

Capítulo 1

Introducción

1.1. Introducción a la robótica

En el término robot confluyen las imágenes de máquinas para la realización de trabajos productivos y de imitación de movimientos y comportamientos de seres vivos.

Los robots actuales son obras de ingeniería y como tales concebidas para producir bienes y servicios o explotar recursos naturales.

En el proceso de creación de un robot, confluyen numerosos conocimientos y ramas de la ciencia y la tecnología, entre los que caben destacar la mecánica, la electrónica, la informática, inteligencia artificial e ingeniería de control.

Por tanto, podríamos definir a los robots como máquinas en las que se integran componentes mecánicos, eléctricos, electrónicos y de comunicaciones, dotados de un sistema informático para su control en tiempo real, percepción del entorno y programación.

En la figura 1.1 se muestra el esquema básico de un robot. En él se identifican un sistema mecánico, actuadores, sensores y el sistema de control como elemento básico necesario para cerrar la cadena Actuación - Medidas - Actuación.

Los sensores, se encargan de las labores de percepción y medida que necesita el robot para realizar su tarea.

Podemos realizar una clasificación de los sensores de un robot en externos e internos.

Los sensores internos miden el estado de la estructura mecánica del robot y, en particular, giros o desplazamientos relativos entre articulaciones, velocidades,

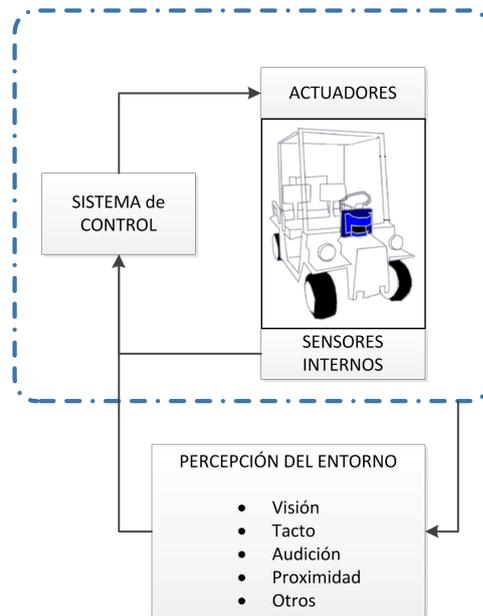


Figura 1.1: Robot y su interacción con el entorno.

fuerzas y pares.

Los sensores externos permiten dotar de sentidos al robot. La información que suministran es utilizada por el sistema de percepción para aprehender la realidad del entorno.

Los sistemas de percepción sensorial hacen posible que un robot pueda adaptar automáticamente su comportamiento en función de las variaciones que se producen en su entorno.

Es decir, los sensores permiten al robot conocer el universo a su alrededor así como conocer su propio estado y actuar en consecuencia.

Existen diversos criterios para la clasificación de los distintos robots.

Según [23], atendiendo a su grado de autonomía, los robots pueden clasificarse en teleoperados, de funcionamiento repetitivo y autónomos o inteligentes.

En los **robots teleoperados** las tareas de percepción del entorno, planificación y manipulación compleja son realizados por humanos. Es decir, el operador actúa en tiempo real cerrando un bucle de control de alto nivel. Los sistemas evolucionados suministran al operador realimentación sensorial del entorno (imágenes, fuerzas, distancias).

En manipulación se emplean brazos y manos antropomórficos con controladores automáticos que reproducen los movimientos del operador.

Alternativamente, el operador mueve una réplica a escala del manipulador, reproduciéndose los movimientos de éste.



Figura 1.2: Robot Konabot.

Estos robots son interesantes para trabajos en una localización remota (acceso difícil, medios contaminados o peligroso), en tareas difíciles de automatizar y en entornos no estructurados, tales como las que se realizan en la construcción o en el mantenimiento de líneas eléctricas.

Las mayores dificultades radican en las limitaciones del hombre en la capacidad de procesamiento numérico y precisión y, sobre todo en el acoplamiento y coordinación entre el hombre y el robot. En algunas aplicaciones el retraso de transmisión de información resulta fundamental en el diseño del sistema de control. El diseño de la interfaz persona-máquina suele ser crítico. La investigación actual se dirige a hacer recaer en el operador únicamente las tareas que requieren toma de decisiones en función de información sensorial, experiencia y habilidad. No obstante existen limitaciones por el ancho de banda de la transmisión y, eventualmente por la complejidad de la tarea del operador.

Los **robots de funcionamiento repetitivo** son la mayor parte de los que se emplean en cadenas de producción industrial. Trabajan normalmente en tareas predecibles e invariantes, con una limitada percepción del entorno. Son precisos, de alta repetibilidad y relativamente rápidos; incrementan la productividad ahorrando al hombre trabajos repetitivos y, eventualmente, muy penosos o incluso peligrosos.

Los **robots autónomos o inteligentes** son los más evolucionados desde el punto de vista del procesamiento de información. Son máquinas capaces de percibir, modelar el entorno, planificar y actuar para alcanzar objetivos sin la intervención, o con una intervención mínima de supervisores humanos. Pueden trabajar en en-



Figura 1.3: Robot KUKA KR150.

tornos poco estructurados y dinámicos, realizando acciones en respuesta a contingencias variadas en dicho entorno. Durante las últimas décadas se han realizado importantes esfuerzos en la aplicación de técnicas de inteligencia artificial. Se han empleado métodos simbólicos de tratamiento de la información basados en modelos geométricos del entorno.

De esta forma, se resuelven problemas basados en un modelo previo del entorno cuyas soluciones sólo son válidas si el modelo corresponde exactamente a la realidad. La técnica obvia de reducir esta incertidumbre consiste en incrementar la información de que se dispone de dicho entorno mediante realimentación sensorial. Existen métodos que permiten intercalar la formulación y ejecución de planes con la captación de la información necesaria para asegurar que el modelo que se utiliza para la planificación sea lo suficientemente fiable. Las limitaciones vienen impuestas por el sistema de percepción y por la propia arquitectura del sistema de información y control del robot.

Desde el punto de vista de la planificación, existen diferentes arquitecturas diseñadas teniendo en cuenta especificaciones sobre el tiempo que tiene el sistema para responder y la disponibilidad de información potencialmente interesante.

La solución se sitúa normalmente entre dos extremos, en uno de los cuales está la planificación puramente estratégica. En este caso, se supone que la situación en la que va a ejecutarse el plan puede ser predecida de forma suficientemente precisa durante la planificación. En el otro extremo se sitúa la planificación puramente reactiva en la que se supone que el entorno es incierto, buscándose la mayor flexibilidad posible para reaccionar en cualquier instante lo suficientemente rápido a las discrepancias entre el modelo actual y la realidad observada en el entorno.

El problema puede plantearse también en términos de un compromiso entre

eficiencia y flexibilidad. En efecto, las arquitecturas diseñadas para conseguir la mayor flexibilidad ante cualquier eventualidad del entorno son mucho menos eficientes que las que utilizan criterios de decisión basados en modelos del entorno suficientemente precisos sin tener demasiado en cuenta la posibilidad de generalizar el comportamiento. En este punto conviene poner de manifiesto el interés de las arquitecturas con capacidad de aprendizaje que combinan la planificación estratégica, basada en técnicas de búsqueda, con la planificación puramente reactiva.

Otra clasificación interesante de los robots puede realizarse atendiendo a su arquitectura. La arquitectura, que es definida por el tipo de configuración general del Robot, puede ser metamórfica. El concepto de metamorfismo, de reciente aparición, se ha introducido para incrementar la flexibilidad funcional de un Robot a través del cambio de su configuración por el propio Robot. El metamorfismo admite diversos niveles, desde los más elementales (cambio de herramienta o de efecto terminal), hasta los más complejos como el cambio o alteración de algunos de sus elementos o subsistemas estructurales. Los dispositivos y mecanismos que pueden agruparse bajo la denominación genérica del Robot, tal como se ha indicado, son muy diversos y es por tanto difícil establecer una clasificación coherente de los mismos que resista un análisis crítico y riguroso. Así pues, una subdivisión de los Robots, con base en su arquitectura, se hace en los siguientes grupos: Poliarticulados, Móviles, Androides, Zoomórficos e Híbridos.

Los *robots poliarticulados* constituyen un grupo que incluye robots de muy diversa forma y configuración cuya característica común es la de ser básicamente sedentarios (aunque excepcionalmente pueden ser guiados para efectuar desplazamientos limitados) y estar estructurados para mover sus elementos terminales en un determinado espacio de trabajo según uno o más sistemas de coordenadas y con un *número limitado de grados de libertad*. En este grupo se encuentran los manipuladores, los robots industriales, y se emplean cuando es preciso abarcar una zona de trabajo relativamente amplia o alargada, actuar sobre objetos con un plano de simetría vertical o reducir el espacio ocupado en el suelo.

Los *robots móviles* son robots con grandes capacidad de desplazamiento, basados en carros o plataformas y dotados de un sistema locomotor de tipo rodante. Siguen su camino por telemando o guiándose por la información recibida de su entorno a través de sus sensores. Estos robots, en entornos industriales aseguran el transporte de piezas de un punto a otro de una cadena de fabricación. Guiados mediante pistas materializadas a través de la radiación electromagnética de circuitos empotrados en el suelo, o a través de bandas detectadas fotoeléctricamente, pueden incluso llegar a sortear obstáculos y están dotados de un nivel relativamente elevado de inteligencia.

La robótica móvil se extiende también más allá de los entornos industriales, apareciendo robots móviles dotados de una gran autonomía e inteligencia tanto



Figura 1.4: Robots industriales Staubli RX90. Laboratorio de Sistemas y Automática.

para la navegación como para la evitación de obstáculos. A este respecto es muy interesante el campeonato y los equipos participantes en el Darpa Urban Challenge [2].



Figura 1.5: Robot móvil Romeo-4R. Experimento de evitación de obstáculo.

Los *androides* son robots que intentan reproducir total o parcialmente la forma y el comportamiento cinemático del ser humano.

Actualmente los androides son todavía dispositivos muy poco evolucionados y sin utilidad práctica real, y destinados, fundamentalmente, al estudio y experimentación. Uno de los aspectos más complejos de estos robots, y sobre el que se centra la mayoría de los trabajos, es el de la locomoción bípeda.

En este caso, el principal problema es controlar de forma dinámica y coordinadamente en tiempo real el proceso a realizar y mantener simultáneamente el equilibrio del robot.

Los *robots zoomórficos*, que considerados en sentido no restrictivo podrían incluir también a los androides, constituyen una clase caracterizada principalmente



Figura 1.6: Izquierda) Robot Tibi (Universidad Politécnica de Cataluña). Derecha) Robot Asimo (Honda).

por sus sistemas de locomoción que imitan a los diversos seres vivos. A pesar de la disparidad morfológica de sus posibles sistemas de locomoción es conveniente agrupar a los robots zoomórficos en dos categorías principales: caminadores y no caminadores.

El grupo de los robots zoomórficos no caminadores está muy poco evolucionado. Los experimentados efectuados en Japón basados en segmentos cilíndricos biselados acoplados axialmente entre sí y dotados de un movimiento relativo de rotación. Los robots zoomórficos caminadores multípedos son muy numerosos y están siendo experimentados en diversos laboratorios con vistas al desarrollo posterior de verdaderos vehículos terrenos, pilotados o autónomos, capaces de evolucionar en superficies muy accidentadas. Las aplicaciones de estos robots serán interesantes en el campo de la exploración espacial o en el estudio de los volcanes.



Figura 1.7: Robot Big Dog. Boston Dynamics.

Por último, los *robots híbridos* corresponden a aquellos de difícil clasificación cuya estructura se sitúa en combinación con alguna de las anteriores ya expuestas. Por ejemplo, un dispositivo segmentado articulado y con ruedas, posee al mismo tiempo atributos de los robots móviles y de los robots zoomórficos.

1.2. Robótica móvil

El desarrollo de robots móviles responde a la necesidad de extender el campo de aplicación de la robótica, restringido inicialmente al alcance de una estructura mecánica anclada en uno de sus extremos. Se trata también de incrementar la autonomía, limitando todo lo posible la intervención humana y aumentando en definitiva, las posibilidades y funcionalidades de los robots.

El objetivo final de la robótica móvil consiste en dotar al robot de la suficiente inteligencia como para reaccionar y tomar decisiones basándose en observaciones de su entorno, sin suponer que este entorno es perfectamente conocido a priori.

La autonomía de un robot móvil se basa principalmente en el sistema de navegación automática. En estos sistemas se incluyen tareas de planificación, percepción y control. En los robots móviles el problema de la planificación, en el caso más general, puede descomponerse en planificación global de la misión, de la ruta, de la trayectoria y finalmente, evitar obstáculos no esperados.

Existen numerosos métodos de planificación de caminos para robots móviles que se basan en hipótesis simplificadoras, tales como: entorno conocido y estático, robots omnidireccionales, con movimiento lento y ejecución perfecta de trayectoria. En particular hay muchos métodos que buscan caminos libres de obstáculos que minimizan la distancia recorrida en un entorno modelado mediante polígonos. En otros casos, se modela el espacio libre tratando de encontrar caminos por el centro del mismo. Para facilitar la búsqueda existen técnicas de descomposición del espacio en celdas, utilización de restricciones de varios niveles de resolución y búsqueda jerarquizada, que permiten hacer más eficiente el proceso con vistas a su aplicación en tiempo real, minimizando el coste computacional del mismo.

La planificación de la trayectoria puede realizarse también de forma dinámica, considerando la posición actual del vehículo y los puntos intermedios de paso definidos en la planificación de la ruta. La trayectoria se corrige debido a acontecimientos no considerados. La definición de la trayectoria debe tener en cuenta las características cinemáticas del vehículo en cuestión. Por ejemplo, en vehículos con ruedas y tracción convencional, interesa definir trayectorias de curvatura continua que puedan ejecutarse con el menor error posible.

Además de las características geométricas y cinemáticas, puede ser necesario tener en cuenta modelos dinámicos de comportamiento del vehículo contemplando la interacción vehículo-terreno, es decir, el comportamiento de un mismo vehículo puede ser muy diferente según el tipo de terreno por el que se desplace. Por otra parte puede plantearse también el problema de la planificación de la velocidad teniendo en cuenta las características del terreno y del camino que se pretenda seguir.

Una vez realizada la planificación de la trayectoria, es necesario planificar movimientos concretos y controlar dichos movimientos para mantener al vehículo en la trayectoria planificada. De esta forma, se plantea el problema del seguimiento de caminos, que para vehículos con ruedas se concreta en determinar el ángulo de dirección teniendo en cuenta la posición y orientación actual del vehículo con respecto a la trayectoria que debe seguir. Asimismo, es necesario resolver el problema del control y regulación de la velocidad del vehículo durante todo el recorrido de la trayectoria.

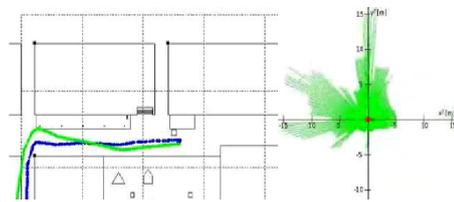


Figura 1.8: Proyecto URUS. Trayectorias de Robots.

En cualquier caso, el problema del control automático preciso de un vehículo con ruedas puede resultar más complejo que el de los manipuladores debido a la presencia de restricciones no holónomas. Los bucles de control se plantean tanto en el espacio de las variables articulares como en coordenadas del mundo, y las ecuaciones de movimiento son complejas si se considera la interacción con el terreno. Mientras en manipuladores es relativamente fácil el cálculo y medida de los pares y fuerzas que se ejercen sobre la estructura mecánica, la determinación de estos pares en vehículos con ruedas es muy difícil. En la actualidad se emplean fundamentalmente métodos geométricos y modelos cinemáticos simplificados. No obstante, la consideración de aspectos dinámicos es necesaria cuando la velocidad es alta.

Nótese también que el control del vehículo requiere disponer de medidas de su posición y orientación, a intervalos suficientemente cortos. La técnica más simple consiste en la utilización de la odometría a partir de las medidas suministradas por los sensores situados en los ejes de movimiento, típicamente codificadores ópticos. Sin embargo la acumulación del error puede ser muy grande. Se emplean también sistemas de navegación inercial incluyendo giróscopos y acelerómetros, aunque estos sistemas también acumulan error, especialmente en la determinación de la posición empleando los acelerómetros. No obstante, la combinación de las técnicas odométricas con la medida de los ángulos de orientación puede dar buenos resultados en intervalos de tiempo y distancia viajada suficientemente pequeños.

La corrección de la inevitable acumulación de error hace necesario el empleo de otros sensores. Con este fin, en aplicaciones de exteriores, en las que las distancias que recorre el vehículo autónomo son considerables, se emplean sistemas de

posicionamiento global mediante satélites (GPS).

El sistema de percepción de un robot móvil o vehículo autónomo tiene un triple objetivo: permitir una navegación segura, detectando y localizando obstáculos y situaciones peligrosas en general, modelar el entorno construyendo un mapa o representación de dicho entorno (fundamentalmente geométrica), y estimar la posición del vehículo de forma precisa. Asimismo el sistema de percepción de estos robots puede aplicarse no sólo para navegar sino también para aplicaciones tales como el control de un manipulador situado en un el robot.

Para el diseño de estos sistemas de percepción deben tenerse en cuenta diferentes criterios, algunos de los cuales son conflictivos entre sí. De esta forma, es necesario considerar la velocidad del robot, la precisión, el alcance, la posibilidad de interpretación errónea de datos y la propia estructura de la representación del entorno.

En muchas aplicaciones se requiere tener en cuenta diversas condiciones de navegación con requerimientos de percepción diferentes. De esta forma, puede ser necesario estimar de forma muy precisa, aunque relativamente lenta, la posición del robot y a la vez, detectar obstáculos lo suficientemente rápido, aunque no se necesite una gran precisión en su localización.

Existen también arquitecturas en las que el sistema de percepción se encuentra integrado en el controlador de forma que, en entornos estructurados, es posible estimar de forma muy rápida la posición para navegar a alta velocidad.

Asimismo se han aplicado redes neuronales para generar el ángulo de dirección a partir del sistema de percepción.

Conviene mencionar también el interés del empleo de técnicas de procesamiento en paralelo para el tratamiento de imágenes en el guiado autónomo de vehículos.

Con respecto a los sensores específicos, además de las características de precisión, rango, e inmunidad a la variación de condiciones del entorno, es necesario tener en cuenta su robustez ante vibraciones y otros efectos originados por el vehículo y el entorno, su tamaño, consumo, seguridad de funcionamiento y desgaste.

Las cámaras de vídeo tienen la ventaja de su amplia difusión y precio, su carácter pasivo (no se emite energía sobre el entorno) y que no es necesario, en principio, el empleo de dispositivos mecánicos para la captación de la imagen. Las desventajas son los requerimientos computacionales, la sensibilidad a las condiciones de iluminación, y los problemas de calibración y fiabilidad.

La percepción activa mediante láser es un método alternativo que ha cobrado una importante significación en robots móviles. Se utilizan dispositivos mecánicos y ópticos de barrido en el espacio obteniéndose imágenes de distancia y reflectancia a las superficies intersectadas por el haz.

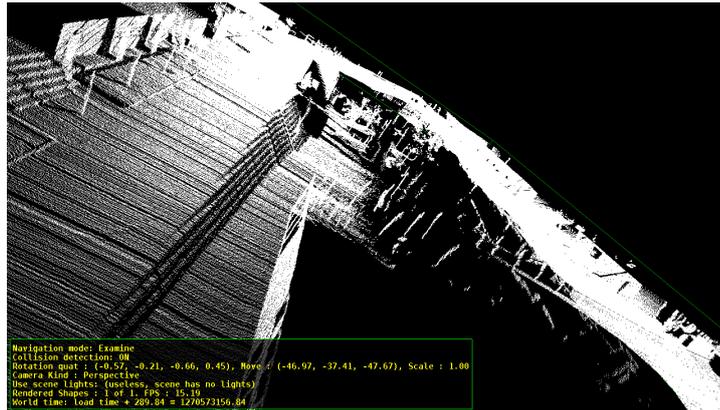


Figura 1.9: Proyecto URUS. Romeo-4R World Laser Generation.

Los sensores de ultrasonido son económicos y simples para la navegación. Se basan en la determinación del denominado tiempo de vuelo de un pulso de sonido (típicamente entre 30KHz y 1 MHz). Sin embargo, la influencia de las condiciones ambientales puede ser significativa, debiendo corregirse mediante una calibración adecuada.

Por otra parte la relación señal/ruido es normalmente muy inferior a la de otros sensores, lo que puede hacer necesario el empleo de múltiples frecuencias y técnicas de filtrado y tratamiento de la incertidumbre de mayor complejidad computacional.

Asimismo, la resolución lateral es mala, existiendo para evitarlo técnicas de enfoque mediante lentes acústicas o transmisores curvos.

1.3. Navegación en entornos urbanos

Los escenarios de aplicación de la robótica han evolucionado en las últimas décadas, desde entornos muy simples y controlados, típicamente entornos industriales, a entornos muy dinámicos en exteriores.

Al mismo tiempo, para afrontar ciertas aplicaciones, la cooperación en grupos de varios robots se ha convertido en una necesidad. Una tendencia en la actualidad es la investigación en sistemas que consideren la colaboración entre robots y

sensores heterogéneos presentes en el entorno para multitud de aplicaciones, como robótica de servicio en entornos urbanos, o monitorización de desastres.

La razón fundamental es que estas aplicaciones involucran entornos dinámicos, con condiciones cambiantes para la percepción, etc. En la mayoría de las ocasiones, un único agente (por ejemplo un robot o una cámara) no permite conseguir la robustez y eficacia necesarias. En estos casos, la cooperación de diferentes agentes (robots, sensores en el entorno) puede ser muy relevante.

Por otro lado, hay un creciente interés en la robótica de servicio por lo que cada vez son más frecuentes aplicaciones de robots en entornos urbanos, para tareas como el guiado y asistencia de personas, transporte de personas y objetos, etc. Como veremos más adelante, en el proyecto URUS se obtuvieron interesantes resultados de robótica cooperativa en este tipo de entornos, utilizando una flota de robots móviles, una red de cámaras fijas, así como una red inalámbrica de sensores.

Todos estos elementos pueden comunicarse entre sí de forma inalámbrica, y forman lo que se llama un sistema de robots en red (Network Robot System, NRS). Dicho sistema ha sido desplegado en un entorno urbano demostrando su utilidad. Por ejemplo, la fusión de la información de los distintos elementos permite un seguimiento más preciso, así como hacer frente a oclusiones, en tareas como el guiado de personas.

Una de las posibles aplicaciones de la robótica móvil en robótica de servicio es el guiado e incluso el transporte de personas y objetos en entornos urbanos.

Por ejemplo, en zonas peatonales o zonas que se convierten en peatonales en las ciudades para mejorar la calidad de vida de las ciudades. En este caso, los robots deben ser capaces de navegar a través de calles al mismo tiempo que las personas y posiblemente otros robots.

Adelantamos aquí que la navegación en entornos urbanos se enfrenta además a serios obstáculos, que no están presentes por ejemplo en un entorno industrializado. En efecto, la arquitectura y disposición de los distintos elementos en una zona urbana dista mucho de ser un entorno sencillo de modelar como una nave industrial: bordillos, aceras, tipos de adoquines, peatones, otros vehículos convencionales, rampas, escaleras, etc., situaciones que todas ellas deben ser tenidas en cuenta, desarrollando estrategias para que el robot pueda solventarlas con éxito.

1.4. Interacción humana con el robot

Según [12], podemos definir al usuario como la persona que interactúa con un sistema informático, así pues definimos interacción como todos los intercam-

bios que suceden entre el usuario y el sistema informático, es decir, entre la persona y el ordenador.

Según [17] se define la interacción persona ordenador (IPO) como la disciplina relacionada con el diseño, implementación y evaluación de sistemas informáticos interactivos para uso de seres humanos y con el estudio de los fenómenos más importantes con los que están relacionados.

En inglés la nomenclatura cambia ligeramente, llamando HCI, Human Computer Interaction, y que puede extenderse en nuestro ámbito como HMI Human Machine Interaction, dado que la frontera entre ordenador y robot es cada día más difusa. En adelante en el texto no se hará distinción alguna entre cualquiera de éstos términos, teniendo además en cuenta que hoy en día el concepto de usuario ha evolucionado mucho más allá de la imagen de una persona sentada delante de un terminal.

Los objetivos básicos de estudio de la HMI se basan en conseguir desarrollar o mejorar la seguridad, utilidad, efectividad, eficiencia y usabilidad de cualquier tipo de sistemas que incluyan ordenadores o computación.

Para hacer sistemas usables es preciso:

- Comprender los factores (psicológicos, ergonómicos, organizativos y sociales) que determinan cómo la gente trabaja y hace uso de los sistemas informáticos.
- Desarrollar herramientas y técnicas para ayudar a los diseñadores de sistemas interactivos.
- Conseguir una interacción eficiente, efectiva y segura.

En general, un buen principio de diseño se sustentaría en considerar que los usuarios no han de cambiar radicalmente su manera de ser, sino que los sistemas han de ser diseñados para satisfacer los requisitos del usuario.

La experiencia nos demuestra que la interfaz de un sistema es una parte muy importante del éxito o fracaso de una aplicación, pudiendo facilitar el calado y distribución entre los usuarios como se recoge en la figura 1.10 o bien, saturando al usuario ante una sobrecarga de información, como en la figura 1.11.

- La interfaz constituye entre el 47 % y el 60 % de las líneas de código [18].
- Un 48 % del código de la aplicación está dedicado al desarrollo de la interfaz [22].



Figura 1.10: Interfaz de uso del Buscador Google.

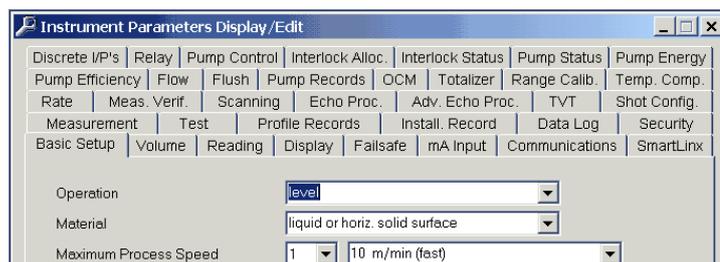


Figura 1.11: Interfaz de uso Herramienta Dolphin Plus.

Otro factor que se debe tener en consideración es que los sistemas informáticos son cada vez más utilizados por gente sin formación específica en este campo.

La Real Academia Española define, una interfaz, en el ámbito de la informática como la conexión física y funcional entre dos aparatos o sistemas independientes. Las interfaces aparecen pues entre diferentes tipos de entidades, físicas o lógicas, dentro de los sistemas informáticos.

En IPO las entidades son la persona y el ordenador. En la vida cotidiana tenemos muchos ejemplos de interfaces (el volante de un coche, la selección de programa de una lavadora, el pomo de una puerta, ...).

En el desarrollo de la IPO se dan cita, no sólo muchas ramas de la ciencia y la ingeniería, sino también otras ramas que están más relacionadas con los estudios de disciplinas sociales y psicológicas.

Para que un sistema interactivo cumpla sus objetivos tiene que ser usable y accesible a la mayor parte de la población humana. Definimos la usabilidad como la medida en la que un producto se puede usar por determinados usuarios para conseguir unos objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso dado.

Por tanto podemos entender un software usable como aquel que es fácil de aprender (permite realizar las tareas rápidamente y sin errores) y fácil de utilizar (realiza la tarea para la que se usa).

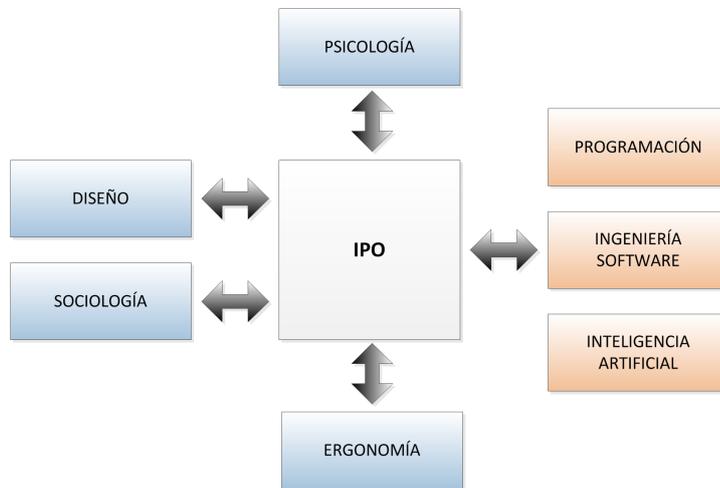


Figura 1.12: Disciplinas relacionadas con la IPO.

Una aplicación usable es la que permite al usuario centrarse en su tarea, no en la aplicación. Podríamos enumerar los principios generales de la usabilidad de una interfaz o aplicación en:

- Facilidad de aprendizaje.
- Flexibilidad.
- Consistencia.
- Robustez.
- Recuperabilidad.
- Tiempo de respuesta.
- Adecuación de las tareas.
- Disminución de la carga cognitiva.

Por tanto, el diseño de sistemas interactivos debe realizarse pensando siempre en el usuario final al que va destinado.

Para lograr que personas no relacionadas con la materia puedan interactuar y usar las redes robóticas, se hace necesario dotar a los robots de capacidades de interacción con los seres humanos.

Los objetivos marcados en el proyecto URUS fueron definir las modalidades de interacción humano robot, la creación de una interfaz hombre robot que pudiera

ser desplegada en cualquier plataforma del proyecto URUS y el diseño de algoritmos para el reconocimiento de gestos y posiciones en las áreas urbanas mediante la red de cámaras.

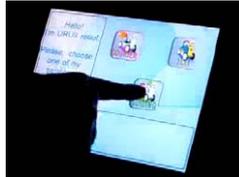


Figura 1.13: Proyecto URUS. Interfaz de Usuario Robot Tibi.



Figura 1.14: Proyecto URUS. Identificación de persona realizando una petición al sistema.

1.5. Proyecto URUS

Las ciudades más antiguas de Europa se están convirtiendo en lugares molestos para vivir, debido a los problemas de ruido, polución, falta de calidad en infraestructuras y seguridad. Los ayuntamientos de las mismas comienzan a ser conscientes de estos problemas y empiezan a estudiar soluciones, como por ejemplo, reducir las áreas de libre circulación de vehículos e implementando nuevos modos de transporte, seguridad y asistencia a los ciudadanos.

URUS es un proyecto europeo que se ha dedicado a analizar y probar la viabilidad de incorporar una red de robots, formada por robots, sensores inteligentes, dispositivos portátiles inteligentes y comunicaciones, para mejorar la calidad de vida en las áreas urbanas. El proyecto URUS se ha centrado en el desarrollo de elementos tecnológicos requeridos para el trabajo de robots en áreas urbanas y en la realización de experimentos que demuestren la viabilidad de dichos elementos en tareas habituales urbanas, como el guiado, asistencia y transporte de personas y bienes.

El proyecto URUS también ha analizado los requerimientos y necesidades para el despliegue de una red de robots en entornos urbanos, analizando también los aspectos legales concernientes a la seguridad y privacidad de las personas, que pueden verse afectados por el despliegue de dichas redes de robots y sensores.



Figura 1.15: Proyecto URUS. Tracking de personas mediante red de cámaras IP.

El objetivo general del proyecto URUS es el desarrollo de nuevas formas de cooperación mediante redes de robots y seres humanos y/o el entorno en áreas urbanas, para poder realizar de manera eficiente distintos tipos de tareas habituales en nuestras ciudades, como por ejemplo, coger un taxi.

Más en concreto, el objetivo científico y tecnológico es el desarrollo de una arquitectura de red de robots adaptable, la cual integre funcionalidades como: localización y navegación cooperativa de robots, percepción cooperativa del entorno, generación cooperativa de mapas, interacción humana con los robots, asignación de tareas, comunicaciones inalámbricas mediante dispositivos móviles, redes de sensores y otros tipos de robots heterogéneos.

La arquitectura de red robótica URUS ha sido probada en un escenario urbano abierto de 10.000 m², en el Barcelona Robot Lab (BRL), localizado en Barcelona, donde 8 diferentes robots, dos humanoides, dos vehículos robots y cuatro plataformas robóticas, fueron usadas en estos experimentos.

Los experimentos consistieron en guiado de personas, transporte de personas y materiales, y vaciado de una zona especificada.

En el apartado 6.3 de esta memoria recogeremos algunos de los resultados más interesantes que fueron obtenidos en los experimentos finales del proyecto URUS.

1.6. Objetivos del proyecto fin de carrera

Una vez introducido el contexto de trabajo, no está de más recalcar cuáles son los objetivos finales tangibles del presente Proyecto Final de Carrera.

Distinguimos como objetivos del proyecto el diseño y desarrollo de dos aplicaciones de apoyo o soporte para los investigadores miembros del Grupo de Robóti-



Figura 1.16: Equipo del Proyecto URUS.

ca, Visión y Control que han trabajado en el proyecto URUS. Las aplicaciones en cuestión son:

- **Interfaz Gráfica Romeo HMI.** Aplicación en lenguaje C++ que implementa una interfaz gráfica basada en diversas librerías de desarrollo y cuya utilidad principal es mostrar la información principal de los sensores del robot Romeo-4R en tiempo real, así como prestar un servicio para la introducción de rutas. A la descripción completa de la interfaz dedicamos el capítulo 4 de esta memoria.
- **Sistema de Análisis Post-Misión (Logplayer).** Aplicación en lenguaje C++ e interfaz en línea de comandos que sirve para reproducir en simulación los experimentos realizados, utilizando para ello la información recogida en los logs de los sensores y módulos del robot. El capítulo 5 está dedicado a una descripción completa de esta aplicación.

Para el desarrollo de estas aplicaciones (así como para otros módulos del robot Romeo-4R) se han utilizado una serie de librerías de desarrollo a las que se dedica de manera conjunta el capítulo 3 de la memoria.