiste de:

Memoria: Para almacenar datos de posiciones definidas donde el brazo se mueve, y guardar información relacionada a la propia estructura del sistema.

Controlador: que interpreta datos almacenados en memoria e indica a los demás componentes del controlador las acciones a realizar, el secuenciador actúa como interfaz pasando datos y señales

Computador: Realiza los cálculos necesarios para auxiliar al secuenciador.

Controlador de interfaz con el manipulador. Para obtener datos como, la posición de cada articulación Algunos robots tienen un controlador de interfaz externa, p.e una cámara de TV para obtener información del sistema de visión

Utilizado en el presente trabajo es un RWII modelo B14, el cual fue desarrollado por la compañía BeeSoft. En el presente trabajo no nos preocupamos por los componentes del sistema robótico, pero si es de importancia el uso de las funciones para la explotación de los recursos del robot. En el presente se pretende profundizar sobre los conceptos de manipulación, pues el robot utilizado es un robot móvil. Se mencionan como parte del contexto y como para el desarrollo de un brazo mecánico para el robot.

...faz entre el secuenciador y los amplificadores de potencia, esta se encarga, con base en la información del secuenciador de leer las señales (hacia los amplificadores de potencia), de tal forma que los actuadores puedan eventualmente mover sus manipulaciones de la forma deseada

...faz hacia equipo auxiliar. Para sincronizarse con otras unidades externas o controladores, así como para determinar el estado de los sensores (p.e. Switches, límites en dispositivos o unidades externas).

...roles del operador Para que el usuario pueda definir la secuencia de operaciones y control del robot. Esto puede hacerse mediante una terminal con un lenguaje de programación, con un panel de control, con un (Teach Pendant) o dispositivo similar que muestra un menú de instrucciones dirigidas por el operador.”

Interfaz de Comunicación Hombre - Máquina

Un sistema donde se realiza el intercambio de información entre el hombre operador y el robot o máquina. En robótica la interfaz hombre - máquina se utiliza para transferir del hombre hacia el robot la información relativa a la planificación y a la ejecución de la tarea (con los avances tecnológicos se empieza a confiar al robot una parte importante de la función de decisión - ejecución).

La comunicación hombre - máquina puede efectuarse de distintas maneras. Señales eléctricas, informaciones visuales, vibraciones sonoras, etc. Estas pueden desarrollarse en distintos niveles de lenguaje, del más alto (lenguaje natural) al nivel más bajo (señales del tipo todo o nada -binario-).”

...con el que se va a trabajar, es un B14 de RWII, el cual cuenta con librerías de C para la interacción con el robot, el control del robot se encarga de asegurar el correcto funcionamiento del mismo, de acoplar los subsistemas del robot y de darnos la garantía de que trabajará adecuadamente. No es objetivo del presente trabajo profundizar en la estructura del sistema permanecerá como una caja negra que realizará lo que se le ordene utilizando una interfaz aplicativa programada para tal fin.

...a. La robótica es el campo de estudio relacionado con los sistemas controlados por computadora que son capaces de interactuar con el mundo para realizar un conjunto variable de tareas. La figura de abajo ilustra el campo que podría ser considerado el vértice de la robótica: Robots autónomos y Robots Teleoperados.

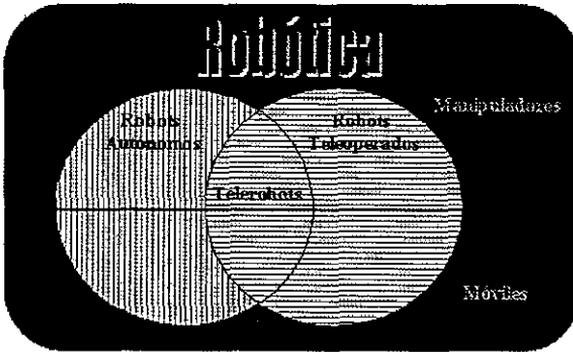


Figura 3.2 Imagen basada en el modelo de la URL <http://www.ornl.gov/rpsd/humfac/page01d00.html>

Una característica de los robots autónomos es no requerir modificaciones humanas (o interacción con el hombre) al realizar sus labores después de que su programación está completa. La única intervención humana con estos dispositivos es para labores de mantenimiento o reprogramación.

Los robots teleoperados incorporan tantas entradas humanas como sean requeridas por el nivel de control diseñado en el robot.

La principal diferencia es que para el robot autónomo, la interacción hombre-robot generalmente no es necesaria, mientras que para los robots teleoperados la interacción hombre-robot es necesaria.

...s divergen a su vez en dos categorías, pueden ser usados para navegar o manipular sus entornos. Tanto la interfaz hombre-robot como la habilidad necesaria del usuario, difieren para estos dos tipos de actividad (navegación o manipulación), de la misma manera que las herramientas y habilidades necesarias para reparar un automóvil son diferentes de las herramientas y habilidades necesarias para conducir un automóvil. El robot utilizado en el presente trabajo es un robot móvil. Podemos decir que la robótica teleoperada es la **telerobótica**. Un telerobot es un sistema híbrido que tiene algunas funciones autónomas y algunas funciones autónomas. Estos sistemas son la intersección de los robots autónomos y los robots teleoperados.¹³

Influencia del Entorno en la Elección del Sistema de Solución.

Los factores del entorno de trabajo, **variabilidad** y **accesibilidad**, determinan la aplicabilidad de los robots, humanos y telerobots. La variabilidad se refiere a la manera en que el entorno cambia con el tiempo, el rango que la define es de estáticos (baja variabilidad o alta predictibilidad) a altamente dinámicos (alta variabilidad e impredecibilidad). Esta dimensión determina cuándo un robot es aplicable ya que los robots no pueden funcionar bien en entornos dinámicos pero los humanos y los telerobots sí pueden. La accesibilidad se refiere a la facilidad con que un humano puede introducirse a un entorno, hay rangos de alta (p.e. una oficina) o baja (p.e. áreas radioactivas) accesibilidad. La accesibilidad determina cuándo un humano es aplicable ya que un humano no puede introducirse en el entorno o si el entorno es perjudicial, un robot o un teleoperador es la mejor opción. Cuando la accesibilidad es baja pero la variabilidad es alta un teleoperador es lo mejor. En la figura 3.3 se puede ver que los espacios de solución para las tres alternativas se superponen: hay aplicaciones en que más de una alternativa podría ser aplicable y un análisis detallado basado en el costo / beneficio asociado con cada alternativa es necesario.

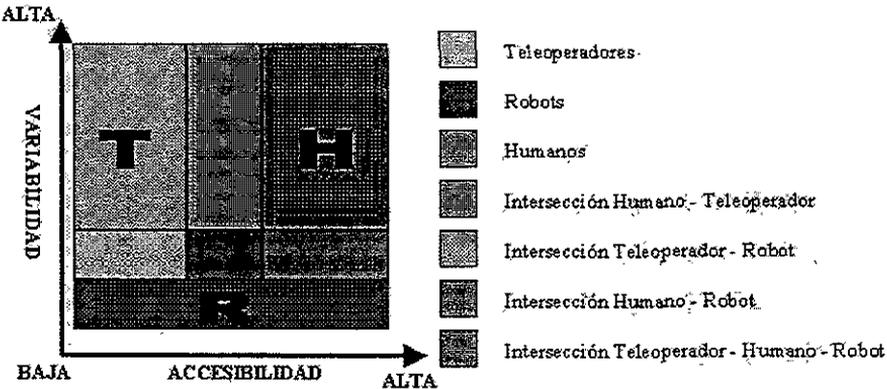


Figura 3.3 Elección del sistema de solución en función de la variabilidad y accesibilidad

En el aspecto del entorno, la **estructura**, se refiere al arreglo de los objetos en el entorno. Se pueden identificar la densidad de objetos en distintas secciones del espacio al aplicar simples reglas que ubiquen los objetos que se encuentran en el entorno, y su distribución es aleatoria (sujeta a las reglas del entorno y no a la conveniencia del usuario o desarrollador). En el pasado la estructura ha sido considerada como un determinante para la aplicabilidad del teleoperador pero el avance en el sentido de las máquinas le ha dado importancia. Si un robot carece de la habilidad para crear modelos del mundo a partir de los datos sensados, los humanos y los teleoperadores realizan relativamente mejor esta actividad conforme va decreciendo la estructura. Al incrementarse la estructura, los robots son menos capaces de enfrentarse al entorno.

La telerobótica está enfocada a simular la interacción del hombre con un ambiente remoto, con el cual, por alguna causa, el hombre puede interactuar de manera confiable, y deja caer el riesgo sobre el robot. Aunque la tendencia de la robótica se dirige hacia la autonomía, es decir que los robots sean autosuficientes, no sucede lo mismo para la Teleoperación ya que el hombre desea evaluar en tiempo real la información que está captando el robot.

...ores que consideran que el teleoperador es el usuario humano que opera un robot remoto y telerobot, es el robot utilizado en la Teleoperación (Smith

o, destreza, experiencia, etc., de un trabajador pueden variar en forma significativa de una tarea a otra, o de un operador a otro, lo cual se necesita un elemento confiable y flexible como lo es un robot telecontrolado para que ejecute con precisión y en el tiempo las ordenes que se le van indicando.

El operador de casa no desearía que al notar que el robot sirviente está ejecutando mal una de sus labores, pudiera corregir en ese momento la desviación del robot y ver momentos después el trabajo bien realizado, en lugar de esperar que termine el robot las actividades para poder realizar los ajustes correspondientes y volver a emitir el conjunto de ordenes para corregir el error.

La Realidad Virtual interviene en el concepto de telerobótica al intentar recrear el ambiente en el cual se desenvolverá el robot antes de iniciar el conjunto de actividades a las cuales será destinado. Esto por sí mismo, involucra un esfuerzo de desarrollo para lograr un nivel aceptable de realismo del ambiente a simular, por lo que hay que evaluar que tan conveniente es gastar recursos en un desarrollo de este tipo de proyectos.

Regular la balanza se inclina hacia las bondades de la Realidad Virtual cuando el robot y/o el equipo involucrado en el desarrollo es muy costoso, y su interacción con el medio es un tanto hostil, lo cual representa un riesgo económico y posiblemente en términos de tiempo muy alto. Cuando se presenta este caso, es mucho más práctico gastar esfuerzo y tiempo en simular el ambiente en el cual se desenvolverá el robot, para que sea realista la representación que se efectúe en el mundo virtual, consiguiendo finalmente un medio que permita predecir las posibles contrariedades que se presentarían al poner en marcha el proyecto.

El inconveniente de este apoyo es el tiempo gastado en efectuar el desarrollo que nos proporcione una simulación confiable y real, con recursos limitados por una pobre herramienta de desarrollo de espacios virtuales, además de no ser siempre factible ni práctico desarrollar todas las condiciones a las cuales nos podemos enfrentar; hay eventos que ocurren bajo condiciones específicas, en entornos muy espaciados de tiempo, los cuales pueden ser difíciles de simular o reproducir para su correcta valoración. La decisión de desarrollar está en función del tipo de proyecto, del tiempo de resolución, del costo del equipo, de la información que se tenga del entorno y de la disponibilidad de un ambiente de simulación aplicando principios de realidad virtual.

Si el entorno es amigable, y el manejo del equipo no representa riesgos en su integridad, es aceptable efectuar pruebas directas en los elementos que tenemos. En nuestro caso, el ambiente con el cual vamos a interactuar es totalmente conocido, el robot no se enfrenta a situaciones de riesgo, además de contar con los elementos necesarios para actuar en caso de contingencia. El robot está enfocado hacia el movimiento del robot en un solo plano (superficie terrestre) evadiendo obstáculos que se presentan en el medio, los cuales deben ser visibles para el operador. En desarrollos futuros, se podrá incrementar la complejidad del entorno permitiendo tomar decisiones en tiempo real de acuerdo a la percepción de los sensores del robot, los cuales nos pueden detectar objetos que no se encuentran en el campo de visión del robot (p.e. podemos provocar la inactividad del robot al percibir un objeto en sus sensores de contacto). Recordemos que el valor de la telerobótica se incrementa con la información proporcionada al robot en tiempo real, la cual podemos procesar para incrementar el nivel de inteligencia y la interacción del operador con el robot. En la medida que delegamos al robot la toma de decisiones, le otorgamos autonomía, y al darle autonomía a un robot, caemos en la telerobótica, que es el modelo ideal de un teleoperador pues el usuario no pierde el control de la tarea y trabaja directamente con la retroalimentación del robot.

Niveles de Inteligencia en los Robots.

El nivel de inteligencia de un robot, está asociado a su grado de autonomía, es decir, la capacidad del robot de recuperar información del entorno y aplicarla en la toma de decisiones para la consecución de una tarea específica. Debido a las dos vertientes de desarrollo surgido a partir de la robótica (robots autónomos y teleoperados) debemos a su vez hacer la distinción de los niveles de inteligencia para cada subgrupo.

Robots autónomos.

Según diferentes criterios de partida, etapas de desarrollo, generaciones, propiedades que han caracterizado a los robots a través de la evolución histórica, existen diversas clasificaciones de robots dependiendo de sus aplicaciones como de su forma de operar.

Según su versatilidad, podemos clasificar a los robots industriales en:

Robots inteligentes: Manipuladores o sistemas mecánicos multifuncionales controlados por computadora, capaces de relacionarse con su entorno a través de sensores y de tomar decisiones en tiempo real (autoprogramables). Actualmente se están haciendo grandes esfuerzos a la investigación en este tipo de robots, pero se encuentran aun en una fase prácticamente experimental, en la que la "inteligencia artificial" de la que se les intenta dotar se perfecciona día a día.

Robots con control por computadora: son similares a los del grupo anterior pero carecen de capacidad para relacionarse con el entorno que les rodea. Como puede verse, si se les añade los sensores adecuados y el software operativo conveniente, se acercan a robots inteligentes.

de aprendizaje: Se limitan a aprender una secuencia de movimientos realizada con la intervención de un operador y memorizarla para su posterior recuperación.

Manipuladores Son sistemas mecánicos multifuncionales, cuyo sencillo sistema de control permite gobernar el movimiento de los elementos de las formas siguientes:

Manual, cuando el operador controla directamente al manipulador

De secuencia variable, cuando es posible alterar algunas características de los ciclos de trabajo.

Esos que el grado de inteligencia está ligado a la capacidad del robot de explotar la información del entorno para la realización de una tarea. Los robots pueden tener una computadora que efectúe las funciones de procesamiento de información, la programación y la realización de procesos tan complejos como el diseñador lo especifique, y es en este momento que la inteligencia del robot se refiere a la lógica (capacidad de "razonamiento", abstracción de problemas, análisis de soluciones, etc.) del software empleada para utilizar sus recursos. La utilización de recursos como la inteligencia artificial juegan un papel importante en el área de la telerobotica. Se pueden generar estrategias de decisión complejas de forma que el robot pueda responder al mayor número de tareas posibles, tomando la decisión adecuada como lo haría un experto, requiriendo de mantenimiento menos frecuente, y un número mayor de rutas de decisión.

En el campo de la manufactura, no se han utilizado robots con una inteligencia tan compleja pues los patrones de ejecución están bien definidos. La inteligencia robótica ha sido bien explorada por los robots móviles, los cuales se valen de la información proveniente de los sensores, y del procesamiento de esta información para desplazarse, evitando los conflictos que se encuentran en el entorno donde actúan apoyándose en técnicas de inteligencia artificial.

Teleoperadores.

Es evidente que los teleoperadores requieren del apoyo humano para la toma de decisiones, no deja de caber en ellos la inteligencia, y el concepto de que inteligencia es la capacidad de explotar la información sensada del entorno, tenemos que los teleoperadores pueden utilizar los mismos sensores utilizados por sus primos robots, y tomar decisiones respecto a la información recibida dejando al operador humano la toma de decisiones de otros puntos de la tarea. El grado de inteligencia de un teleoperador está determinada por la responsabilidad asignada al procesador del robot de controlar un mayor o menor número de tareas. Este operador inteligente recibe el nombre de telerobot.¹⁴

El grado de autonomía de un robot podría ser descrito usando el concepto de nivel de Control, el cual se refiere a la naturaleza de la habilidad humana para el funcionamiento de la máquina y los rangos de control total y control estratégico. Durante el control táctico el usuario es responsable de cada acción tomada por el telerobot. Para el control estratégico se aplican entradas parametrizadas como el control de la trayectoria, el usuario es solo responsable de planes relativamente a largo termino, dejando al robot tomar decisiones sobre la ruta que ha de seguir de acuerdo a la información regresada por sus sensores.

Teleoperadores son dispositivos robóticos que **kinestésicamente**¹⁵ combinan los recursos de hombre y máquina. Son dispositivos robóticos pero difieren de los robots autónomos en un importante sentido. Un robot es una máquina programable, que es físicamente automatizada, mientras un teleoperador es una máquina controlada remotamente. Los robots no son sistemas de máquina bajo condiciones normales: ellos solo requieren de la interacción humana durante la programación y el control y para iniciar o suspender su actividad. Los teleoperadores son sistemas hombre-máquina: mientras los robots son un conjunto almacenado de comandos programados, los teleoperadores actúan sobre entradas proporcionadas por un tiempo real.

Los robots son relativamente inflexibles: Ellos son incapaces de responder a un entorno ajeno al enfocado por sus programadores, e incapaces de desarrollar nuevos comportamientos en línea (en tiempo real).

Mientras que los teleoperadores toman ventaja de la creatividad e inteligencia humana, son capaces de responder a un entorno más dinámico y son capaces de desarrollar tantos nuevos comportamientos como sean requeridos. Y, a pesar de que los robots son capaces de hacer algunas cosas adecuadamente, carecen del amplio espectro de sentidos disponibles para la gente y de la habilidad de procesamiento de información multi-sensada rápida e inteligentemente. Los Teleoperadores toman ventaja del conocimiento humano, de sus habilidades perceptuales, por lo que pueden desenvolverse más eficientemente en entornos desconocidos y dinámicos

¹⁴ Los conceptos asociados a Teleoperación, telepresencia y telerobotica fueron tomados en su mayoría del trabajo de John Drapper. Teleoperators for Advanced Manufacturing.

¹⁵ Sensación que se produce en una parte del cuerpo a causa de un estímulo aplicado en otra parte del mismo

OPERACIÓN.

Concepto de Teleoperación

Según Corliss & Johnsen (1968) "un teleoperador es un sistema hombre-máquina diestro (hábil) de propósito general que utiliza las capacidades del hombre proyectando su capacidad manipuladora y móvil a distancia y a través de barreras físicas en ambientes hostiles." Jelatisw (1975) definió un tipo común de teleoperador, el manipulador maestro-esclavo, como un sistema mecánico de propósito general usado por un operador humano en un ambiente normal para extender la capacidad de su mano y brazo hacia un ambiente hostil remoto con la ayuda de la observación visual directa e indirecta con sensores caracterizados por

1. *Calidad (Interfaz de calidad)*, para obviar la necesidad de entrenamiento exhaustivo,

2. *Amplitud (capacidad de sentido)*, para reflejar las características elásticas de las tareas de los objetos y las fuerzas ejercidas sobre ellos, y

3. *Coherencia (mantener buena relación causal)*, para seguir las restricciones de las tareas en rutas y orientaciones.

Según las definiciones anteriores, nos permiten distinguir tres aspectos importantes de los teleoperadores, que no encontramos en los robots similares.

Los teleoperadores son máquinas de propósito general capaces de realizar un amplio rango de tareas, lo que los distingue de los robots utilizadas para propósitos específicos, de hecho, los teleoperadores pueden utilizar herramientas de uso específico para realizar tareas más complejas, son herramientas que utilizan herramientas.

Los teleoperadores son diestros: tienen componentes que les permiten interactuar con su entorno, una característica que los diferencia de otros sistemas controlados remotamente como puertas de garaje automáticas.

Los teleoperadores son sistemas hombre-máquina: combinan el poder perceptual humano y su capacidad para resolver problemas complejos y exactitud de las máquinas, combinación que los distingue de los robots.

Los teleoperadores son en varios sentidos similares a los robots autónomos y las partes remotas (o esclavos) lucen incluso como si fueran hechos muchos teleoperadores de laboratorio son convertidos en robots autónomos y viceversa. A pesar de que los teleoperadores no son robots, son sistemas robóticos. Los **actuadores** y **articulaciones** usados en la parte remota del teleoperador son similares a sus primos los robots, a pesar de que los buenos teleoperadores son más complejos y tienen menos masa que los robots. Los algoritmos de control usados por los teleoperadores y los robots son muy similares.

Las diferencias entre teleoperadores y robots autónomos son:

1. El teleoperador, un robot autónomo es una máquina programable, que puede definir por sí misma un plan de acción a seguir. No son sistemas hombre-máquina en condiciones normales; el único requerimiento para la interacción humana con un robot es durante la programación y mantenimiento, y para iniciar y detener la actividad del robot. Los teleoperadores son sistemas hombre-máquina: mientras los robots ejecutan comandos de un programa almacenado, los teleoperadores actúan sobre entradas de un usuario humano en tiempo real.

2. Cuando los robots son relativamente inflexibles cuando se comparan con los humanos: son incapaces de responder al entorno de situaciones alejadas de la visión de sus programas; o de desarrollar nuevos comportamientos en línea en tiempo real. Los teleoperadores son capaces de responder flexiblemente al entorno y desarrollar tantos nuevos comportamientos como sean requeridos pues pueden tomar ventaja de la creatividad e inteligencia humana.

3. Pero, a pesar de que los robots son capaces de sentir algunas cosas adecuadamente, carecen del amplio espectro de sentidos disponibles para la gente y la habilidad de integrar información multisensada rápida e inteligentemente para desarrollar modelos del entorno. Los teleoperadores toman ventaja de las habilidades perceptuales humanas y se pueden desenvolver eficientemente en entornos dinámicos y desconocidos.

Otros términos utilizados para referirse a los teleoperadores son: *waldo*, telerobot y telemanipulador. Algunos autores no hacen distinción entre teleoperadores y telerobots y otros (Smith 1993) insisten que la máquina es un telerobot y el usuario es su operador. Un telerobot es un teleoperador que es capaz de realizar operaciones telerobóticas (de robot a distancia) y que puede interactuar con un usuario objetos de presentación (cobertura gráfica del entorno remoto o animaciones) y guía (p.e. Control de movimientos en una ruta específica).

Antecedentes de la Teleoperación

Las primeras aproximaciones de los teleoperadores como hoy los conocemos fueron los manipuladores mecánicos con control remoto. Estos mecanismos aparecieron hace más de treinta años por la necesidad de manipular materiales radioactivos sin para el operador, no son considerados teleoperadores pues no contaban con sistema de retroalimentación. En EUA el Laboratorio Nacional Argonne tuvo a su cargo este trabajo, existiendo ya en 1950 sistemas electromecánicos con retroalimentación. El uso de manipuladores se ha denominado Amo - Esclavo, siendo muy utilizado en centros nucleares y laboratorios, en los submarinos oceanográficos que operan a grandes profundidades, así como las versiones modificadas de los operadores amo - esclavo que se utilizan en las naves espaciales tripuladas. No obstante, el hecho de requerir un operador humano hace que estos sistemas no puedan ser considerados robots autónomos, resultando prácticamente inútiles en una fábrica moderna con miras a la automatización.

La industria siempre ha sido un factor clave en los avances tecnológicos. Los sistemas de **manufactura avanzada** integran a los operadores humanos con un ambiente de computadoras, automatización y robots.

La combinación es económicamente ventajosa porque:

1. Proporciona una calidad no posible con trabajadores humanos, ya que la aplicación de robots y otros sistemas automatizados, permite una mayor precisión para labores rutinarias en un menor tiempo.

2. Permite un desarrollo de productos más rápido a través del uso de CAD (Diseño Asistido por Computadora), para el desarrollo de productos virtuales.

3. Proporciona mayor flexibilidad de línea a través de la programación de horarios computarizada y la reprogramabilidad de sistemas de producción.

4. Reduce los costos humanos de trabajar en ambientes inseguros y permite integrar sistemas de entrenamiento.

Estas ventajas hacen de las técnicas de manufactura avanzada una importante tecnología en continuo crecimiento para el desarrollo económico futuro de las naciones industrializadas, sin embargo, estos sistemas no siempre incluyen a los **teleoperadores**.

En muchas tareas, los robots carecen de la inteligencia para operar independientemente por lo que continuarán con la necesidad de interactuar con el hombre (Balager y Mangili 1992). Al ser más flexibles, los teleoperadores son capaces de interactuar con entornos dinámicos, no así los robots autónomos, y permiten aislar al usuario humano de los peligros en el ambiente de trabajo. Los robots y teleoperadores son similares en muchos sentidos, difieren en que la función de los robots es el obviar la necesidad de la presencia humana y la función de los teleoperadores es la de expandir las posibilidades de la presencia humana.

Factores que afectan el desempeño de un Teleoperador.

Para medir un valor al desempeño de teleoperadores, podemos definir dos clases:¹⁶

Variables de resultados, las cuales miden el resultado al completar una tarea,

Velocidad de terminación de la tarea,

Calidad de terminación de la tarea (incluyendo exactitud y medidas de error)

Impacto operacional (incluyendo daño colateral y variables de impacto del operador como carga de trabajo).

Variables de proceso, las cuales miden el comportamiento y eventos que ocurren mientras se está realizando una tarea

Sensibilidad,

Facilidad de uso,

Controlabilidad de la fuerza.

Los teleoperadores son sistemas humano-robot simbióticos¹⁷ que combinan las capacidades de los humanos y los robots. Los robots serán empleados en sistemas de manufactura avanzada en roles actualmente ocupados por humanos. Los teleoperadores serán utilizados en sistemas donde las tareas tengan las siguientes características: Peligro en el entorno, destreza humana requerida y un resultado impredecible; características no cubiertas por los robots.

La justificación económica para desplazar humanos por sistemas robóticos contempla:

1. **Responsabilidad.** La responsabilidad es importante donde exista riesgo de la salud humana al acceder al lugar de trabajo, y el uso de teleoperadores reduce o elimina dicha exposición.

2. **Seguridad.** La eficiencia deberá considerar el costo de mantenimiento de los teleoperadores y para el acceso humano, el análisis de costo no deberá ignorar el costo de los procedimientos necesarios para introducir humanos en el espacio de trabajo. La seguridad de los teleoperadores (frecuencia de descomposturas) y de los humanos (cansancio, enfermedad).

¹⁶ Teleoperators for Advanced Manufacturing

¹⁷ Asociación de dos individuos de distinta especie, que resulta beneficiosa para ambos.

Efectividad La efectividad es importante por que hay algunas tareas que la gente no puede hacer y algunas tareas que los operadores no pueden hacer

Para aplicar con éxito un sistema telerobótico en la manufactura avanzada, se debe definir claramente las capacidades de los operadores, los teleroperadores y los robots, manteniendo una relación de cooperación mutua de manera que se exploten al máximo las capacidades de uno como de otro. Esta idea fue concebida hace cuarenta años por Jordan (1930) y sigue vigente hoy en día. Las capacidades y limitaciones de los robots, trabajadores humanos, y teleroperadores deben ser consideradas cuando se diseñen métodos para realizar tareas en el contexto de sistemas de manufactura avanzada.

Realidad Virtual aplicada a Teleoperación.

Los temas de Teleoperación y telerobótica son sistemas donde se emplean técnicas de Realidad Virtual para que un operador controle a distancia la acción de un robot o dispositivo mecánico. Las imágenes que se le presentan al operador en este tipo de sistemas, suelen ser una mezcla de imágenes reales y sintéticas, ya que se usan metáforas gráficas¹⁸ para representar diversos aspectos de interés.

El uso de utilizar las técnicas de Realidad Virtual para complementar los datos reales hace que se utilice con frecuencia el término Realidad aumentada (augmented reality). Este es el caso de investigaciones en el fondo del mar, donde no es posible ver el fondo del mar donde se mueve el robot, pero se genera una imagen a partir de técnicas de telemetría¹⁹ (con sensores de presencia) para mostrar los objetos y densidades que rodean al vehículo.

Los sistemas de Realidad Virtual tienen tres aplicaciones fundamentales en el campo de la Teleoperación y la telerobótica:

Programación del robot mediante un robot virtual. El manejo de los robots o equipos mecánicos puede requerir complejos instrumentos de control, que pueden ser difíciles de manejar por el operador humano. Buscando atenuar los errores de programación, se emplea una réplica virtual del robot, y se hace que dicha réplica ejecute las ordenes que el operador va emitiendo. Como esto que se trata de una simulación, el operador puede detenerse cuando lo desee, volver atrás y repetir cierta operación hasta quedar satisfecho del resultado. Una vez que los movimientos del robot virtual son los deseados, los comandos del operador (que han sido grabados) se envían de un golpe al robot real, quien ejecuta los movimientos en secuencia.

Operaciones donde existe un gran retardo de transmisión. En el caso, por ejemplo, de estar telecontrolando un vehículo situado en la superficie de Marte, los retardos de transmisión impiden ver de forma inmediata la consecuencia de las acciones que el operador ejecuta. Para poder aligerar este problema, puede emplearse una réplica virtual del vehículo y de la escena por la que el vehículo se mueve. Cuando el operador da una orden de movimiento, ve el resultado de la acción en el vehículo virtual. Simultáneamente, la orden se transmite al vehículo real. El sistema comprueba de manera constante que la situación del vehículo virtual en la escena virtual se corresponde con la escena real del vehículo real y ajusta la posición del vehículo virtual de acuerdo a las discrepancias detectadas.

Operaciones de falta de luz, como es el caso de exploraciones en el fondo del mar, minas, etc. En estas circunstancias lo que se hace es utilizar la síntesis de imágenes²⁰ para reconstruir la escena a partir de datos no visuales (sonares, contacto).

Retroalimentación como determinante de desempeño en Teleroperadores.

La información sobre la retroalimentación del teleroperador se concentrara en dos áreas críticas: sistemas de visión y retroalimentación de esfuerzos. La retroalimentación se refiere al conjunto de información obtenida del entorno remoto a través de los sensores del telerobot. La visión remota es esencial para la Teleoperación. La retroalimentación de fuerzas, a pesar de no ser esencial para la Teleoperación, es usual en muchas aplicaciones. La audición podría ser incluso un canal útil pero la información transmitida por sonido es limitada y frecuentemente proporcionada más fácilmente por presentaciones visuales.

Canal de visión.

El canal importante de retroalimentación en la Teleoperación es una vista de televisión en el área remota. La televisión de alta definición (MTV) es suficiente para la Teleoperación, pero proporciona menos información que la visión normal (imagen ocular) humana.

La televisión presenta una sola vista a ambos ojos, mientras que la visión normal humana incluye dos vistas ligeramente diferentes por la separación existente entre los dos ojos, y

Las imágenes retinales individuales contienen menos datos puesto que la resolución de la televisión es menor que la resolución humana.

La importancia normal de la imagen entre los ojos es importante porque produce un indicador de distancia llamada disparidad retinal.

¹⁸ Gráfica. Simulación del entorno real utilizando medios cibernéticos (computarizados)

¹⁹ Técnica mediante la cual la medida de una magnitud se transmite a distancia para que sea registrada y/o actué sobre un proceso o sistema a través de imágenes. Generación de una imagen a partir del procesamiento de datos no visuales

de que la disparidad retinal no es disponible para MTV, existen otras fuentes de información de **profundidad** como la ova, interposición, sombras y el tamaño de los objetos

imentación de Esfuerzos.

oalimentación de Esfuerzos es un importante canal de sentido adicional durante la Teleoperación. (la visión es el más e). La Retroalimentación de Esfuerzos puede presentarse en su forma proporcional o en la forma de distribución de s.

oalimentación de Distribución de Esfuerzos proporciona una presentación de la magnitud de fuerzas o torques que están sobre el manipulador (usualmente un manipulador de efecto final). Esto proporciona a los usuarios un sentimiento de milar al tacto humano.

oalimentación de Esfuerzos Proporcional se presenta al operador con una presentación de fuerzas que es proporcional a as sobre el teleoperador. La Retroalimentación de Esfuerzos proporcional, proporciona al usuario un sentimiento que no es ente análogo a cualquier sentido humano simple, pero combina elementos de tacto (tocar) con **kínestesia**²¹.

oalimentación de esfuerzos puede ser benéfica para el desempeño de teleoperadores cuando la información que ésta ona no tiene analogía visual y es particularmente usual cuando las fuerzas en el área remota deben ser controladas.

de que las presentaciones visuales son una alternativa poco costosa para forzar la retroalimentación, implica una carga l sobre el canal visual del operador, quien se mantiene de por sí ocupado en actividades de monitoreo, programación y durante la Teleoperación.

oalimentación de esfuerzos es más útil cuando muestra información que otros sensores son incapaces de proporcionar o otras presentaciones son difíciles de interpretar. La gran ventaja para la retroalimentación de esfuerzos podría ser cuando las aplicadas son importantes, cuando los componentes de las tareas requieren ser guiadas o ensambladas en áreas difíciles de cámaras de televisión, y cuando la visión es degradada por gases polvo, neblina, oscuridad u otra opacidad. Hay diferencias entales en la estrategia de control empleada para operadores con y sin retroalimentación de esfuerzos. Los operadores sin imentación de esfuerzos realizan las tareas más cautelosamente que cuando lo hacen con retroalimentación de esfuerzos. La d para detectar el contacto a través de la retroalimentación de esfuerzos podría proporcionar al operador un gran sentimiento idad, que finalmente, resulta determinante de buen desempeño.

Telepresencia como determinante de desempeño en Teleoperadores.

o **telepresencia** es frecuentemente asociado al concepto de teleoperación y merece especial atención. Tres definiciones del telepresencia son comentadas. La *simple*, la *cibernetica* y la *experiencial*. En su definición simple telepresencia significa esente en un sitio remoto y se refiere a la Teleoperación generalmente. (Smith & Smith 1989) Desde una perspectiva ca (técnica), telepresencia es el índice de la calidad de la interfaz hombre-máquina. La telepresencia ocurre cuando "la stica operacional de la interfaz hombre/computadora - telerobot es compatible con el comportamiento psicológico, ades de desempeño y limitaciones del operador humano". La definición experiencial de telepresencia habla de la encia como un estado mental introducido cuando la destreza del teleoperador es equivalente a la destreza humana y la mentación de los sensores tienen suficiente cobertura y fidelidad para convencer al usuario que está físicamente presente en emoto. Sheridan (1992) define telepresencia como un "sentimiento de estar físicamente presente con objetos virtuales en el noto donde se encuentra el teleoperador" y la describe como una "ilusión" ocurriendo cuando el usuario se siente nte presente en el sitio remoto. Tachi (1985) define telepresencia (llamada por el tele-existencia) como la "sensación de a remota en tiempo real". La característica distintiva de la definición experiencial es el estado mental involucrando en la ón de la conciencia del usuario de estar en un sitio remoto (pierde la conciencia de que se encuentra en un lugar remoto, y ue realmente se encuentra físicamente en ese lugar). La mayoría de los autores que utilizan la definición experiencial an que la telepresencia actúa benéficamente en el desempeño del teleoperador.

encia crítica entre telepresencia cibernetica y telepresencia experiencial es que la definición cibernetica se refiere a la a de la presentación de la información sensada y de los controles, mientras que la definición experiencial se refiere a algo ntado por el usuario humano. La telepresencia cibernetica es la proyección de las capacidades humanas a un entorno o por computadora, la definición experiencial es la proyección de la conciencia humana dentro de un entorno intervenido utadora. La definición experiencial nos dice que podemos experimentar telepresencia a pesar de deficiencias en la interfaz l) y en el despliegue de la información sensada. La calidad de la interfaz de control y de los despliegues de información

ia es el sentimiento relacionado a fuerzas empleadas por los miembros y actuando sobre ellos

ada ayudan a experimentar la telepresencia pero no son un requisito indispensable, pesa más que la tarea sea importante para el usuario y que su grado de atención sea aceptable para experimentarla.

diferencias entre la definición cibernética y la experiencial generan dos perspectivas de la telepresencia, una tecnológica y otra psicológica. En la perspectiva tecnológica se hace especial énfasis en la calidad de la interfaz como factor determinante en el desempeño, considerando factores como la calidad de la retroalimentación tanto visual como de esfuerzos, la relación causal entre el operador y teleoperador, la cantidad y variedad de información sensada, la manera de presentar dicha información y todo factor psicológico relacionado con la calidad de la interfaz. En la perspectiva psicológica se hace énfasis en las características del usuario como factor determinante para conseguir la experiencia de telepresencia, se consideran factores como la destreza del usuario para explotar la interfaz, su capacidad de concentración, la importancia que el usuario da a la tarea, su capacidad de análisis y de síntesis, su capacidad para interpretar la información y generar juicios a futuro, su sugestibilidad.

Existen varios modelos para cada una de las perspectivas. Casi todos convergen en conceptos similares, lo que nos lleva a definir ciertos parámetros que nos dan indicios de la experiencia de telepresencia. Podemos resumir dichos modelos en las siguientes tablas:

Influencia de la Telepresencia en el desempeño de Teleoperadores.

Algunos autores consideran que la telepresencia es determinante fundamental para un buen desempeño (Sheridan, Draper), vale la pena mencionar que esto está en función del tipo de tarea, de las características del usuario, de la complejidad del equipo, la funcionalidad del telerobot, la calidad de la interfaz, etc.

Enfoques Tecnológicos de Telepresencia.

Modelo	Determinante Descripción
Sheridan (1992-1996)	Telepresencia es: "la idea de sentir suficiente información y comunicarla al humano de una forma suficientemente natural que sienta estar físicamente presente en el sitio remoto". En este modelo se incluye la dificultad de tareas y el grado de la autonomía robótica como determinantes de telepresencia. Telepresencia implica desempeño.
	Velocidad La <i>velocidad</i> de interacción es equivalente al tiempo de respuesta. La interacción en tiempo real es el límite ideal para esta variable
	Rango El <i>rango</i> es el poder del usuario para manipular el ambiente, en términos del número de atributos del entorno que podría estar cambiando y la cantidad de cambios que podrían ocurrir para cada atributo.
	Mapeado <i>Mapeado</i> es la manera en que las actividades del usuario afectan el entorno remoto. Está determinado por el tipo de controlador usado para una función particular y por la manera de controlar las entradas manifestadas por sí mismas en el entorno remoto
Steiner (1992)	Telepresencia es: "la experiencia de presencia en un entorno a través de un medio de comunicación". Esta aproximación tiene la ventaja de ser aplicable a ambas clases de Entorno Sintético: Teleoperación y Realidad Virtual. En este modelo se considera la experiencia de telepresencia como personal. Telepresencia implica desempeño.
	Vivencia "habilidad de una tecnología para producir un entorno controlado sensorialmente rico". La vivencia tiene dos determinantes: anchura y profundidad. La anchura está relacionada al número de modalidades de sentido para sea presentada la información. Un sistema que proporciona una representación pictórica del entorno remoto y una representación de esfuerzos sobre el teleoperador tiene más anchura que uno que proporciona representación pictórica solamente. La profundidad tiene que ver con la cantidad de información dentro de las modalidades disponibles. Es equivalente al ancho de banda de la información.
	Interactividad "el grado en el cual el usuario puede influenciar la forma o contenido del entorno controlado"
Schloerb (1995)	El modelo dice que el flujo de la información entre el usuario y la interfaz hombre-máquina es "el más importante tipo de control/sensado de información". La telepresencia subjetiva parece ser imposible para aplicaciones que los humanos no puedan vivir físicamente). Califica la experiencia como "telepresente o no telepresente" (binario). El trabajo de Schloerb está interesado en que se distinga entre desempeño del teleoperador (telepresencia objetiva) y telepresencia (telepresencia subjetiva). El desempeño deberá enriquecerse a un nivel bajo antes de que pueda ocurrir la telepresencia, la relación no se establece más allá de eso.
	Objetiva Es determinada por la habilidad del usuario para modificar el entorno. El grado de telepresencia objetiva es la probabilidad de ejecutar exitosamente una tarea remota. Aquí la telepresencia está definida como desempeño.
	Subjetiva Subjetiva es la probabilidad de que el ejecutante juzgue por sí mismo que está presente en el entorno remoto. Es una definición empírica sin parámetros de medición. La telepresencia subjetiva está expresada como la probabilidad de que un usuario se identifique tan fuertemente con una tarea remota que crea que está operando dentro del entorno remoto.

AIP de Zeltzer	"sentimiento de estar dentro y ser parte del mundo remoto". En el modelo se cuestionan los beneficios reales de presencia. Telepresencia podría implicar desempeño, pero podría hacer las tareas más difíciles y fatigantes
Autonomía	Autonomía no es, como podrían esperar los robocistas, el grado en que las tareas son ejecutadas en el mundo virtual sin entradas humanas, más bien, es el grado en el cual el mundo es capaz de simular las interacciones posibles en un mundo físico (real)
Interacción Presencia	Interacción es la habilidad del modelo para responder a entradas en tiempo real para un usuario. Presencia es un índice de "el número y fidelidad de sentidos de entradas y salidas disponibles". No solo se refiere a la percepción: presencia incluso tiene que ver con el método mediante el cual la interactividad es proporcionada. La presencia describe que tan bien el sistema despliega información y como acepta entradas, debido a la relación entre los canales de entrada y salida de la máquina y los correspondientes al ser humano.
"Factores Cognoscitivos" de Witmer y Singer	Telepresencia es "la experiencia subjetiva de estar en un lugar cuando se está físicamente en otro" y "una sensación subjetiva, muy parecida a la 'carga de trabajo mental' una manifestación mental". Este modelo cubre una buena extensión de conceptos, capturando los mencionados por otras aproximaciones consideradas lejanas. Incluso se agregan algunos factores importantes no considerados en otras aproximaciones, como lo es el concepto de distracción, que adquiere gran significado.
Factores de Control	Los factores de control incluyen el grado de control, el grado en que es posible interactuar con el mundo virtual; la proximidad del control, el grado en que la acción del usuario y la reacción del ambiente despliega la continuidad apropiada, la anticipación, la habilidad para predecir que pasará, el modo de control, involucrando la manera en que la interactividad es proporcionada, y la modificabilidad del entorno psicológico, el grado en que los objetos en el mundo virtual pueden ser modificados. Con la excepción de "modo de control", hacen la hipótesis de que la presencia se incrementa con cada uno de estos factores. Para el modo de control, es importante ligarlo con la función del mundo virtual, por ejemplo, el movimiento del caminado podría controlar el control de locomoción.
Factores Sensoriales	Los factores sensoriales incluyen la modalidad sensorial (la riqueza del entorno, la cantidad de información transmitida), la presentación multimodal (el grado en que la información es presentada simultáneamente a más de una modalidad de sentido—vista, tacto, oído-), la consistencia de información multimodal (el grado en que la presentación es congruente con lo que ocurre en el entorno remoto); el grado de percepción de movimiento; y la búsqueda activa, la habilidad para controlar los sensores que permita la exploración del mundo. De nuevo, la presencia se incrementa cuando estos factores se presentan en grandes grados, con la excepción de la modalidad sensorial, que podría ser afectada por una relación jerárquica entre los sensores (p.e. la información desplegada visualmente podría tener más impacto que la presencia desplegada kinestésicamente)
Factores de Realismo	Los factores de realismo incluyen escenas de realismo, referentes a la "conectividad y continuidad" del mundo virtual, influenciada por el contexto, textura, resolución, iluminación, campo de visión etc.; la consistencia de la información con el mundo objetivo, que es el grado para el cual, el mundo virtual imita el mundo real; y significativamente de la experiencia, incluyendo motivación, experiencia, e importancia de la tarea. Otro factor en esta categoría es influenciado por la presencia, más que ser una influencia sobre la presencia: es llamado separación ansiedad/desorientación y está relacionado a la desorientación experimentada cuando un usuario emerge del mundo virtual.
Factores de Distracción	Los factores de distracción incluyen aislamiento, el grado en que el estímulo local es enmascarado; la atención selectiva, "la habilidad o disposición del observador para ignorar las distracciones", su habilidad para concentrarse en el mundo virtual; y el conocimiento de la interfaz, el grado en que la interfaz hombre-máquina evitan ser "no_natural, torpe, artefacto-rústico". La presencia podría variar con cada uno de estos factores.

<p>Modelo "NLP" de Slater's y Usoh's</p>	<p>Telepresencia es: "la creencia de que se está en otro mundo distinto al que están focalizados sus cuerpos reales". En este modelo toman parte las diferencias individuales sobre la presencia. El concepto NLP identifica tres representaciones clave de sistemas, la visual, la auditiva y la kinestésica. El punto de vista podría ser la primera posición (viendo, escuchando o sintiendo como si el usuario lo estuviera viviendo), segunda posición (desde el punto de vista de un observador de la acción) la tercera posición (un punto de vista abstracto, como si no estuviera presente del todo). Telepresencia implica desempeño.</p>
<p>Factores Externos</p>	<p>Los factores externos incluyen: 1) <i>calidad de despliegue</i>, 2) <i>Consistencia</i> de presentación del entorno a lo largo del despliegue, 3) <i>habilidad para interactuar</i> con el entorno, y del entorno para interactuar con el usuario, 4) <i>ambigüedad</i> de la representación del usuario en el mundo virtual, y 5) claridad de la <i>relación causal</i> entre las acciones del usuario y las reacciones en el mundo virtual.</p>
<p>factores internos</p>	<p>Hay dos factores internos definidos en la base de la programación Neurolingüística (NLP). El primer factor interno es la <i>representación del sistema</i>, el cual tiene que ver con el modo de sensor información y cuando una imagen es externa, recordada o construida internamente. Esto es, un operador podría ver imágenes proporcionadas por una presentación, él podría retomar una imagen previamente desplegada, o podría formular su propio modelo mental del sistema.</p>

Tabla 4.3.3 | Perspectivas tecnológicas de telepresencia

Aproximaciones Psicológicas de la Telepresencia.

Estas aproximaciones procuran entender la telepresencia experiencial, identificándola con un fenómeno psicológico conocido previamente. En cierto sentido, estas aproximaciones inician identificando la telepresencia y trabajan estudiando experiencias conocidas o teorías que podrían proporcionar una explicación de la telepresencia por su incidencia e impacto en el usuario

Modelo	Determinante Descripción
<p>Flujo</p>	<p>Telepresencia es: (Csikszentmihalyi 1975) "El flujo es un estado en que la atención está tan concentrada en alguna tarea que surge una inconciencia de estímulos externos de las tareas, incluyendo incluso, la conciencia de sí mismo y del paso del tiempo". (Jackson y Roberts 1992) "Es la experiencia de total inmersión en una actividad". Privette (1983) "la fusión con el mundo u objeto y la subsecuente pérdida de sí mismo está asociada con ... Flujo"</p> <p>Fidelidad de la retroalimentación</p> <p>La Calidad de la información recuperada por el teleoperador y calidad con que dicha información es presentada.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Destreza, • Importancia de la tarea • Sugestibilidad del usuario 	<p>Los factores que determinan la telepresencia se refieren a la habilidad del usuario para explotar la interfaz, a la trascendencia que tiene la tarea en el desarrollo de su trabajo, y la facilidad con la que el usuario puede ser transportado a situaciones irreales, imaginarias, construidas en medios computarizados.</p>
<p>Atributo Distal</p>	<p>Telepresencia es Loomis (1992) "una impresión compulsiva de estar en un lugar ocupado por un dispositivo esclavo". La diferencia entre atributo distal y telepresencia radica en que la telepresencia ocurre cuando "los sensores de datos soportan solo la interpretación de estar en algún otro lugar" y la atribución distal ocurre cuando el usuario es consciente de la liga entre los entornos</p>

	Experiencia, predisposición, expectación y pensamiento analítico	El conocimiento del usuario de la interfaz, cantidad de problemas resueltos utilizando la interfaz, interés del usuario en experimentar telepresencia, curiosidad y capacidad de asombro, capacidad de análisis, síntesis y proyección de resultados a futuro
Situación Consciente.		
		Endsley (1988), la situación consciente es " la percepción de elementos en el entorno con un volumen de tiempo y espacio, la comprensión de su significado, y la proyección de su status en el futuro cercano". Este es el resultado de una cadena de procesos cognoscitivos conectados con la percepción del mundo que rodea a una persona y la interpretación de sus percepciones. El resultado de comprender el entorno permite al usuario manipularlo efectivamente para alcanzar sus metas.
	Situación consciente local	Grado de interacción del usuario con el entorno local. Estímulos locales relacionados con la tarea. Cantidad de actividades realizadas localmente para completar la tarea.
	Situación consciente remota	Grado de interacción del usuario con el entorno remoto. Estímulos remotos relacionados con la tarea. Cantidad de actividades realizadas remotamente para completar la tarea
Atención		"Es la habilidad de enfocar la atención sobre una tarea que permita a la gente funcionar bien en un universo de competencia de estímulos. La Atención es un mecanismo que se organiza fusionando conocimientos para incluir solo las percepciones que están directamente relacionadas al objeto de atención y excluyendo percepciones irrelevantes."
	Atención	Capacidad de fijación del usuario en una actividad, objeto o situación específico.
Modelo de Recurso Atencional Estructurado		Navon y Gopher (1979) postularon que los recursos atencionales son infinitos y probablemente organizados en bloques de recursos dedicados a procesar tareas específicas. Wickens (1980) extendió esto proponiendo un modelo de recurso estructurado a más detalle. Draper y Blair (1996) propusieron un modelo atencional para entornos siméticos basada en una perspectiva de recursos estructurada a partir del modelo de Wickens.
	Usuario Humano	Cantidad de recursos humanos utilizados para completar la tarea. Recursos utilizados para interpretar la retroalimentación obtenida
	Locales	Cantidad de recursos humanos utilizados en la toma de decisiones.
	Mundo Computadora (Entorno Remoto)	Cantidad de recursos locales utilizados para controlar la interfaz. Cantidad de recursos utilizados para mantener la relación causal con el telerobot, para manejar controles de seguridad y alertamiento.
	Información del entorno local	Cantidad de recursos utilizados en el entorno remoto para completar la tarea. Recursos utilizados para mantener la relación causal con el operador, recursos utilizados en el sensado y en la corrección de offset. Recursos utilizados para el movimiento y control de las herramientas
		Cantidad de recursos locales utilizados para completar la tarea. Recursos utilizados para atenuar distractores, para proporcionar calidad a las presentaciones de la información, en filtrar la información sensada, en llevar controles estadísticos y consultar bases de datos.

Tabla 4.3.3.2 Perspectivas psicológicas de telepresencia

telepresencia obtenida en las perspectivas tecnológicas están en función del desempeño, y en la calidad de la interfaz. Por otra parte, la telepresencia obtenida en las perspectivas psicológicas, están muy relacionadas con las características del usuario, es decir, el interés que tenga en la ejecución de la tarea, su habilidad, su disposición, su capacidad de concentración, etc.²²

Los humanos interactúan, se mueven a través de su entorno, tratan de manipularlo para obtener ventajas, están sujetos a la acción de varios eventos físicos a los cuales sus sentidos receptores responden. Los humanos son capaces de interactuar con su entorno físico y diverso para traducir los estímulos en sensaciones (la experiencia sentida por el usuario al actuar sobre el estímulo), y estas generan una percepción (la imagen mental producto de las sensaciones). Este es un proceso complejo que ocurre, en la mayor parte de nosotros, automática e inconscientemente.

Los humanos muestran gran habilidad para concentrarse en cualquier momento, en elementos específicos de su entorno para adquirir información de una importancia particular. Esta habilidad llamada "atención", es la habilidad de concentrarse en una tarea que permite a la gente funcionar bien a pesar de encontrarse ante una gran variedad de estímulos. La Atención es una percepción que se presenta utilizando los conocimientos del usuario para incluir solo las percepciones que están directamente relacionadas con el objeto de atención y excluyendo percepciones irrelevantes. Las percepciones ajenas son hechas a un lado o quedadas en el proceso de pensamiento. Para restringir las percepciones ajenas, la percepción del objeto de atención parece ser fortalecida, haciéndola más fuerte, clara e informativa.

Desde esta perspectiva, la telepresencia podría ser vista como un foco de atención en el procesamiento de datos del mundo remoto, a expensas de atender los datos contenidos en el entorno local. Al limitar la atención, dejando presente solo las tareas relacionadas con los datos del entorno remoto, se puede mejorar la telepresencia. Por el contrario, si hay información importante en el entorno local, la telepresencia se atenúa.

Draper y Blar generaron el modelo de Recurso Atencional Estructurado el cual obtiene ecuaciones para valorar la experiencia de telepresencia y el desempeño al ejecutar tareas en entornos remotos.

Las formulas son:

$$\text{Telepresencia} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{t_i + d_i}{r_i} * \alpha \right)$$

$$\text{Desempeño}_x = \sum_{i=1}^n \left((t_i + l_i) * e_i \right)$$

donde:

t_i es el bloque a ser evaluado,

d_i son los recursos atencionales gastados en el entorno remoto para el bloque i ;

r_i son los distractores en el entorno remoto para el bloque i ;

α recursos atencionales totales para el bloque i ;

t_i son los recursos atencionales locales dedicados a procesar la tarea para el bloque i ;

e_i eficiencia de los recursos para el bloque i ;

α es una constante con el peso del bloque dentro del sistema de telepresencia.

La telepresencia es una sumatoria de los recursos utilizados al procesar estímulos del entorno intervenido por computadora. Es la medida de la aplicación de recursos al entorno intervenido por computadora de acuerdo a la disponibilidad total de recursos. El desempeño es la sumatoria de los recursos gastados en procesar información relacionada con la tarea. El desempeño es el resultado por recursos relacionados con la tarea dedicados a estimular el entorno local l_i , lo cual incrementa el desempeño y así reduce la telepresencia.

La información de resumen fue obtenida a partir del artículo publicado por John Drapper "Telepresence". El presente trabajo extrae los conceptos que para cada uno están sobre el desempeño de teleoperadores, no es su objetivo profundizar en los modelos.

otro lado la telepresencia se incrementa por la atención dedicada a los distractores del entorno intervenido por computadora a pesar de que podríamos tener un impacto negativo en el desempeño

de independencia entre telepresencia y desempeño por la libertad de d_i para afectar la telepresencia sin afectar el desempeño posible de hecho que los distractores y la información relacionada con la tarea compitan por los recursos de procesamiento de información, lo cual indica que la telepresencia y desempeño de la tarea podrían ser inversamente proporcionales.

La telepresencia es el resultado de gastar recursos totales para procesar estímulos del entorno intervenido por computadora; la carga de trabajo es el resultado de los recursos totales gastados. La diferencia es que la carga de trabajo deberá incluir recursos dedicados al entorno local, lo que implica que la carga de trabajo disminuye la telepresencia²³

Factor Humano en la Teleoperación.

Los teleoperadores combinan la robótica y las funciones manuales dependiendo del grado de automatización. Mientras los grados de automatización sean limitados, los operadores humanos realizarán sus actividades utilizando mezclas de cinco actividades primarias:

Programando. Almacenamiento de un repertorio de comportamientos vía símbolos, incluyendo palabras.

Enseñando. Almacenamiento de un repertorio de comportamientos ejecutando un ejemplo de manera procedural, paso a paso.

Controlando. Control manual continuo.

Comandando. Controlar vía manipulación de símbolos (voz) para disparar el repertorio de comportamientos.

Monitoreando. Observando como la máquina ejecuta los comandos y decidiendo el cambio a otra tarea cuando sea requerido.

Los factores humanos afectan directamente el diseño de la interfaz hombre-máquina, ya que contribuyen a definir el papel que jugará el usuario en el sistema de Teleoperación, es decir, la carga de trabajo del usuario y del telerobot, el grado de sensado, la comunicación entre la alimentación (excitación) y retroalimentación etc. En la Teleoperación, los factores humanos son una variable crítica pues el diseño de los sistemas de control podría hacer uso de las capacidades humanas para el procesamiento de

El diseño de interfaces hombre-máquina para los teleoperadores es una tarea ardua, ya que debe ser capaz de reproducir en tiempo real los movimientos de manos y brazos del usuario, pero al mismo tiempo, los diseñadores del sistema deben proporcionar la suficiente flexibilidad para soportar las nuevas tareas que surgen por lo dinámico del entorno.

El diseño de la interfaz hace posible cambiar la escala de trabajo: un usuario podría reparar una válvula del corazón, reemplazar una pieza en una planta de procesos, capturar un satélite, todo desde la misma estación de control, utilizando el mismo trabajo de control (una sola interfaz con distintos controladores) si el control maestro puede comunicarse efectivamente con brazos esclavos (manipuladores) del tamaño apropiado para las distintas tareas del mundo real.

La importancia relativa del usuario en estas tareas, será determinada por el nivel de Control.

Nivel de Control.

El grado de autonomía de un robot puede ser descrito usando el concepto de nivel de Control, el cual se refiere a la naturaleza de la responsabilidad humana para el funcionamiento de la máquina y los rangos de control total y control estratégico en el desempeño de la tarea. Durante el control total el usuario es responsable de cada acción tomada por el telerobot. Para el control estratégico se aplican entradas parametrizadas para el control de la trayectoria, el usuario adquiere responsabilidad para planear las tareas que se ejecutarán relativamente a largo término, dejando al robot tomar decisiones sobre la ruta que ha de seguir de acuerdo a la información regresada por sus sensores.

El nivel de control está definido por las responsabilidades delegadas a máquina y usuario. Tenemos cinco tipos:

Nivel Manual. En este nivel de control, el usuario humano deberá controlar el rango completo de funcionalidad del sistema, planear la trayectoria hasta guiarla; la tarea de la máquina es desplegar información del sitio de trabajo y actuar sobre las acciones del usuario.

Nivel Manual con Asistencia Inteligente. Mientras se proporciona más inteligencia a las máquinas, el usuario deberá ser más capaz de enseñarle información rudimentaria acerca del sitio de trabajo (alimentar mejor sus entradas), como son regiones a las que no se puede entrar, horarios de alto riesgo, etc. La máquina es capaz de modificar entradas del usuario para proporcionar

²³ Por ejemplo, en una situación en que el usuario tiene un casco de despliegue gráfico (HMD) que restringe la visibilidad a presentaciones del entorno generadas por computadora, los distractores visuales del entorno local son eliminados y el usuario está visualmente inmerso. En este caso, la parte visual de la información del entorno local no se presenta (los distractores y estímulos visuales locales son mínimos) por lo que es más factible experimentar telepresencia

a, quizá restringiendo movimientos, o alertando al usuario sobre situaciones de riesgo no captadas por los sentidos del

el **Compartido**. El usuario es responsable de controlar algunas subtareas mientras la máquina simultáneamente controla

el **Entrenado**. La máquina y el humano son responsables consecutivamente de las subtareas; es decir, algunas veces la máquina tiene el control y otras veces el humano tiene la responsabilidad del control.

el **Supervisado**. Es un modo de control en que uno o más operadores están programando intermitente y continuamente, información de una computadora que controla un teleoperador. La máquina es responsable de controlar las tareas y el humano de monitorearlas, ocasionalmente interviene para comandar, enseñar o programar. La interacción humana con el sistema simbólica, esto es, está involucrado con la selección de tareas y metas del teleoperador, pero no está directamente involucrado con el control de sus acciones. Bajo condiciones normales, en el más alto nivel de control, las tareas del usuario no son tanto de programación como son de programación del robot y monitoreo de la tarea. El usuario humano deberá solo de introducir el ciclo de control de situaciones anormales que se pudieran presentar.

Interfaces del usuario para un teleoperador deberán ser capaces de acoplar la interacción hombre - máquina a los niveles de control para el sistema. Las interfaces del usuario deberán ser suficientemente flexibles para acomodar el rango de tareas humanas correspondientes a los niveles de control que el teleoperador presentará durante una misión.

La 4.1 muestra el nivel de control de acuerdo a las responsabilidades delegadas a máquina y usuario.

Nivel de Control	Papel de la Máquina	Papel del Operador	Información Crítica	Ejemplo de Tareas
Control Total	Control de la Tarea	Monitoreo y Comando de Acciones	Estatus. (la información sobre posición y orientación es considerada primitiva, y obviamente se proporciona)	Tareas automatizadas, Tareas automatizadas con intervención humana. Interpretación de información simbólica
Control Compartido	Control de algunas Tareas alternándose con el usuario.	Control de algunas tareas, monitoreo, enseñanza.	Estatus, posición y orientación	Interpretación simbólica de bajo nivel. Control manual con retroalimentación de máquina reflexiva.
Control Guiado	Control de Subtareas	Control Compartido	Posición, Orientación y Estatus	Control Manual con Trayectoria Guiada Automáticamente. Control Manual con restricción automática de trayectorias peligrosas.
Control con Asistencia Inteligente	Adecuación de Entradas	Control Manual con Asistencia Inteligente	Posición y Orientación. Comienza a explotar más información para proporcionar Estatus.	Control Manual con escasa restricción automática de trayectorias peligrosas. Control Manual con retroalimentación basada en modelos.
Control Presentación	Comunicación y Presentación.	Control	Posición y Orientación	Control Manual. Control Manual con Presentación Computarizada del Modelo

Tabla 4.1. Grados de Control en la interacción hombre - máquina

Control durante la Teleoperación.

al continuará siendo la más importante y demandante tarea humana durante la Teleoperación. Cuando existe el manual de un teleoperador, el usuario regularmente requiere controlar el fin de la tarea, donde los movimientos is finos, dejando en segundo término, como actividad delegada al teleoperador, los movimientos intermedios de la manos dos perspectivas de control de acuerdo a las necesidades de la tarea: La primera permite mover al robot rantes con el fin de alcanzar lo antes posible el área de acción del robot (campo de visión y sentido, alcance del segunda permite controlar los movimientos finos del robot, para lo cual se establece al robot en un lugar fijo y el dispositivo de acción como podría ser un brazo mecánico.

Lo reacción es la habilidad de un manipulador para reproducir trayectorias de un brazo humano considerando las empo y espacio. Asumiendo una serie de trayectorias del brazo humano hipotéticas, los teleoperadores caen en tres cuerdo a que tan bien pueden seguir las trayectorias:

operadores a Ritmo del Usuario, son altamente sensibles y capaces de ejecutar cualquier trayectoria en tiempo real (concepto es ideal pues no existen máquinas con tal perfección);

operadores a Ritmo de la Máquina, son moderadamente sensibles y son capaces de ejecutar la mayoría pero no trayectorias en tiempo real,

operadores de No Tiempo Real, no son capaces de mantener las trayectorias humanas en ningún momento.

proyecto utiliza un robot móvil. Las perspectivas de control mencionadas son descritas a partir de un modelo for, pero se mantiene la correspondencia con las propiedades móviles de teleoperadores

Los factores que afectan el desempeño de Teleoperadores.

área de oportunidad para los diseñadores de Teleoperadores, podría ser desarrollar adecuados controladores de la l usuario, la cual proporciona la excitación al sistema de Teleoperación. El mecanismo de retroalimentación adquiere o el desarrollador de teleoperadores se concentra en optimizar el desempeño del equipo remoto, pues se establece así elación retroalimentación-excitación. Los investigadores de factores humanos pueden ayudar definiendo las del desempeño humano, permitiendo crear modelos equilibrados de los componentes del sistema de teleoperación. ión.

se con la misma exactitud y velocidad que un humano puede hacerlo, un teleoperador deberá ser capaz de aceptar y mandos de entrada sin modificar la amplitud y frecuencia de las entradas del usuario para que el factor límite del de la tarea sea el del usuario y no el de la máquina (control a ritmo del usuario).

3.

frecuencia de trabajo del teleoperador regularmente es distinta a la de operación del usuario humano, es necesario os movimientos de alta frecuencia que son difíciles de sincronizar entre el operador y el teleoperador. La solución es i posición con sensores externos al brazo del teleoperador, lo que permite tener una perspectiva del movimiento ante a la generada por la retroalimentación de esfuerzos.

1.

dad es otro parámetro importante de desempeño. Cuando el límite de velocidad de un manipulador es mayor que la elocidad de entrada del usuario, el usuario marca el ritmo de ejecución de la tarea; cuando el límite de velocidad de un dor es menor que el máximo límite de velocidad de entrada del usuario, la máquina marca el ritmo de la tarea.

Los dispositivos Secundarios

adores, herramientas, y cámaras de televisión, requieren controles que deberán ser integrados en el diseño de la cabina il. Puesto que la Teleoperación es una actividad con gran carga de trabajo y el orientar las cámaras es una importante undaria que interfiere con el control del manipulador, se investigan alternativas para el control alternativo de cámaras de in. El control de voz puede ser utilizado para controlar las cámaras, o se puede controlar la visión de la cámara con ntos de cabeza del usuario. El control de voz y el rastreo automático pueden conseguir un mejor desempeño de la tarea y a carga de trabajo del usuario.

Aplicaciones.

Aplicación

En el área de investigación, los teleoperadores han resultado muy útiles por permitir el acceso mediante la información recuperada por el teleoperador, a lugares inaccesibles o de alto riesgo (zonas con gravedad cero, fondo del mar, frío o calor extremo), a zonas donde los sentidos humanos resultan limitados (fondo del mar), zonas donde los seres humanos no tienen acceso (exploraciones del cuerpo humano)

En esta área todavía se encuentra sobre investigación, la cirugía asistida por la telerobotica se comienza a abrir camino dentro de la medicina. Los desarrollos recientes en este tipo de proyecto parten de las Universidades, donde se busca evitar al doctor de su paciente, ya sea por salud o por algún otro factor que ponga en riesgo la integridad del paciente o del equipo médico. Hay una gran atención por el grado de precisión que se puede conseguir al utilizar robots en este tipo de actividades. Otra aplicación a este proyecto, es el uso de simulador en realidad virtual para poder entrenar a los doctores en la realización de una intervención de invasión mínima. Con un simulador, se pueden ir acostumbrando a realizar una intervención de paciente detrás de una pantalla de computadora, y no físicamente en el momento de la cirugía.

Para poder realizar la cirugía, el doctor cuenta con unos pequeños brazos mecánicos, los cuales harán la intervención quirúrgica. La necesidad de hacerle al paciente una gran incisión para poder realizar la operación. Estos brazos mecánicos, cuentan con unas pequeñísimas pinzas que realizarán la cirugía como lo indica el doctor²⁴.

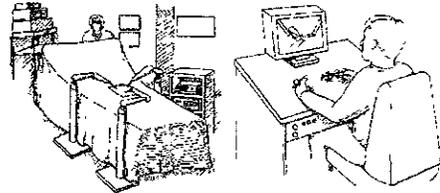


Berkeley



de del planeta. Para asegurar el éxito de proyectos de telerobotica, el programa se encarga del desarrollo del robot y de sus componentes, y de la correcta creación e implantación del sistema. Su principal objetivo es el poder utilizar la tecnología para las aplicaciones de la telerobotica espacial con suficiente confianza en el diseño para que futuras aplicaciones espaciales puedan aplicar la tecnología con toda confianza.²⁵

Gráficos UC Berkeley



Espacio

Ha sido muy utilizada la telerobotica en el espacio extraterrestre. La organización más importante dentro de este aspecto, y que ha marcado un rumbo muy avanzado en cuanto a tecnologías e

investigaciones, es la NASA (National Aeronautics and Space Administration)

El Programa de Telerobotica Espacial de la NASA, está enfocado a desarrollar las capacidades de movilidad y manipulación a distancia, uniendo la robótica a la teleroperación y creando nuevas tecnologías en telerobotica

Los requerimientos de tecnología de la robótica espacial pueden ser caracterizados por la necesidad del control manual y automático, tareas no repetitivas, tiempo de espera entre el operador y el manipulador, manipuladores flexibles con dinámicas complejas, nueva locomoción, operaciones en el espacio, y la habilidad para recuperarse de eventos imprevistos.

El Programa de Telerobotica Espacial consiste en un amplio rango de tareas de investigaciones básicas científicas para el desarrollo de aplicaciones para resolver problemas de operación específicos. El programa centra sus esfuerzos en tres áreas en especial: ensamblaje y servicio en órbita, cuidar los gastos científicos, y robots en la operación. Su principal objetivo es el poder utilizar la tecnología para las aplicaciones de la telerobotica espacial con suficiente confianza en el diseño para que futuras aplicaciones espaciales puedan aplicar la tecnología con toda confianza.²⁵

24. "Medical Robotics at UC Berkeley" <http://robotics.eecs.berkeley.edu/~mcenk/medical/index.html>. 1997.

25. "Space Telerobotics Program Home Page" <http://raiser.oact.hq.nasa.gov/telerobotics.html>. 1997

DESARROLLO.

Programación del Robot.

Sistemas que conforman al Robot.

es un RWII-B14, cuya descripción detallada se muestra en el ANEXO 1. Consta de los siguientes componentes:

Procesos del RWII-14

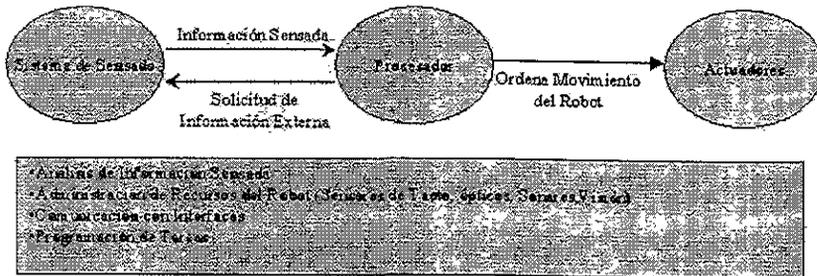


Figura 5.1 Procesos del RWII B14.

de *Actuadores*, tenemos los motores eléctricos que accionan las ruedas que permiten al robot desplazarse en el ambiente de trabajo. Las tres ruedas del robot, le permiten girar o desplazarse en superficies planas.

El robot consta de un procesador Pentium, el cual utiliza al Sistema Operativo Linux, y un conjunto de librerías de C para administrar los recursos del robot²⁶. El robot consta de una tarjeta de red con la que se conecta a Internet como servidor. Esto nos permite ver al robot como otro nodo en la red (lcomp97.fi-b.unam.mx).

El Sistema de Sensado está conformado por 24 sensores infrarrojos, 16 sonares, 16 sensores de tacto, y un sistema de visión con el cual estamos trabajando, es un robot móvil con propósitos académicos, por lo que es capaz de ser utilizado tanto como robot autónomo cargando la toma de decisiones en el procesador del robot; como en proyectos de telerobotica, donde las decisiones las toma el usuario y se carga el procesador del robot en los recursos de sensado.

Interfaz Robot - Usuario

Para interactuar con el que cuenta el robot, se presta para establecer una configuración Cliente – Servidor entre una Workstation y el robot. En nuestro modelo, el robot actúa como Servidor ante los requerimientos del usuario, quien juega el papel de Cliente²⁷. Este modelo es un cliente con abundancia de recursos y un servidor con gran demanda de recursos por la cantidad de elementos que el usuario tiene que administrar, por lo que es prudente descargar de trabajo al Servidor, proporcionándole mejor desempeño en las tareas que el usuario tiene que realizar (como es la recuperación de información a través de los sensores, la administración de los recursos del sistema, la coordinación de los actuadores) y cargando al Cliente quien cuenta con recursos disponibles de trabajo.

El rol del servidor será asignar un puerto de comunicaciones al cual estará escuchando continuamente para detectar la llegada de una solicitud de los clientes, identificar la solicitud de acuerdo al protocolo preestablecido, generando la acción correspondiente y regresar un mensaje de respuesta en caso de ser requerido por el cliente.

Los recursos del robot son los actuadores (ruedas), sensores (IR, sonares, táctiles), y la comunicación con otros sistemas.

El modelo Cliente-Servidor, se aplica en ambas direcciones para un sistema de este tipo, ya que a veces es el usuario el que realizará requerimientos al robot, y cuando el usuario esté dotado de mayor inteligencia el robot solicitará al usuario que le alimente información.

ión del cliente será presentar al usuario una interfaz de fácil manejo y buen desempeño, acorde a los principios de ergonomía que estamos manejando

En este capítulo nos enfocaremos a la parte del servidor, abarcando la generación de un servicio *flexible* (que pueda ser adaptado de acuerdo a las necesidades del usuario, sin que esto implique modificación de código, pues una de las ventajas del teleoperador sobre el robot, es que permita al usuario resolver cualquier posible desviación o indecisión durante la ejecución de una tarea), *abierto* (que sea independiente de la plataforma de programación de la interfaz para ser requerida la adecuación de un programa para cada interfaz diferente que se desarrolle), y *funcional* (que explote con eficiencia los recursos del robot).

Para proporcionar un servicio con las características anteriores, se utilizó el conjunto de librerías proporcionadas por el vendedor de la plataforma, y un conjunto de librerías de comunicaciones para el enlace con los clientes. Estas librerías fueron utilizadas en trabajos del laboratorio de interfaces inteligentes de la facultad de Ingeniería. Un programa con la funcionalidad requerida en este capítulo fue desarrollado como parte de un proyecto de planeación de rutas utilizando redes neuronales²⁸, dicho programa es el que se describe en el presente trabajo ya que cuenta con rutinas bien definidas para el control de movimientos del robot. La manera en que se abordan estas rutinas es revisada en la sección siguiente (5.2).

La generación de librerías del robot está generada de forma que se puedan monitorear eventos ocurridos en el entorno del robot. Cada evento que actúa con el robot está definido en una función o módulo específico, donde se reporta el estado o acción requerida. De esta forma, tenemos un módulo para la lectura de sonares, otro para la lectura de los sensores Infrarrojos, otro para los sensores táctiles, otro para el movimiento, etc

En nuestro esquema Cliente - Servidor, definimos un evento o módulo que se dispare por cada posible solicitud de nuestro usuario, con la tendencia a definir funciones lo suficientemente sencillas como para poder ofrecer un menú de opciones básicas, a las cuales se pueda construir cualquier tarea compleja pero realizable con los recursos del robot.

Este menú permite movimiento en una superficie plana, por lo que el menú de primitivas cuenta con giro horario, antihorario, movimiento adelante y desplazamiento atrás. Permite la solicitud de lectura de los sonares y los infrarrojos, la detección de colisiones con los sensores táctiles, solicitar la posición del robot, y establecer la posición actual del robot a una posición específica en el área de trabajo (restablecer la posición). Además el menú cuenta con un comando de desplazamiento a una posición específica conservando la referencia del área de trabajo.

En la solución anterior se consiguió una aplicación flexible y estable, pues el usuario puede desplazar al robot libremente a cualquier posición del área de trabajo (siempre que dicha posición sea accesible para el robot). El usuario puede construir rutas complejas como sus necesidades lo requieran, siendo él quien toma la decisión sobre la secuencia de pasos a seguir

Para las librerías de comunicaciones, se estableció el enlace con los clientes vía sockets UDP²⁹ (User Datagram Protocol) lo que hace a la aplicación independiente de la plataforma, pues en la actualidad, prácticamente cualquier lenguaje de programación permite la comunicación vía sockets entre procesos. Se utilizó sockets UDP debido a que no necesitamos un canal abierto entre el cliente y el robot, el canal solo es necesario cuando el usuario hace un requerimiento al robot y éste le contesta. Además las conexiones son cortas, y si se pierde un mensaje en la red, éste puede ser vuelto a enviar por el usuario sin que por ello se vea afectada críticamente la ejecución de la tarea. Si la tarea realizada por el usuario fuera muy crítica, entonces deberíamos pensar en proporcionar una interfaz de alto desempeño para el usuario, con el fin de detectar y corregir de forma inmediata cualquier desviación producto de las comunicaciones

Finalmente, tenemos que es una aplicación funcional, pues incluye comandos para explotar todos los recursos con los que cuenta el robot, a partir de los cuales, se pueden generar tareas más complejas y sofisticadas. Debido a lo sencillo de las funciones, el desempeño del robot es óptimo, pues son pocas las instrucciones que necesita resolver para completar una tarea sencilla.

El desarrollo de una herramienta que controle los recursos del robot, proporcionando una interfaz de buena calidad, es crucial para generar el sentimiento de telepresencia que se procura dar al usuario. La velocidad de respuesta del robot a las indicaciones del usuario, la exactitud en la ejecución de la tarea, un amplio menú de opciones para ejecutar la tarea, la operación sencilla, la disponibilidad de los sensores y el correcto reporte de la información sensada, son factores importantes para el desempeño de la

²⁸ desarrollado como tesis de maestría por el M. I. Marco Antonio Morales Aguirre. El programa que el desarrollo se llama *subsumption.c* Anexo 2 se habla detalladamente del uso de sockets de comunicación.

menta utilizada para explotar los recursos del robot, por su diseño sencillo, por el lenguaje en que fue creado, y por las ventajas que ofrece para el control de los recursos, cumple con nuestras necesidades en el enfoque tecnológico de telepresencia, enfocado a proporcionar una interfaz de calidad. Definitivamente el desarrollo de la interfaz tiene mucho que ver con el para el cual se está desarrollando el sistema. El presente proyecto busca proporcionar al usuario una interfaz de calidad permitiendo controlar los movimientos del robot manteniendo una buena relación causal.

De las limitaciones encontradas tenemos, faltas de ángulos de visión de la cámara, es decir, solo podemos ver hacia donde está viendo (en el mejor de los casos), pues la cámara está montada en forma fija al robot. Los movimientos del robot se desarrollan en una superficie plana, libre de hoyos y hendiduras, pues las ruedas del robot podrían atascarse por los obstáculos que son en proporción al robot. La imagen proporcionada al usuario del entorno remoto es monoscópica, pues solo hay una cámara para capturando el video.

Protocolo de comunicación Robot - WorkStation

La comunicación con el robot se realiza utilizando sockets de comunicación UDP. Información detallada acerca de los sockets de comunicación se muestra en el ANEXO 2.

Las librerías del robot digitalizan la información sensada. La información sensada será enviada por la red al cliente que está utilizando la aplicación. De esta forma el usuario tiene retroalimentación del entorno remoto del robot, factor indispensable en la operación.

Las librerías para el control del robot y las comunicaciones son <bUtils.h>; <baseMessages.h>, <rai.h>; <baseClient.h> para el control y <gsNetPoll.h>; <sockets_lib.h> para las comunicaciones.

El programa funciona como un administrador de eventos, donde cada módulo es un thread³⁰ independiente, que reporta un estatus de los eventos que soporta. Toda la lógica está respaldada por un conjunto de funciones definidas en las librerías suministradas por el proveedor del equipo. Entre las principales funciones desarrolladas están la de creación de los módulos (createModules), desplazarse a una posición específica (gotoPoll), evadir obstáculos (evadePoll), obtención del ángulo y la distancia (angle(), distance()), la detención del robot (baseCallback), resetear la posición del robot (statusCallback), terminar con la operación (quit) y comunicaciones limpiamente (commShutdown, modulesShutdown), y el despachador de solicitudes del cliente (dispatchPoll).

El protocolo donde se encuentra definido el protocolo de comunicaciones con el cliente es el de communicatePoll. Aquí se muestran las opciones a las cuales el cliente tiene acceso, la llave de la función a la que se está invocando es la primera letra. Las opciones definidas son:

- e 'S': Obtiene la lectura de los sonares, y la envía por socket de salida
- e 'I': Lectura de Infrarrojos, y la envía por socket de salida
- e 's': Establece la posición actual como la posición (x,y,a)
- e 'g': De la posición actual, ir a la posición (x,y,a)
- e 'o': Valorar el punto (utilizado en aplicación de redes neuronales)
- e 'p': Obtiene la posición actual del robot, y la envía por socket de salida
- e 'q': Salir de la aplicación.
- e 't': Desplazamiento hacia delante o atrás.
- e 'y': Giro Horario o Antihorario.

Existen otras aplicaciones que utilizan esta interfaz con los recursos del robot lo cual nos habla de lo flexible de la interfaz. Cuenta con interfaces en JAVA y C.

El modelo matemático utilizado para controlar el movimiento del robot, aparece como una caja negra en el presente trabajo debido a que es un producto final retomado de otro proyecto. Si se desea obtener información adicional sobre el objetivo, la funcionalidad y código del programa subsumption, se puede consultar la página de web del laboratorio, ubicada en www.fiz-b.unam.mx, en Personal → Marco Antonio Morales → Tesis Maestría → Modelo matemático.

³⁰ Un thread es un proceso independiente que es disparado por otro proceso padre

Programación de la Interfaz de Control.

La interfaz con la que va a interactuar el usuario, es clave en el presente proyecto, pues generalmente la calidad de la interfaz de usuario es proporcional al desempeño.

Desde una perspectiva psicológica importa mucho cuanto el usuario logra identificarse con la interfaz, que funcional le resulta, la facilidad y experiencia que consiga obtener en el manejo de la interfaz, el interés y el conocimiento de la tarea, y la concentración que logra obtener.

Por otro lado, contribuye el enfoque tecnológico, donde la ausencia de distractores, la calidad en la presentación de la información, la oportunidad de respuesta de los sensores, lo operable de la interfaz, el desempeño en la ejecución de la tarea (tiempo, precisión) juegan un papel importante. En el presente trabajo nos enfocamos a incrementar el desempeño mejorando este aspecto.

Los factores de la funcionalidad de la interfaz con los movimientos reales del robot, son considerados determinantes de la experiencia. En el presente trabajo se desarrolla la correspondencia de navegación del usuario con locomoción del robot. En el resto del presente capítulo hablaremos del equipo y de dos estrategias aplicadas para interactuar con el entorno remoto del robot.

Uno de los aspectos en el sentido que mayor información nos proporciona sobre el entorno, ya sea remoto o local. Si a esta imagen le conseguimos agregar información que enriquezca nuestra percepción del entorno remoto, será mayor la inmersión y por lo tanto el nivel de telepresencia. Se considera para ambas soluciones una imagen del entorno remoto capturada por video, el principal medio de retroalimentación.

Para mejorar la retroalimentación del entorno remoto donde habita el robot, es importante considerar el uso de los sensores de visión, sonares y táctiles, los cuales adquieren más valor en entornos de poca visibilidad.

Interfaz de Control desde una página de Internet.

Esta solución se une a la tendencia de utilizar el protocolo http como la vía de comunicación entre aplicaciones. Esta tendencia, a pesar de la fuerza debido a lo accesible del medio, ya que las aplicaciones desarrolladas sobre esta plataforma pueden ser consultadas prácticamente cualquier lugar sin un costo adicional para enlazar a los clientes al medio de comunicación. Se ofrece una interfaz Gráfica que soporta los comandos comunes en entornos de ventanas, lo que la convierte en una interfaz estándar. El cliente de la plataforma, altamente accesible, de bajo costo.

Uno de los inconvenientes se encuentra las limitaciones de seguridad, una interfaz gráfica limitada por el ancho de banda de la red, donde la calidad gráfica de la interfaz es inversamente proporcional a la velocidad del medio.

Además, en esta tecnología se puede restringir el acceso solicitando una clave de identificación por usuario, se puede utilizar los recursos asignados a los clientes y continuamente evolucionan los dispositivos de multimedia. Además se están abriendo nuevos canales que piensan transmitir audio y video a altas velocidades (Internet 2).

Descripción del equipo utilizado

Para esta solución de este tipo necesitamos adicionalmente al robot y la cámara de video que capture la imagen del entorno remoto, una máquina que sirva de WebServer, donde puedan convivir tanto la interfaz gráfica de control, como la WebCam que capture la imagen del entorno remoto en tiempo real.

Para este proyecto, se utilizó como WebServer una Workstation O2 de Silicon Graphics, con Irix 5 como Sistema Operativo. El cliente de Web es el definido como estándar durante la instalación de Irix (Netscape). Se instaló el jdk1.2³¹ ofrecido gratuitamente en la página de Java de sun (<http://www.javasoft.com>) para distintas plataformas. La WebCam se construyó con un kit distribuido con las herramientas de Irix y se hablará de él con más detalle en un capítulo posterior.

Como podemos ver, los requerimientos de equipo para esta solución son comerciales, permiten invertir recursos en el desarrollo de software para la construcción de la interfaz y no en la compra de equipo o software adicional. Esta solución es atractiva para aquellos casos donde existe una restricción económica, o cuando la velocidad de respuesta y seguridad no son críticas.

Development Kit (Kit de desarrollo para Java)

Digitalización de la posición sensada

organizado en forma de paquetes, que son bloques de código enfocados a un área específica, así tenemos paquetes para envío de applets, transferencia de datos, control de eventos, procesamiento de imágenes, control de i/o, las relacionadas al sistema de las matemáticas, comunicaciones por la red, invocación remota de procesos, seguridad, acceso a base de datos, tipos de

de comunicaciones por red, en la plataforma Java proporciona una clase, Socket, que implementa un lado de los dos que forman una conexión entre dos programas Java que viven en la red. La clase socket se sitúa al tope de los sitios con conexiones independientes de la plataforma, ocultando los detalles de bajo nivel en comunicaciones para cualquier programa. Además, incluye la clase ServerSocket, la cual genera un socket que permanece en estatus de escucha hasta la llegada de un

Programa en Java.

empezar a describir lo que nuestro programa en Java hace, no está de más explorar lo que podemos y no podemos hacer con los applets de Java

o incierto (no validado, una solicitud venida del cliente) no puede ser leído o escrito en el sistema de archivos local, por lo que se puede

o archivos

o directorios

o verificar la existencia de archivos

o tener fecha de modificación o tamaño de archivos

o tener permisos de lectura o escritura de un archivo

o preguntar si un nombre de archivo corresponde a un archivo o directorio

o abrir archivos

o crear archivos

o crear directorios

o renombrar archivos

o pueden realizar operaciones de red, excepto en ciertos modos restringidos. No se puede:

o crear una conexión a red para cualquier computadora distinta a aquella de donde fue cargado el código

o escuchar por conexiones de red sobre los puertos privilegiados con números menores o iguales a 1024

o aceptar o aceptar conexiones de red sobre puertos menores o iguales a 1024 o de hosts distintos a aquel del cual fue cargado el applet.

o crear sockets multicast (Sockets múltiples para un solo servicio)

o no puede:

o salir del interprete System.exit()

o crear nuevos procesos

o iniciar un trabajo de impresión

o tener acceso al teclado

o tener acceso a la cola de eventos del sistema

o un applet, por razones de seguridad, no puede realizar funciones propias de la administración del sistema local ni salir fuera del entorno del cliente de HTTP.

o En este proyecto, utilizamos un sencillo servidor de comunicaciones, programado como aplicación de Java, la cual no tiene interfaz gráfica y vive en el servidor. Este servicio es ejecutado en el servidor, y se requiere de la seguridad común de sistema operativo (permisos de lectura, ejecución), puede interactuar con los archivos de la máquina y también se puede comunicar con otras máquinas (no se tiene para este tipo de aplicaciones las mismas restricciones que en los applets, pues la aplicación es ejecutada por un usuario del sistema y no por un cliente desconocido que entra por Internet). Cuando un cliente quiere enviar una solicitud a través de la interfaz gráfica, se conecta con el servidor, cosa que puede hacer ya que la única máquina con la que puede establecer una comunicación es con el host de donde descargo la página, en el host origen se encuentra el servidor de comunicaciones escuchando por solicitudes de los clientes. Cuando un cliente llega, valida la fuente y reenvía el mensaje recibido al cliente enviándolo al host destino, que asume el papel de servidor y el servidor de comunicaciones su cliente, todo utilizando sockets de comunicaciones.

metallado que se sigue en esta secuencia es el siguiente

el applet crea un nuevo socket, en el cual se define el host, que en nuestro caso es el WebServer de donde se baja la (pulque fi-b unam.mx). En la máquina donde se encuentra el WebServer ya existe corriendo una aplicación que sirve de comunicaciones el cual está escuchando un número de puerto específico (definido arbitrariamente fuera del rango de 0 al cual solicita conectarse el applet del cliente. Cuando el servidor de comunicaciones que está escuchando el puerto solicitud del cliente para establecer la comunicación, la acepta y realiza una solicitud de conexión al host y puerto donde servidor en C atendiendo requerimientos para utilizar los recursos del robot. En este momento el servidor de comunicaciones se convierte en cliente solicitando una conexión al servidor de recursos del robot. Cuando el servidor de recursos acepta la comunicación, el servidor de comunicaciones le transmite el mismo mensaje que recibió del applet del cliente. El servidor de recursos del robot atiende el requerimiento, genera un mensaje de salida el cual es enviado por otro puerto a enviar el estatus de retorno de la solicitud del cliente. De la misma manera, el servidor de comunicaciones tiene un puerto escuchando por el estatus de retorno, el cual, al ser recibido, es retransmitido al applet del cliente

Este sistema resulta bastante práctico, ya que se puede robustecer cada uno de los módulos de acuerdo a las necesidades del sistema. Si se requiere de una excelente interfaz gráfica, se puede invertir recursos en el desarrollo del applet y la página de inicio y sus clientes acerca del significado y la manera de interpretar los mensajes intercambiados, o lo que más frecuentemente se requiere de comunicaciones de forma que realice encriptación, filtrado de información, validación de seguridad, etc. Del lado del servidor de recursos del robot, tendría que evaluarse el efectuar un cambio, ya que como se ha visto, la tendencia es mantener este servicio, para incrementar el desempeño del robot y la calidad de información sensada.

Protocolo de comunicación Workstation – Robot

Este protocolo es el conjunto de reglas y convenciones que hace que dos sistemas se entiendan³², es el lenguaje, la manera de interpretar lo que se vale y lo que no se vale. De tal suerte, un protocolo de comunicaciones resulta ser un acuerdo entre el servidor y sus clientes acerca del significado y la manera de interpretar los mensajes intercambiados, o lo que más frecuentemente se requiere de especificación del servidor del catálogo de mensajes y su significado correspondiente. Como nosotros solicitamos los recursos del servidor de recursos del robot, nos acoplamos y adecuamos al conjunto de mensajes estándar que este maneja, y así como las siguientes solicitudes al servidor, mismas que son identificadas por el primer carácter del mensaje, que se sujeta al catálogo

de que el primer carácter sea:

- Obtiene la lectura de los sonares, y la envía por el socket de salida
- Lectura de Infrarrojos, y la envía por el socket de salida
- Establece la posición actual como la posición (x,y,a)
- De la posición actual, ir a la posición (x,y,a)
- Valorar el punto (utilizado en aplicación de redes neuronales)
- Obtiene la posición actual del robot, y la envía por el socket de salida
- Un paso hacia delante (+PASO)
- Un paso hacia atrás (-PASO)
- Giro horario (+Deg)
- Giro en sentido antihorario (-Deg)
- Salir de la aplicación.

Interfaz Workstation – Usuario

Desarrollo una interfaz en Java la cual será manejada por el operador remoto. La interfaz le proporciona al usuario un conjunto de botones para controlar los movimientos primarios del robot (avance y giro).

Es importante que el usuario pueda controlar al robot desde cualquier lugar donde se encuentre. Una herramienta que nos permite controlar dos procesadores ubicados arbitrariamente en el mundo es la Red Mundial (Internet), por lo que se desarrolla una interfaz a la cual es posible tener acceso desde Internet, que muestre de manera amigable al usuario las opciones de movimiento del robot. La página contiene una breve descripción del proyecto, objetivo, alcance, proyección al futuro, así como un conjunto de cuatro botones que permitirán enviar al robot las cuatro instrucciones básicas de movimiento en un plano: Adelante, Giro Derecha, Giro Izquierda. Cuenta con un recuadro que muestra la imagen percibida en el entorno remoto, y finalmente, un recuadro que muestra una simulación del movimiento del robot. Además contiene un recuadro de funciones

³² Ordenadores Tanenbaum p.p. 11 En esta referencia se especifica la definición para la comunicación entre las entidades correspondientes de una capa

mente utilizadas como θ Ir a la posición (x,y,a) , donde a es el ángulo hacia donde quedara mirando el robot. Obtener lecturas. Establecer la posición actual como (x,y,a) . Obtener la posición (x,y,a) en la cual se encuentra el robot

Se programó en HTML, utilizando applet's de Java. Un applet es un programa en Java diseñado para servir de interfaz para un usuario. Se caracteriza por ser flexible, portable y robusta para el usuario. El código reside en un servidor, y se ejecutando una persona solicita al servidor una copia de una página específica, el cliente (o usuario que solicita la copia) carga la página temporalmente en su computadora y ésta automáticamente arranca. De ésta forma podemos tener tantas instancias de la página como clientes hayan solicitado su copia.

Java contiene un controlador de eventos, de tal forma que el programa (de forma local) detecta cuando un cliente presiona alguno de los botones (o cuando se mueve el Mouse, o se hace un barrido con el ScrollBar), el programa identifica cual botón fue presionado, crea un socket de comunicaciones que se conecta con el servidor, y envía una cadena de comandos asociada al botón presionado (la cual se sujeta al protocolo definido por el servidor de recursos del robot). La cadena enviada por el socket al servidor, está estructurada y es generada de tal forma que tenga un significado para el servidor, según un protocolo, que significa que hay un conjunto de reglas, parámetros, palabras que tienen un significado de común entre los clientes y el servidor, y es así como se intercambia información congruente entre ambos.

Como se esperaba, pueden crearse varias instancias al mismo tiempo de la página que controla el robot, y si varios usuarios al mismo tiempo solicitan que el servidor realice un movimiento, seguramente habrá una confusión y contención de los servicios del servidor provocando que ninguno de los clientes obtenga la respuesta que espera del robot.

Para evitar este problema, se debe desarrollar un módulo de seguridad que controle el acceso de usuarios a la explotación de la página del robot, este desarrollo está fuera de los intereses del presente trabajo. Al conectarse un cliente con el servidor, se genera una bandera de ocupado, que inhibirá los botones de control, dejando solo el recuadro que permite ver la imagen transmitida por la cámara del robot. Al terminar su sesión el usuario conectado, se desmarcará la bandera de ocupado permitiendo el uso de un nuevo usuario, dejando deshabilitados los controles para los demás usuarios.

El tiempo que logra la conexión, podrá utilizar los botones de control y observar en "tiempo real" el movimiento del robot. Se debe tomar en cuenta que el tiempo de respuesta puede variar dependiendo de la distancia, tráfico en la red, características de la página, tiempo de refresco, etc.

Al presionar uno de los botones se genera una cadena compuesta por dos partes: la primera indica el tipo de operación a realizar (movimiento hacia delante o atrás, giro a la derecha o izquierda, etc.), y la segunda parte contiene el parámetro o parámetros asociados al tipo de operación (los parámetros que indicarán el número de pasos que el robot avanzara si el comando es movimiento hacia delante o atrás, o el número de grados si el comando fue un giro a la derecha o izquierda, etc.). Cada click en uno de los botones, generara una cadena que será enviada por la red al servidor, el cual la interpretara y enviara la instrucción correspondiente al robot. El formato de la cadena puede ser definido parametricamente, dependiendo del protocolo de comunicación utilizado entre clientes y servidor.

Es importante recordar que el usuario experimentará la telepresencia en función de un conjunto de factores psicológicos y técnicos. Los factores psicológicos podemos destacar el grado de concentración que el usuario experimenta al realizar la tarea. Si el usuario se siente involucrado con la tarea, podrá olvidarse de su entorno actual y sentirse presente en el entorno remoto, el cual será transmitido por la imagen desplegada en su página de Internet. Entre los factores técnicos que se tienen que considerar, está la latencia o tiempo de respuesta (desempeño) que proporciona el robot al contestar una solicitud del usuario, si el robot, o el tráfico de red que genera la respuesta, seguramente el usuario no experimentara la telepresencia por falta de continuidad y un deficiente grado de interacción. La calidad de la imagen presentada es otro factor técnico que determinará la telepresencia. Si la calidad es deficiente, el usuario perderá concentración en la ejecución de la tarea por lo que perderá su sentimiento de presencia en el lugar remoto. Los ruidos del entorno local, pueden perjudicar la telepresencia, pues obligan al usuario a apartar su atención de la tarea que está realizando. La calidad de los movimientos efectuados por el robot también será determinante en la telepresencia, pues si los movimientos ejecutados no corresponden a la acción solicitada por el usuario, se provocará un quiebre definitivo en la telepresencia del usuario.

Matemático Utilizado.

El algoritmo matemático para proporcionar el movimiento del robot, está definido en la función `mueve()` del programa en Java. Esta función recibe como parámetro el tamaño del paso que da el robot (constante definida al inicio del programa), y aplica funciones trigonométricas para obtener la dirección y el desplazamiento del robot.

Entonces

$$\text{sen } t = \text{Cat} / \text{Hipotenusa}$$

a dirección a la cual actualmente está apuntando el robot

Op es el desplazamiento que realizara el robot

$hipotenusa$ es el tamaño del paso definido en la declaración de constantes

ndo

Cat Opuesto = $\text{sen } t * \text{hipotenusa}$

isma forma

Cat Adyacente = $\text{cos } t * \text{hipotenusa}$

mulas anteriores nos proporcionan los factores y, x respectivamente, con lo cual podemos definir cuanto tenemos que

urnos en el plano cartesiano de la simulación en el eje x, y

endo las formulas anteriores a nuestro programa en Java

Opuesto = y_dir

Adyacente = x_dir

angulo*Robot.RADIAN

tenusa = li_paso

do la función.

```
void mueve(int li_paso){
```

```
    le x_dir,y_dir;
```

```
    r=(Math.cos(angulo*Robot.RADIAN)*li_paso);
```

```
    r=(Math.sin(angulo*Robot.RADIAN)*li_paso);
```

```
    (int)x_dir;
```

```
    (int)y_dir;
```

do está definido por $angulo * Robot.RADIAN$, donde ángulo es una variable global que mantiene el la dirección a la cual

ntando actualmente el robot, cada vez que se ordena girar al robot, el ángulo se incrementa o decrementa guardando su

la variable global. Esta variable se convierte a radianes, como sabemos, $2PI = 360$ deg. Por lo tanto $PI = 180$ deg. Al

$PI/180$ obtenemos el equivalente a un grado. $Robot RADIAN = PI/180$ ($= 1$ grado)

do que representa al robot en la simulación se va repintando, conservando el diámetro y desplazando el centro a las nuevas

adas x, y El círculo que representa el visor del robot, se pinta defasando el centro del robot un paso igual al radio del robot

do el visor en la periferia del robot) sobre el ángulo almacenado en la variable global ángulo, utilizando el mismo

o anteriormente

```
Opuesto =  $y\_dir\_visor$ 
```

```
Adyacente =  $x\_dir\_visor$ 
```

```
angulo*Robot RADIAN
```

```
tenusa = radio del robot
```

demás instrucciones, se obtiene información del entorno remoto, solo la instrucción goto implica desplazar el gráfico.

se requiere un modelo matemático en si, ya que se proporcionan las coordenadas y dirección a donde se quiere desplazar

(no es necesario calcularla).

strar la información recuperada por los sonares, se envía al robot la instrucción correspondiente a la lectura de los

“S”, el servidor de eventos del robot identifica el requerimiento y dispara la lectura de sonares; la información recuperada

sada a la WorkStation por la conexión del socket de respuesta. La interfaz gráfica esta en espera de la respuesta y dibuja

los círculos alrededor del robot de la simulación cuando la lectura de sonares le indica que encontro un objeto en la

del robot.

onar tiene un número, de ésta forma existe una correspondencia entre el arreglo de lecturas regresada por el robot y el

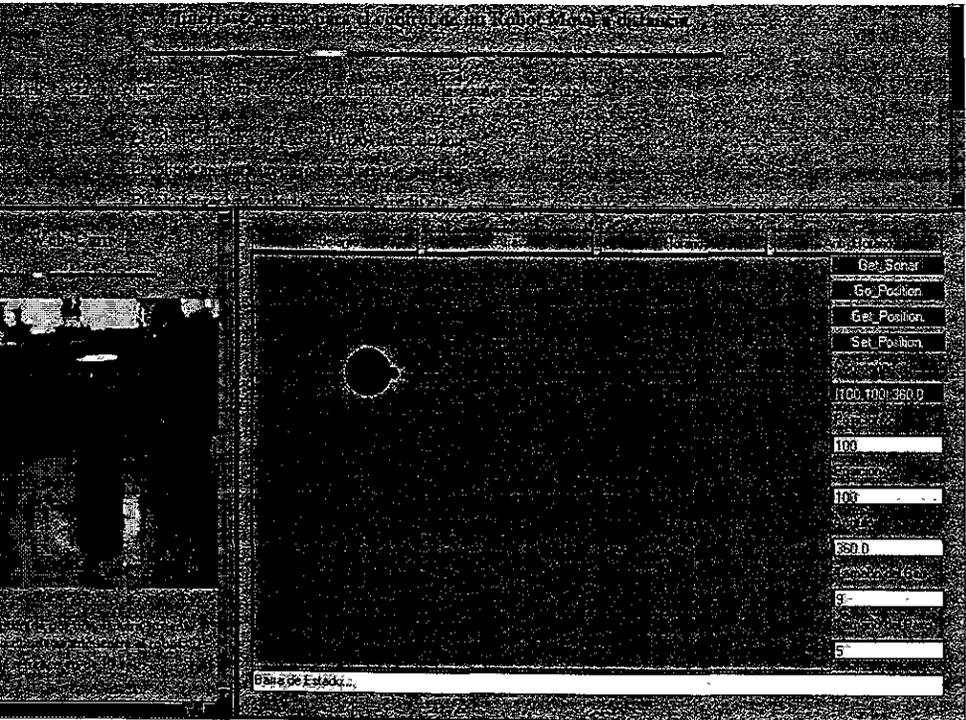
correspondiente en la simulación. Cuando el robot detecta la existencia de un objeto, regresa la distancia a la cual detectó

o Cada sonar es independiente, por lo que podemos obtener distintas distancias por cada lectura de sonares Los sonares

una distancia del centro del robot proporcional al factor recibido por la lectura de los sonares.

rar otra instrucción en la interfaz gráfica, la lectura de sonares es borrada.

ta tiene el siguiente aspecto:



4. Presentación de la página.

La página no se encuentra ligada actualmente al servidor de Web del laboratorio de interfaces inteligentes. Posteriormente se encontrará información relacionada con este proyecto en la página de Telerobotica dentro de la página web del laboratorio de Interfaces Inteligentes URL: <http://mezcal.fi-b.unam.mx>; en Proyectos → Telerobotica.

El archivo fuente se llama Robot.java. El servidor de comunicaciones se llama Interfase.java

Interfaz de Control Utilizando Equipo de Realidad Virtual

Una alternativa para aplicar conceptos de Telerobótica es utilizar el equipo de Realidad Virtual que tiene la Facultad de Ingeniería en el laboratorio de interfaces inteligentes.

Actualmente en el laboratorio de Interfaces Inteligentes de la Facultad de Ingeniería, existe un casco VR4 y un 3Dmouse, ambos con el Fastrak integrado para la detección de la posición de cada dispositivo. Ambos dispositivos convergen en el IPU como punto de referencia. El IPU (Intelligent Peripheral Unit) es la interfaz entre la Workstation y los dispositivos para sensar la posición de los Fastrak y los botones del 3Dmouse través del puerto serial. La WorkStation es una O2 de Silicon Graphics (www.sgi.fi-b.unam.mx), la cual tiene instalado sistema operativo Irix 5, y el software de Division (Dvise). Dicho software ha sido desarrollado para proyectos de desarrollo de espacios virtuales con un buen resultado. En este proyecto no se va a utilizar esta interfaz para desarrollar mundos virtuales, solo se utilizará el equipo y el software proporcionado para interactuar con los dispositivos (HMD y 3DM).

Un proyecto futuro podría incluir los conceptos de telerobótica y de Realidad Virtual. Este proyecto podría controlar remotamente un robot, utilizando el equipo de Realidad Virtual, el cual podría estar retroalimentado tanto por lo sensado en el entorno remoto, como por Realidad Aumentada (Augmented Reality), que es el enriquecimiento de la información sensada al pasar por filtros de filtrado, amplificación, simulación etc. Un ejemplo de esto podría ser dibujar en el espacio virtual donde convive el usuario con la realidad y el mundo virtual, objetos que no sean visibles para la cámara de video, pero que sean percibidos por los sensores como los sonares, infrarrojos o táctiles. Resultaría muy útil en entornos con poca visibilidad. Para desarrollar un sistema de este alcance, es conveniente obtener el software para desarrolladores de Division, el cual consta de un conjunto de librerías de C, que facilitan explotar los recursos del equipo de Realidad Virtual.

Al darnos cuenta de la analogía de conceptos entre Realidad Virtual y Telepresencia, la analogía radica en que ambos conceptos hablan de la inmersión del usuario en un entorno remoto, en la Realidad Virtual el entorno remoto es un mundo creado sintéticamente, mediante el uso de una computadora a través de herramientas de visualización, y en la telepresencia el entorno no existe físicamente donde se encuentra el usuario, es otro lugar al cual no tiene acceso más que a través de los sensores remotos.

De la misma manera, hay metas comunes para la obtención del éxito en proyectos de Realidad Virtual y Telerobótica, en ambos casos determinante el grado de inmersión que alcance el usuario, el desempeño de la interfaz, la cantidad y calidad de la información suministrada al usuario, la destreza e interés que éste preste a la tarea.

Descripción del equipo utilizado

El casco es un Head Mounted Display que como se había mencionado cuenta con un Fastrak de polhemus, con un visor bifocal de video, y un sistema de audio.

El 3Dmouse, es un Mouse de tres dimensiones. Es un dispositivo muy parecido a un Joystick, el cual cuenta con un sensor de posición, y 5 botones distribuidos uniformemente en su superficie. Existen dos en el mango presentes en forma vertical (TOP, BOTTOM), y tres en la cabeza del 3Dmouse presentes en forma horizontal (LEFT, MIDDLE, RIGHT).



Imagen del 3Dmouse

es una caja donde entra la señal sensada por el VR4 y el 3Dmouse, y la transforma en señales que se transmiten a la estación a través de 2 puertos seriales. Uno para fastrak, y otro para el sensado de botones del 3Dmouse.

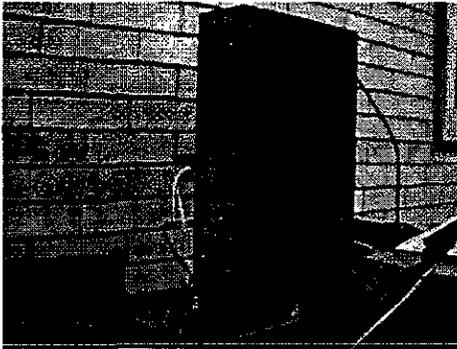


Imagen del IPU

El modo de Realidad Virtual está enfocado a conseguir la inmersión del usuario en el espacio Virtual.

El modo de comunicación de posición (fastrak) está basado en principios electromagnéticos, donde:

El transmisor es una terna de bobinas electromagnéticas, encapsuladas en un plástico, el cual emite campos magnéticos. El receptor es el punto de referencia a partir del cual se toman las medidas del receptor. El receptor es una pequeña terna de bobinas electromagnéticas, encapsuladas en un plástico, el cual detecta el campo magnético emitido por el transmisor. El receptor es un cubo ligero cuya posición y orientación son medidos en forma precisa conforme se mueve. El receptor es completamente pasivo, no tiene voltaje significativo aplicado³³.

Manejo de la Interfaz de Control

La presente interfaz está basada en dos programas de C que habitan en la Workstation O2, los cuales leen los puertos serie donde se recibe la información del IPU. El primero de ellos, el *readft.c*, lee la posición del Fastrak configurado como salida estándar. Abre un puerto serie, entra a un ciclo infinito donde se lee la información detectada por el Fastrak, hasta que se interrumpe la ejecución del programa.

El segundo programa, *read3dm.c* lee el arreglo de botones del 3Dmouse. Al igual que el anterior, entra en un ciclo infinito donde se lee constantemente por la información encontrada en el puerto serial de la WorkStation. En cada ciclo, el programa pregunta al usuario por los botones lo que nos permite realizar distintas combinaciones entre ellos, es decir, se puede programar una interfaz de control donde al presionar un solo botón, se ejecute un comando y al presionar los botones TOP y BOTTOM al mismo tiempo, ejecute un comando distinto a si presionara primero TOP, y después BOTTOM.

En el presente proyecto una función específica a cada uno de los botones, asignando uno para el giro horario, otro para el giro antihorario, otro para avanzar y otro para retroceder.

Un elemento de retroalimentación es la imagen de video capturada por la cámara y desplegada en el VR4. Esta forma de mostrar la imagen es más efectiva que mostrarla en el monitor como se presentó en la solución anterior. El hecho de tener un casco, y ver la imagen en su visor, nos aísla de distractores visuales del entorno del usuario, permitiéndonos concentrarnos en el entorno del robot al ejecutar la tarea. Además, el controlar el movimiento con el 3Dmouse es más fácil que hacerlo con la interfaz gráfica en Java.

Para operar la presente interfaz, tenemos un servidor de comunicaciones entre el 3Dmouse y el servidor de recursos del robot. El conjunto de sensores del 3Dmouse - VR4 conforman la interfaz de control del usuario. La información sensada es transmitida directamente al IPU (Intelligent Peripheral Unit). El IPU traduce esta información y la prepara para ser presentada en 2 puertos seriales de la Workstation. El refresco de la información se realiza automáticamente por el IPU a la misma velocidad de actualización de los sensores, de tal forma que en todo momento se encuentra la información actualizada en los puertos serie, lista para ser leída.

Información obtenida de la página Web del fabricante <http://www.polhemus.com>.

Workstation se encuentra un servidor de comunicaciones, el cual está leyendo constantemente la información de los puertos y la traduce y obtiene cual o cuales de los botones están siendo presionados por el usuario. Este servidor de comunicaciones traduce la información recibida según el protocolo adecuado (el definido por el servidor de recursos del robot), y a solicitud de conexión al servidor de recursos del robot en el puerto respectivo. Cuando el servidor de recursos del robot recibe la conexión, el servidor de comunicaciones envía la información sensada por el 3Dmouse, ya traducida y preparada para ser enviada por el protocolo de comunicaciones. Cuando el Servidor de recursos del robot recibe el comando a realizar, lo ejecuta y devuelve el estatus de la ejecución de la orden.

Protocolo de comunicación Workstation - Robot

El protocolo de comunicación utilizado, tal como se vio en la solución anterior, está sujeta a las especificaciones del servidor de recursos del robot. Por lo cual esta solución se desarrolló considerando las especificaciones de mensaje ya definidos.

Para establecer la siguiente tabla de equivalencias

Botón del 3Dmouse	Correspondencia en el Robot
BTM	Avanzar : t PASO
BTM + DOWN	Retroceder : t PASO (negativo)
BTM + LEFT	Giro Antihorario: y GIRO
BTM + RIGHT	Giro Horario: y GIRO (negativo)
BTM + MIDDLE	Pide posición: p
BTM + MIDDLE + UP	Reset posición: s(0 0 0)

Como se puede ver, se pueden desarrollar controles para soportar todo el rango de funciones que utiliza el robot.

Interfaz Equipo RV - Usuario

Uno de los problemas que presenta esta solución, es la dificultad de regresar información al usuario. Actualmente el único medio de retroalimentación es la imagen obtenida por la cámara, la cual es pasada en forma independiente utilizando los recursos de la Workstation, capturando la imagen en el espacio de trabajo local y definiéndola como la salida estándar de la Workstation, posteriormente se configura el casco para recibir la salida estándar de esta, desplegándola en el visor.

En un proyecto futuro se puede enriquecer la retroalimentación al usuario, enviándole el estatus de ejecución de las ordenes del robot, mostrándole un menú de comandos que puedan ser realizados mediante la combinación de botones del 3Dmouse, como la Realidad Aumentada, y como se ha comentado, se puede montar un brazo mecánico que sea controlado por el 3Dmouse y el VR4. Por otro lado, se puede montar una cámara con 2 grados de libertad sobre el robot, la cual sea controlada por los movimientos de cabeza del usuario al tener puesto el VR4, de tal manera que la perspectiva del robot (hacia donde está la cámara) sea independiente del control de movimiento del robot, controlado por el 3Dmouse.

En la interfaz con el usuario no interviene programación de alto nivel, la transmisión de la información al puerto serie de la Workstation es prácticamente instantáneo. El servidor de comunicaciones está programado en C, lo que nos proporciona una velocidad de excelente velocidad³⁴.

³⁴ Un conjunto de factores que son determinantes en la telepresencia, no son constantes para el Universo de usuarios, los factores psicológicos principalmente, varían de una forma variada de un usuario a otro, lo que permite a unos usuarios experimentar la telepresencia más fácilmente que a otros.

Transmisión de Video.

Como ha comentado en el desarrollo del proyecto, la visión de nuestro entorno es considerado el elemento más importante de la presentación, pues una imagen resulta muy descriptiva de lo que pasa tanto en el entorno remoto como en el lugar donde nosotros estamos situados. La visión nos proporciona la perspectiva de los objetos, a que distancia se encuentran de nosotros, su tamaño, textura, condición, nos indica si están en movimiento los cuerpos y en que dirección.

Por lo tanto se consideró importante incluir la imagen de video en ambas soluciones, tanto para la interfaz gráfica en Java utilizando la WebCam, como en la utilización del equipo de Realidad Virtual como interfaz de control.

Al ordenar la manera en que se va a presentar la información en la interfaz correspondiente, dividiremos el presente capítulo en dos secciones. La primera para profundizar en la manera como se desarrolló la WebCam, y la segunda, en la manera como se implementa el video para el visor del casco de Realidad Virtual.

WebCam

La WebCam, es un video mostrado en una página de Internet, el cual es capturado en tiempo real por una cámara dedicada a tal efecto. Debido al tráfico en la red, y a la gran cantidad de recursos que se requieren para transmitir gráficos, regularmente se hace un intervalo espaciado de refresco o actualización de la imagen que se presenta en la página de Internet.

La WebCam es una foto tomada en un lugar determinado, por una cámara colocada para capturar imágenes de dicho lugar, estas fotos se presentan en una página de Internet, la cual está sujeta a un periodo de refresco de pantalla, o de recarga, mediante el cual la imagen se actualiza con la foto más reciente tomada por la cámara.

Descripción del equipo.

La WebCam se situará en el WebServer de nuestro proyecto. El WebServer es una máquina O2 de Silicon Graphics (pulsador.fimx), la cual cuenta con una cámara proporcionada por el fabricante y que acompaña el equipo. Esta cámara es controlada por un software llamado Media Recorder, que también viene por default en la instalación del equipo. Existen algunas opciones que nos permiten manipular la información captada por la cámara desde la consola de Unix.



Cámara de la O2



O2 de Silicon Graphics

Presentación de la imagen en Tiempo Real

Debido a las tags o etiquetas para codificación de páginas HTML, no existe una que nos permita mostrar en la página video en tiempo real, lo único que se nos permite es mostrar imágenes (iconos o fotografías con formato bmp, jpg, etc.) y animación en un formato específico (con extensión gif o mpeg por ejemplo) que consiste en guardar en un archivo un conjunto de imágenes que se presentan en forma secuencial produciendo la sensación de movimiento.

En nuestro proyecto, utilizaremos este principio, para lo cual debemos de mostrar en la página de Web una secuencia de imágenes capturadas por la cámara de video, dichas imágenes a su vez deben de ser capturadas y preparadas para su presentación.

Para dividir el desarrollo de una WebCam en tres secciones:

La primera consiste en crear un script que capture la imagen y la convierta a un formato utilizable en las páginas de Web. Esto implica obtener una fotografía de la cámara de video, la cual será guardada en un archivo, que se estará sobrescribiendo a un intervalo de tiempo lo suficientemente corto como para no perder la secuencia de las acciones que ocurren en el entorno remoto y lo suficientemente largo como para no sobrecargar al servidor con el procesamiento de las imágenes. La segunda es enfocar la cámara, en el objeto o sistema deseado.

tercera parte consiste en crear una página de Web que incluya la imagen de video o una liga a ella. Para asegurar que el usuario ve la imagen actualizada, hay que proporcionar una manera de refrescar la página. Lo anterior implica mostrar en una página de Internet la imagen generada en la primera sección, asegurando que la página se refresque en un intervalo de tiempo tal al que tarda en sobrescribirse el archivo con la imagen. Esto actualizará la página de Internet con la nueva imagen creada.

Este procedimiento continuará efectuándose mientras dure abierta la página de Internet. Esto se consigue configurando la página para que se refresque continuamente, y por otra parte, asegurando que el proceso que sobrescribe el archivo de imagen, esté ejecutándose mientras exista una página de Internet abierta.

Desarrollo de la Web Cam

Se ofrecen tres alternativas para efectuar la sobrescritura del archivo de imagen, y dos para la presentación en la página de Web. Estos procedimientos serán mostrados en el siguiente tema.

Presentación de la imagen en tiempo real.

Shell de Unix

Se puede usar un script shell para capturar y convertir frames simples a partir de la cámara del sistema a imágenes JFIF (JPEG) que pueden ser desplegadas en una página de Web.

El siguiente Script es el propuesto para desplegar la imagen en la página³⁵.

```
#!/bin/sh
# Converts images from system camera to .jpg snapshots (for web use)
outdir=/data/video
chmod 777 $outdir
set -e

/usr/sbin/vidtorem -f webcam 1> /dev/null 2> dev/null
/usr/sbin/dmconvert -f jfif webcam-00000.rgb $outdir/snap.jpg/dev/null 1> /dev/null 2> /dev/null
chmod 644 $outdir/snap.jpg
rm webcam-00000.rgb
sleep 300
```

Los números de línea son mostrados solo para explicar el script.

Línea 3 especifica el directorio en que el script escribe el archivo con la imagen final.

En la línea 6, se usa la aplicación videntem(1) de IRIX, para convertir la imagen RGB a una imagen JIFF (JPEG) y escribe la imagen a un archivo llamado snap.jpg. La información de la salida estándar y el error estándar se escriben en /dev/null/. lo que evita sea mostrada esta información en la consola donde es invocado este shell.

La línea 8 establece permisos para que el servidor de Web pueda leerlos.

La línea 9 borra el archivo webcam-00000.rgb

La línea 10 ordena al script aguardar 300 segundos (5 min) antes de volver a ejecutarse. En nuestro programa, modificamos el intervalo de refresco para que se actualizara la imagen cada 10 seg.

Para ejecutarlo hay que realizar lo siguiente.

1. Ejecutar el script y llamarlo *getframe* (u otro nombre mnemónico), aplicando los respectivos permisos para que pueda ser ejecutado

2. Ejecutar el directorio definido en la variable *outdir*

3. Ejecutar *Media Recorder*, o la herramienta de captura para ver la imagen de la cámara conectada enfocando el objeto deseado. Es necesario grabar el video, por lo que podemos salir de la herramienta después de enfocar el objeto.

4. Ejecutar el script *getframe*. (*./getframe &*). Con lo que el script correrá y creará una fotografía de la imagen vista por la cámara cada 10 segundos.

5. Desplegar la imagen a una página de Web ()

³⁵ Información obtenida del artículo *Putting Video and Snapshots on a Web Page*.

do un script CGI (Common Gateway Interface)

de shell simplemente muestra una imagen capturada por el script, y la captura de la imagen es un proceso que es cliente del despliegue en la página de Web, en cuyo caso la imagen podría no estar actualizada cuando la página Web sea

crear una página Web que ejecute un script CGI (Common Gateway Interface) que regresa una **snapshot** a la página nada

este script, muestra la aplicación de CGI para obtener la Webcam

```
#!/bin/sh
Content-Type: image/jpeg

HOST=$REMOTE_HOST
DATA=/data/video
/bin/vldtomem -f $name 2>/dev/null/
/bin/dmconvert -f jfif $(name)-00000 rgb
$(name).jpg 2>/dev/null
$(name).jpg"
F $(name)*.*
```

Content-Type es el header que es enviado al Web browser. El script convierte el archivo a una imagen JPEG, por lo que dicho o está indicado como image/jpeg

esta propuesta funcione, lo siguiente debe ser cierto:

Webcam deberá estar conectada a una máquina donde el Web Server este corriendo.

WebServer deberá estar configurado para procesar CGI's.

script CGI deberá estar guardado en el directorio correcto.

estaciones de trabajo O2 usualmente está configurado el servidor Netscape Personal Fastrack. Si se tienen permisos de puede escribir el script CGI en el directorio /var/www/cgi-bin. Usar el siguiente markup dentro de la página de Web para el script CGI cada vez que un usuario cargue la página. Para nuestro caso tenemos

una aplicación Webcam como un programa CGI, consume recursos del servidor, principalmente si la página es visitada muchos usuarios. Si la página es demandada por muchos usuarios, un programa shell simple es más eficiente.

do el servidor OutBox.

ware simple que toma fotos para Webcam está disponible en el paquete de herramientas OutBox, incluido en Irix 6.3. Por d, la cámara de Web está deshabilitada por default. Para habilitarla, hay que editar el script CGI en /var/www/cgi-bin/cgi- donde se debe de descomentar el campo camera=ENABLED, y comentar camera=DISABLED. Se deben tener permisos para editar el archivo CGI snap. Esta solución es parecida a la anterior, de tal forma que puedo invocar la imagen desde la gregando el siguiente markup

cada vez que se cargue la página, el script corre actualizando la imagen. Esta solución requiere este instalado el paquete y el subsistema dmedia_eoe.sw.tools

nes de desempeño, la opción seleccionada es la primera (shell de unix), donde el servidor permanecerá capturando una a cámara cada 10 seg, la cual será depositada en un directorio específico que puede ser leído por la página de Internet De na el servidor controla la captura de la imagen y no el cliente (usuario).

es para refrescar la pantalla de Internet.

mente los sitios en Internet que tienen una Webcam, actualizan sus imágenes cada 5 minutos³⁶. El intervalo de refresco es izado para cada aplicación, y está en función de las necesidades del usuario y las limitaciones en red y equipo. Cada vez proceso se inicia, consume recursos del sistema.

s permitir que el usuario indique cuando necesite actualizar la pantalla, pero buscamos la automatización de tareas, por lo mos que conseguir que se actualice las imagen sin que el usuario lo solicite. Tenemos dos opciones de autorefresco en la e Web. la extracción del cliente (Client Pull) o la colocación del servidor (ServerPush).

Información referente a la Webcam fue tomada del artículo "Putting Video and Snapshots on a Web Page" de las publicaciones Pipeline de SiliconGraphics 10, Numero 2 (Marzo/Abril de 1999)

Conexión del Cliente (Client Pull)

La conexión del cliente, una página HTML contiene código que obliga a los browsers que lo soportan a crear una nueva conexión después de un tiempo especificado. La nueva conexión puede cargar la misma página o cargar otra distinta. Debido a que las nuevas versiones de browsers soportan el Client pull, hay que considerar que no todas lo soportan, y que algunos clientes pueden quedar excluidos si no cuentan con la versión adecuada.

El contenido del Client Pull, puede estar contenido en META tag's o en un header de respuesta de HTTP. Los META tags contienen información que es pasada al browser pero que no es desplegada. Cuando se usa un META tag el browser interpreta el contenido del encabezado HTTP. El siguiente META tag, provoca un refresco de la misma página cada 10 segundos. `<META HTTP-EQUIV="Refresh" CONTENT="10">`

El tag `<META HTTP-EQUIV="Refresh">` dice al browser que refrescara la página y el CONTENT, dice al browser cada cuanto lo hará. El tiempo debe ir escrito en el encabezado del código HTML (entre `<HEAD>` y `</HEAD>`).

Para establecer el tiempo de refresco, hay que tomar en cuenta, que cada vez que la página se carga, se genera una nueva conexión al servidor, el cual deberá procesar el requerimiento. Esto implica que entre más páginas realicen un reload, mayor será el uso en los recursos del servidor. El tiempo de refresco debe considerar tanto los requerimientos de funcionalidad como el uso en los recursos del sistema.

Conexión del Servidor (Server Push)

Una vez cargado una página completamente, y el botón de Stop permanece encendido, indicando que continúa la transferencia, el cliente simplemente se trata de un Server Push. En un Server Push, la conexión HTTP se mantiene abierta, y el servidor puede enviar datos en cualquier momento durante la conexión. El cliente puede terminar la conexión, presionando el botón de Stop o el botón de recarga de página, incluso el Servidor puede terminar la conexión de acuerdo a criterios predeterminados.

Se utiliza varios Extensiones de Internet Mail de Multipropósito (MIME) para encapsular datos enviados por un servidor en un mensaje a un requerimiento, y el Server Push es controlado por una variación de MIME estándar conocido como multipart/mixed. EL MIME multipart/mixed representa muchos bloques de datos en una simple respuesta HTTP, habilitando a los clientes para desplegarlas dentro de la misma página. La variación para Server Push es conocida como multipart/x-mixed-replace donde la x indica que es un MIME de tipo experimental y replace indica que los bloques de datos nuevos reemplazan a los anteriores a su vez que se despliegan juntos.

Ejemplo de mensaje multipart/x-mixed-replace

`Content-Type: multipart/x-mixed-replace, boundary=SomeString`

`Content-String`

`Content-Type: text/html`

`Content-String`

`Content-String`

`Content-Type: text/html`

`Content-String`

`Content-String`

El ejemplo contiene dos bloques de datos text/html, cada uno limitado por un limitador *SomeString*. El límite, que puede ser cualquier cadena de caracteres, marca el fin de un bloque y el principio de otro, excepto cuando el delimitador es seguido por dos caracteres que indican que no habrá más bloques y que el mensaje está completo.

En un Server Push, por lo regular el servidor no coloca el mensaje completo al mismo tiempo de una vez, en su lugar, envía bloques de datos sucesivos como se especifico en el programa CGI, que envía encabezados HTTP, encabezados MIME y datos.

En la dirección del programa CGI, el servidor envía el primer header y el primer bloque de datos al browser pero mantiene la conexión abierta. Por el otro lado, el browser carga los datos y al no recibir el terminador de cadena, aguarda por más. Cuando el programa CGI lo indica, el servidor envía el siguiente bloque de datos, y el browser sustituye el primer bloque por este nuevo bloque. Esto continua hasta que el programa CGI indica al browser que termina la sesión enviándole el terminador de conexión.

Un Server Push puede ser más eficiente que un Client Pull pues no es requerida una nueva conexión HTTP y por que el servidor tiene control de la transferencia de datos, además puede decrementar el tiempo de transmisión. Por otro lado, el usar programas que mantienen conexiones continuas consumen recursos del servidor.

Para interrumpir el trabajo de poleo que se efectúa al capturar la imagen de la cámara, se utilizara el Client Pull. De esta forma el cliente buscará una imagen en el servidor tal como lo haría para cualquier otra imagen, solo que la cargará cada 10 segundos.

Visor del VR4

Existen varios dispositivos de Realidad Virtual que sirven para mostrar el entorno remoto (ya sea por ser desarrollado mediante herramientas de computo o por encontrarse físicamente lejano), dichos dispositivos se caracterizan por mostrar imágenes presentadas en tres dimensiones, para lo cual explotan conceptos como la profundidad generada a partir de estereoscopia (disparidad binocular), convergencia, enfoque y paralaje



VR4



Binoculares



Lentes



Cyclops



WindowVR

En su efectividad, estos dispositivos producen un sentimiento menor o mayor de inmersión. Sin duda el dispositivo que mejor produce el sentimiento de inmersión es el HMD.

El Head Mounted Display (HMD), es un casco con un visor preparado para presentar señal de video, al cual se complementa con un sistema de seguimiento de posición (Fastrak), y regularmente un sistema de audio. Hay distintos tipos de HMD y sus modelos varían según el uso y las necesidades del cliente.



Head Mounted Display de Virtual Research Modelo V8.

1 Descripción del Equipo

po de Realidad Virtual con que cuenta el Laboratorio de Interfaces Inteligentes, consiste de un HMD VR4 de Virtual ch, de un 3Dmouse de Division, de un concentrador de señales IPU (Intelligent Peripheral Unit), y de la Workstation de 02 de SGI

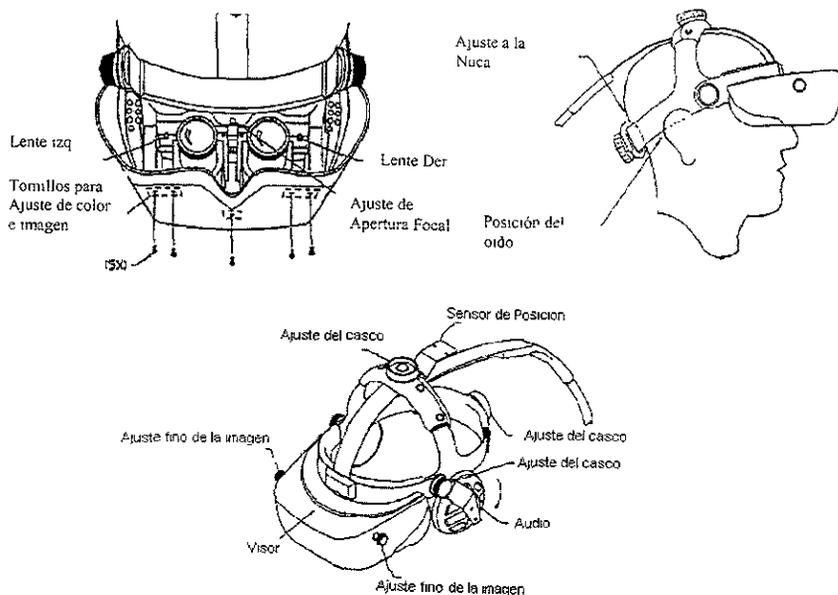


Figura 5.3.2.1. Descripción del VR4

Figuras de arriba podemos ver los elementos que forman el HMD VR4, la primera figura muestra la vista interna del casco, en apreciar el par de lentes para producir el efecto de disparidad binocular, y controles para ajuste de la apertura entre los y colores. En la segunda figura se aprecia una perspectiva lateral del casco que indica principalmente la manera de o adecuadamente. En la tercer figura, se muestra el sensor de posición, el audio, los ajustes de imagen y el ajuste de la cabeza del usuario



Figura. VR4 de Virtual Research

caciones ³⁷

talla de matriz de cristal liquido de 13" diagonal

olución por lente: 170,660 elementos de color a (742 x 230) equivalentes a 56,887 trads

ste: R, G, B ganancia, brillo y contraste (para entrada RS-170A), color, contraste, y brillo (para entrada S-VHS)

mpo de visión: 60 grados en diagonal al traslapar 100%, 67 grados al traslapar 85%.

mentos Ópticos: lentes Multi-Elemento, diseño corregido para color completo

ngo de Distancia Interpupilar (IPD). 52mm a 74mm

eve de lente: Ajustable de 10-30 mm

slape: 100% o 85% (configurable por usuario). Traslape parcial es convergente.

ntes de imagen Estereoscópica/Monoscópica: Entrada monoscópica a 100% de traslape o entrada estereoscópica sujeto a configuración delegada a la caja de control.

ifonos digitales compatibles a Sennheiser HD440

uye caja de control separada; conectores de entrada para RS-170A y formatos de video S-VHS estándar La caja de control incluye un puerto de salida al monitor, para que los espectadores puedan observar la escena virtual sin gasto adicional una unidad para dividir el video.

nterfaz con el Usuario (HMD-Head Mounted Display)

se conecta a un receptor de imágenes (caja de control proporcionada con el VR4), dicho receptor está conectado a la estación en la salida estándar para video, lo cual implica que no hay que realizar mayor configuración del equipo para la transmisión de la imagen en el visor del casco, pues existen puertos en la WorkStation dedicados a ese fin.

Para la imagen que deseamos mostrar en el casco es la capturada por la cámara de la WorkStation, debemos de configurar el equipo para que la entrada de la cámara sea la salida estándar de la estación de trabajo. Esto lo conseguimos entrando a la configuración de Media Recorder, que es el software encargado de administrar la información presentada por la cámara. Como la cámara es considerada un recurso más de la Workstation, al configurar el Media Recorder, dejamos listo el sistema para transmisión de video desde la cámara hasta el visor del VR4.

Este checklist puede ayudarnos a configurar la sesión para transmitir la imagen sensada por la cámara al visor del VR4

Prender Sistema de Video del VR4

El VR4, cuenta con una caja que controla la transmisión de video, hay que encenderla para poder utilizar el equipo. *System Power On*

Capturar imagen en Salida Estándar

Entrar a Media Recorder

Seleccionar del menú Task, -> Show Task Setting

Seleccionar el tab *Image*, seleccionar *Frame Size* seleccionando *640 * 484*, que es el default para la salida estándar que se enviara al visor.

En el menú de Media Recorder, seleccionar *Options* -> *Video Panel* -> *Default Input* -> *Camera Video*

Seleccionar *Utilities* -> *Live Video Output*; que es la herramienta que captura el video y lo envía a la salida estándar.

Comenzar la imagen captada por la cámara a la Salida de video en tiempo real (montar el recuadro en la salida de la cámara)

Si ocurre un error,

Entrar a Media Recorder,

Seleccionar *Close* para cerrar salida en tiempo real, oprimir botón derecho del Mouse en el botón *LiveVideoOutput* y seleccionar salir.

Finalmente, podemos ver en el monitor de la estación de Trabajo la imagen de la cámara, la cual está enmarcada por el recuadro *Live Video Output* (salida de video en tiempo real). La imagen contenida en este recuadro es enviada a la salida estándar de la estación de trabajo, que está previamente conectada al receptor de video del VR4, permitiendo ver dicha imagen en su visor.

Esta configuración alternativa presenta una buena resolución de la imagen. La imagen se presenta en el casco en tiempo real. Se aísla al usuario del exterior al estar cubierta su área de visión por los costados del casco, restringiendo su visibilidad a la imagen que se muestra por el visor.

Las imágenes obtenidas de la página en Internet del fabricante (www.virtualresearch.com)

Integración de módulos

hemos hecho una descripción de los elementos que integran las soluciones de la interfaz en Java y la interfaz con equipo de Realidad Virtual. Ambas soluciones coinciden con el diagrama de procesos general mostrado en la figura 3.1. Podemos observar en la figura que los extremos del sistema son precisamente el Usuario por un lado y el Robot por el otro, ambos interactúan al realizar una tarea. Entre ellos se encuentran los servomecanismos que actúan sobre el robot y le permiten ser un sistema dinámico. Por otro lado un conjunto de sensores. Entre estos sensores tenemos los que sirven para proporcionar información al robot sobre su posición, y otros que le proporcionan información del entorno al usuario. Tenemos un elemento común que es el sistema de comunicación hombre - máquina que es donde se efectúa la traducción del lenguaje que maneja el hombre al lenguaje que entiende el robot.

Este sistema de telepresencia que presentamos, se tiende a utilizar todos los recursos con que cuenta el robot. El robot cuenta con recursos de procesamiento, sensorado y acción. El robot cuenta con una microcomputadora que nos ayuda a controlar sus recursos. La computadora tiene instalado como sistema operativo a Linux, un compilador de C, y un conjunto de librerías que nos ayudan a programar interfaces que facilitan la interacción con sus recursos. Existen varios programas almacenados en el disco duro del robot que son utilizados para tareas específicas. El programa que utilizaremos en este proyecto³⁸, recibe instrucciones del usuario en un protocolo predefinido, interpreta estas instrucciones y activa los servomecanismos del robot para ejecutar la acción. Estas instrucciones que pueden darse al robot se encuentran la solicitud de sensorado y la solicitud de movimiento. De esta forma el robot puede desplazarse a través del área de trabajo sensorando los elementos que se encuentran en su entorno a solicitud del usuario. El usuario percibe los factores del entorno remoto del robot, y realimenta instrucciones para completar la tarea. Este es un sistema de video que es utilizado para enriquecer la Interfaz con el usuario, pues es más fácil percibir el entorno remoto que lo que hay en él.

Para organizar el capítulo, vamos a separar ambas interfaces y las trataremos por separado, tal como lo hemos hecho anteriormente.

Interfaz Gráfica en Java

La interfaz se comunica con el robot a través de una página de Web. Dentro del programa de control del robot se levanta un aplicativo de comunicaciones, el cual se encarga de atender los requerimientos del usuario conectado al robot, el servidor recibe un mensaje del usuario, lo traduce a lenguaje que pueda ser entendido por el robot, y este ejecuta la acción correspondiente, como el movimiento o de sensorado; cuando sea necesario regresará un mensaje con la información requerida por el usuario. Del otro lado está el usuario, el cual entró a una página de Internet en la que puede ver una imagen del entorno remoto donde se encuentra el robot, la página se actualiza en periodos razonables de tiempo. Se le ofrece al usuario un conjunto de botones de control con los que puede codificar mensajes con instrucciones al robot. De esta forma tiene retroalimentación del entorno remoto para actuar en él, cumpliendo con los principios de teleoperación.

Para utilizar la interfaz nos debemos sujetar al siguiente checklist de arranque:

Parar robot. Iniciar servidor aplicativo de control de recursos del robot

Verificar los distintos dispositivos del robot, dejando en on los switches encontrados en la parte superior del robot

Verificar *Telnet* sobre *lcomp97.fi-b.unam.mx* (desde la máquina que funcionara como consola de *lcomp97*, con la única finalidad de correr el programa de control del robot).

Verificar servidor *tcx* con la instrucción *tcxServer*

Verificar el servidor de la Base con la instrucción *baseServer*

Verificar programa *subsumption* en el path */usr/saul/programas/subsumption/* con el argumento *pulque (pulque.fi-b.unam.mx)*, donde es la máquina cliente.

Parar video. Iniciar shell que crea la fotografía del entorno remoto.

Verificar programa *getframe* que se encuentra en el path */usr/saulc/data/video/*, el programa no requiere argumentos.

Codificar que se este guardando la imagen *snap.jpg* en el path */usr/saulc/data/video/*

Verificar la visión de la cámara para que enfoque el área donde operará el robot

Verificar la página con la interfaz de control del robot.

Verificar servidor de comunicaciones de java *Interfaz.class*, el cual se encuentra en el servidor *pulque.fi-b.unam.mx*, en el path */usr/saulc/tesis/html/*; corriendo la siguiente instrucción: **PROMPT>java Interfaz**

Verificar browser

Verificar URL <http://inczcal.fi-b.unam.mx/LIT/~saul/robot.html>

³⁸ Este programa se llama *subsumption* y fue desarrollado por Marco Antonio Morales Aguirre en su trabajo de tesis para Maestría

ificar que se ve la imagen del robot dentro de la página de Web
 ificar que se haya cargado el applet de java
 ejar a operar el robot
 r del Sistema.
 e baja los servicios del robot. (cntrl-C en consola correspondiente)
 e baja el servidor de comunicaciones java (cntrl-C en consola correspondiente)
 el servidor de vídeo (cntrl-C en consola correspondiente)
 resar a página principal en browser

Interfaz utilizando Equipo de Realidad Virtual.

rfaz se comunica con el robot a través del equipo de Realidad Virtual. El mismo programa de control del robot se utiliza. Interfaz, el servidor recibe un mensaje del usuario y lo traduce a lenguaje que pueda ser entendido por el robot, esta soporta por el momento solo comandos de movimiento.

lado está el usuario, el cual sujeta el 3Dmouse en una mano y tiene colocado el Head Mounted Display. En el visor del eede observar el entorno remoto y con el 3Dmouse puede controlar el movimiento del robot. El 3Dmouse cuenta con 5 dos en el mango (TOP, BOTTOM) y tres en la cabeza (LEFT, MIDDLE y RIGHT). Cada botón tiene una función ca. TOP y BOTTOM para avanzar y retroceder respectivamente, LEFT y RIGHT para giro antihorario y horario amente. De esta forma el usuario tiene retroalimentación del entorno remoto observando el entorno remoto en el visor o y puede actuar en él, controlando el movimiento con el 3Dmouse, cumpliendo así con los principios de teleoperación

pera la orientación y el movimiento fino del HMD para retroalimentar la posición y orientación del robot. Esto nos ona control de movimiento fino y control de desplazamientos importantes al conjugar el uso del HMD y el 3DM

rrer la interfaz nos debemos sujetar al siguiente checklist de arranque:

der IPU (Intelligent Peripheral Unit), interfaz entre el 3Dmouse y Fastrak contra Workstation

em Power On

rtrack Power On

ual Research System On

urrar imagen en Salida estándar

r Media Recorder

eccionar task, -> Show Task Setting

el tab Image, seleccionar Frame size seleccionando 640 * 484, que es el default para la salida estándar que se enviara al o

Options -> Video Panel -> Default Input -> Camera Video

utilities -> Live Video Output, que es la herramienta que captura el video y lo envía a la salida estándar.

star imagen captada por la cámara a la Salida de video en tiempo real.

er servicio de sensado del 3Dmouse

er telnet a pulque.fi-b.unam.mx entrando como user dvs, para tener permisos de ejecución en los programas de division.

rrer el programa read3dmk1x que se encuentra en el path /usr/dvs/telepresc/, el cual no requiere argumentos. El programa gunta si se corrió el testipu, después del paso siguiente dar "y" y presionar enter (El programa se encuentra escuchando a que se corre testipu)

rrer el programa testipu, que se encuentra en el path /home/division/install/diagnostics/bin/irix5/, no requiere argumentos ppués de presionar "y" en la consola donde se corrió read3dmk1x, podemos ver como recibe mensajes al oprimir botones 3Dmouse)

rrar robot. Iniciar servidor aplicativo de control de recursos del robot

rder los distintos dispositivos del robot, dejando en on los switches encontrados en la parte superior del robot.

er Telnet sobre lcomp97.fi-b.unam.mx

rrer servidor tcx con la instrucción tcxServer

rrer el servidor de la Base con la instrucción baseServer

rrer programa subsumption en el path /usr/saul/programas/subsumption/ con el argumento pulque (pulque.fi-b.unam.mx), es la máquina cliente

rancar los servicios del robot, tomamos el 3Dmouse, nos colocamos el casco y utilizamos la interfaz.

Salir

de baja los servicios del robot. (cntrl-C en consola correspondiente)
de baja programa read3dmk1x (cntrl-C en consola correspondiente)
presionar una tecla, seguido de q, en la ventana de testpu
parar el equipo de Realidad Virtual
presionar /Media Recorder, para cerrar salida en tiempo real, oprimir botón derecho del Mouse en el botón LiveVideoOutput y
presionar salir

Como se puede observar, tenemos dos maneras distintas de interactuar con el entorno remoto. En la primera tenemos más
opciones de control sobre el entorno remoto, pero mayor número de distractores. En la segunda tenemos un control más
preciso pero con menos distractores pero con control limitado a movimiento.

El uso continuo de estas interfaces permite adquirir destreza y conocimiento al explotar los recursos del robot. Además de darnos
información sobre los aciertos y las deficiencias de una y otra interfaz.

Algunas características importantes al interactuar con la interfaz en Java, encontramos las distracciones resultantes de interactuar
directamente en el entorno local y el pausado periodo de refresco que desconcentra al usuario al realizar una tarea.

Al interactuar con la interfaz utilizando equipo de realidad Virtual, encontramos malestar después de interactuar con el entorno
durante un periodo razonable de tiempo. La relación causal utilizando el Fastrak es deficiente. Necesitamos mandar una
serie de comandos para desplazar al robot.

Al preguntar al usuario sobre su opinión acerca de una u otra interfaz, generaría un juicio subjetivo en función de la experiencia
del usuario, que no forzosamente sería el más acertado. Buscando obtener una valoración objetiva basada en
medidas de desempeño, retomaremos en el siguiente capítulo los factores determinantes en el desempeño de teleoperadores.

RESULTADOS

En este punto, tenemos dos desarrollos, la interfaz gráfica en Java y la interfaz con Equipo de Realidad Virtual, ambos con el objetivo propuesto para el presente trabajo, "control a distancia de un robot móvil utilizando principios de telepresencia". Los dos modelos presentan atractivos desde distintas perspectivas, el primero contiene un menú de controles más y recupera más información de los sensores del robot que el segundo, pero el segundo controla mejor los factores de precisión, control y aislamiento que intervienen en el modelo.

La telepresencia obtenida en las perspectivas tecnológicas está en función del desempeño, y en la calidad de la interfaz. Por otra parte, la telepresencia obtenida en las perspectivas psicológicas, está muy relacionada con las características del usuario, es decir, con lo que tenga en la ejecución de la tarea, su habilidad, su disposición, su capacidad de concentración, etc.

Para evaluar el desempeño, retomamos lo visto en la sección 4.1.4.1 del presente trabajo:

Variables de resultados (resultado al completar una tarea)

Velocidad de terminación de la tarea es mejor en la interfaz con Equipo de Realidad Virtual.

Los factores que nos ayudan a terminar con mayor velocidad una tarea tienen que ver con la calidad de los actuadores del robot, la velocidad del sistema de comunicación, y la operabilidad del sistema.

Los actuadores no son punto de comparación entre las interfaces ya que ambas utilizan el mismo robot para teleoperar.

El sistema de comunicación contiene un servidor intermedio en la interfaz en Java, lo que hace ligeramente mejor a la interfaz con equipo de Realidad Virtual que ahorra el tiempo de procesamiento utilizado por el servidor de comunicaciones de Java.

Con respecto a la operabilidad, en la interfaz con Java podemos movernos a través del área de trabajo utilizando los dos modos de control: uno para movimientos importantes (desplazamiento a un punto específico mandando el comando GOTO), otro para control fino, donde se controla el movimiento por pequeños pasos del robot. Obviamente el uso de estos comandos consume recursos de procesamiento que no son utilizados con el equipo de Realidad Virtual, pero tareas complejas pueden ser resueltas cómodamente por el usuario enviando pocos comandos al robot. Esta solución implica teleoperación en no Tiempo Real.

Con el equipo de Realidad Virtual solo tenemos el control fino, aunque este control es más amigable que el proporcionado por la interfaz en Java. El ser amigable, permite enviar al robot los comandos con más facilidad y con mayor velocidad, sin importar al usuario humano, es decir, podemos enviar mayor cantidad de comandos por unidad de tiempo, situación que se incrementa al dominar más el 3dMouse. Esta solución implica teleoperación a ritmo del usuario.

El control fino es relativo, pues para ambas soluciones se tiene predefinido un paso mínimo de 10 cm, lo que dificulta la ejecución de tareas con rangos menores a este. En la interfaz en Java se puede ajustar el tamaño del paso en tiempo de ejecución, sin embargo, la interfaz gráfica proporcionada con esta solución está limitada en tiempo de refresco, es decir, tenemos que esperar a que se cumpla el período de refresco de la imagen, para observar el cumplimiento de la tarea.

Calidad de terminación de la tarea (incluyendo exactitud y medidas de error), es mejor en la interfaz en el Equipo de Realidad Virtual.

La interfaz en Java permite ajustar el tamaño del paso, lo que nos permite controlar la precisión de la tarea. El equipo de Realidad Virtual tiene constante el tamaño del paso lo cual implica que no se puede cambiar en tiempo de ejecución. Si incrementamos el tamaño del paso para el equipo de Realidad Virtual, nos desplazamos con menos comandos lo que implica un aumento en la velocidad pero disminución en la precisión; si disminuimos el tamaño del paso, ganamos precisión pero tenemos que enviar más comandos para ejecutar la tarea. La lectura de la posición del HMD permite el control fino de los movimientos del robot, con lo que tenemos completo el esquema de control: posibilidad de controlar movimientos importantes y controlar el movimiento fino.

La interfaz en Java maneja perspectiva en tercera persona y el Equipo de Realidad Virtual maneja la perspectiva en primera persona lo cual implica que la interfaz en Java puede perder detalles visuales que no se perderían con el equipo de Realidad Virtual, aunque puede ser benéfico tener una mejor panorámica para la ejecución de algunas tareas. Lo ideal sería poder switchear entre la perspectiva en primera y tercera persona.

Impacto operacional (incluyendo daño colateral y variables de impacto del operador como carga de trabajo), encuentra mejor desempeño en el equipo de Realidad Virtual.

Al utilizar la interfaz gráfica en Java se reporta un grado alto de distractores que cortan la experiencia de telepresencia. Dentro de estos distractores encontramos: el amplio intervalo de refresco que se requiere para actualizar la imagen del

entorno remoto en la pantalla del usuario, la perspectiva mostrada en segunda persona (como un espectador de las maniobras del robot), y el ruido local. Los comandos son transmitidos al pulsar un botón específico de la interfaz gráfica, lo que provoca distracción del usuario pues en lugar de ocupar su tiempo en la toma de decisiones, se tiene que ocupar de tareas funcionales. Sin embargo, esta solución presenta mejor desempeño para personas con mayor capacidad para explotar la funcionalidad del robot, pues les ofrece un menú con más comandos que en la otra interfaz. Esto nos dice que cuando la importancia de la tarea es alta, el usuario es diestro y conoce bien la interfaz, el desempeño de esta solución es mejor pues permite explotar ampliamente los recursos con que cuenta el robot.

El equipo de Realidad Virtual, permite adaptarnos mejor a la interfaz por lo manejable de los dispositivos. La imagen se actualiza en tiempo real por lo que el usuario puede ver lo que está haciendo en el momento en que se lo indica al robot. Al usar de ofrecer solo un menú limitado de funciones básicas, estas son las necesarias para controlar el movimiento del robot. El usuario se encuentra aislado del entorno local por el uso del casco por lo que se reducen los distractores visuales, permitiendo que tomar en cuenta que el ruido sigue presente al usar el equipo. El diseño ergonómico del 3dMouse permite familiarizarnos rápidamente con el dispositivo, y en poco tiempo se tiene la habilidad suficiente para perder la conciencia del uso de la herramienta, pues pronto se identifica el dedo que provoca la ejecución de una instrucción específica. Sin embargo, esta interfaz resulta a este momento limitada para usuarios con más experiencia, que deseen explotar más la funcionalidad del entorno remoto, pues no se ha desarrollado la capacidad de retroalimentar al usuario con la información recibida por los sensores que tiene el robot. El usuario tiene que guiar al robot durante toda la trayectoria, pues no se ha instrumentado en esta interfaz el paso de instrucciones compuestas, como indicarle que inteligentemente encuentre la ruta óptima entre un punto y otro, tareas para las que ya está preparado el robot, y que se explotan en la otra interfaz.

El control de procesos (comportamiento y eventos que ocurren mientras se está realizando una tarea).

Sensibilidad, es mayor en la interfaz en Java.

La interfaz en Java ofrece un mayor menú de funciones para resolver la tarea, entre las cuales se encuentra la recuperación de información del entorno remoto a través de los sonares. Si proyectamos esta capacidad podemos pensar en Realidad Virtual aumentada y guía del robot utilizando la información obtenida por los sensores. La información recibida por los sensores es desplegada en un monitor gráfico. El enriquecer este monitor con las características de un mundo virtual puede ser muy valioso para esta solución. Esta solución pierde sensibilidad en la información visual por el intervalo de refresco que el usuario tiene que esperar antes de obtener información reciente (5 segundos). Si se trata de una tarea de alta frecuencia esta solución se vuelve inaceptable por el intervalo de refresco.

En el equipo de Realidad Virtual la única retroalimentación manejada es la visual. En esta solución no se hace uso de procesamiento de imágenes para enriquecer la información recibida del entorno remoto. Si hacemos la analogía del entorno remoto con el mundo virtual, podemos decir que tenemos una interfaz aceptable, donde puedo ver en tiempo real los objetos del mundo virtual con los que puedo interactuar, puedo desplazarme dentro del mundo y examinar el entorno, aunque tenemos la limitación de no poder interactuar con los objetos más allá de la observación (navegación). Existe un grado de inmersión, donde tenemos una buena calidad de la imagen aunque dependiente de los algoritmos de envío y recepción de la posición. La manipulación del movimiento es adecuada.

Facilidad de uso, es mejor en el equipo de Realidad Virtual.

En Java la funcionalidad está limitada a los controles de las interfaces gráficas basadas en ventanas, donde el usuario tiene que utilizar el mouse o el teclado para enviar comandos al robot. Esto es benéfico por ser una manera común de controlar el robot, es decir, el uso de ventanas y botones es un esquema gráfico de uso y dominio popular. La limitante de esta solución es la necesidad de perder de vista la imagen del robot por ocuparnos en ubicar el botón que será presionado. Esto pierde importancia al hablar de tareas de baja frecuencia que son las únicas factibles para esta solución.³⁹

El 3dMouse está diseñado para ser fácil de usar, lo que se acentúa con la experiencia del usuario en el manejo del dispositivo. El diseño ergonómico del 3dMouse permite ubicar mecánicamente el botón que enviará la instrucción deseada al robot sin perder de vista la imagen en tiempo real del entorno remoto. Es un equipo tan natural que resulta fácil de utilizar, aún para usuarios inexpertos.

Controlabilidad de la fuerza.

Es mejor en el equipo de Realidad Virtual. Como los dos dispositivos aplican el control fino, los dos tienen la misma controlabilidad de fuerzas. El equipo de realidad virtual permite controlar los pasos en forma continua sensando la posición del Fastrak del equipo y enviando la instrucción adecuada al robot mediante el pulso de un botón del 3dMouse.

³⁹ Baja frecuencia son aquellas cuya fijación en la imagen del entorno remoto se puede perder sin implicar un impacto en la tarea. Las de alta frecuencia que requieren un continuo monitoreo del entorno remoto, pues el dejar de hacerlo puede implicar la pérdida de información valiosa en la ejecución de seguimiento de otro objeto móvil en el entorno remoto)

Para ambas soluciones no es factible al momento la retroalimentación de esfuerzos, ya que no se están usando dispositivos que generen fuerza.

A pesar de esto, la interfaz en Java solo podría mostrar un monitor gráfico que presente los esfuerzos realizados, mientras que el uso de Equipo de Realidad Virtual, permite incrementar la funcionalidad de la aplicación para que proporcione una herramienta con retroalimentación de esfuerzos, como es la utilización de un guante o Power Globe que tenga un sensor de posición y un generador de estímulos en la mano del usuario.

El juicio entre una solución y otra se vuelve interesante, pues si preguntamos a cada usuario su preferencia, el juicio sería en mucho de su habilidad y el alcance de la tarea a realizar utilizando la herramienta.

Al analizar el objetivo de la interfaz a la capacidad de controlar el movimiento del robot, dejando de lado la posibilidad de recibir la información de los sensores, encontramos fácilmente que es mejor la interfaz utilizando el equipo de Realidad Virtual pues el único factor que proporciona valor agregado a la interfaz en Java sobre el equipo de Realidad Virtual es precisamente la posibilidad de explotar la información recuperada por los sensores.

Al ver que hay deficiencias y limitaciones en ambas interfaces. En la interfaz en Java podemos ver que existen distractores locales dedicados a la tarea como son el ruido local y la necesidad del usuario de recorrer la pantalla gráfica para operar el comando que ha de enviar a través de la red, la necesidad de interpretar la simulación en lo que se refresca la imagen del entorno remoto, la operación del robot desde una perspectiva en tercera persona. Emplear muchos recursos en el entorno local afecta en mayor grado la telepresencia y en segundo grado el desempeño de la interfaz, pues será difícil sentirse cómodo con muchos distractores locales. Sin embargo, conserva su funcionalidad para usuarios diestros, ya que es más útil explotar la información recibida por los sensores que tener una interfaz presentable y amigable.

Con la interfaz con el Equipo de Realidad Virtual tenemos un menú reducido de comandos lo cual es restrictivo para usuarios novatos, diestros y con conocimiento de las capacidades del robot implicando un desempeño deficiente si la tarea involucra la información del entorno remoto. Por otro lado tenemos una buena relación causal entre los comandos enviados al robot y su inmediata ejecución, así como una retroalimentación visual en tiempo real, lo que se traduce en buen desempeño si el usuario quiere controlar el movimiento del robot. También tenemos equipo que es cómodo y manipulable, lo que permite un buen uso de los comandos, permite invertir tiempo en la toma de decisiones y no en controlar la interfaz, el casco aísla al usuario de los ruidos visuales del entorno local permitiéndole concentrarse en la tarea. Lo anterior propicia la inmersión del usuario en el entorno remoto, la identificación con la tarea que provoca un constante interés y concentración en su ejecución, condiciones ideales para experimentar el sentimiento de telepresencia.

El desarrollo del proyecto presenta cuatro puntos de control importantes:

1. Inicio de las instrucciones de control del robot. El programa subsumption se encuentra documentado por lo que no se desarrolló la comprensión de las rutinas de control. A este programa solo se le agregó la funcionalidad de los comandos de giro simple y paso simple.

2. Interfaz de control en Java. Una vez conocidas las reglas de control del robot, el desarrollo de la interfaz de control se realizó de forma ágil debido a lo robusto y portable de la herramienta de programación. Existe suficiente bibliografía y es muy sencillo al lenguaje C de programación lo cual facilitó el desarrollo. La mayoría de los recursos de desarrollo fueron sumados en su mayoría para generar la simulación.

3. Interfaz de control en el Equipo de Realidad Virtual. El desarrollo de ésta solución fue más complicado pues interactúan más elementos en el sistema de solución. Primero se resolvió el control del robot con el 3Dmouse, obteniendo un resultado satisfactorio. Posteriormente se resolvió el control de la orientación del HMD, el cual generaba basura en su información cuando necesario aplicar filtros para depurar la información. Al tener el control de la posición del HMD, se envió la información de movimiento al robot obteniendo una respuesta inestable por errores al pasar parámetros y en la traducción de unidades utilizadas en el robot y el HMD. Se realizaron algunas adecuaciones al programa para igualar las unidades y el paso de parámetros para corregir el problema.

4. Captura de la señal de video. Para el equipo de Realidad Virtual no representó mayor problema pues la WorkStation y el HMD están preparados para la transmisión de video. Para el desarrollo de la WebCam se facilitó el desarrollo al utilizar un artículo de la revista Pipeline de Silicon graphics en donde se explica detalladamente como crear una WebCam en una WorkStation.

CONCLUSIONES.

Los autores consideran a la telepresencia la condición ideal para el uso de teleoperadores, directamente vinculada con el entorno. Desde el punto de vista de la interfaz utilizando equipo de Realidad Virtual, esto es cierto pues el permitir al usuario interactuar con la tarea, y sentirse presente en el entorno remoto, es menos desgastante que tener que manejar y controlar los movimientos provenientes de ambos entornos, concentrándose en atender los estímulos del entorno remoto. El obtener una buena retroalimentación causal entre la interfaz y las acciones reales del robot permite al usuario proyectarse, anticiparse en la tarea, esto es crear un flujo de trabajo y conocer cual es el paso siguiente a realizar al concretar la instrucción que se ha enviado al robot, esta retroalimentación produce un efecto benéfico en el desempeño de la tarea pues mantiene al usuario concentrado, ayudándolo a completar rápidamente la tarea. Al ser de fácil manipulación el control manual del 3dmouse, el usuario consigue extender sus posibilidades en el entorno remoto pues el 3dMouse deja de ser un instrumento y se vuelve una prolongación de sus extremidades (manos), como cuando perdemos la conciencia de ir manejando un vehículo, o más característicamente al usar videojuegos. De los conceptos manejados en la Realidad Virtual son aplicables y útiles para provocar el sentimiento de telepresencia, como la inmersión, la perspectiva tridimensional, la vista estereoscópica, la interacción con los objetos, etc., sin embargo, la Realidad Virtual y Telepresencia no son lo mismo. La Realidad Virtual busca reproducir un entorno real o algunas veces irreal a través de herramientas de cómputo gráficas y de procesamiento. La telepresencia busca perder la conciencia del entorno local y envolverse dentro del entorno intervenido por computadora, entendiendo por entorno intervenido por computadora una representación del entorno enriquecido por información procesada en una computadora, como lo es un mundo virtual o un entorno remoto a distancia, que es el caso de la teleoperación.

La retroalimentación de información del entorno remoto es un factor muy importante en el diseño de telerobots, pues entre más información del entorno remoto más podemos actuar sobre él. La retroalimentación visual es el medio que más información nos proporciona del entorno remoto, debido a que de una sola mirada podemos darnos cuenta de los objetos, distancias, peligros y retroalimentación existente en el entorno remoto. La baja calidad de la retroalimentación visual en la interfaz en Java, le mereció una calificación en los puntos evaluados para medir su desempeño. De la misma forma la incapacidad de recuperar información de los sonares, restringe la preferencia del uso de equipo de realidad virtual para tareas con poca visibilidad. La capacidad de un robot está directamente relacionada con su capacidad de explotar la información que perciben sus sensores, si esta información es limitada, restringimos la inteligencia del robot.

La retroalimentación de esfuerzos es un factor de desempeño que no se desarrolla en el presente trabajo, pero que no deja de ser importante de retroalimentación. El éxito de un teleoperador surge de su capacidad para adaptarse dinámicamente al entorno remoto, esto es, durante la ejecución de una tarea van a surgir situaciones que no fueron contempladas en el plan de trabajo del teleoperador debe ser capaz de resolver el problema, o cuando menos identificarlo y proporcionar al usuario la información suficiente para resolverlo, esperando una toma de decisión del usuario y permitiéndole el control para la solución del problema. Este es la principal diferencia entre robots autónomos y teleoperadores, el grado de control y la responsabilidad que tiene entre el usuario y el robot. Para poder resolver el problema, el robot debe proporcionar al usuario la información necesaria del entorno remoto, para proporcionar dicha información necesita un amplio rango de sensores y un buen canal de comunicación con el usuario que proporcione la información con oportunidad. Si un teleoperador no es capaz de esto tiene un límite para la tarea en cuestión y cae en las restricciones de los robots autónomos, la incapacidad de ayudar a resolver los problemas fuera del alcance de su programación.

La distribución de control distribuido entre el usuario y el robot, determinan el tipo de sistema que estamos utilizando⁴⁰. Nuestro sistema de teleoperación de navegación con principios de control autónomo. Como no hay decisiones que tome por sí mismo el robot, debemos pensar en un telerobot.

Para mejorar un nivel de control y poder pensar en telerobótica, debemos delegar más trabajo de control al robot. Se puede mejorar en la interfaz la capacidad de alimentar la red neuronal desarrollada para la búsqueda de rutas del robot en un entorno de obstáculos. Podemos definir rutinas de control que produzcan una reacción del robot ante la detección de objetos por sus sensores, como esquivarlo, o empujarlo y reaccionar de una forma específica al detectar un torque de una magnitud predefinida. En áreas libres de obstáculos y disminuir la velocidad al detectar obstáculos. Trazar un mapa de los obstáculos en el entorno remoto con ayuda del usuario, para ser usado en otras tareas, etc.

El factor determinante del sentimiento de inmersión es la capacidad de manipular los objetos del entorno remoto. Un componente importante en la siguiente fase del presente proyecto es agregar la manipulación de objetos mediante un brazo mecánico. La retroalimentación del entorno en primera persona (como si el usuario estuviera montado en el robot) produce un fuerte sentimiento de inmersión, un buen punto a mejorar es montar una cámara móvil sobre el robot, la cual gire con la flexibilidad de la cabeza

⁴⁰ a distancia. Capítulo de Robótica, 3 1.2

de forma que sea independiente del cuerpo del robot, lo que permitiría voltear a examinar el entorno remoto con los ojos de cabeza del usuario, y controlar el movimiento del robot con el 3dMouse. La interfaz de usuario presenta inmersión, interacción en tiempo real con el entorno remoto, perspectiva en primera persona, permite la manipulación y la manipulación, etc.

Enriquecer la información visual con elementos de Realidad Virtual, dibujando los objetos que son sensados en el entorno remoto, presentándolos gráficamente en el visor del casco a manera de sombras o contornos. Incrementar el valor de la siguiente fase del proyecto sensando el torque generado por las ruedas, recuperando la información de los sensores de contacto, y agregando retroalimentación de esfuerzos al brazo mecánico. Para la interfaz en Java, podríamos recuperar la información en forma de monitor gráfico en la pantalla de visión de la interfaz. Es posible que la evolución de los browsers evolucione a tal grado que permita bajar controles que puedan ser conectados a un equipo de Realidad Virtual. Una limitación es que todo usuario que quisiera tener una buena experiencia, tendría que poseer un equipo de este tipo.

Con el uso de equipo de Realidad Virtual, se puede enriquecer la visión recibida en el visor con un monitor que muestre la retroalimentación de esfuerzos como se haría en la interfaz en Java, aunque lo ideal es retroalimentar al usuario con interfaces táctiles y sensoriales, como podría ser enriquecer un guante de Realidad Virtual (Power Globe) con dispositivos de conexión a los dedos del usuario, de forma que cuando el usuario exceda la fuerza requerida para manejar un brazo mecánico, se le haga sentir en los dedos una retroalimentación proporcional al exceso detectado.

El desempeño de cada interfaz tiene que ver directamente con la eficiencia de la aplicación, dicho factor está calculado en función de las características técnicas de la interfaz, la calidad de representación, la relación causal, la calidad y diversidad de los datos, la operabilidad, etc. En la obtención del desempeño no interviene el peso de los distractores, solo importan los recursos necesarios para procesar la tarea en el entorno remoto y en el local, lo que nos permite distinguir entre el alcance de la telepresencia y el desempeño. Telepresencia nos habla de la experiencia de sentirse presente en el entorno remoto a pesar del desempeño, y el usuario busca la solución de la tarea a pesar de ser consciente de la existencia de ambos entornos, el usuario se sentirá satisfecho si el cumplimiento de la tarea lo requiere, de no ser así, el usuario explotará los recursos de ambos entornos hasta alcanzar su objetivo.

Por otro lado, el sentimiento de telepresencia es un factor que es benéfico en la interfaz con equipo de Realidad Virtual, pues el usuario se sumerge en el entorno remoto sin darse cuenta y en forma natural como parte de la operación del robot, al transportarse en forma natural, puede expandir sus capacidades en el entorno remoto como si estuviera presente en él, puede explorarlo e interactuar cumpliendo con el objetivo del proyecto obteniendo un buen desempeño.

En la interfaz en Java, el sentimiento de telepresencia no se da en forma natural, el usuario gastaría más recursos atencionales de los necesarios para sentirse telepresente que los que necesita invertir en la ejecución de la tarea. En esta solución la telepresencia no mejora el desempeño.

Por lo tanto, si valoramos a ambas interfaces conforme a todas sus capacidades, tenemos que considerar el peso de los sensores y los temas robóticos. La inteligencia de un robot depende de su capacidad para explotar la información que recibe de sus sensores y si esta información es limitada a la visión como es el caso de la interfaz con Equipo de Realidad Virtual, de entrada el sistema es restringido a la inteligencia, lo cual afecta la capacidad de explotar los recursos del robot, y nos quedamos con un operador simple, que depende de la interpretación de la información que recibe el usuario, de donde podemos deducir que el sistema tendrá poco desempeño si el operador es poco diestro y tendrá buen desempeño al ser operado por un usuario con capacidades favorables.

La observación agrupa las áreas de oportunidad mencionadas con anterioridad. El incrementar la información sensada del entorno remoto, proporciona mejor retroalimentación para la toma de decisiones, lo que se traduce en inteligencia que implica un mejor desempeño. Podemos incluir la posibilidad de retroalimentación de esfuerzos y su correspondiente monitoreo en la interfaz de usuario, el enriquecimiento de la información proporcionada al usuario presentada como objeto en el espacio virtual o como la presentación del entorno remoto en el equipo de Realidad Virtual favoreciendo la telepresencia.

El operador extiende las capacidades del operador en entornos de difícil acceso al ser humano. El robot RWII B14 está diseñado para operar en superficies planas, por lo que no sería útil para navegar en superficies de otro tipo. Un robot de tipo insectoide podría ser la solución a este problema.

Con el desarrollo de la teleoperación se va reduciendo al crecer la telerobótica, recordando los conceptos, un telerobot es un teleoperador que opera con autonomía (inteligencia), que es la tendencia en el desarrollo natural de un teleoperador.

Una pregunta discutible si existirá el día que desaparezcan los teleoperadores dejando el camino libre a los robots autónomos. La evolución de la Inteligencia Artificial sigue esa línea, pero aseverar que se construirá un robot autónomo que sea capaz de resolver cualquier problema (única razón para dejar de usar teleoperadores), sería tanto como decir que el hombre ha llegado a poseer todo el conocimiento existente. Mientras un robot autónomo tenga limitado su campo de acción, la mejor solución será un teleoperador que opere en la mayor cantidad de información del entorno donde se desenvuelve, es decir un telerobot.

La aplicación industrial es la aplicación de robots autónomos para manufactura a gran escala. Esto es posible debido a que los robots que estos robots pueden encontrar están bien definidos, y sus soluciones son conocidas, lo que limita a un rango finito de problemas – solución a que estos robots se enfrentan. La aplicación de los telerobots sale de la manufactura y se mueve

s donde el rango de relaciones problema – solución no está bien identificado, y por tanto no ha sido programado para autónomos de propósito específico
 eas suelen ser de difícil o nulo acceso para el ser humano, como es el espacio, el fondo del mar o zonas con alta
 vidad Una vez que se ha explorado con el teleoperador el entorno remoto y se conocen sus posibles variaciones, se
 enseñar a un robot autónomo a resolver tareas específicas programando la solución del número de problemas finito que se
 presentar.

ente, la tarea humana realizada dentro del sistema de teleoperación entra dentro de “Control Continuo” y “Comandando”.
 e control logrado es un “Control Manual básico”. Dentro de las aplicaciones que se piensa considerar en el repertorio del
 entramos en el perfil de “permitir programación rápida por métodos de enseñanza – grabado”, se piensa dibujar el mapa
 os que se encuentran en el entorno del robot que sirva de base para que se entrene una Red Neuronal que resuelva rutas
 de un punto a otro en el entorno sintético de forma autónoma, consiguiendo saltar al siguiente nivel de control, que es
 Manual con Asistencia Inteligente”, o incluso un “Control Compartido” pues mientras el robot se desplaza al objetivo
 ir leyendo los sensores

esente trabajo utilizamos un teleoperador, debido a que no se explota significativamente la información sensada por el
 el entorno remoto, el nivel de control utilizado depende completamente del usuario dejando al robot solo cumplir con las
 ones. Si realizamos desarrollos pensando en control compartido, cambiaremos el tipo de sistema de Teleoperador a
 otico.

bilidad detectada es de Teleoperadores de Máquina de Paso, los cuales son moderadamente sensibles y son capaces de
 la mayoría pero no todas, las trayectorias en tiempo real. Una de las metas del proyecto es hacer lo suficientemente
 el sistema de control del robot como para responder en tiempo real a los requerimientos del usuario, siendo el usuario el
 de la velocidad de operación y no el robot.

os problemas que frecuentemente se maneja al utilizar robots autónomos es la necesidad de procesar altos volúmenes de
 ción, lo que se traduce en la necesidad de procesadores eficientes que soporten dicho procesamiento sin afectar el tiempo
 esta. Un procesador de estas características es difícil montar sobre el robot, aunque la tecnología de hardware tiende a
 ir el tamaño de los componentes e incrementar su desempeño. La solución a esto es el procesamiento distribuido, donde el
 or del robot es un cliente que solicita a una máquina más grande resuelva los algoritmos más demandantes en
 nente, así, el procesador del robot tiene como función exclusiva controlar los recursos del robot y la comunicación con el
 vidores que procesan su información. El intentar dotar a cada robot de un gran procesador que administre sus recursos,
 e gran volumen de información, procese la información y resuelva algoritmos complejos, implicaría redundancia de
 ción en cada robot, el desgaste y riesgo de la replicación. Suena más congruente alimentar una gran base de datos común
 explotada por grandes procesadores que son servidores de múltiples robots que le hacen requerimientos a manera de
 de esta forma, todos los robots y teleoperadores contribuyen a alimentar la gran base de datos y gozan de los beneficios
 tar información proporcionada por varias fuentes, aquí, la mayor área de oportunidad se encuentra en el sistema de
 aciones Cliente-Servidor.

ma desarrollado en el presente proyecto respeta esta idea. El robot RWII B14 cuenta con un procesador que se encarga de
 rar todos los servicios derivados de los recursos del robot. Los servicios están desarrollados en C con un planteamiento
 a eventos, de tal forma que todo estímulo que excite al robot es detectado, y reportado al servicio correspondiente. El
 o de comunicaciones utilizado en el presente proyecto, proporciona independencia de la plataforma entre el cliente y el
 Así, este robot puede comunicarse con cualquier servidor que atienda sus requerimientos, y a su vez el servidor puede
 a este u otros robots que se comuniquen con él siempre que lo haga con el protocolo adecuado.

stema teleoperado, el usuario es el cliente que solicita al teleoperador atienda un requerimiento En el sistema de robótica
 na, el robot es autosuficiente y no hay comunicación con el usuario. En el esquema de telerobotica hay un planteamiento
 onal, donde el usuario puede hacer requerimientos de información al telerobot, o bien el robot puede requerir al usuario
 una decisión

FORMACIÓN ADICIONAL.

2

CO 1

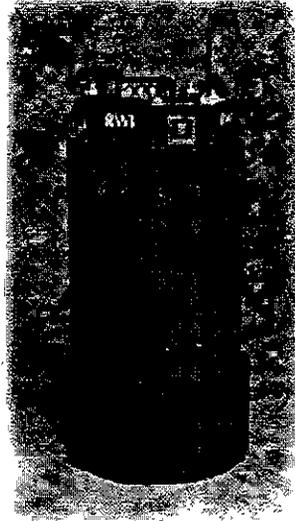
Aplicaciones del Robot RWII B14

www.rwii.com

Robot móvil B14

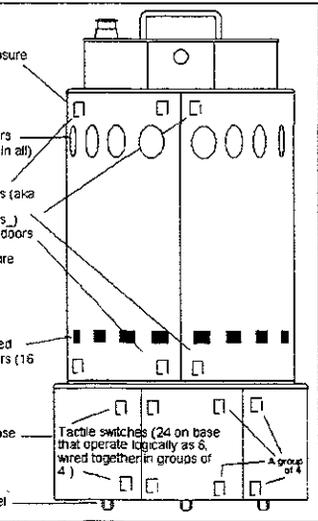
Se caracteriza por ser flexible, compacto, ligero y fácil de usar, lo que nos permite utilizarlo en cualquier aplicación de robótica móvil.

Equipado con sensores de ultrasonidos e IR (sensores infrarrojos) que cubren 360 grados, construcción sencilla, fácil acceso, resistente al ruido, protegido de golpes. Tamaño compacto y bajo costo lo que permite ser usado para la enseñanza, en escuelas, proyectos prototipo etc., el amplio rango de trabajo limitado, permite desarrollar aplicaciones de interacción con el robot.



Robot RWII B14

Imagen tomada del manual técnico del fabricante



Robots de la Serie B

Es de fácil transporte y de mantenimiento sencillo, es fácil de usar, el B14 es un robot de laboratorio útil para aplicaciones avanzadas en navegación autónoma, mapeo interior y visión robótica.

El B14 se complementa con las interfaces del mundo Real MOBILITY, que es un paquete de software desarrollado para el robot, su arquitectura característica Cliente/Servidor, con librerías de C con código fuente, un simulador del robot, documentación completa y asesoría permiten comenzar a usarlo en poco tiempo.

El software utilizado para realizar las aplicaciones en el laboratorio de interfaces inteligentes es BeeSoft.

El software BeeSoft de Real World Interface Inc. (RWII) es el software que nos permite decir con exactitud al robot que y cuando

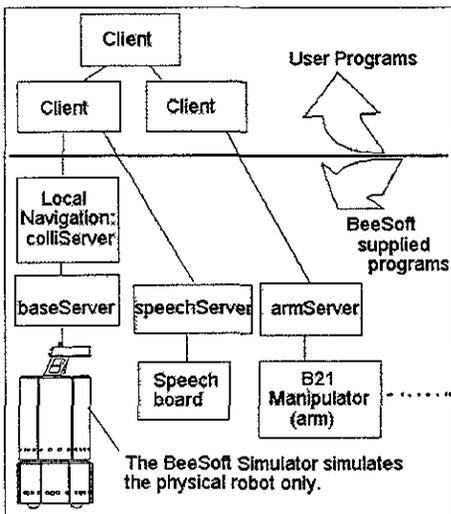
ot RWII contiene uno o más computadoras a bordo que controlan sus recursos, como son los sonares, la base móvil, y su control, y habilitan cada comportamiento usual del robot como moverse en línea recta hasta detectar una pared cercana o una cámara. Gracias a la arquitectura Cliente - Servidor del software de BeeSoft, desde la perspectiva del programador, podemos conocer que computadora controla un recurso particular del robot que deseamos utilizar. Un Servicio Cliente (Programa Servidor) maneja cada recurso del robot, dándonos la posibilidad de controlar los recursos como si fueran funciones locales de nuestro programa (La figura 1-1 ilustra la arquitectura Cliente - Servidor de BeeSoft).

Para ordenar la comunicación entre el sistema de computadoras del robot, BeeSoft está organizado en el siguiente conjunto de servicios. Sin importar que nuestro robot incluya una computadora simple o varias, un programa especial llamado txServer maneja la comunicación entre los programas corriendo sobre la (s) computadoras que conforman el sistema del robot.

Cada programa de usuario se comunica con el servidor, y esto dirige las actividades del robot mediante llamadas a la API (Application Program Interface). Nuestro programa, corriendo sobre cualquiera de las computadoras del sistema del robot, puede dirigir las actividades controladas del robot desde cualquiera de las otras computadoras del sistema con completa independencia. Por ejemplo, cuando queremos decir al robot que se mueva hacia delante una cierta distancia, necesitamos solo una llamada a la función apropiada en la librería de API's del cliente, que controla el movimiento de la base del robot.

El conjunto de funciones API del cliente, determina que servidor maneja la base del robot e indica al servidor que inicie el movimiento hacia delante.

Imagen tomada del manual técnico del fabricante de la arquitectura Beesoft: Los Servidores.



baseServer controla la base giratoria del robot. Podemos controlar el movimiento hacia delante y hacia atrás del robot, así como el movimiento rotacional -sentido horario y antihorario- a partir del eje central del robot. BaseServer no incluye evasión de obstáculos. El robot solo se mueve. Además, baseServer proporciona el control de una interfaz a los sensores infrarrojos y sonares del robot. El servicio baseServer debe correr en la computadora que está directamente conectada al robot que controla (la base).

colliServer controla la base circular del robot en modo movimiento protegido, que está incorporado en la construcción de la arquitectura de colisión. Proporcionamos al robot un punto de referencia del cual partir. El robot obedece nuestras instrucciones y hace su mejor esfuerzo por evadir aquellos obstáculos que puede percibir. ColliServer llama a las rutinas de baseServer para el control básico de movimiento.

speechServer nos permite enviar comandos hablados al robot, si el escritorio DoubleTalker (Speech synthesis) está instalado en el robot.

txServer es el software que maneja las comunicaciones entre los servicios proporcionado por BeeSoft. Corre en una computadora pero coordina las comunicaciones de todos los programas corriendo en cada una de las computadoras del sistema del robot.

Los servicios panItServer y armServer aplican para un modelo de robot distinto al que poseemos. (RWII B21).

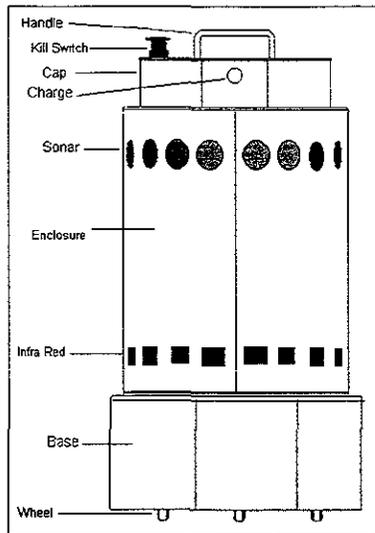
Especificaciones Técnicas.

	Especificaciones
	16
Sensores infrarrojos)	16
Táctiles	22
	Sistema de Cómputo Pentium abordo
Comunicaciones	Par trenzado(wireless) opcional o RS-232 o 1 a 3Mbps Ethernet
Networking)	Una tarjeta 10baseT abordo
	2 lead acid 192W-hr
Tiempo de Ejecución (Run Time)	1 a 2 hrs
	2 high torque, 24 VDC servo motores
Controlador (Drive)	3-wheel synchronous
Entrada de I/O	Joystick, RS-232, FARNET
Radio de Vuelta (Turn Radius)	Cero
Velocidad de Traducción (Translate Speed)	90cm/s 35.4"/s
Velocidad de Rotación (Rotate Speed)	155°/s
Resolución de Traducción (Translate Resolution)	1mm .04"
Resolución de Rotación (Rotate Resolution)	.35°
Carga (Payload)	20kg 44lbs
Motor de Turret)	No se necesita potencia.
Paneles)	14 (8 alrededor de la base, 6 alrededor enclosure)
Profundidad)	35cm 14"
Altura)	60cm 23 6"
Peso)	27.2kg 60lbs
Altura del piso (Floor Clearance)	1.27cm .25"
	RWI Rojo o especial (AZUL)
Garantía (Warranty)	Un año de labor y en las partes

os
 versiones de computadora (Computer
 s)
 o del paquete de baterías.
 de Visión
 entes Individuales de Visión.
 Communications
 ASCII para habla (Speech)
 de Navegación computarizada

Descripción de las características del robot.

Podemos dividir el cuerpo del robot en tres secciones del mismo radio, montados uno sobre otro. El cilindro inferior está formado por pequeñas placas adyacentes una con otra a lo largo de la circunferencia circular del cilindro. Cada una de ellas absorbe el golpe contra posibles objetos que se encuentren en el camino del robot. Al recibir el impacto sobre una placa, el robot manda un pulso al controlador de los sensores informando sobre el contacto, de esta forma queda rodeado el robot, en la parte inferior, por un conjunto de sensores de tacto. Para nuestro caso de estudio (telerobótica) el tipo de sensores resulta limitado, ya que solo proporciona información al percibir que el robot hace contacto contra un objeto, lo cual es poco útil en la operación del entorno remoto. Sin embargo, puede resultar útil para la detección de objetos fuera del campo de visión del robot, y para el control de la velocidad del mismo (suspensión de actividades al encontrarse con un objeto).



Imágen tomada del manual técnico del fabricante

El robot medio contiene dos tipos de sensores, unos ópticos y otros de audio. Los primeros forman una circunferencia justo por encima de las placas que activan los sensores de tacto. Cada sensor se encuentra distribuido uniformemente a lo largo de esta circunferencia lo que nos permite sentir casi cualquier objeto que se encuentre a corta distancia del robot y cuyo volumen sea lo suficientemente considerable como para ser sentido. El siguiente grupo de sensores son sonares, los cuales se encuentran distribuidos uniformemente a lo largo del cilindro correspondiente, proporcionando una buena área de sentido en la parte superior del cuerpo del robot. Estos sensores se ven limitados al no poder identificar con precisión objetos que circulan muy lejos del radio de sentido del robot, la distancia de los objetos con respecto al robot, va en proporción inversa a la calidad de la información recibida.

D 2

de Comunicación**Cliente – Servidor.**

El paradigma más usado en la construcción de aplicaciones distribuidas es el modelo **Cliente/Servidor**. En este esquema las aplicaciones Cliente requieren servicios de una aplicación Servidor. El requerimiento va en un flujo bien determinado hacia el servidor y una respuesta va en dirección contraria hacia el cliente, dicho esquema no cambia.

El cliente y el servidor requieren de un bien conocido conjunto de convenciones antes de que el servicio pueda ser prestado (y viceversa). Este conjunto de convenciones comprende un **protocolo** el cual deberá ser implementado en ambos extremos de la comunicación. Dependiendo de la situación, el protocolo podría ser simétrico o asimétrico. En un protocolo simétrico, ambos lados juegan el rol de maestro o esclavo. Un ejemplo de un protocolo simétrico es el protocolo TELNET usado en el Internet para la emulación de terminales remotas. Un ejemplo de un protocolo asimétrico es el protocolo de transferencia de archivos FTP. Independientemente de cuando el protocolo específico sea usado para obtener un servicio (sea simétrico o asimétrico), siempre hay un cliente y un proceso servidor.

El cliente se comunica con el servidor normalmente “*escucha*” a una bien conocida dirección para el servicio requerido. Esto es, el proceso cliente permanece dormido mientras una conexión de cliente es requerida a la dirección del servidor. En ese momento, los procesos del servidor “despiertan” y sirven al cliente, desarrollando la acción apropiada que el cliente requiera del Servidor. Independientemente de cuando se realiza la validación de seguridad correspondiente. Los servicios basados en conexión (stream) son los más comunes, pero algunos servicios están basados en el uso de sockets datagrama.

de Sockets de Comunicación.

Normalmente, una aplicación servidor corre sobre una computadora específica y tiene un socket que está ligado a un número de puerto específico. El servidor espera, escuchando el socket aguardando que un cliente se conecte y realice un requerimiento.

Del lado del cliente: El cliente conoce el nombre de la máquina en que el servidor está corriendo y el número de puerto al que el cliente está conectado. Para establecer una conexión, el cliente trata de entenderse con el servidor (aplicando el protocolo acordado entre ambos) en la máquina del servidor y el respectivo puerto.

Una vez que el cliente se conecta, el servidor acepta la conexión. Al aceptar, el servidor obtiene un nuevo socket ligado a un puerto diferente. El servidor necesita un nuevo socket (y por consiguiente un nuevo número de puerto) para poder continuar escuchando el socket para requerimientos de conexiones de otros clientes mientras atiende las necesidades del cliente conectado.

Del lado del cliente, si la conexión es aceptada, un socket es creado exitosamente y el cliente puede usar el socket para comunicarse con el servidor. Hay que notar que el socket del lado del cliente no está ligado al número de puerto usado para comunicarse con el servidor. En su lugar, el cliente es asignado a un número de puerto local en la máquina en que el cliente está corriendo.

Una vez que el cliente se conecta, el servidor acepta la conexión. Al aceptar, el servidor obtiene un nuevo socket ligado a un puerto diferente. El servidor necesita un nuevo socket (y por consiguiente un nuevo número de puerto) para poder continuar escuchando el socket para requerimientos de conexiones de otros clientes mientras atiende las necesidades del cliente conectado.

Definición: Un socket es un punto final de dos canales de comunicación ligados entre dos programas corriendo en una red. Un socket es una línea que liga a un número de puerto en el que la capa TCP pueda identificar la aplicación donde los datos están destinados a ser recibidos.

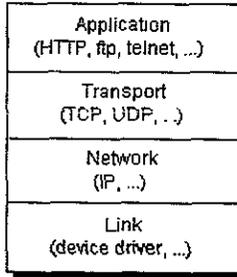
Introducción al uso de sockets Conceptos Básicos.

El bloque de construcción básico para la comunicación es el **socket**. Los sockets son puntos finales de enlaces de comunicaciones entre procesos. Los procesos los tratan como descriptores de archivo, de forma que se pueden intercambiar datos entre procesos enviando y recibiendo a través de sockets. Cada socket en uso tiene un tipo y un proceso asociado. Los sockets existen dentro de programas de comunicaciones. Un **dominio de comunicación** está asociado a la acción de enlazar propiedades comunes de sockets de comunicaciones por medio de sockets.

Los sockets son clasificados de acuerdo a las propiedades de comunicación visibles al usuario. El tipo de sockets describe la acción en la que se transfiere información en la red. Las aplicaciones pueden presumiblemente transmitir información solo con sockets del mismo tipo, pues no hay antecedentes de la comunicación entre sockets de tipos diferentes (UDP vs TCP).

Normalmente hay dos tipos de sockets disponibles para el usuario:

Computadoras corriendo sobre Internet se comunican entre sí usando tanto el Protocolo de Control de Transporte (TCP) como el Protocolo Datagrama de Usuario (UDP), como se ilustra en la figura.



Lista de puertos: <http://www.java.sun>, Tutorial java: Networking Basic

Streams (TCP, Transport Control Protocol)

Un servicio orientado a conexión donde los datos se transfieren sin encuadrarlos en registros o bloques. Si se rompe la conexión entre los procesos, éstos serán informados.

El protocolo de comunicaciones con streams es un protocolo orientado a conexión, ya que para establecer una comunicación usando el protocolo TCP, hay que establecer en primer lugar una conexión entre un par de sockets. Mientras uno de los sockets es una petición de conexión (servidor), el otro solicita una conexión (cliente). Una vez

los dos sockets estén conectados, se pueden utilizar para transmitir datos en ambas direcciones.

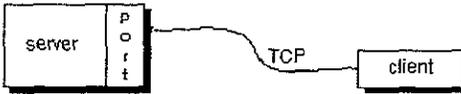
Un socket stream (flujo, corriente) es proporcionado para el flujo de datos bidireccional, liberado, secuenciado y no-duplicado, sin necesidad de registro. Esto asegura el correcto envío del mensaje aunque sacrifica desempeño por el tiempo de procesamiento necesario a asegurar el envío.

Cuando dos aplicaciones quieren comunicarse entre sí, establecen una conexión y envían y reciben datos a través de la conexión. Es análogo a una llamada por teléfono, donde se establece la comunicación entre dos personas que están intercambiando mensajes entre sí, y así como el canal de comunicación es respaldado por la compañía telefónica, el protocolo TCP garantiza que la información transmitida por el canal, llegue a su destino completa y en el orden en que fue enviado. De lo contrario se reporta un error.

El protocolo proporciona un canal punto a punto para aplicaciones que requieren comunicaciones confiables. El protocolo de transferencia de Hipertexto (HTTP), el protocolo de transferencia de archivos (FTP), y Telnet son todos ejemplos de aplicaciones que requieren un canal de comunicaciones seguro. El orden en que los datos son enviados y recibidos es crítico para el éxito de muchas aplicaciones. Cuando HTTP es utilizado para leer desde una URL el dato deberá ser recibido en el orden en que fue enviado. De lo contrario, a manera existirá un error en el despliegue del código HTML o en la información contenida en la página.

conexión. TCP (Transport Control Protocol) es un protocolo basado en conexión que proporciona un flujo de datos seguro entre computadoras.

Uso de puertos; <http://www.java.sun.com>; Tutorial java, Networking Basic



Protocolo de Datagrama (UDP, User Datagram Protocol)

es un servicio de transporte sin conexión. Son más eficientes que TCP, pero no está garantizada la fiabilidad. Los datos se envían y reciben en paquetes, cuya entrega no está garantizada. Los paquetes pueden ser duplicados, perdidos o llegar en un orden diferente al que se enviaron.

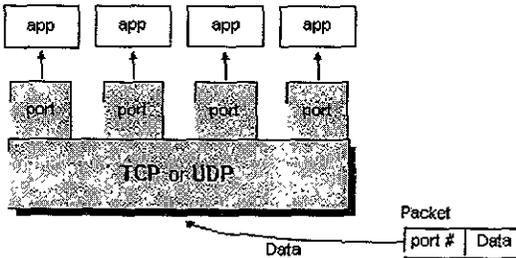
El protocolo de comunicaciones con datagramas es un protocolo sin conexión, es decir, cada vez que se envíen datagramas es necesario enviar el descriptor del socket local y la dirección del socket que debe recibir el datagrama. Como se puede ver, hay que enviar datos adicionales cada vez que se realice una comunicación.

El socket datagrama (paquete) soporta flujo de datos bidireccional sin estar comprometido a ser secuenciado, liberado o no-catchado. Esto es, un proceso recibiendo mensajes sobre un socket datagrama podría encontrar mensajes duplicados, y, además, en un orden distinto al que fue enviado. Una característica importante del socket datagrama es que el límite del buffer en los datos es conservado. El socket datagrama proporciona al modelo la facilidad de encontrarse soportado en muchos sistemas modernos de switcheo de red como es Ethernet.

El protocolo UDP (User Datagram Protocol) proporcionado para establecer la comunicación entre dos aplicaciones sobre la red. Es un protocolo no basado en conexión al contrario de TCP. En su lugar, envía paquetes de datos independientes, llamados datagramas, de una aplicación a otra. Enviar datagramas es muy parecido a enviar una carta por el servicio postal, donde el orden de partición de cartas no es muy importante, no está garantizado, y cada mensaje es independiente entre sí.

Definición: UDP (User Datagram Protocol) es un protocolo que envía paquetes independientes de datos, llamados datagramas, desde una computadora a otra, sin garantía de llegada. UDP no es un protocolo basado en conexión como lo es TCP.

Uso de puertos; <http://www.java.sun.com>; Tutorial java; Networking Basic



sockets Raw

Los sockets que dan acceso directo a la capa de software de red subyacente o a protocolos de más bajo nivel. Se utilizan sobre todo para la depuración del código de los protocolos.

Diferencias entre Sockets Stream y Datagrama

El tipo de socket a utilizar depende de la aplicación cliente/servidor que estemos escribiendo. Vamos a ver algunas diferencias entre los protocolos para ayudar en la decisión.

UDP, cada vez que se envía un datagrama, hay que enviar también el descriptor del socket local y la dirección del socket que se va a recibir el datagrama, por lo que éstos son más grandes que los TCP. Como el protocolo TCP está orientado a conexión, tenemos que establecer esta conexión entre los dos sockets antes de nada, lo que implica un cierto tiempo empleado en el establecimiento de la conexión, que no existe en UDP.

UDP hay un límite de tamaño de los datagramas, establecido en 64 kilobytes, que se pueden enviar a una localización determinada, mientras que TCP no tiene límite; una vez que se ha establecido la conexión, el par de sockets funciona como los streams: todos los datos se leen inmediatamente, en el mismo orden en que se van recibiendo.

TCP es un protocolo desordenado, no garantiza que los datagramas que se hayan enviado sean recibidos en el mismo orden por el receptor. Al contrario, TCP es un protocolo ordenado, garantiza que todos los paquetes enviados serán recibidos en el mismo orden en el mismo destino en el mismo orden en que se han enviado.

Los datagramas son bloques de información del tipo "enviar y olvidar". Para la mayoría de los programas que utilicen la red, el uso de un flujo TCP en vez de un datagrama UDP es más sencillo y hay menos posibilidades de tener problemas. Sin embargo, cuando se requiere un rendimiento óptimo, y está justificado el tiempo adicional que supone realizar la verificación de los datos, los datagramas son un mecanismo realmente útil.

En resumen, TCP parece más indicado para la implementación de servicios de red como un control remoto (rlogin, telnet) y la transmisión de archivos (ftp); que necesitan transmitir datos de longitud indefinida. UDP es menos complejo y tiene una menor carga sobre la conexión; esto hace que sea el indicado en la implementación de aplicaciones cliente/servidor en sistemas distribuidos montados sobre redes de área local.

DOMINIOS DE COMUNICACIONES

El mecanismo de sockets está diseñado para ser todo lo genérico posible. El socket por sí mismo no contiene información suficiente para describir la comunicación entre procesos. Los sockets operan dentro de dominios de comunicación, entre ellos se define si los dos procesos que se comunican se encuentran en el mismo sistema o en sistemas diferentes y cómo pueden ser conectados.

dominio Unix

En Unix, hay dos dominios, uno para comunicaciones internas al sistema y otro para comunicaciones entre sistemas. Las comunicaciones intrasistema (entre dos procesos en el mismo sistema) ocurren (en una máquina Unix) en el dominio Unix. Permiten tanto los sockets stream como los datagrama.

El dominio Unix no se permiten sockets de tipo Raw.

dominio Internet

Las comunicaciones intersistemas proporcionan acceso a TCP, ejecutado sobre IP (Internet Protocol). De la misma forma que el dominio Unix, el dominio Internet permite tanto sockets stream como datagrama, pero además permite sockets de tipo Raw.

Los sockets stream permiten a los procesos comunicarse a través de TCP. Una vez establecidas las conexiones, los datos se pueden leer y escribir a/desde los sockets como un flujo (stream) de bytes. Algunas aplicaciones de servicios TCP son:

File Transfer Protocol, FTP

Simple Mail Transfer Protocol, SMTP

TELNET, servicio de conexión de terminal remoto

Los sockets datagrama permiten a los procesos utilizar el protocolo UDP para comunicarse a y desde esos sockets por medio de UDP. UDP es un protocolo no fiable y la entrega de los paquetes no está garantizada. Servicios UDP son:

Simple Network Management Protocol, SNMP

Trivial File Transfer Protocol, TFTP (versión de FTP sin conexión)

Versatile Message Transaction Protocol, VMTP (servicio fiable de entrega punto a punto de datagramas dependiente de TCP)

Los sockets raw proporcionan acceso al Internet Control Message Protocol, ICMP, y se utiliza para comunicarse entre varias entidades IP.

fuera de banda.

La abstracción del socket stream incluye la noción de dato "fuera de banda". Un dato "fuera de banda" es una transmisión lógica independiente del canal de transmisión asociado con cada par de socket stream. Los datos fuera de banda son repartidos al usuario independientemente del dato normal. La abstracción define que el dato fuera de banda proporciona mayor soporte para liberar la capacidad de al menos un mensaje fuera de banda a la vez. Este mensaje podría contener al menos un byte de datos, y al menos un byte podría permanecer pendiente de repartir en cualquier otro momento. Para protocolos de comunicación que soportan el flujo "en banda" (p.e. El dato urgente es repartido en secuencia con el dato normal), el sistema normalmente extrae los datos

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

de datos normal y los almacena separadamente. Esto permite al usuario escoger entre recibir el dato urgente en orden y fuera de la secuencia sin tener en el buffer todos los datos involucrados

de Mensajes. (broadcast)

Un socket datagrama, lo que hace posible enviar paquetes sobre muchas redes soportadas por el sistema. La red por sí misma podría soportar la transmisión. El sistema no proporciona simulación de transmisión con software. Los mensajes de broadcast pueden establecer una alta carga de tráfico en la red, ya que obligan a cada host sobre la red a servirlos. Normalmente, la habilidad para enviar paquetes de transmisión ha sido limitada a sockets que son explícitamente marcados para recibir broadcast. El broadcast es típicamente usado por una o dos razones: es deseable encontrar un recurso sobre la red sin previo conocimiento de su dirección, o funciones importantes como es el requerimiento de ruteado en que la dirección debe ser enviada a todos los vecinos accesibles.

El destino del mensaje para ser la transmisión depende de la red en que el mensaje ha sido transmitido. El dominio de broadcast soporta una corta notación de transmisión sobre redes locales, la dirección INADDR_BROADCAST, recibe mensajes de broadcast conteniendo la dirección de los transmisores y su puerto, como el socket datagrama, que debe ser limitado antes de ser usado.

Notación de las librerías de sockets utilizadas en la programación del robot RWII 14.

Las funciones que se presentan aquí facilitan la programación de comunicación entre procesos simplificando el proceso. En este capítulo se describen los dos tipos de comunicaciones (orientado a conexión y sin conexión) y las funciones que permiten ambas comunicaciones

- h Header de rutinas de sockets basado en protocolos de Internet sin conexión (UDP).
- c Definición de rutinas de sockets con prototipo en gsNetPoll.h
- b Rutinas básicas de sockets para comunicaciones orientadas a conexión o sin conexión

Comunicaciones sin conexión.

Se usa en una comunicación UDP en el cual el proceso que manda sus datos actualiza el estado de un buffer y el receptor busca el estado del buffer mediante poleo.

*gsNetPollOpen(char *hostname, int port, int buffersize, char *mode, char *buffer)*

Alimenta el hostname y el número de puerto, el tamaño del buffer y el modo ("r" lectura, "w" escritura).

Normalmente se incluyen los datos default para el buffer si se abre en modo de lectura; se puede usar un apuntador a NULL si se quiere inicializar en cero.

En modo de lectura el campo de hostname es ignorado Regresa una estructura gsNetPollStruct, para usar después.

En caso de error, regresa NULL e imprime un mensaje de error.

*gsNetPollRead(GSNPS *g)*

Alimenta una estructura gsNetPollStruct previamente abierta y un buffer tan grande como buffersize.

Regresa un apuntador a un buffer.

*gsNetPollWrite(GSNPS *g, char *buffer)*

Alimenta a un GSNPS abierto para escritura y un buffer de tamaño buffersize (en bytes).

*gsNetPollClose(GSNPS *g)*

Regresa una conexión.

*gsOpen_network_connection(char *address, int port, int buffer_size, char *operation)*

Equivalente a *gsNetPollOpen*, pero con NULL como último parámetro.

*gsSend_data_client_network(GSNPS *s, char *message)*

Alimenta a *gsNetPollWrite* para mandar un mensaje de 256 bytes.

Alimenta una estructura GSNPS y el mensaje menor a 256 bytes.

*gsReceive_data_client_network(GSNPS *s)*

Alimenta a *gsNetPollRead* para leer un mensaje menor o igual 256 bytes.

Alimenta la estructura GSNPS de lectura

Regresa el mensaje leído.

`work_connection(GSNPS s)`

`gsNetPollClose` para cerrar una conexión.

es basadas en conexión.

ismo para hacer una conexión es el siguiente

n socket y se le asigna un descriptor con

`ver(int *s,char *server)`

indica con `server` cual es el hostname del servidor, deja en `s` el identificador de socket

pera a que un cliente (máximo) pida hacer contacto y espera la conexión del cliente con

`_contact_client(int s,int *ns)`

indica con `s` cual es el identificador de socket, deja en `ns` el identificador de socket nuevo con el cual se hará la comunicación.

esperar leer la petición de un servicio por parte del cliente con:

`ceive_data_client(int ns)`

esa la cadena leída.

uede enviar un mensaje al cliente con

`data_client(int s,char *message)`

n socket y se le asigna un descriptor. Después se establece una conexión con el servidor con

`ent_connection(int *s,char *client,char *server)`

mandar un dato al servidor con

`a_server(int s,char *message)`

de leer un dato del servidor con

`ceive_data_server(int ns)`

VARIO.

Accesibilidad La accesibilidad se refiere a la facilidad con que un humano puede introducirse a un entorno. Presenta grados de alta (p.e. una oficina) o baja (p.e. Áreas radioactivas) accesibilidad. La accesibilidad determina cuando un humano es aplicable: si un humano no puede introducirse en el entorno o si el entorno es perjudicial, un robot o un teleoperador es la mejor opción.

Actuador: Elementos que animan o mueven la cadena cinemática del sistema mecánico (brazo y equipo complementario). El actuador es un dispositivo generador de esfuerzos a velocidad variable que puede modificar y mantener la configuración de la estructura cinemática del robot. Existen tres tipos de actuadores: Neumáticos, hidráulicos, eléctricos.

Articulación: Puntos fijos entre dos cuerpos que pueden no tener movimiento relativo entre ellos (conexión o par cinemático).

Atributo Distal: (Loomis 1992) Es un modelo de telepresencia que ocurre cuando una persona se "externaliza", creando una identificación de sí mismo incluido en un mundo externo (ajeno al que se encuentra en realidad). Desde esta perspectiva, la telepresencia puede ser vista como el grado en que un usuario construye un atributo distal (distal se refiere a la parte de una extremidad más alejada al centro del cuerpo) en el entorno intervenido por computadora, esto quiere decir, que siente como si estuviera en el entorno remoto una extensión de sí mismo.

Ángulo Azimutal (Acimut). Ángulo que con el meridiano forma el círculo vertical que pasa por un punto de la esfera celeste o del cielo terráqueo. En el caso de la robótica, la rotación azimutal se refiere al movimiento radial en sentido vertical generado por una extremidad al mantenerse su articulación fija en un punto central.

Cadena cinemática Es un conjunto de eslabones conectados movilmente mediante articulaciones. Cadena cinemática abierta. Esta constituida de eslabones binarios y un eslabón unitario. Cadena cinemática cerrada: Es aquella donde todos sus eslabones son binarios.

Calidad de Inmersión. La calidad de la inmersión es influenciada por el poder proporcionado por el Entorno Sintético, los factores del entorno local, y efectos psicológicos de la inmersión (Enfermedad del simulador) y otros efectos (que incrementen o atenuen la experiencia).

Capacidad de Respuesta: Tener a distancia eventos no anticipados para dejar de lado emergencias imprevistas. Los operadores pueden proporcionar una capacidad de respuesta para muchos eventos anticipados.

Cliente/Servidor. En este esquema las aplicaciones Cliente requieren servicios de una aplicación Servidor

Compatibilidad Los grados de libertad del manipulador del robot deben ser menores o iguales a los grados de libertad de la tarea a realizar.

Control Compartido. El usuario es responsable de controlar algunas sub tareas mientras la máquina simultáneamente controla otras.

Control Entrenado. La máquina y el humano son responsables consecutivamente de las sub tareas; es decir, algunas veces la máquina tiene el control y otras veces el humano tiene la responsabilidad del control.

Control Estratégico. El usuario planea la trayectoria de control. Por otro lado el usuario es solo responsable de planes de control a largo tiempo, al menos mientras la máquina está realizando la tarea (la programación toma lugar antes de la ejecución de la tarea)

Control Manual En este nivel de control, el usuario humano deberá controlar el rango completo de funcionalidad del sistema, desde planear la trayectoria hasta guiarla; la tarea de la máquina es desplegar información del sitio de trabajo y operar sobre las entradas del usuario.

Control Manual con Asistencia Inteligente. Mientras se proporciona más inteligencia en las máquinas, el usuario deberá ser más capaz de enseñarle información rudimentaria acerca del sitio de trabajo (alimentar mejor sus entradas), como son las condiciones a las cuales no se puede entrar, horarios de alto riesgo, etc. La máquina es capaz de modificar entradas del usuario a proporcionar guianza, quizá en la forma de restricción de movimientos.

Control Supervisado Es un modo de control en que uno o más operadores están programando intermitentemente y continuamente recibiendo información de una computadora que controla un teleoperador. La máquina es responsable de controlar las tareas y el humano de monitorearlas, ocasionalmente interviene para comandar, enseñar o programar. La interacción humana con el sistema es simbólica, esto es, está involucrado con la selección de tareas y metas del teleoperador, pero no está directamente involucrado con el control de sus acciones. Bajo condiciones normales, en el más alto nivel de control, las tareas del usuario no son tanto de Teleoperación como son de programación del robot. El usuario humano deberá ser capaz de introducir el ciclo de control de situaciones anormales que se pudieran presentar.

Control Total El usuario es responsable de todas las decisiones.

Grados de libertad ordenadas angulares: Esta es la más versátil de las arquitecturas y la que más recuerda a un brazo humano. Posee un grado de libertad rotacional que provee de movimiento azimutal más dos grados de libertad rotacionales que varían en el mismo plano vertical.

Grados de libertad ordenadas Cartesianas: Estos manipuladores por un brazo de tres articulaciones de posicionamiento ortogonales.

- **Coordenadas cilíndricas** Esta arquitectura permite rotación azimutal, seguida de dos articulaciones de traslación ortogonales. El órgano terminal que equipa estos robots también suele tener movimientos rotacionales alrededor de ejes concurrentes para asegurar su orientación
- **Coordenadas esféricas**. Esta es una de las arquitecturas más utilizadas en el diseño de robots. Consta de dos articulaciones rotacionales que proporcionan el movimiento azimutal y de elevación respectivamente más una articulación prismática que se comporta como un elemento telescópico retráctil.
- **Correspondencia Espacial** : Movimientos del servomanipulador acordes a los movimientos del teleoperador.
- **Determinantes de Telepresencia** Hay dos conjuntos de determinantes del sentimiento de telepresencia: Factores Externos y factores Internos. Los factores externos incluyen a) Calidad de la presentación, b) Consistencia de presentación del entorno a lo largo del despliegue, c) Habilidad para interactuar con el entorno y del entorno para interactuar con el usuario, d) Antropomorfismo de la representación del usuario en el mundo virtual, e) Claridad de la relación causal entre la acción del usuario y las reacciones en el mundo virtual.
- **Domínio de Comunicación** Esta asociado a la acción de enlazar propiedades comunes de threads de comunicaciones por medio de sockets
- **Enseñanza (Teaching)**. Podemos manipular directamente a un robot para enseñarle sus trayectorias; esto podía ser realizado también remotamente, utilizando la Teleoperación para enseñar las trayectorias al robot. La ventaja de esta enseñanza indirecta es que el usuario no necesita dejar el cuarto de control e introducirse al área de trabajo, evitando el peligro y le necesidad de resguardar el área.
- **Entorno Intervenido por Computadora** Entorno sintético, generado a través de herramientas de computación, el cual se maneja en base a un conjunto de reglas que generalmente emulan las leyes reales, aplicadas a elementos sintéticos que hacen analogía a objetos reales. (Los objetos sintéticos tienen propiedades – peso -, y están sujetos a leyes físicas)
- **Entornos Dinámicos** Entornos caracterizados por su alta variabilidad e impredecibilidad. Regularmente no son del todo conocido por el hombre, o lo cambiante de sus características hacen difícil establecer un patrón de conducta del entorno. Las variables que intervienen para su control son tantas que es difícil modelarlos.
- **Entornos Sintéticos (ES)** Mundo virtual, espacio generado a través de herramientas de computación, donde se generan vistas en tercera dimensión (3D) de escenarios análogos a nuestro mundo real. Existen objetos con propiedades propias y que interactúan entre sí y con el usuario.
- **Estabón**. Cuerpos rígidos que conectan a una, dos, o más articulaciones y a veces un órgano terminal. Puede ser unitario, si contiene una articulación, binario, si posee dos articulaciones, ternario, si posee tres articulaciones, etc.
- **Espacio de Trabajo** Es el área física implicada donde el órgano terminal del brazo puede efectuar tareas. El espacio físico se puede entender como el espacio engendrado por el órgano terminal del brazo cuando todas sus articulaciones evolucionan.
- **Estado de Conciencia** El sentimiento de estar físicamente presente con objetos virtuales en el sitio remoto del teleoperador, también es descrito como una ilusión.
- **Estructura**. Un aspecto del entorno, la estructura, se refiere al arreglo de los objetos en el entorno, como se pueden identificar la densidad de objetos en distintas secciones del espacio al aplicar simples reglas que ubiquen los objetos que se encuentran en el entorno y su ubicación aleatoria (sujeta a las reglas del entorno y no a la conveniencia del usuario, o desarrollador).
- **Excitación** Es la excitación que actúa sobre un sistema de control.
- **Experiencia de Flujo** Es un estado en que el usuario se concentra tanto en una tarea, que el o ella se hacen inconscientes de los estímulos ajenos a la tarea, incluyendo incluso la pérdida de conciencia de sí mismos y del paso del tiempo (Csikszentmihalyi 1975). “Esta es la experiencia de total inmersión al desarrollar una actividad” (Jackson & Roberts 1992) (Privette 1983), la experiencia de flujo puede ocurrir en situaciones comunes, en que el hombre no está involucrado activamente con las escenas o tareas que está presenciando. (Sheridan 1992)
- **Factores Cognoscitivos** (Psothka y Davison 1993) Se han identificado categorías de factores cognoscitivos pensando predecir y valorar la fuerza de la telepresencia. Se sabe que algunas características psicológicas del usuario pueden influenciar la telepresencia, entre las cuales destacan los factores cognoscitivos, es decir, experiencias o vivencias que el usuario ha tenido que pueden tener algún peso en su conducta, o en la relación de los fenómenos que ocurren en el mundo real con los que ocurren en el espacio sintético. Se pueden subdividir en **Susceptibilidad de telepresencia** y **Calidad de inmersión**
- **Íastrak**. Dispositivo que permite el sentido de posición basado en la detección de inducción magnética en corrientes eléctricas ortogonales. Proporciona el sentido en 6 dimensiones o grados de libertad: para los ejes (x,y,z) y (spin,raw,skull).
- **Íiltrado**. Tipo de perturbación que ocurre cuando la cantidad de información en la retroalimentación y en la excitación es en algunos sentidos diferentes a lo esperado. Incluso si la relación espacial y temporal entre la retroalimentación y la excitación son como espera el usuario, pueden existir perturbaciones.
- **Íuentes de Atención Estructuradas** Son las condicionantes que propician o atenúan la experiencia de telepresencia. Las fuentes de atención son finitas y se organizan en áreas de recursos dedicados al procesamiento de tareas específicas. Hay tres dimensiones para las áreas de atención: Los estados de procesamiento, modalidades de procesamiento, y códigos de

- procesamiento El modelo de Droper y Blair (1996) propone un modelo atencional para Entornos Sintéticos caracterizado por estructurar la perspectiva de recursos
- Gaiga.** Instrumento de precisión para efectuar mediciones.
- Generaciones de Robots.** Se han identificado tres generaciones en la evolución de los robots.
Carecen de sistemas de percepción.
Poseen retroalimentación de información, aunque carecen de información del medio ambiente.
Poseen sensores externos por los cuales perciben el medio ambiente y pueden además generar su propio plan de trabajo.
- Grado de Libertad** Número de parámetros independientes necesarios para posicionar y/u orientar un objeto en el espacio.
- Inmersión:** Sensación del usuario con respecto a la realidad del espacio virtual. A mayor efecto de realidad del espacio virtual, se considera un mayor grado de inmersión, y viceversa.
- IPU:** Intelligent Peripheral Unit. Unidad Periférica Inteligente de División, que sirve de Interfaz para el HMD, 3D-mouse y el sistema de tracción hacia la computadora Archivo de configuración. /home/division/etc/input/ipu.inp
- Kinestesia** Sensación que se produce en una parte del cuerpo a causa de un estímulo aplicado en otra parte del mismo
Sensibilidad nerviosa que deriva de los órganos propioceptores (órgano sensorial que transmite información del interior del organismo a los centros nerviosos elaboradores), que proporcionan información sobre el grado de movilidad de las diversas zonas corporales.
- Latencia.** Parámetro de desempeño, donde se representa la velocidad de respuesta que tienen los sistemas de Realidad Virtual. Es el tiempo transcurrido entre el momento en que el usuario efectúa una acción dentro del mundo virtual y el momento en que el sistema actualiza la información de salida con los elementos del mundo afectados por la acción del usuario.
- Manufactura Avanzada** Producción fabril con empleo de maquinaria movida por energía mecánica y con una división compleja del trabajo. El término avanzada implica un tipo de producción basado en la optimización de tiempos y costos mediante la aplicación de robots y tecnología moderna.
- Máquinas de Control Numérico** Máquinas de cálculo que fueron el antecesor de la computadora actual, elaboraban operaciones aritméticas simples y fueron utilizadas como controlador básico de los primeros robots.
- Metáforas Gráficas** Simulación del entorno real utilizando medios cibernéticos (computarizados). Cuando los sensores de visión de un teleoperador o un robot no alcanzan a proporcionar la suficiente información del entorno donde están actuando, se puede reproducir una imagen procesada a partir de otro tipo de sensores (tacto, audio, luz, etc.) que extraen información del entorno y la envían a una computadora.
- Movilidad** Está determinada por el número de articulaciones de un manipulador
- Mundos Virtuales:** "Cualquier programa de software que trate con realidad virtual, se denomina Mundo Virtual: es el espacio o imagen percibida al utilizar componentes de Realidad Virtual".
- Navegación.** Es la capacidad del usuario de cambiar de perspectiva cuando se encuentra dentro de un mundo virtual.
- Nivel de Control.** Se refiere a la naturaleza o influencia de la responsabilidad humana en el control de la funcionalidad de las máquinas estableciendo rangos que van desde el control total hasta el control estratégico de la máquina.
- Operación Robótica Híbrida** Los sistemas híbridos combinan acciones humanas y robóticas.
- Parámetros de manipulación** Para moverse con la misma exactitud y velocidad que un humano puede hacerlo, un teleoperador deberá ser capaz de aceptar y ejecutar comandos de entrada sin modificar la amplitud y frecuencia de las entradas del usuario para que el factor límite del desempeño de la tarea sea el del usuario y no el de la máquina. Algunos parámetros que influyen en la manipulación son: *aceleración, velocidad, control de transportadores, herramientas, y cámaras de televisión.*
- Parsimonia:** Frugalidad y moderación en los gastos Circunspección, templanza. Flema, lentitud. Parsimonia científica se refiere a la decencia o negligencia de ahondar en la justificación de una hipótesis. Es la falta de pruebas para sustentar un razonamiento
- Paseo Virtual.** Aplicación de Realidad Virtual cuyo único objetivo es el de la navegación dentro del mundo virtual.
- Percepción** Acción y efecto de percibir. Aprehensión de la realidad por medio de los datos recibidos por los sentidos
- Perspectiva Psicológica de Telepresencia** Sugiere que conocidos fenómenos psicológicos pueden ser los responsables de la telepresencia. Las características del usuario pueden ser factor clave para que se dé la telepresencia. (p.e. si un usuario a estado alguna vez presente en el entorno remoto, puede sentir mayor familiaridad con el entorno y conseguir la experiencia de telepresencia).
- Perturbación** Ocurren cuando la relación esperada entre retroalimentación y excitación es alterada
- Perturbación Espacial** Tipo de perturbación que ocurre cuando la relación espacial (interacción del usuario con el espacio de trabajo) entre retroalimentación y excitación son diferentes a las esperadas;
- Perturbaciones Temporales** Tipo de perturbación que ocurre cuando el tiempo de retroalimentación y excitación son diferentes a los esperados

PowerGlove Guante de Realidad Virtual. Es un guante que contiene un sensores de posición, de forma que se puede ubicar la mano con respecto a la referencia y la posición de la mano y de los dedos, de forma que se puede identificar si se está señalando algo, si se está sujetando un objeto, etc.

precisión Es la capacidad de que el brazo llegue a una posición o punto La precisión depende de los actuadores utilizados.

Presencia Virtual También conocida como telepresencia, es un concepto que se utiliza principalmente a la experiencia de telepresencia en un mundo virtual (de Realidad Virtual), donde el usuario se encuentra en un entorno completamente abstruido por computadora el cual no existe en la realidad, como ocurre en la Teleoperación

Profundidad. Es la distancia a la cual se encuentra un objeto en un mundo virtual o un sistema de visión La sensación de profundidad es un factor importante en la creación de imágenes reales, pues proporciona el sentimiento de tercera dimensión del entorno sintético. La profundidad tiene que ver con la cantidad de información dentro de las modalidades disponibles. Es equivalente al ancho de banda de la información.

Programación Neurolingüística (NLP) Hay dos factores internos definidos sobre la base de programación neurolingüística. El primer factor interno es la representación del sistema el cual tiene que ver con el modo de sentido de información y donde una imagen es externa, recordada o construida internamente. Un operador podría ver imágenes proporcionadas por presentaciones, rellamar una imagen previamente presentada, o formular un modelo mental del sistema La aproximación NLP identifica tres importantes sistemas de representación el visual, el auditivo y el kinestésico (kinesthetic).

Protocolo de Comunicación Conjunto de reglas a las cuales se sujetaran los elementos de un sistema de comunicación. estructura del formato en que serán creados por común acuerdo del transmisor y receptor, los paquetes que se enviarán a través de la red, de forma que el receptor pueda recuperar el mensaje que el transmisor envió.

Realidad Virtual. Es realidad porque nuestros sentidos perciben algo externo que nos produce una excitación, nos motiva a responder algún estímulo. Es virtual por que no es algo que exista físicamente, es una visualización creada a partir de una imagen real, pero solo es eso, un estereotipo de la realidad, no algo que exista por sí mismo en forma autónoma e independiente. También es conocida como simulación en tiempo real. Es un espacio de trabajo totalmente interactivo, enriquecido con sensaciones del mundo real a través de estímulos visuales, auditivos y de otro tipo, que afectan al usuario. Capacidad de obtener percepciones interactivas del mundo real, a través de la computadora

Realidad virtual: Terreno tridimensional interactivo.

Retroalimentación de las Fuerzas Es un tipo de retroalimentación de fuerzas proporcional en que la fuerza aplicada por la acción esclavo (remoto) de un teleoperador maestro/esclavo es presentada al teleoperador mediante un manejo en reversa el controlador maestro (repetición de la secuencia de instrucciones seguidas) El usuario siente fuerzas por la acción del controlador maestro del teleoperador esclavo controlado.

Retroalimentación de Esfuerzos. La Retroalimentación de Esfuerzos es un importante canal de sentido adicional durante la Teleoperación (la visión es el más importante). Consiste en sentir la fuerza que un elemento del entorno remoto regresa al tratar de manipularlo, al chocar o actuar sobre él.

rendering: Representación

Repetitividad Es la precisión con la que un manipulador llega a un mismo punto en los ciclos de movimiento.

Resolución Espacial Es el incremento de movimiento mínimo en su volumen o área de trabajo.

Resolución Heurística de Problemas Es la capacidad de planear y dirigir sus acciones para lograr las metas de mayor importancia.

Retroalimentación Operación que en presencia de perturbaciones, tiende a reducir la salida de un sistema y alguna entrada de referencia y que actúa sobre la base de esta diferencia.

Retroalimentación de Distribución de Fuerzas Proporciona un despliegue de fuerzas que empata con la distribución de las fuerzas sobre el manipulador (usualmente el manipulador de efecto final). Esto proporciona al usuario un sentimiento de tocar, similar al tacto humano. Los recursos dedicados a obtener presentaciones táctiles dinámicas proporcionan retroalimentación de distribución de fuerzas pero las implicaciones de estas presentaciones para la Teleoperación no han sido adecuadamente exploradas.

Retroalimentación de Fuerzas La Retroalimentación de Fuerzas es un importante canal de sentido adicional durante la teleoperación, (la visión es el más importante). Consiste en sentir la fuerza que un elemento del entorno remoto regresa al tratar de manipularlo, al chocar o actuar sobre él. (Fuerza de Retorno).

Retroalimentación de Fuerzas Proporcional muestra al operador una presentación de la fuerza proporcional a la que actúa en el teleoperador.

Retroalimentación de Sistemas de Visión El más importante canal de retroalimentación en la Teleoperación es una etapa de televisión en el área remota.

Robots autónomos Robots que realicen tareas de manera similar a como las realizaría un ser humano, sujetas a criterios de precisión análogos a los que aplicaría el ser humano

bots industriales Una definición practica desde una perspectiva industrial nos dice que un robot es un "manipulador bifuncional reprogramable capaz de mover cargas, piezas, herramientas o dispositivos especiales según variadas trayectorias programadas para realizar diferentes tareas

bots Teleoperados Un teleoperador es un sistema hombre-máquina diestro (hábil) de propósito general que aumenta al hombre proyectando sus capacidades manipuladoras y de movimiento a través de la distancia y a través de barreras físicas dentro de ambientes hostiles.

Agilidad o Reacción. Es la habilidad de un manipulador para reproducir trayectorias de un brazo humano y las imitaciones en tiempo y espacio

Energía: Interacción entre dos o más tipos de organismos, de modo que por lo menos uno de ellos se nutre o crece transformando productos del metabolismo de los demás, utilizando como vitamina alguna sustancia de desecho.

Estesia: (Kinestesia) Sensación que se produce en una parte del cuerpo a causa de un estímulo aplicado en otra parte del mismo

Canal de Comunicación Lo constituyen los elementos necesarios para interactuar el hombre con el robot.

Temática de Decisión Es un sistema inteligente que orienta las acciones que realiza el brazo (activar o desactivar sensores, mandar y obtener señales externas etc.).

Temática de Percepción Es un conjunto de sensores o elementos que el robot usa para percibir su medio ambiente (interna o externamente).

Temática Mecánica. El sistema mecánico está constituido por el manipulador, este lo compone una cadena cinética que posee los elementos básicos:

Situación Consciente Es la percepción de elementos en el entorno dentro de la dimensión de tiempo y espacio, la comprensión de su significado (que es el elemento y para que sirve) y la proyección de su estatus en el futuro cercano (su comportamiento e interacción con los demás elementos). La telepresencia podría ser considerada como la maximización de Situación Consciente en el entorno remoto, acompañado por la pérdida de la Situación Consciente en el entorno local. La dificultad que se presenta es que el entorno remoto y el local están conectados; durante la Teleoperación por ejemplo, una computadora manual es un elemento del entorno local que tiene una fuerte relación con un brazo manipulador en un entorno remoto.

Snapshot:

Socket El bloque de construcción básico para la comunicación es el socket. Un socket es un punto final de comunicación para el cual un nombre es el límite (o nodo extremo). Cada socket en uso tiene un tipo y un proceso asociado. Los sockets existen dentro de dominios de comunicaciones

Socket de Datagrama soporta flujo de datos bidireccional el cual no está comprometido a ser secuenciado, liberado y no-duplicado. Esto es, un proceso recibiendo mensajes sobre un socket datagrama podría encontrar mensajes duplicados, y posiblemente, en un orden distinto al que fue enviado. Una característica importante del socket datagrama es que el límite del registro en los datos es conservado. El socket datagrama acerca al modelo la facilidad de encontrar en muchos paquetes los elementos de switcheo de red como es Ethernet.

Socket Stream Es proporcionado para el flujo de datos bidireccional, liberado, secuenciado y no-duplicado, sin límites de registro. Esto asegura el correcto envío del mensaje aunque sacrifica desempeño por el tiempo de procesamiento dedicado a asegurar el envío

Susceptibilidad de Telepresencia La susceptibilidad de la telepresencia tiene que ver con experiencias propias del usuario en situaciones parecidas a la experimentada en la telepresencia e incluye subcategorías conectadas con la imaginación, vivencia de las imágenes en sueños, concentración, atención, y autocontrol.

Áreas de Mantenimiento Algunas características del mantenimiento y reparación hacen las tareas de mantenimiento una buena aplicación para la Teleoperación. Primero es la baja frecuencia de la operación, por ser un sistema de propósito general capaz de hacer una variedad considerable de tareas. Segundo, el mantenimiento y reparación requieren altos niveles de destreza. Tercero, la complejidad de las tareas podría ser impredecible por lo impredecible del impacto de la falla

Telecomunicaciones Comunicación a distancia. Tipo de comunicación telegráfica, telefónica, radiotelegráfica, requiere una estación transmisora y una receptora

Telemanipulador También llamado teleoperador es un sistema hombre-máquina diestro (hábil) de propósito general que aumenta al hombre proyectando sus capacidades manipuladoras y de movimiento a través de la distancia y a través de barreras físicas dentro de ambientes hostiles.

Telemetría. Técnica de medición de distancias entre objetos lejanos. Técnica mediante la cual la medida de una magnitud se transmite a distancia para que sea registrada y/o actúe sobre un proceso o sistema.

Teleoperador Un teleoperador es un sistema hombre-máquina diestro (hábil) de propósito general que aumenta al hombre proyectando sus capacidades manipuladoras y de movimiento a través de la distancia y a través de barreras físicas dentro de ambientes hostiles.

Teleoperadores a Ritmo de la Máquina Son moderadamente sensibles y son capaces de ejecutar la mayoría pero no todas, las trayectorias en tiempo real. La máquina es más lenta que el usuario por lo que la máquina marca el ritmo de la tarea.

Teleoperadores de no Tiempo Real No son capaces de mantenerse con las trayectorias humanas en ningún paso. Son caracterizados por una velocidad de efecto final por debajo de los 0.65 m/s y ancho de banda de aceleración por debajo de 28 Hz

Teleoperadores a Ritmo del Usuario Son altamente sensibles y capaces de ejecutar cualquier trayectoria en tiempo real: caracterizan por un ancho de banda de aceleración arriba de los 9 Hz. Son ideales porque la tarea se ejecuta a ritmo del usuario

Telepresencia Experiencia de un usuario sentida al percibir la presencia de sí mismo en un entorno intervenido por computadora. La construcción de la palabra tele y presencia capturan la idea de presencia en un mundo distante donde la estancia es física (como en la Teleoperación y telecomunicaciones) o figurativa (como en sistemas de Realidad Virtual) La idea de telepresencia surge primero de la idea de estar situado en un cuarto local de control en una área remota cuando se usa un teleoperador. De aquí la importancia de generar controles que ayuden al operador a proyectar su presencia en espacios de trabajo remotos y proporcionar imágenes que ayuden a la identificación del operador con la tarea.

Telepresencia Cibernética: Es un índice de la calidad de la interfaz hombre-máquina

Telepresencia en Telecomunicaciones Esta perspectiva de telepresencia se define como el grado en que los participantes sienten que están físicamente localizados en el lugar remoto, tiene un impacto benéfico en la comunicación durante las teleconferencias.

Telepresencia Experiencial: Es un estado mental en que un usuario se siente físicamente presente con el mundo remoto.

Telepresencia Objetiva La habilidad para modificar el entorno remoto determina cuando existe la telepresencia objetiva, el grado de telepresencia objetiva está relacionado a la probabilidad de éxito al desarrollar una tarea remota. Aquí la telepresencia está definida como desempeño. La definición de telepresencia objetiva es similar a la definición simple de telepresencia donde se habla de la habilidad de manipular un entorno remoto, y es común a la telepresencia cibernética en relación con la calidad del desempeño.

Telepresencia Simple. Se refiere a la habilidad para operar en un mundo remoto o medio computarizado.

Telepresencia Subjetiva La telepresencia subjetiva está relacionada a la probabilidad de que el usuario se juzgue físicamente presente en el entorno remoto. Esta perspectiva es completamente empírica. Este modelo se diferencia de otros en que el usuario juzga las experiencias como telepresentes y no telepresentes (es binario). Esta es claramente una aproximación concentrada en evaluar al Entorno Sintético por su habilidad para crear la experiencia de telepresencia más que para estudiar el fenómeno.

Threads Hilos de control, utilizados en la terminología de programación para referirse a procesos asíncronos independientes, los cuales tienen un ciclo de vida propia, y dentro de los cuales pueden generarse otros threads que respetan el ciclo de vida del padre. Un thread está sujeto a una lógica interna propia, dentro de la cual se pueden ejecutar tareas diversas de programación en forma condicionada.

Variabilidad La variabilidad se refiere a la manera en que el entorno cambia con el tiempo y los rangos que permanecen ya sea incambiables (baja variabilidad o alta predictibilidad) o altamente dinámicos (alta variabilidad e impredecibilidad). Esta dimensión determina cuando un robot es aplicable: los robots no pueden funcionar bien en entornos dinámicos pero los humanos y los teleoperadores sí pueden.

WebCam. Imagen capturada por una cámara de video, digitalizada, y mostrada en tiempo real en una página de Internet (WorldWideWeb).

Bibliografía.

Referencia	Contenido
Journal of Human Factors for Advanced Manufacturing Draper <i>International Journal of Human Factors in Manufacturing</i> Pp 53-85 1995	Conceptos de Teleoperación Niveles de Control, desempeño, Factor Humano
Draper George National Laboratory <i>Human Factors</i> Vol. 40 No 3 Sept 1998, Pp 354-375	Conceptos de Telepresencia. Modelos de telepresencia, aproximaciones tecnológicas, aproximaciones psicológicas, telepresencia y desempeño, determinantes de telepresencia.
Instituto Industrial Juárez Campos <i>Revista de Laboratorio de Robotica de la Facultad de Ingeniería</i>	Conceptos de robótica. Robótica industrial, sistemas constitutivos de un robot, aplicaciones
Virtual Reality Arriajana Craw Hill, Mexico 1994	Conceptos de Realidad Virtual Software de realidad virtual, exploración de mundos virtuales, dispositivos de control, determinantes de inmersión.
Virtual Reality N Chorafas Conference Hall Hispanoamericana, México 1996 Video and Snapshots on a Web Page. Wilson Silicon Graphics Vol 10 No 2 Marzo a Abril 1999	

Bibliografía de Internet.

Referencia	Contenido
www.robominer.com/	Aplicación de la telerobotica en control subterráneo de robots
www.androidworld.com/	Robots desarrollados en distintas partes del mundo (Tipo Humanoide o Androides)
www.ornl.gov/robsd/humfac/page01d00.html	→ Página de Oak Ridge National Laboratory
www.ornl.gov/robsd/humfac/hfpublications.html	→ Artículos que sirvieron de fuente para el trabajo escrito
www.ornl.gov/robsd/humfac/hflinks.html	→ Página de links del ORNL hacia otros sitios de interés relacionados con el tema
www.sor.mech.chuo-u.ac.jp/~aragaki/newman/beeman-5.htm www.sor.mech.chuo-u.ac.jp/~aragaki/newman/hitoc.htm	Liga a site con el manual de BeeSoft para el control del Robot
www.virtualresearch.com/techVR4.htm	Página del fabricante del HMD VR4 (Casco de Realidad Virtual)
www.vrt.de/products/5thdimension/default.asp www.polhemus.com/	→ Productos (dispositivos de Realidad Virtual) de Pholemus → Fastrak utilizado en el equipo de RV
www.sgi.com/o2/overview.html	Página del proveedor del robot O2 de Silicon Graphics
www.sgi.com/o2/die_media.html#professional	Cámara de video de la O2
www.vitel.ec.brandeis.edu/vr4.htm	Especificaciones del HMD VR4
www.cdr.stanford.edu/telepresence/definition.html	Conceptos relacionados con Telepresencia