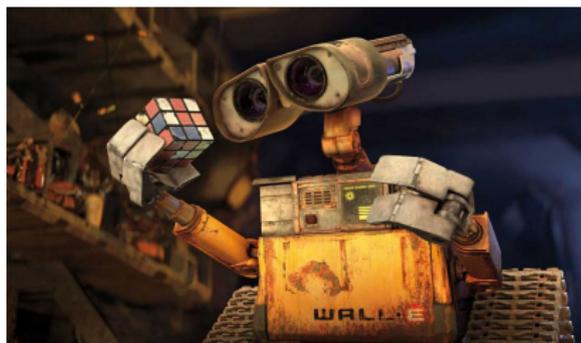


Métodos de navegación basada en visión para robots móviles

Taihú Pire

Laboratorio de Robótica y Sistemas Embebidos
FCEyN - UBA

16 de Octubre de 2014



The Nobel Prize in Physiology or Medicine 2014

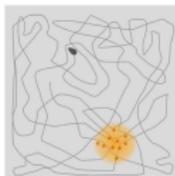


Fig. 1



John O'Keefe

John O'Keefe discovered, in 1971, that certain nerve cells in the brain were activated when a rat assumed a particular place in the environment. Other nerve cells were activated at other places. He proposed that these "place cells" build up an inner map of the environment. Place cells are located in a part of the brain called the hippocampus.

May-Britt Moser and
Edvard I. Moser



May-Britt och Edvard I. Moser discovered in 2005 that other nerve cells in a nearby part of the brain, the entorhinal cortex, were activated when the rat passed certain locations. Together, these locations formed a hexagonal grid, each "grid cell" reacting in a unique spatial pattern. Collectively, these grid cells form a coordinate system that allows for spatial navigation.

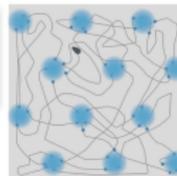


Fig. 2

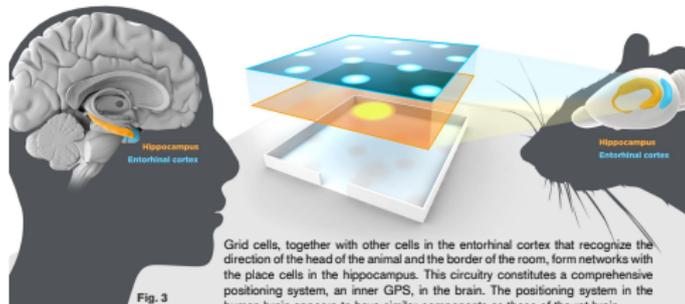


Fig. 3

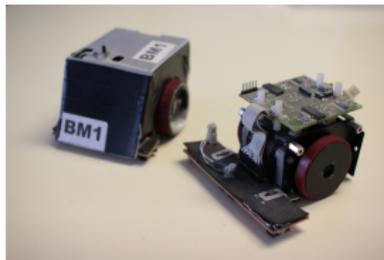
Grid cells, together with other cells in the entorhinal cortex that recognize the direction of the head of the animal and the border of the room, form networks with the place cells in the hippocampus. This circuitry constitutes a comprehensive positioning system, an inner GPS, in the brain. The positioning system in the human brain appears to have similar components as those of the rat brain.



Algunos robots móviles



Algunos robots móviles que tenemos en el laboratorio



Objetivos del grupo

Investigación: estudio de métodos y algoritmos para dotar de “inteligencia” a robots móviles (navegación autónoma).

Desarrollo: diseño y construcción de nuevos prototipos, desarrollo de placas de control de sensores, actuadores y sistemas embebidos.

Docencia: materias optativas (Visión en Robótica), Cursos intensivos en la ECI, Materia corta (Robótica Móvil Avanzada).

Extensión: talleres de Robótica Educativa, participación en las SdC y en diversas exposiciones (Tecnópolis, Innovar, ExpoUBA).

Objetivos del grupo

Investigación: estudio de métodos y algoritmos para dotar de “inteligencia” a robots móviles (navegación autónoma).

Desarrollo: diseño y construcción de nuevos prototipos, desarrollo de placas de control de sensores, actuadores y sistemas embebidos.

Docencia: materias optativas (Visión en Robótica), Cursos intensivos en la ECI, Materia corta (Robótica Móvil Avanzada).

Extensión: talleres de Robótica Educativa, participación en las SdC y en diversas exposiciones (Tecnópolis, Innovar, ExpoUBA).

Objetivos del grupo

Investigación: estudio de métodos y algoritmos para dotar de “inteligencia” a robots móviles (navegación autónoma).

Desarrollo: diseño y construcción de nuevos prototipos, desarrollo de placas de control de sensores, actuadores y sistemas embebidos.

Docencia: materias optativas (Visión en Robótica), Cursos intensivos en la ECI, Materia corta (Robótica Móvil Avanzada).

Extensión: talleres de Robótica Educativa, participación en las SdC y en diversas exposiciones (Tecnópolis, Innovar, ExpoUBA).

Objetivos del grupo

Investigación: estudio de métodos y algoritmos para dotar de “inteligencia” a robots móviles (navegación autónoma).

Desarrollo: diseño y construcción de nuevos prototipos, desarrollo de placas de control de sensores, actuadores y sistemas embebidos.

Docencia: materias optativas (Visión en Robótica), Cursos intensivos en la ECI, Materia corta (Robótica Móvil Avanzada).

Extensión: talleres de Robótica Educativa, participación en las SdC y en diversas exposiciones (Tecnópolis, Innovar, ExpoUBA).

Objetivos del grupo

Investigación: estudio de métodos y algoritmos para dotar de “inteligencia” a robots móviles (navegación autónoma).

Desarrollo: diseño y construcción de nuevos prototipos, desarrollo de placas de control de sensores, actuadores y sistemas embebidos.

Docencia: materias optativas (Visión en Robótica), Cursos intensivos en la ECI, Materia corta (Robótica Móvil Avanzada).

Extensión: talleres de Robótica Educativa, participación en las SdC y en diversas exposiciones (Tecnópolis, Innovar, ExpoUBA).

La navegación autónoma puede definirse a grandes rasgos como la capacidad de moverse de forma segura a lo largo de una trayectoria entre un punto de inicio y uno final [1].

Pregunta:

Respuesta:

[1] J. J. Leonard - et al., "Mobile robot localization by ...," IEEE Transactions on Robotics and Automation, 2002.

La navegación autónoma puede definirse a grandes rasgos como la capacidad de moverse de forma segura a lo largo de una trayectoria entre un punto de inicio y uno final [1].

Pregunta:

- ¿Dónde estoy?

Respuesta:

[1] J. J. Leonard - et al., "Mobile robot localization by ...," IEEE Transactions on Robotics and Automation, 2002.

La navegación autónoma puede definirse a grandes rasgos como la capacidad de moverse de forma segura a lo largo de una trayectoria entre un punto de inicio y uno final [1].

Pregunta:

- ¿Dónde estoy?

Respuesta:

→ Cálculo de la posición (Localization)

[1] J. J. Leonard - et al., "Mobile robot localization by ...," IEEE Transactions on Robotics and Automation, 2002.

La navegación autónoma puede definirse a grandes rasgos como la capacidad de moverse de forma segura a lo largo de una trayectoria entre un punto de inicio y uno final [1].

Pregunta:

- ¿Dónde estoy?
- ¿Por dónde estoy yendo?

Respuesta:

→ Cálculo de la posición (Localization)

[1] J. J. Leonard - et al., "Mobile robot localization by ...," IEEE Transactions on Robotics and Automation, 2002.

La navegación autónoma puede definirse a grandes rasgos como la capacidad de moverse de forma segura a lo largo de una trayectoria entre un punto de inicio y uno final [1].

Pregunta:

- ¿Dónde estoy?
- ¿Por dónde estoy yendo?

Respuesta:

- Cálculo de la posición (Localization)
- Representación del entorno (Mapping)

[1] J. J. Leonard - et al., "Mobile robot localization by ...," IEEE Transactions on Robotics and Automation, 2002.

La navegación autónoma puede definirse a grandes rasgos como la capacidad de moverse de forma segura a lo largo de una trayectoria entre un punto de inicio y uno final [1].

Pregunta:

- ¿Dónde estoy?
- ¿Por dónde estoy yendo?
- ¿Cómo llego hasta allí?

Respuesta:

- Cálculo de la posición (Localization)
- Representación del entorno (Mapping)

[1] J. J. Leonard - et al., "Mobile robot localization by ...," IEEE Transactions on Robotics and Automation, 2002.

La navegación autónoma puede definirse a grandes rasgos como la capacidad de moverse de forma segura a lo largo de una trayectoria entre un punto de inicio y uno final [1].

Pregunta:

- ¿Dónde estoy?
- ¿Por dónde estoy yendo?
- ¿Cómo llego hasta allí?

Respuesta:

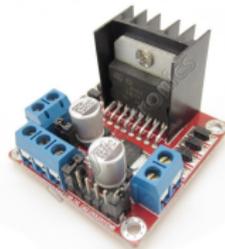
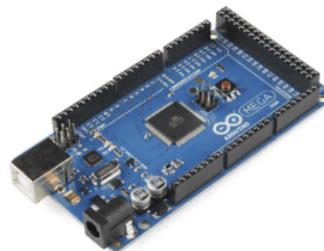
- Cálculo de la posición (Localization)
- Representación del entorno (Mapping)
- Planeamiento de movimiento (Motion planning)

[1] J. J. Leonard - et al., "Mobile robot localization by ...," IEEE Transactions on Robotics and Automation, 2002.

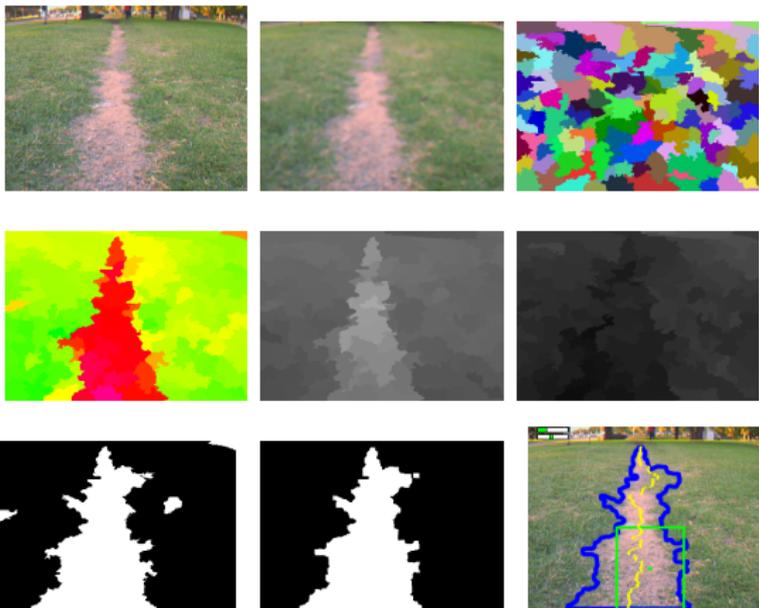
Algunos de los sensores con los que trabajamos



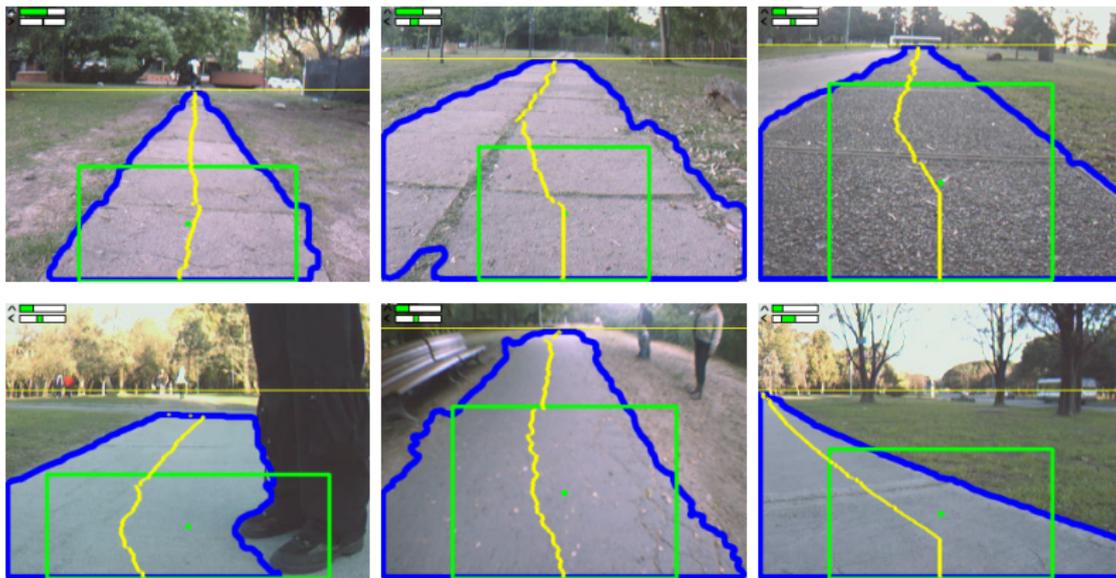
Algunos de las unidades de procesamiento embebido



Navegación autónoma basada en segmentación

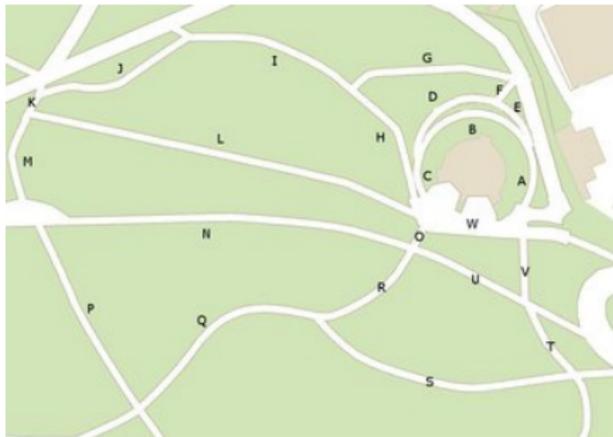


Navegación autónoma basada en segmentación

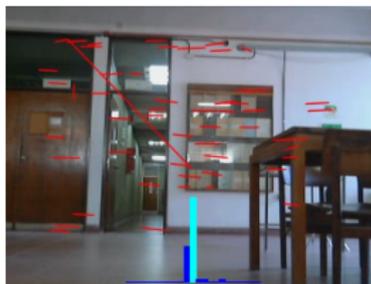
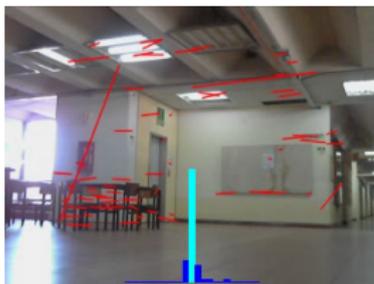


Navegación autónoma basada en segmentación

Este método es muy útil para seguir caminos en ambientes exteriores (Ciudad Universitaria)



Navegación autónoma basada en características visuales



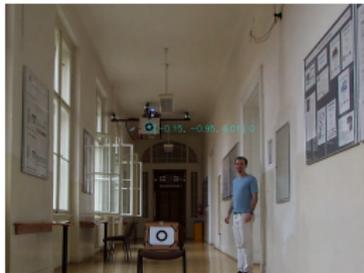
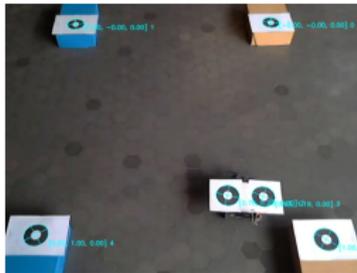
Navegación autónoma basada en características visuales

La navegación basada en características visuales (*image features*) puede utilizarse tanto en escenarios internos como externos:



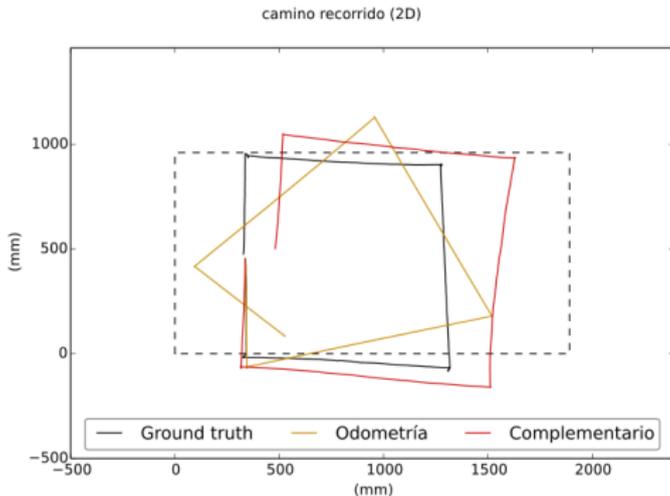
¿Cómo hago para saber cuán bien funciona el sistema de navegación autónomo?

Necesito una forma de medir. Puedo hacerlo a mano, en ambientes exteriores puedo usar el GPS, también puedo usar un sistema de localización global:



¿Cuánto hago para saber cuán bien funciona el sistema de navegación autónomo?

Podemos comparar el *ground truth* que obtenemos con el sistema de localización global con odometría pura y odometría + unidad inercial:



Navegación autónoma basada en características visuales

Este sistema de navegación se puede usar tanto en robots terrestres como aéreos:



Podemos incluir un método de localización en el sistema, por ejemplo Localización de Monte Carlo (MCL):



Navegación autónoma integrando varios métodos

Podemos probar sistemas híbridos donde se utilicen más de un método de navegación visual, por ejemplo segmentación + características visuales:



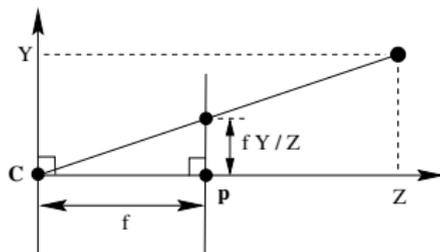
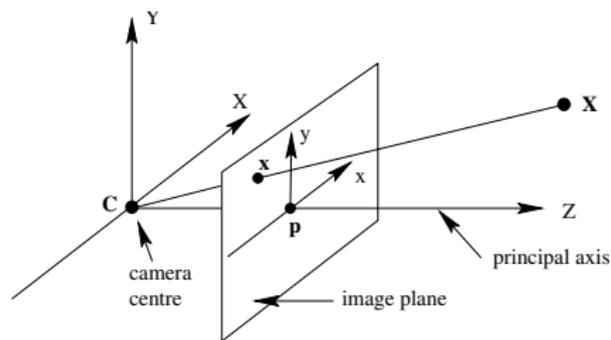
SLAM: Simultaneous Localization And Mapping

SLAM: Simultaneous Localization And Mapping

En situaciones donde no se cuenta con un mapa del entorno a priori, y no se cuenta con un sistema que determine la localización de la posición del robot, se resuelven ambos problemas al mismo tiempo.

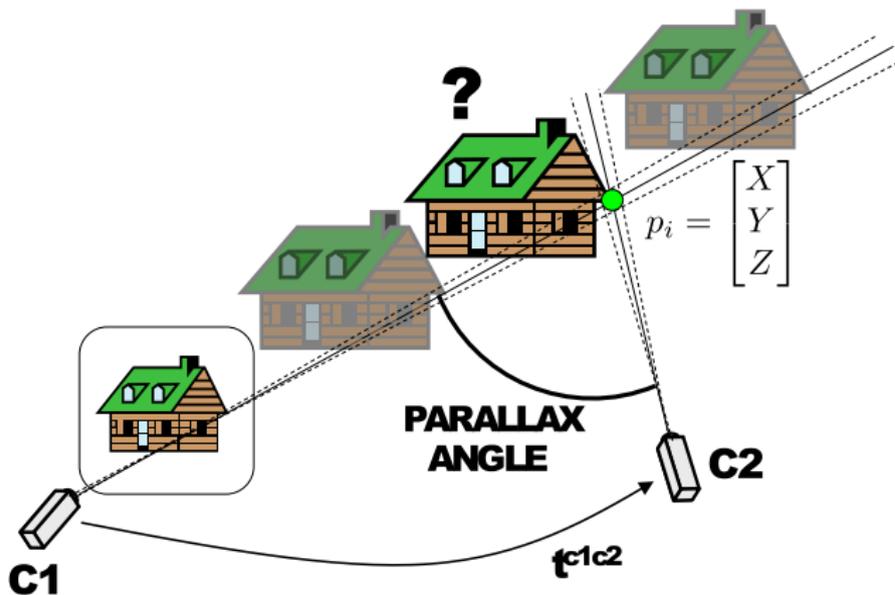
Modelo de una cámara

Modelo *Pin-Hole* de una cámara:



La cámara detecta el rayo de luz del punto X al centro óptico C .

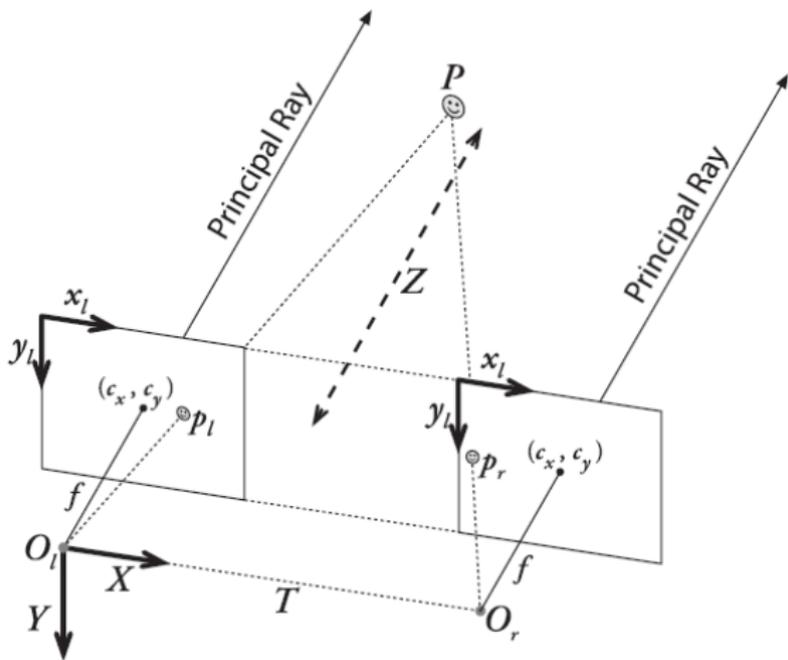
Reconstrucción 3D: cámara Monocular



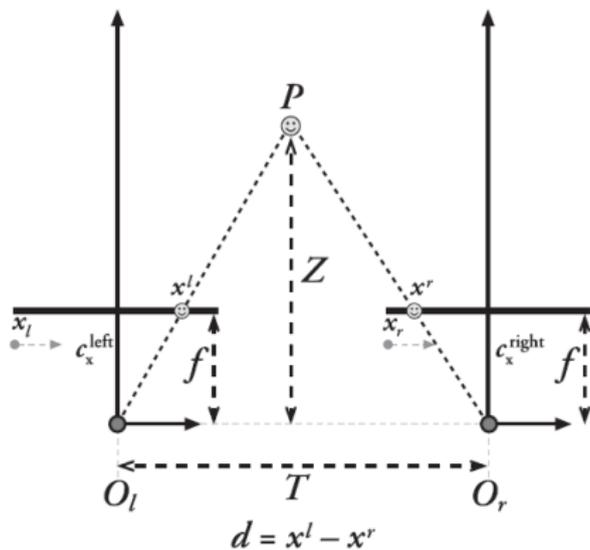
Al utilizar una cámara monocular, no se puede determinar la escala de la escena que se está observando.

¿Y si tenemos una cámara estéreo?

Si tenemos una cámara estéreo, donde se conoce la transformación entre ambas cámaras, es posible estimar de manera **métrica tanto** la posición de la cámara como el tamaño del mapa reconstruido.

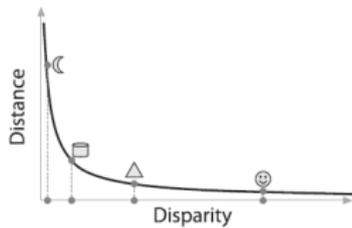
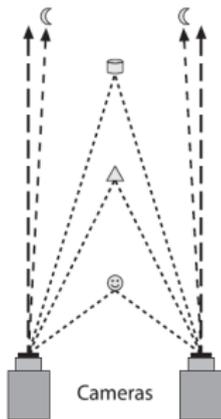


Reconstrucción 3D: cámara estéreo

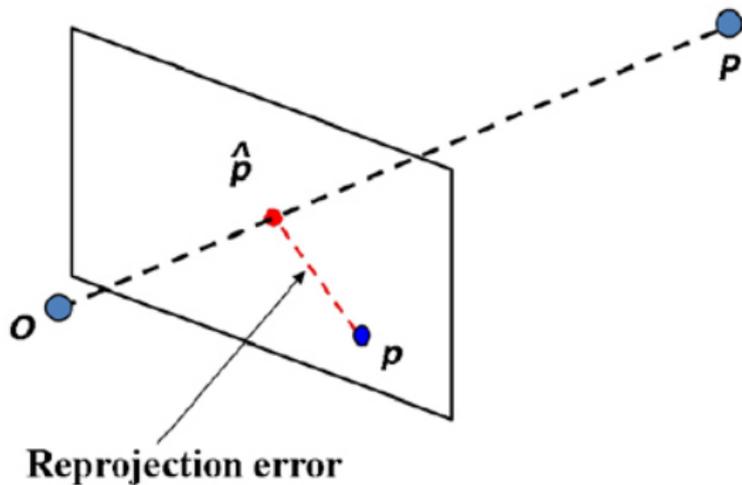


$$\frac{T}{Z} = \frac{T - (x_l - x_r)}{Z - f} \Rightarrow Z = \frac{fT}{(x_l - x_r)} = \frac{fT}{d}$$

Disparidad



Error de Reproyección



STAM: Stereo Tracking And Mapping

- Utiliza una cámara estéreo como unidad de sensado
- Permite construir un mapa métrico del ambiente
- Permite triangular puntos 3D en movimientos de rotación
- Divide la tarea de localización y mapeo en dos hilos de ejecución:
 - Tracking: se estima la posición del robot haciendo uso del mapa actual.
 - Mapping: se expande el mapa, y se realiza un ajuste del mapa (se incorporan restricciones estéreo).

Inicialización del Mapa



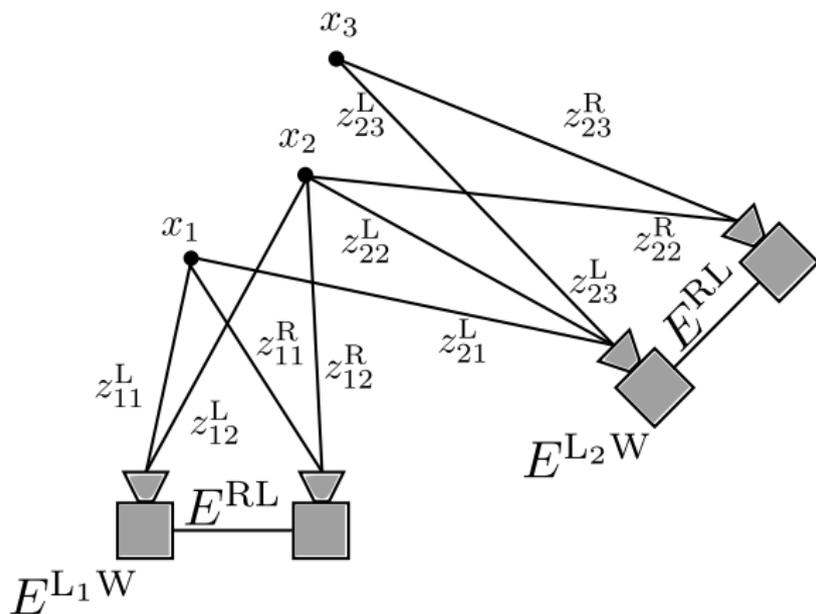
Tracking: Predicción

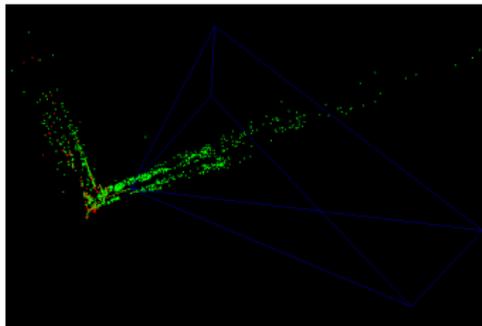


Tracking: minimización error de reproyección



Mapping: Bundle Adjustment + restricciones estéreo





¿Cómo es un día de trabajo en el laboratorio?

Así fue el desarrollo de la electrónica y el software de control para el robot omnidireccional RuedaDC diseñado por estudiantes de Diseño Industrial de la FADU:



Materia corta: Robótica Móvil Avanzada

Profesor: Dr. José E. Guivant (School of Mechanical and Manufacturing Engineering, UNSW, Australia).

Lugar: FCEyN - UBA

Fecha de inicio: 6 de Noviembre 2014

Muchas gracias por su atención!

¿Preguntas?



Contacto:robotica@dc.uba.ar

<http://robotica.dc.uba.ar>

Muchas gracias por su atención!
¿Preguntas?



Contacto: robotica@dc.uba.ar <http://robotica.dc.uba.ar>