

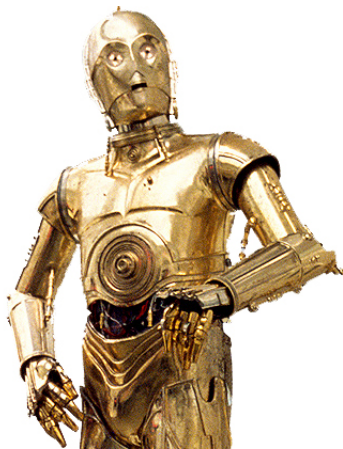
Algo sobre Visión en Robótica, o ¿cómo diablos ve Wall-e?

Pablo De Cristóforis

Laboratorio de Robótica y Sistemas Embebidos

30 de Mayo de 2012

¿Conocen estos robots?



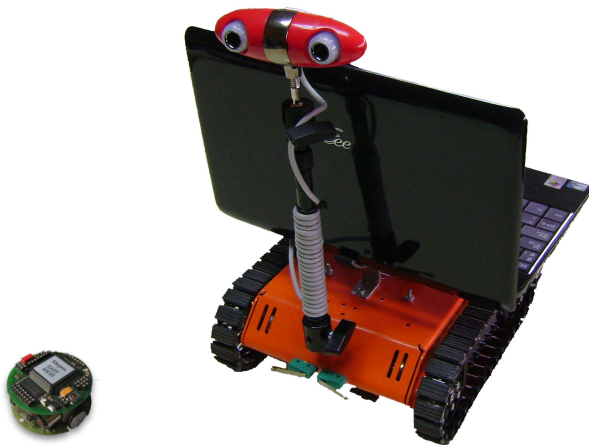
¿Conocen estos robots?



¿Conocen estos robots?



¿Conocen estos robots?



¿Qué cosas tienen en común todos estos robots?

Los robots autónomos **sensan** el entorno y **actúan** en consecuencia.

¿Qué cosas tienen en común todos estos robots?

Los robots autónomos **sensan** el entorno y **actúan** en consecuencia.

¿Qué buscamos de un robot autónomo móvil?

- A nosotros nos interesan los robots móviles autónomos, entonces la **navegación autónoma** es un objetivo central.
- Vamos a usar la cámara como sensor principal, entonces la navegación va a estar **basada en visión**.

¿Qué buscamos de un robot autónomo móvil?

- A nosotros nos interesan los robots móviles autónomos, entonces la **navegación autónoma** es un objetivo central.
- Vamos a usar la cámara como sensor principal, entonces la navegación va a estar **basada en visión**.

¿Qué buscamos de un robot autónomo móvil?

- A nosotros nos interesan los robots móviles autónomos, entonces la **navegación autónoma** es un objetivo central.
- Vamos a usar la cámara como sensor principal, entonces la navegación va a estar **basada en visión**.

Cuatro ejemplos de navegación autónoma basada en visión

- Segmentación de imágenes para la detección del piso y los obstáculos.
- Construcción de mapas de características de las imágenes y Dead Reckoning
- Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo.
- Mapas de disparidad (profundidad) utilizando Visión Estéreo.

Cuatro ejemplos de navegación autónoma basada en visión

- Segmentación de imágenes para la detección del piso y los obstáculos.
- Construcción de mapas de características de las imágenes y Dead Reckoning
- Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo.
- Mapas de disparidad (profundidad) utilizando Visión Estéreo.

Cuatro ejemplos de navegación autónoma basada en visión

- Segmentación de imágenes para la detección del piso y los obstáculos.
- Construcción de mapas de características de las imágenes y Dead Reckoning
- Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo.
- Mapas de disparidad (profundidad) utilizando Visión Estéreo.

Cuatro ejemplos de navegación autónoma basada en visión

- Segmentación de imágenes para la detección del piso y los obstáculos.
- Construcción de mapas de características de las imágenes y Dead Reckoning
- Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo.
- Mapas de disparidad (profundidad) utilizando Visión Estéreo.

Cuatro ejemplos de navegación autónoma basada en visión

- Segmentación de imágenes para la detección del piso y los obstáculos.
- Construcción de mapas de características de las imágenes y Dead Reckoning
- Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo.
- Mapas de disparidad (profundidad) utilizando Visión Estéreo.

Segmentación de imágenes para la detección del piso

- Tenemos una sólo cámara.
- Queremos etiquetar cada pixel de la imagen como parte del piso o como parte de los obstáculos.
- Una vez que tenemos las fronteras entre las zonas navegables y la no-navegables podemos guiar al robot.

Segmentación de imágenes para la detección del piso

- Tenemos una sólo cámara.
- Queremos etiquetar cada pixel de la imagen como parte del piso o como parte de los obstáculos.
- Una vez que tenemos las fronteras entre las zonas navegables y la no-navegables podemos guiar al robot.

Segmentación de imágenes para la detección del piso

- Tenemos una sólo cámara.
- Queremos etiquetar cada pixel de la imagen como parte del piso o como parte de los obstáculos.
- Una vez que tenemos las fronteras entre las zonas navegables y la no-navegables podemos guiar al robot.

Segmentación de imágenes para la detección del piso

- Tenemos una sólo cámara.
- Queremos etiquetar cada pixel de la imagen como parte del piso o como parte de los obstáculos.
- Una vez que tenemos las fronteras entre las zonas navegables y la no-navegables podemos guiar al robot.

Segmentación de imágenes para la detección del piso

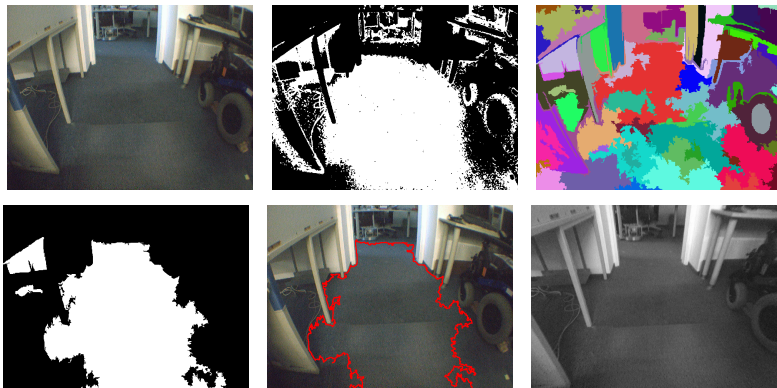


Figura: Detección de fronteras: (a) Imagen original capturada desde la cámara del robot (b) Píxeles etiquetados como posible suelo navegable, utilizando el histograma HSV (c) Imagen segmentada en super-píxeles (d) Super-píxeles etiquetados como pertenecientes al suelo navegable (e) Frontera inferida de la imagen.

Segmentación de imágenes para la detección del piso

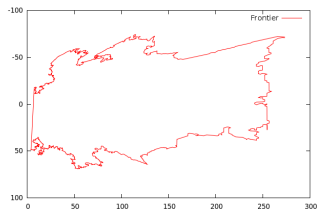
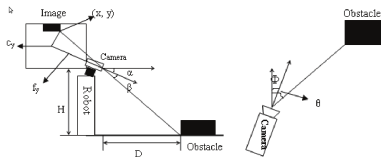


Figura: Estimación de las posiciones de la frontera en el mundo real, vista superior, con origen de coordenadas en el centro del robot. Para calcular estas posiciones se utilizaron los parámetros obtenidos mediante la calibración de la cámara (extrínsecos e intrínsecos).

Segmentación de imágenes para la detección del piso



Figura: Detección de fronteras geométricas mediante la segmentación basada en contexto. Imágenes capturadas con el robot Exabot yendo del Pabellón 1 al Pabellón 2.

Construcción de mapas de características de las imágenes y Dead Reckoning

- Tenemos una sólo cámara (voladora!).
- Queremos construir un mapa de características de las imágenes en una primera etapa de aprendizaje.
- Una vez que tenemos el mapa podemos navegar de forma autónoma realizando matching de las características sensadas en el momento contra las almacenadas en el mapa.

Construcción de mapas de características de las imágenes y Dead Reckoning

- Tenemos una sólo cámara (voladora!).
- Queremos construir un mapa de características de las imágenes en una primera etapa de aprendizaje.
- Una vez que tenemos el mapa podemos navegar de forma autónoma realizando matching de las características sensadas en el momento contra las almacenadas en el mapa.

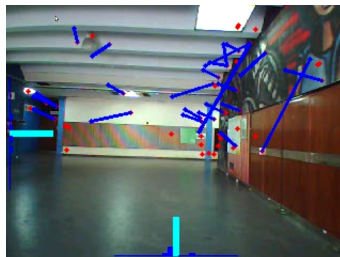
Construcción de mapas de características de las imágenes y Dead Reckoning

- Tenemos una sólo cámara (voladora!).
- Queremos construir un mapa de características de las imágenes en una primera etapa de aprendizaje.
- Una vez que tenemos el mapa podemos navegar de forma autónoma realizando matching de las características sensadas en el momento contra las almacenadas en el mapa.

Construcción de mapas de características de las imágenes y Dead Reckoning

- Tenemos una sólo cámara (voladora!).
- Queremos construir un mapa de características de las imágenes en una primera etapa de aprendizaje.
- Una vez que tenemos el mapa podemos navegar de forma autónoma realizando matching de las características sensadas en el momento contra las almacenadas en el mapa.

Construcción de mapas de características de las imágenes y Dead Reckoning



Correspondencias entre características de dos imágenes



Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo

- Tenemos una sólo cámara.
- Queremos que el robot aprenda a realizar una tarea en un ambiente dado. Para eso queremos que tome la acción correcta ante cada situación percibida (estado).
- Utilizamos detección de patrones (rectas en nuestro caso) en la imágenes para representar los estados y AR para que el robot aprenda la tarea.

Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo

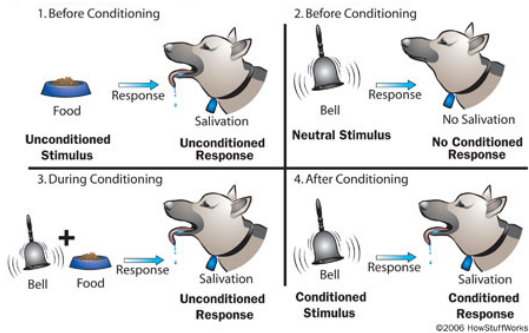
- Tenemos una sólo cámara.
- Queremos que el robot aprenda a realizar una tarea en un ambiente dado. Para eso queremos que tome la acción correcta ante cada situación percibida (estado).
- Utilizamos detección de patrones (rectas en nuestro caso) en la imágenes para representar los estados y AR para que el robot aprenda la tarea.

Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo

- Tenemos una sólo cámara.
- Queremos que el robot aprenda a realizar una tarea en un ambiente dado. Para eso queremos que tome la acción correcta ante cada situación percibida (estado).
- Utilizamos detección de patrones (rectas en nuestro caso) en la imágenes para representar los estados y AR para que el robot aprenda la tarea.

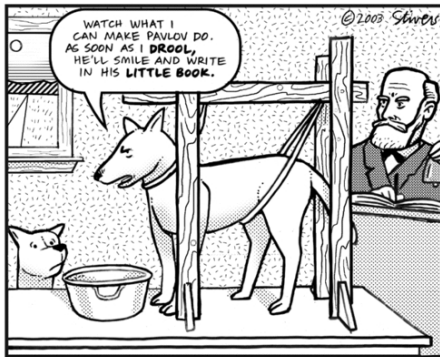
Aprendizaje por Refuerzo

El AR se inspira en el comportamiento condicionado estudiado por Pavlov.

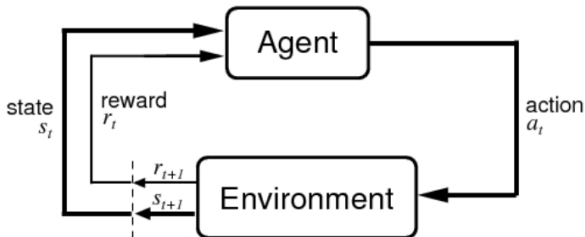


Aprendizaje por Refuerzo

Es importante tener en cuenta que lo que se aprende depende de quién lo mire.

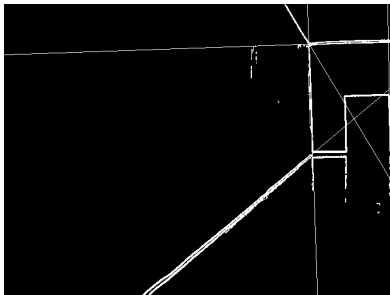
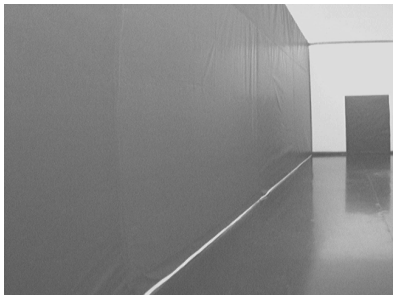


Aprendizaje por Refuerzo

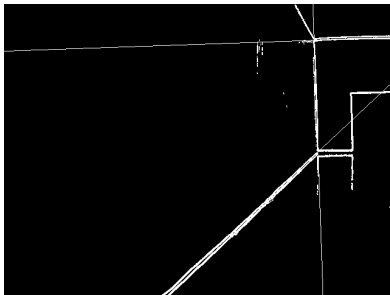
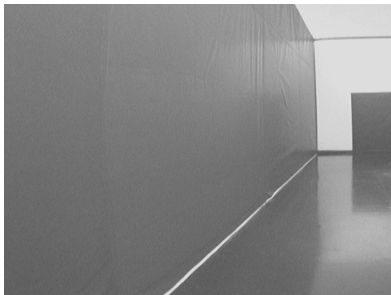


La idea es que el robot aprenda una política (asociación entre estados y acciones) que maximice los refuerzos obtenidos hasta cumplir el objetivo. El aprendizaje no está guiado por un usuario que sino que se hace mediante la exploración del espacio de estados (situaciones) del ambiente.

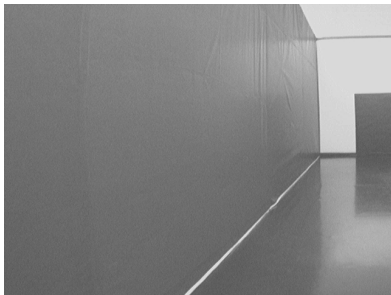
Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



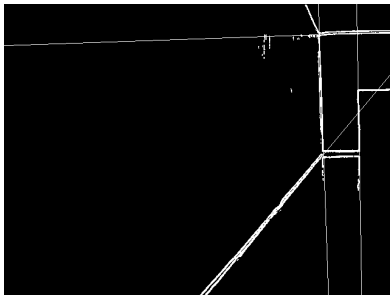
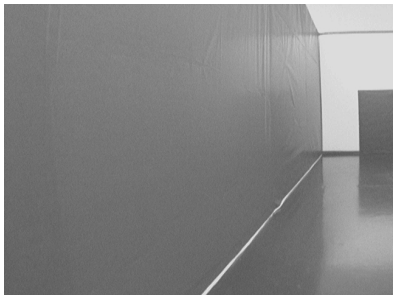
Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



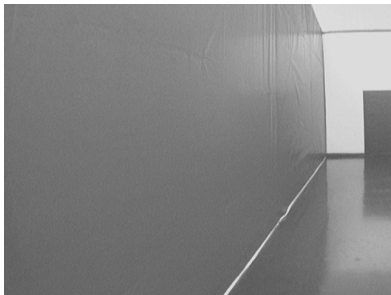
Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



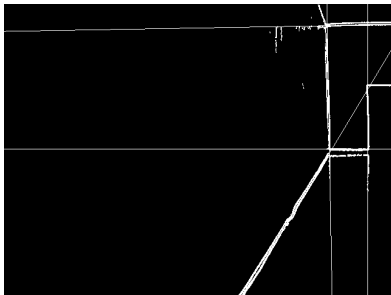
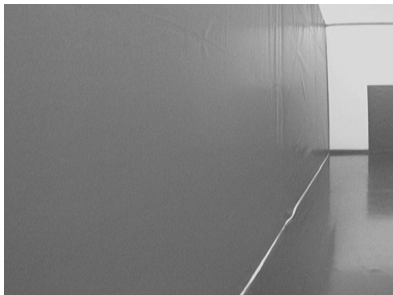
Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



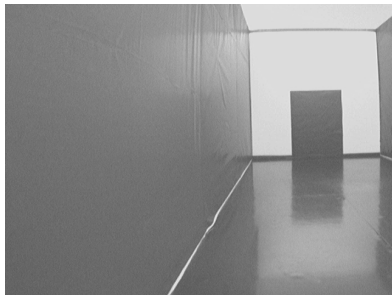
Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



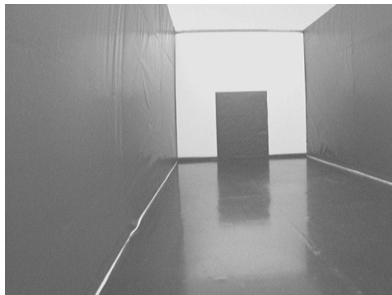
Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



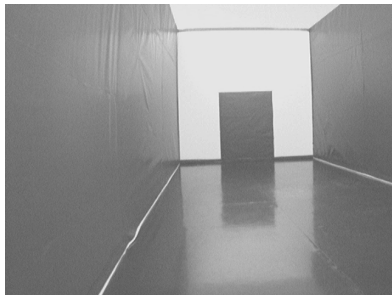
Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



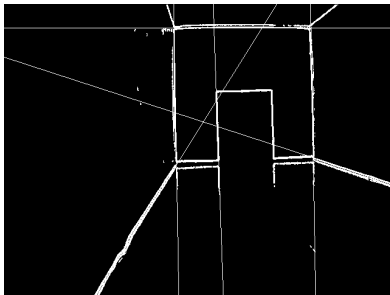
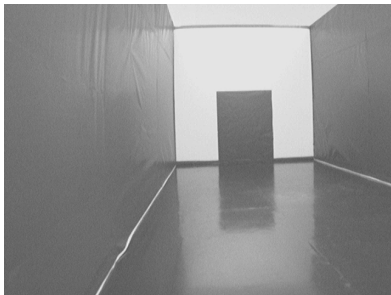
Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



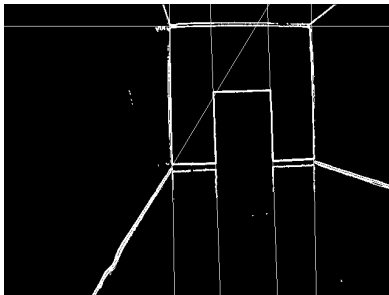
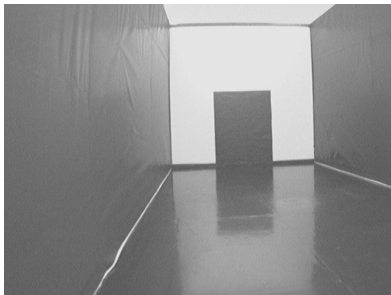
Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



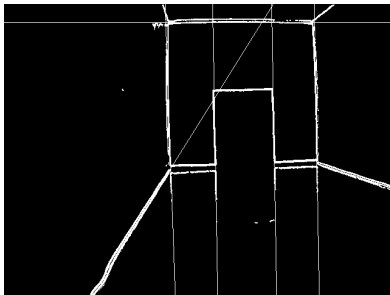
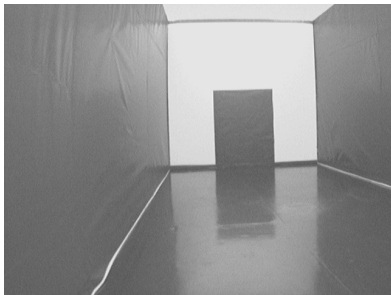
Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



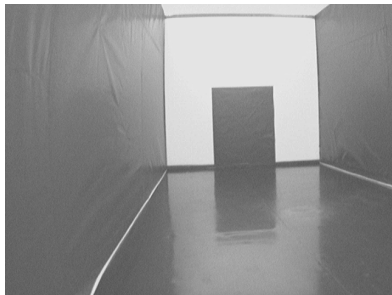
Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



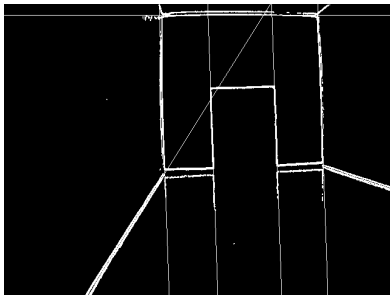
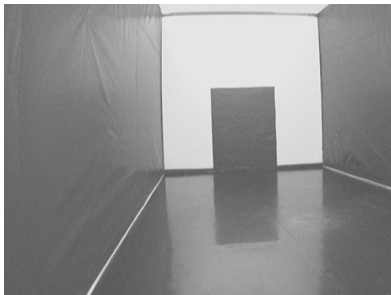
Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



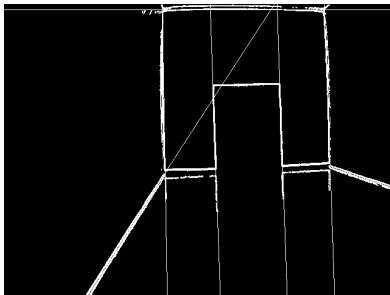
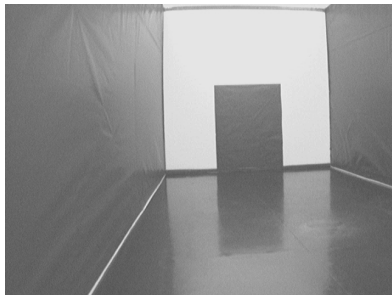
Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



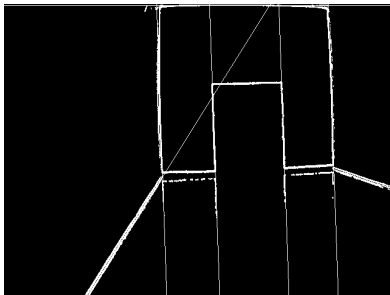
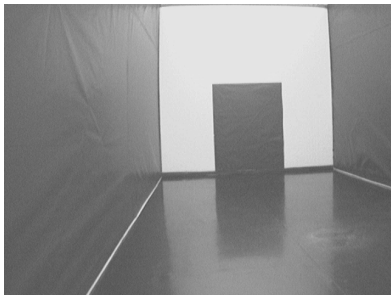
Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



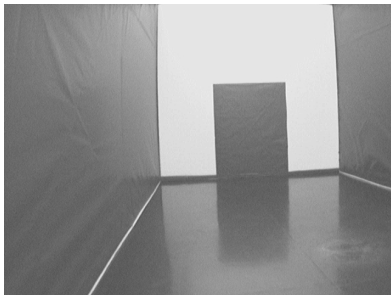
Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



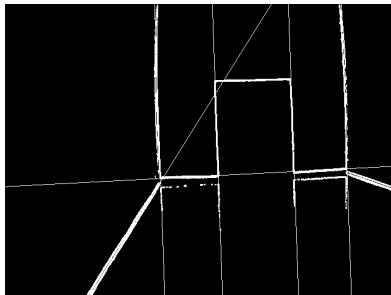
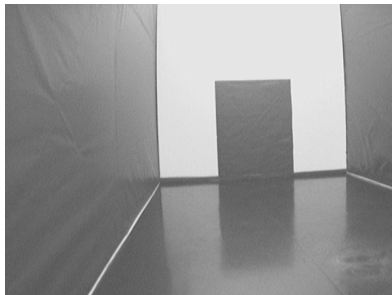
Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



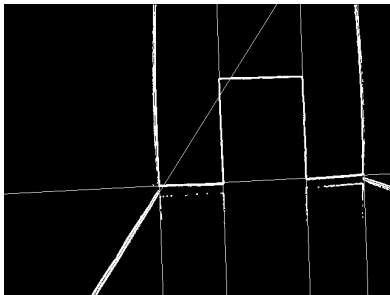
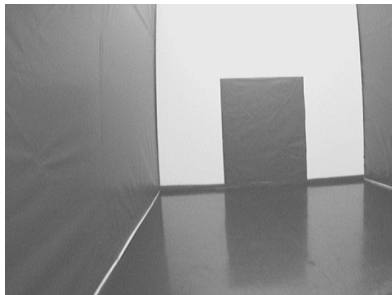
Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



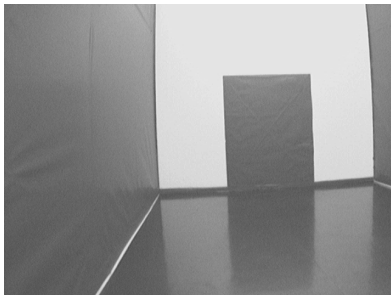
Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



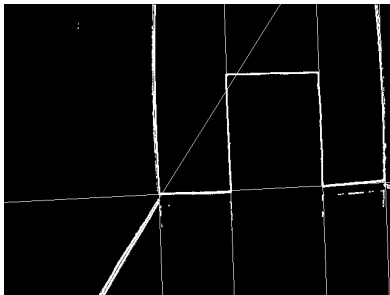
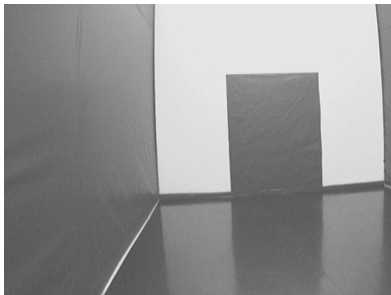
Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



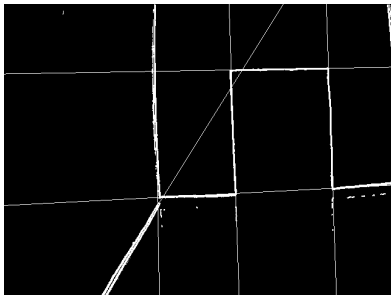
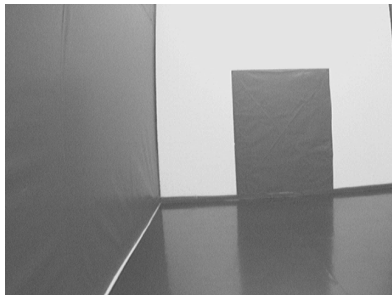
Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



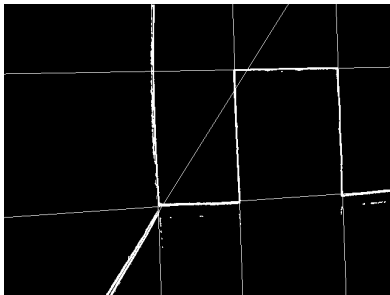
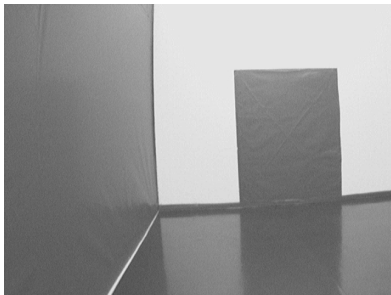
Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



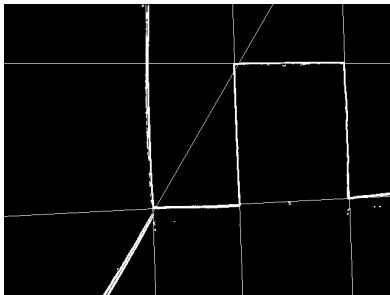
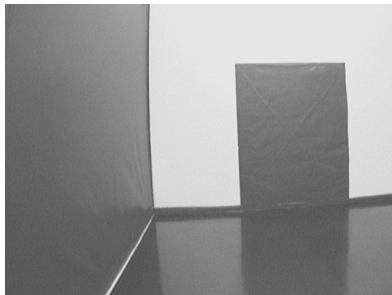
Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



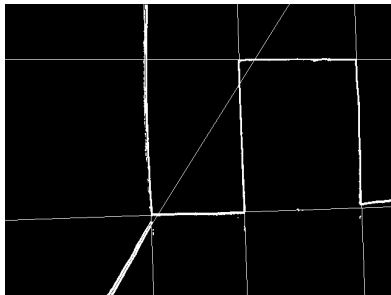
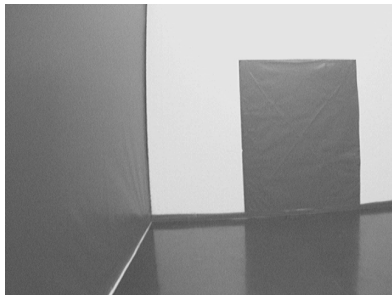
Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



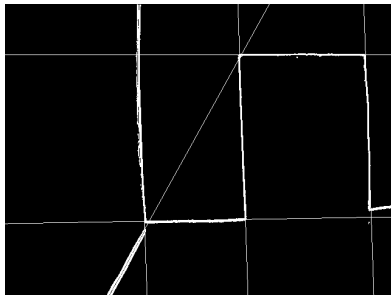
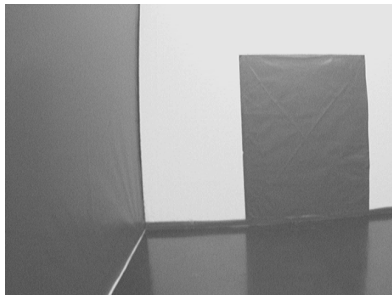
Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



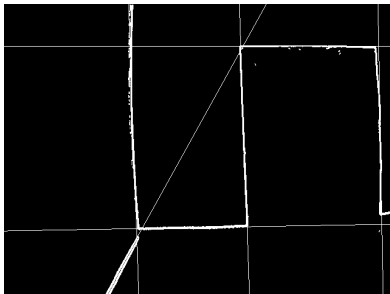
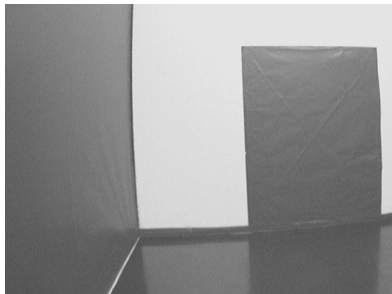
Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



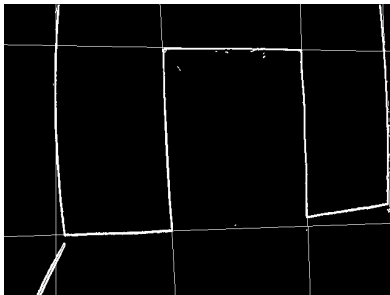
Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



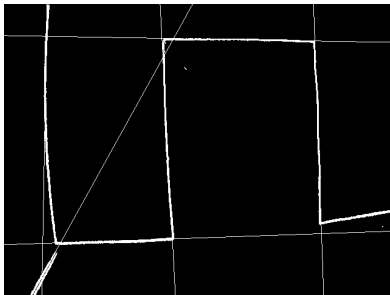
Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



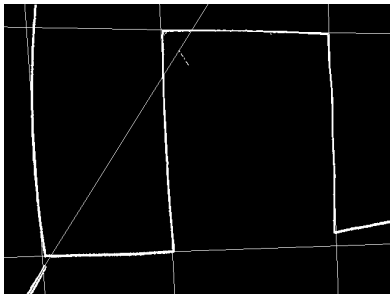
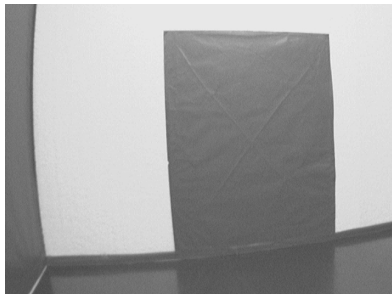
Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



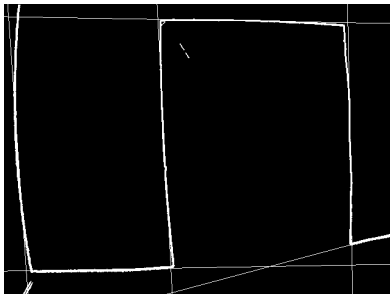
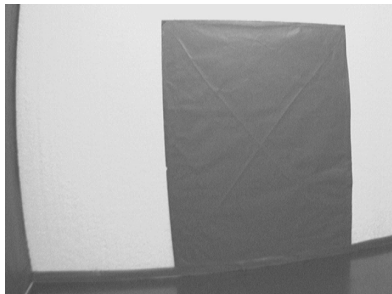
Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



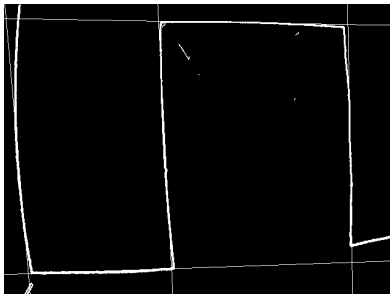
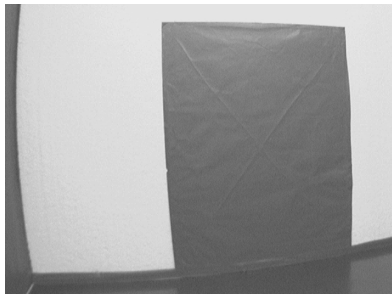
Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



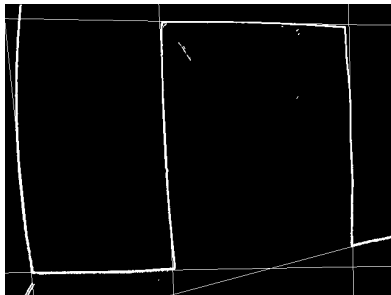
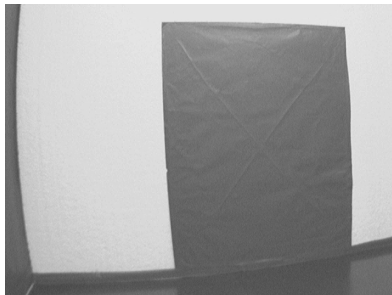
Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



Detección de patrones en las imágenes y Aprendizaje por Refuerzo



Mapas de disparidad utilizando Visión Estéreo

¿Qué es esto?



Mapas de disparidad utilizando Visión Estéreo

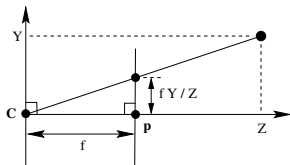
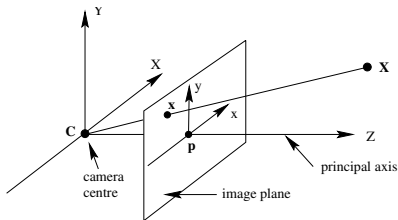
¿Qué es esto?

$$P = KR[I | \vec{c}]$$

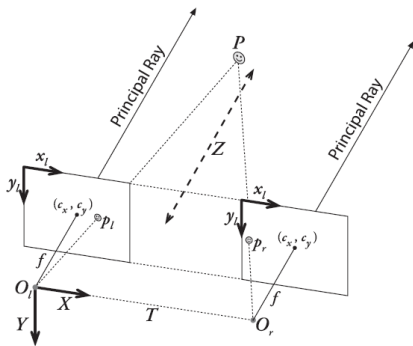
$$K = \begin{pmatrix} m_x f & s & x_0 \\ 0 & m_y f & y_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$R = \begin{pmatrix} \cos(\theta) & -\text{sen}(\theta) & 0 \\ \text{sen}(\theta) & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

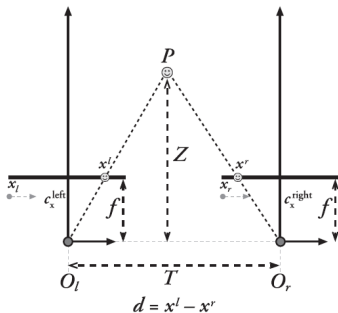
Mapas de disparidad utilizando Visión Estéreo



Mapas de disparidad utilizando Visión Estéreo

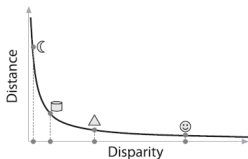
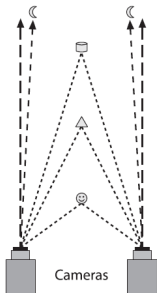


Mapas de disparidad utilizando Visión Estéreo



$$\frac{T}{Z} = \frac{T - (x_l - x_r)}{Z - f} \Rightarrow Z = \frac{fT}{(x_l - x_r)} = \frac{fT}{d}$$

Mapas de disparidad utilizando Visión Estéreo



¿Qué otras cosas hacemos en el Laboratorio de Robótica?

- Proyectos I+D, sistemas embebidos, construcción de nuevos prototipos.
- Docencia: Materia Optativa Visión en Robótica para la Licenciatura y el Doctorado. Seminarios sobre temas específicos.
- Extensión: Talleres de Robótica para alumnos de escuelas secundarias.
- Competencias de Robótica: mini-sumo y carreras.

¿Qué otras cosas hacemos en el Laboratorio de Robótica?

- Proyectos I+D, sistemas embebidos, construcción de nuevos prototipos.
- Docencia: Materia Optativa Visión en Robótica para la Licenciatura y el Doctorado. Seminarios sobre temas específicos.
- Extensión: Talleres de Robótica para alumnos de escuelas secundarias.
- Competencias de Robótica: mini-sumo y carreras.

¿Qué otras cosas hacemos en el Laboratorio de Robótica?

- Proyectos I+D, sistemas embebidos, construcción de nuevos prototipos.
- Docencia: Materia Optativa Visión en Robótica para la Licenciatura y el Doctorado. Seminarios sobre temas específicos.
- Extensión: Talleres de Robótica para alumnos de escuelas secundarias.
- Competencias de Robótica: mini-sumo y carreras.

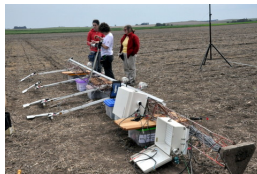
¿Qué otras cosas hacemos en el Laboratorio de Robótica?

- Proyectos I+D, sistemas embebidos, construcción de nuevos prototipos.
- Docencia: Materia Optativa Visión en Robótica para la Licenciatura y el Doctorado. Seminarios sobre temas específicos.
- Extensión: Talleres de Robótica para alumnos de escuelas secundarias.
- Competencias de Robótica: mini-sumo y carreras.

¿Qué otras cosas hacemos en el Laboratorio de Robótica?

- Proyectos I+D, sistemas embebidos, construcción de nuevos prototipos.
- Docencia: Materia Optativa Visión en Robótica para la Licenciatura y el Doctorado. Seminarios sobre temas específicos.
- Extensión: Talleres de Robótica para alumnos de escuelas secundarias.
- Competencias de Robótica: mini-sumo y carreras.

Proyectos I+D: Sistema autónomo de medición de polen



Gracias por su atención!

