



**Universidad Tecnológica
Nacional
Rectorado
Secretaría de Ciencia,
Tecnología y Posgrado**

**SISTEMA DE INFORMACION DE
CIENCIA Y TECNOLOGIA (SICyT)**

FORMULARIO PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Código del Proyecto: EIUTNCO0002173

1. Unidad Científico-Tecnológica

FR Cordoba - CIII: CENTRO DE INVESTIGACION EN INFORMATICA PARA INGENIERÍA

2. Denominación del PID

"LOCALIZACIÓN DE ROBOTS UTILIZANDO INFORMACIÓN MÉTRICA Y SEMÁNTICA"

3. Resumen Técnico del PID

Para la determinación de la posición y orientación de un robot, se requiere el diseño de algoritmos capaces de utilizar la información proveniente de distintos sensores abordo de la plataforma. A fin de minimizar los errores de medición se integran las lecturas provistas por el conjunto de sensores para obtener una medida de mayor precisión. Este método es denominado fusión sensorial. Cuando los dispositivos utilizados tienen características complementarias se obtienen mejores resultados de la fusión sensorial. Por ejemplo, los errores de integración de los sensores odométricos crecen sin límites con el tiempo, sin embargo, la fusión con visión mantiene dichos errores acotados. Un punto en contra de éstas combinaciones de sensores es que en general tienen distintas tasas de muestreo, lo que requiere el diseño de algoritmos especiales para estos casos. Entre los métodos conocidos y ampliamente utilizados de fusión se encuentra el filtrado bayesiano, el cual permite estimar o inferir el estado del sistema a partir de la información provista por los sensores, haciendo uso también del modelo del sistema y de las fuentes de ruido que lo perturban. En este proyecto se plantea el diseño e implementación de algoritmos de fusión de distintos sensores como cámaras, unidades inerciales y sensores odométricos para realizar la estimación de posición y orientación de un robot móvil mediante filtrado bayesiano.

4. Programa

Electrónica, Informática y Comunicaciones

5. Proyecto

Tipo de Proyecto: UTN (PID UTN) SIN INCORPORACION EN PROGRAMA INCENTIVOS

Tipo de Actividad: Investigación Aplicada

Campos de Aplicación:

Rubro	Descrip. Actividad	Otra (especificada)
DEFENSA Y SEGURIDAD	Otros - Defensa Y Seguridad	
AGROPECUARIO (Producción y tecnología)	Servicios agropecuarios	

Disciplinas Científicas:

Rubro	Disciplina Científica	Otras Disciplinas Científicas
INGENIERÍA EN COMUNICACIONES ELECTRÓNICA Y CONTROL	Computación	-
CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA	Robótica	-

Palabras Clave

Fusion sensorial, estimación bayesiana, posición, orientación, localización, robótica, UAV

6. Fechas de realización

Inicio	Fin	Duración	Fecha de Homologación
1/1/2014	12/31/2015	24 meses	5/27/2014

7. Aprobación/ Acreditación / Homologación / Reconocimiento (para ser completado por la SCTyP - Rectorado)

7.1 Aprobación / Acreditación / Reconocimiento (para ser completado por la FR cuando se posea N° Resolución)

N° de Resolución de aprobación de la FR:

7.2 Homologación (para ser completado por la SCTyP - Rectorado)

Código SCTyP :
EIUTNCO0002173

Disposición SCTyP: 30/14

Código Ministerio:

8. Estado (para ser completado por la SCTyP - Rectorado)

HOMOLOGADO

9. Aavales (presentación obligatoria de aavales)

Aval del Secretario de Ciencia y Tecnología Aval del Consejo Directivo

10. Personal Científico Tecnológico que participa en el PID

Apellido y Nombre	Cargo	Hs/Sem	Fecha Alta	Fecha Baja	Otros Cargos
CANALI, LUIS RAFAEL	DIRECTOR	20	1/1/2014	12/31/2015	-
PEREZ PAINA, GONZALO FERNANDO	INVESTIGADOR TESISTA	10	1/1/2014	12/31/2015	-
PAZ, CLAUDIO JOSÉ	BECARIO POSGRADO - DOCTORAL EN EL PAÍS	10	1/1/2014	12/31/2015	-
REDOLFI, JAVIER ANDRES	BECARIO POSGRADO - DOCTORAL EN EL PAÍS	10	1/1/2014	12/31/2015	-
DELFINO, OSCAR ARIEL	BECARIO BINID	20	1/1/2014	12/31/2015	-
INFANTE, GABRIEL O	BECARIO ALUMNO UTN-SAE	6	1/1/2014	12/31/2015	-
DIAZ BAEZ, FEDERICO	BECARIO ALUMNO UTN-SCYT	12	1/1/2014	12/31/2015	-

11. Datos de la investigación

Estado actual de concimiento del tema

En robótica móvil, una de las ramas de investigación es la navegación autónoma de vehículos, tarea que demanda que el robot conozca su posición y orientación con alta precisión. En el caso de robots autónomos terrestres AGV (Autonomous Ground Vehicles), los cuales operan en ambientes exteriores donde el terreno tiene variaciones en altura significativas los métodos más sencillos de estimación de posición en un plano dejan de ser válidos, y es necesario extenderlos a un espacio de 3D. También se debe extender el método para determinar la orientación, ya que con el problema en el plano solo se requiere determinar el ángulo de cabeceo. En el caso planteado, también deben ser determinados los ángulos de rolido y guiñada. Debido a que son seis los parámetros que deben ser estimados (3 de posición y 3 de orientación), éste tipo de problemas se denominan de seis dimensiones (6D). En el caso de los robots aéreos o UAV (Unmanned Aerial Vehicles) es fundamental la estimación de los tres ángulos de orientación para poder estabilizar el robot en pleno vuelo.

En el Centro de Investigaciones en Informática para la Ingeniería (CIII) se tiene una sólida experiencia en temas de investigación relacionado a la robótica móvil y visión por computadora. En este sentido, vale la pena mencionar el desarrollo íntegro de una plataforma robótica móvil de arquitectura abierta bautizada como RoMAA [1], la cual se finalizó en el marco del proyecto UTN PID 1151 [2,3]. El robot móvil RoMAA-II (Robot Móvil de Arquitectura Abierta) participó de diferentes exposiciones como la "Exposición de la Industria, Electrónica e Informática de Córdoba" (Expotrónica 2012), exposición "UNC Innova" organizada por la Universidad Nacional de Córdoba, y la competencia "Innovar 2012" [4] con exposición en "Tecnópolis 2012". El robot RoMAA se encuentra actualmente completamente funcional y servirá como plataforma de experimentación del

presente proyecto. También se utilizará como plataforma de prueba al robot QA3 el cual esta enmarcado en el proyecto UTN PID 1484 [5]. Dentro de los trabajos realizados en el CIII relacionados con éste proyecto, se destaca la determinación de odometría con cámara [6,7], distintos métodos de estimación de orientación [8,9] y también determinación de posición y orientación [10,11]. Se plantea continuar con éstas líneas de trabajo, haciendo hincapié en la inclusión de estas técnicas para realizar la fusión sensorial de unidades inerciales y cámara basada en [12,13,14]

Referencias

- [1] Gaydou D., Perez Paina G., Salomone J., Steiner G., "Plataforma móvil de arquitectura abierta", V Jornadas Argentinas de Robótica (JAR'08), Bahía Blanca, 12-14 de Noviembre, 2008.
- [2] Robot Móvil de Arquitectura Abierta RoMAA-II, PID UTN 1151 <http://ciiii.frc.utn.edu.ar/ProyPID2010RoMAA>
- [3] Robot Móvil de Arquitectura Abierta, RoMAA-II, <http://ciiii.frc.utn.edu.ar/Robotica/RoMAARobot>.
- [4] Robot Móvil de Arquitectura Abierta, RoMAA, <http://galeria.innovar.gob.ar/13106>
- [5] Quadrotor Autónomo de Arquitectura Abierta, QA3, PID UTN 1484 <http://ciiii.frc.utn.edu.ar/ProyPID2011QA3>
- [6] Gastón Araguás, Jorge Sánchez, Luis Canali., "Monocular visual odometry using features in the Fourier domain", VI Jornadas Argentinas de Robótica, JAR2010. Buenos Aires, Argentina. 27(5), pp. 609-631, October 2010.
- [7] Roberto Gastón Araguás, "Algoritmos de localización visual monocular para robots móviles", Tesis Doctoral
- [8] Gonzalo Perez Paina, David Gaydou, Javier Redolfi, Claudio Paz, Luis Canali. "Experimental comparison of Kalman and complementary filter for attitude estimation", Jornadas Argentinas de Informática, JAIIO-2011. Argentine Symposium on Technology.
- [9] David Gaydou, Javier Redolfi y Agustín Henze. "Filtro complementario para estimación de actitud aplicado al controlador embebido de un cuatrirrotor", Congreso Argentino de Sistemas Embebidos, CASE2011. UTN-FRBA, Buenos Aires, Argentina.
- [10] Gonzalo Perez Paina, Claudio Paz, Martín Baudino, Ariel Delfino, Eduardo Destéfani, "Implementation and performance evaluation of UKF for Simultaneous Localization and Mapping", VII Jornadas Argentinas de Robótica, JAR2012. UNICEN, Olavarria, Bueno Aires, Argentina.
- [11] Claudio J. Paz, Gonzalo F. Perez Paina, Luis R. Canali, Julio H. Toloza., "Filtro de partículas para localización de robots móviles implementado en arquitecturas multi-núcleo", VII Jornadas Argentinas de Robótica, JAR2012. UNICEN, Olavarria, Bueno Aires, Argentina.
- [12] Myung Hwangbo, Jun-Sik Kim, and Takeo Kanade, "Inertial-aided KLT Feature Tracking for a Moving Camera", *IEEE Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems IROS 2009, St. Louis, USA*
- [13] Scaramuzza, D., Fraundorfer, F., "Visual Odometry: Part I - The First 30 Years and Fundamentals", *IEEE Robotics and Automation Magazine, Volume 18, issue 4, 2011.*
- [14] Fraundorfer, F., Scaramuzza, D., "Visual Odometry: Part II - Matching, Robustness, and Applications", *IEEE Robotics and Automation Magazine, Volume 19, issue 2, 2012.*
- [15] Ozer, N., Erdem, A.T., Ercan, A.O., Erdem, C.E., "Inertial sensor fusion for 3D camera tracking," , *Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2012, Fethiye, Mugla, Turkey*

Grado de Avance

En el Centro de Investigación en Informática para la Ingeniería (CIII), desde 1992 se desarrollan y utilizan robots para distintos fines. Entre ellos, los de mayor éxito llamados RoMAA (Robot Móvil de Arquitectura Abierta) y QA3 (Quadrotor Autónomo de Arquitectura Abierta). En el primero, la determinación de la posición y orientación puede hacerse en dos dimensiones, ya que el campo de acción de éste robot esta acotado a un plano. En el caso del QA3, al ser un robot volador, es necesario determinar su posición en el espacio tridimensional y además, estimar su orientación para poder estabilizarlo en pleno vuelo. Diversos trabajos se realizaron en el CIII para determinar orientación de robots usando unidades inerciales. También se realizaron trabajos utilizando información provista por cámaras para determinar odometria en robots terrestres.

Actualmente en el CIII el robot volador QA3 está en funcionamiento y se está trabajando en la estimación de orientación para la estabilización del robot volador QA3 utilizando cámaras y unidades inerciales. También se están estudiando métodos para localización externa de los robots con el objeto de evaluar los algoritmos de estimación de posición.

Objetivos de la investigación

Objetivos Generales

- Obtener algoritmos de fusión de sensores robustos y confiables.
- Implementar dichos algoritmos en plataformas de bajo costo para estimación de posición y orientación.

Objetivos Particulares

- Realizar el estudio del arte de la estimación de posición y orientación robots.
- Identificar los modelos matemáticos de las plataformas robóticas.
- Diseñar esquemas de fusión posibles utilizando distintas combinaciones de sensores.
- Desarrollar las herramientas de software y hardware necesarias para evaluar el desempeño de los algoritmos de estimación.
- Implementar y evaluar los algoritmos desarrollados en las plataformas disponibles.
- Estudiar la estimación de la escala de la proyección usando métricas de unidad inercial.
- Estudiar la estimación de la posición 3D (estimada la escala) usando visión.
- Estudiar la estimación de la posición, orientación, escala y parámetros de calibración en forma conjunta, utilizando visión y unidad inercial, definiendo diferentes esquemas de actualización de los parámetros según su comportamiento.

Descripción de la metodología

Se realizará el estudio sobre la estimación de posición y orientación utilizando filtros bayesianos así como de los esquemas actuales de fusión sensorial. También se estudiarán los distintos modelos matemáticos para describir los robots.

Paralelamente se evaluarán los distintos métodos conocidos para realizar odometría visual a fin de incluir esta información en los esquemas de fusión sensorial.

Luego se diseñará un esquema de fusión apropiado para los sensores y los modelos elegidos.

Se implementarán los sistemas externos de estimación de posición con el fin de poder contrastar el desempeño de los algoritmos propuestos.

Finalmente, se pondrán en funcionamiento los algoritmos desarrollados en las plataformas disponibles y se evaluará su funcionamiento.

12. Contribuciones del Proyecto

Contribuciones al avance científico, tecnológico, transferencia al medio

Los avances teóricos y algoritmos obtenidos del presente proyecto de investigación y desarrollo permitirán estar un paso mas cerca de lograr autonomía en robótica móvil. Esto tiene como objetivo final la aplicación de la robótica móvil a solucionar problemas y necesidades actuales, las cuales son de gran interés nacional e internacionalmente. En este sentido, se tiene como objetivo poder aplicar la robótica móvil en un importante área de desarrollo nacional como aplicaciones agrícolas, lo que se conoce como agricultura de precisión. Otras de las aplicaciones posibles actuales de la robótica móvil incluyen el transporte de equipamiento en hospitales, asistencia a personas enfermas o ancianos, como también seguridad y vigilancia.

Contribuciones a la formación de Recursos Humanos

El presente proyecto permitirá desarrollar las capacidades de trabajo en equipo de investigadores formados, en formación y estudiantes de grado. Además, estando todos dentro un mismo marco de investigación permitiendo enfocar los esfuerzos de forma conjunta con un objetivo común. Por otro lado, la incorporación de estudiantes de grado o jóvenes graduados en investigación y desarrollo (I+D) permite despertar el interés investigación aplicada, favoreciendo al fortalecimiento de la ciencia y tecnología de gran importancia para el crecimiento nacional.

En síntesis:

- Aplicación práctica de los conocimientos desarrollados en las áreas de trabajo de los estudiantes doctorales que participan.
- Formación de estudiantes de grado (becarios) que se inicial en el área de I+D
- Desarrollo de las capacidades de trabajo en equipo.

13. Cronograma de Actividades

Año	Actividad	Inicio	Duración	Fin
1	Estudio de técnicas de estimación de SLAM utilizando cámaras	1/1/2014	3 meses	3/31/2014
1	Implementación de algoritmos de SLAM visual (3DOF y 6DOF)	3/1/2014	5 meses	7/31/2014
1	Documentación	3/1/2014	10 meses	12/31/2014
1	Estudio de métodos de estimación de pose con unidades inerciales	6/1/2014	3 meses	8/31/2014
1	Ensayo y evaluación de los algoritmos implementados	7/1/2014	2 meses	8/31/2014
1	Algoritmos de estimación de pose a corto plazo con unidades inerciales	8/1/2014	3 meses	10/31/2014
1	Implementación de algoritmos de SLAM visual integrando información de unidades inerciales	10/1/2014	3 meses	12/31/2014
1	Divulgación	11/1/2014	2 meses	12/31/2014
2	Implementación de esquema de loc. semántica	1/1/2015	3 meses	3/31/2015
2	Documentación	2/1/2015	11 meses	12/31/2015
2	Ensayo y evaluación del algoritmo de loc. semántica	3/1/2015	2 meses	4/30/2015
2	Divulgación 1	4/1/2015	3 meses	6/30/2015
2	Estudio de técnicas de integración de información métrica y semántica	5/1/2015	3 meses	7/31/2015
2	Implementación de algoritmos de SLAM métrico/semántico	8/1/2015	3 meses	10/31/2015
2	Evaluación de algoritmos	10/1/2015	3 meses	12/31/2015
2	Divulgación 2	11/1/2015	2 meses	12/31/2015

14. Conexión del grupo de Trabajo con otros grupos de investigación en los últimos cinco años

Grupo Vinc.	Apellido	Nombre	Cargo	Institución	Ciudad	Objetivos	Descripción
Intelligent and Mobile Robotics	Kulich	Miroslav	INVESTIGADOR FORMADO	Universidad Técnica de Praga	Praga, Republica Checa	Desarrollo en cooperación de un sistema multi-robot.	Presentación a proyecto de cooperación MINCyT-MEYS 2013. Nombre de proyecto: Sistemas autónomos multi-robot. Instituciones participantes: UTN, UBA, UT Checa.
MITech	Klette	Reinhard	INVESTIGADOR FORMADO	Universidad de Auckland	Auckland, Nueva Zelanda	Cooperación en proyecto de SLAM visual para UAV.	Implementación del SLAM visual con UKF.