**Describa detalladamente el diseño de investigación, los procedimientos, métodos y técnicas que se utilizarán para el análisis e interpretación de los datos. Aquellas investigaciones que por su naturaleza no puedan encuadrarse en la metodología empírico experimental deberán plantear sus estrategias de investigación**

(Van 10,116 de 10,500 caracteres)

Primer año

Para el desarrollo del sistema de navegación propuesto en el Laboratorio de Bio-Robótica se utilizará el modelo bayesiano propuesto por Cheng que describe la navegación en animales a partir del uso de marcas o integración de rutas (i.e. el supuesto de que los organismos estiman la distancia recorrida con base en el tiempo transcurrido, algo que en robots de servicio se conoce como localización basada en odometría), dependiendo la incertidumbre contenida en cada una de estas fuentes de información. Para la implementación de dicho modelo se desarrollarán dos subsistemas: uno que extraiga marcas naturales y otro que determine la incertidumbre asociada a ellas. El primero requiere de la implementación de diversos algoritmos, comenzando por aquellos basados en lecturas de sensores bidimensionales (como láseres o sonares) que se adecúen a diversos tipos de marcas (líneas, espigas y esquinas) y continuando con patrones más complejos cuya detección dependa del empleo de cámaras RGB-D, (empleando SIFT y clasificadores basados en color). El segundo utilizará, para el caso de marcas geométricas (espigas, líneas y esquinas), la distancia con respecto a un mapa de marcas previamente almacenadas; para el caso de patrones reconocidos con SIFT, la distancia entre los vectores de características; y para el caso de clasificadores basados en color se propone utilizar alguna medida basada en histogramas.

La efectividad del sistema será evaluada mediante su comparación con el sistema de navegación con el que actualmente cuenta el robot de servicio Justina, desarrollado en el Laboratorio de Biorrobótica de la Facultad de Ingeniería, en el contexto de las pruebas de la competencia Robocup@Home. Todos los desarrollos se harán utilizando la plataforma ROS (Robot Operating System) y los lenguajes de programación C++ y Python.

A su vez en el Laboratorio de Comportamiento Adaptable, se llevarán a cabo tres estudios que aborden el aprendizaje por reforzamiento. En el primero, se utiliza una tarea de predicción de la posición de un estímulo visual, donde se comparan ambientes en los que la posición varía gradualmente de aquellos que varían de manera aleatoria. Se evaluará el modelo tradicional de refuerzo con un modelo que permite cambios en el parámetro de aprendizaje en función de los errores de predicción, (Wilson, 2012).

En el segundo experimento, se evaluará la adaptación del comportamiento a las propiedades temporales del entorno, en particular, el impacto que tiene la incertidumbre externa como interna a la que se enfrentan los organismos. En el experimento se asignarán palomas a dos grupos, a los que se presentará una luz blanca por t segundos y una vez transcurrido los t segundos se encenderá una tecla roja que señala un programa de intervalo fijo de duración idéntica a la de la tecla blanca. Por cada grupo, habrá una distribución de probabilidad diferente que determine la duración de las teclas blanca y roja. Y en una segunda fase, con un procedimiento de pico (Roberts, 1981) se evaluará si la expectativa máxima de refuerzo depende de la estimación del tiempo de entrega y/o la distribución de probabilidad del programa.

En el tercer experimento se estudia la relación entre la magnitud de un cambio en la probabilidad de la ocurrencia de un evento y la probabilidad de que un organismo sea capaz de detectar dicho cambio. En este experimento se presentaran series de eventos que siguen una distribución de probabilidad que puede cambiar en algún punto de la serie (Gallistel, *et al.*, 2014), el objetivo de los participantes será el de detectar ensayo a ensayo si ocurrió o no un cambio. Los valores y las manipulaciones pertinentes a este experimento serán seleccionadas mediante un método de simulación que permita determinar con mayor precisión cuál es la relación entre magnitud de cambio y la percepción del mismo.

Segundo año

La Teoría de Detección de Señales (TDS) constituye un modelo estadístico para estudiar el problema al que se enfrentan los sistemas inmersos en entornos con incertidumbre,, que requieren detectar eventos específicos para guiar su comportamiento óptimamente asume que las señales cuya detección es relevante para el ajuste del comportamiento de sistemas adaptables, se presentan de acuerdo con cierta distribución de probabilidad y coexisten en el mundo con otro tipo de estimulación que puede llegar a ser confundida por esta -con su propia distribución-, (Peterson, Birdsall & Fox, 1954). Los robots cuentan con un sistema de reconocimiento de objetos basado en clasificadores por color. Como primer paso se realizarán múltiples pruebas con diferentes tipos de objetos a fin de determinar la distribución de probabilidad de la señal que se quiere detectar, en este caso, dicha señal será la presencia del objeto que se quiere reconocer. Como señal de ruido se emplearán objetos no entrenados y la distribución de probabilidad de la señal de ruido se determinará de forma similar.

Se desarrollarán otros sistemas de reconocimiento de objetos basados en otros algoritmos como SIFT. Se realizarán pruebas para determinar qué algoritmos son mejores en qué casos. En todos los casos, se realizarán múltiples pruebas con varios objetos a fin de determinar, estadísticamente, la distribución de probabilidad de la señal a detectar.

Para la implementación del sistema a desarrollar se utilizará el software de visión computacional con el que actualmente cuenta el robot Justina, que consiste en un módulo de adquisición de datos utilizando un sensor RGB-D, un sistema cliente-servidor para que otros programas puedan consumir los datos, una cabeza mecatrónica de dos grados de libertad que permite ampliar el campo de visión de la cámara RGB-D y un sistema de extracción de planos que permite detectar objetos sobre muebles como escritorios, mesas, estantes y otros parecidos.

Para facilitar todos los desarrollos se empleará la plataforma ROS y la biblioteca para visión computacional OpenCV. La efectividad del sistema de visión desarrollado se probará comparándolo con el actual sistema de visión así como con el paquete "find\_object\_2D" que forma parte de la plataforma ROS.

Todos las imágenes y nubes de puntos utilizadas tanto para el entrenamiento como para las pruebas de reconocimiento serán publicadas en línea a fin de que puedan ser usadas como datasets de prueba por otros investigadores.

Con el fin de evaluar una de las propiedades principales de la función de utilidad, subyacente en los modelos de refuerzo, se desarrollará un experimento en el cual se estudiará el axioma de transitividad en elecciones bajo riesgo. El axioma de transitividad no ha sido evaluado en el dominio de pérdidas. El propósito de este estudio es determinar si existe relación en el cumplimiento de dicho axioma en pérdidas y ganancias en los mismos participantes, (Regenwetter et al, 2011). Se utilizarán 5 alternativas monetarias que podrán variar en magnitud y probabilidad de entrega. Se realizaron las combinaciones binarias posibles entre las 5 alternativas, con un total de 10 combinaciones, se repetirá 20 veces cada par de alternativas para evaluar la variabilidad en la elección dando como resultado 200 elección.

Finalmente, se plantea el diseño de un experimento que es una extensión del estudio de efectos de intervalo e intransitividad en elección intertemporal y elección bajo riesgo (del cual se adjunta el poster). En dicho experimento se analizó cómo los organismos evalúan las consecuencias que difieren en tiempo o probabilidad, a su vez se evaluaron dos clases de modelos, 1) los de reforzamiento que asignan un valor subjetivo a cada alternativa y 2) los que evalúan las diferencias entre los mismos atributos de las alternativas (Scholten et al, 2014). Debido a que en el experimento pasado se observó que las personas mostraban un sesgo hacia la alternativa pequeña segura, se pretende modificar la magnitud de la recompensa así como la longitud de los intervalos para observar mayor variabilidad en las elecciones de los participantes.

Tercer año

El modelo general de contexto propone que las personas clasifican objetos con base en un conjunto de características que se comparan con un grupo de ejemplos y, a partir de una medida de similitud, se determina a qué clase pertenece. Además, para cada característica se consideran pesos que indican el nivel de atención que la persona pone en esa característica y un valor de sesgo, que indica una preferencia por seleccionar determinada categoría.

Para implementar el sistema de clasificación de objetos con base en este modelo, primero se seleccionará un conjunto de características que pueden ser medidas a partir de una cámara RGB-D. Se propone utilizar el histograma empleado en el clasificador por color actualmente implementado en el robot Justina, más el vector de características dado por el algoritmo SIFT, más las características de forma y tamaño dados por el polígono convexo envolvente de la proyección en 2D y el conteo de pixeles, respectivamente. Para determinar los coeficientes atencionales, se propone emplear información de otros sistemas, por ejemplo, si el robot está en un área identificada como cocina, se dará más peso a la forma y el tamaño, puesto que seguramente el robot estará reconociendo objetos como platos y tazas que no son ricos en texturas y pueden tener colores muy similares.

Para facilitar las pruebas, se desarrollará un nodo en la plataforma ROS para cada algoritmo de extracción de características y otro que realice la clasificación como tal.

Puesto que los algoritmos de visión desarrollados implican el cálculo de una distribución de probabilidad (la teoría de detección de señales y el modelo general de contexto así lo requieren), se espera que su uso como fuente de información en el sistema de navegación de la primera meta sea sencillo y fácil de integrar.