



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: EIUTICO0003832TC

1. Unidad Científico-Tecnológica

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

2. Denominación del PID

Estimación eficiente de la posición y orientación en tiempo real de vehículos aéreos no tripulados

3. Resumen Técnico del PID

Este proyecto apunta a obtener información de localización y orientación de un vehículo aéreo no tripulado (VANT) en vuelo a partir de datos obtenidos mediante cámaras, unidades inerciales (IMU) y unidades de posicionamiento global (GPS), usando técnicas de fusión sensorial con el propósito de posibilitar la navegación en ambientes débilmente estructurados tales como terrenos de cultivo y zonas boscosas. Este problema se enfocará en la implementación de estos algoritmos en unidades de cómputo a bordo, y por lo tanto comparativamente de baja prestaciones. Como parte de este proyecto se perfeccionará el desarrollo de un VANT de diseño propio (QA3 Mini).

4. Programa

Electrónica, Informática y Comunicaciones

5. Proyecto

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

Tipo de Actividad: Investigación Aplicada

Campos de Aplicación:

Rubro	Descrip. Actividad	Otra (especificada)
PROMOCION GENERAL DEL CONOCIMIENTO	Ciencias de la ingeniería y arquitectura	

Disciplinas Científicas:

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

Palabras Clave

ESTIMACION DE POSE VANT NAVEGACION AUTONOMA

6. Fechas de realización

Inicio	Fin	Duración	Fecha de Homologación
01/01/2016	31/12/2018	36 meses	-

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)

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

EN TRÁMITE

9. Avales (presentación obligatoria de avales)**10. Personal Científico Tecnológico que participa en el PID**

Apellido y Nombre	Cargo	Hs/Sem	Fecha Alta	Fecha Baja	Otros Cargos
DESTEFANIS, EDUARDO ATILIO	CO-DIRECTOR	10	01/01/2016	31/12/2018	
PEREZ PAINA, GONZALO FERNANDO	INVESTIGADOR FORMADO	20	01/01/2016	31/12/2018	
PAZ, CLAUDIO JOSÉ	BECARIO POSGRADO - DOCTORAL EN EL PAÍS	20	01/01/2016	31/12/2018	
PEREYRA, MAIRA ESTEFANIA	BECARIO BINID	20	01/01/2016	31/12/2018	
TOLOZA, JULIO HUGO	DIRECTOR	20	01/01/2016	31/12/2018	
MIROGLIO, ANGELO	BECARIO ALUMNO UTN-SCYT	12	01/01/2016	31/12/2018	
BAEZ CARBALLO, JEREMIAS NAHUEL	BECARIO ALUMNO UTN-SAE	12	01/01/2016	31/12/2018	

11. Datos de la investigación**Estado actual de concimiento del tema**

Existen numerosos antecedentes de investigación en la problemática de la determinación de la pose de robots. En la literatura se separan dos tipos situaciones: cuando se conoce la pose inicial del robot y el objetivo es mantener esta condición (seguimiento), y cuando se desconoce totalmente la pose y donde el objetivo es determinarla y así pasar al modo de seguimiento (localización global). Se puede plantear una situación adicional si el robot se encuentra en modo de seguimiento y se lo cambia de ubicación pasando al problema de localización global. Esta situación es conocida como el problema del robot secuestrado [1, 2].

En un principio, la única situación tratable era el de seguimiento [3, 4, 5, 6], en donde la pose inicial debía ser provista. En esta categoría se incluyen la mayoría de los esquemas de fusión bayesiana conocidos, como el filtro extendido de Kalman (EKF) [7, 8], el filtro de Kalman unscented (UKF) [9, 10], y los no bayesianos como el filtro complementario (CF) [11] y los enfoques que solo utilizan un sensor, como por ejemplo cámaras para hacer odometría visual[12].

Con la aparición de los filtros de partículas [13, 14], surgieron las herramientas para tratar los problemas de localización global y el problema del robot secuestrado, hasta entonces no resueltos. A partir de [15], en donde se muestra una de las primeras aplicaciones de los filtros de partículas para determinar la pose del robot [16], comienzan a aparecer variantes buscando incrementos en la velocidad de ejecución [17, 18].

En cuanto a la utilización de filtros de partículas en la fusión sensorial de unidades inerciales con GPS para la determinación de pose se pueden mencionar trabajos iniciales como [19, 20, 21, 22] en donde el principal problema planteado es la alta carga computacional dependiente del tamaño del vector de estado del sistema. Más recientemente en [23, 24] se proponen distintos enfoques para aumentar la velocidad de ejecución de los filtros de partículas en aplicaciones de estimación de pose.

Desde la aparición de las placas de video programables [25, 26] surgieron trabajos proponiendo optimizaciones para los algoritmos de filtrado [27, 28, 29] y para aplicaciones de localización en tiempo real [30, 31, 32]. En nuestro caso se propone una implementación que combine éstas últimas utilizando sensores de menor costo pero buscando resultados semejantes. Es importante destacar que el uso de sensores de menor costo implica recurrir a información sensorial contaminada con más ruido, con mayores tiempos de latencia o rangos más limitados de medición. Esto implica la necesidad de implementar algoritmos de filtrado más sofisticados y por ende computacionalmente más pesados, dificultando el objetivo de ejecución en tiempo real.

Referencias:

[1] S. Thrun, W. Burgard, D. Fox; Probabilistic Robotics. The MIT Press 2005.

[2] H. Choset, K. M. Lynch, S. Hutchinson, G. Kantor, W. Burgard, L. E. Kavraki, S. Thrun; Principles of de Robot Motion: Theory, Algorithms, and Implementations The MIT Press 2005.

[3] M, Drumheller; Mobile Robot Localization Using Sonar, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (1987).

- [4] Y. H. Kim; Localization of a Mobile Robot Using a Laser Range Finder in a Hierarchical Navigation System IEEE Proceedings (1993).
- [5] J. J. Leonard, F. H. Durrant-Whyte; Mobile Robot Localization by Tracking Geometric Beacons IEEE International Conference on Robotics and Automation (1991).
- [6] R. A. Jarvis; Autonomous Robot Localisation By Sensor Fusion IEEE Workshop on Emerging Technologies and Factory Automation (1992).
- [7] R. Munguia, A. Grau; Attitude and Heading System based on EKF total state configuration, Industrial Electronics (ISIE), 2011 IEEE International Symposium on, 2011.
- [8] L. Vago Santana, M. Sarcinelli-Filho, R. Carelli, Estimation and control of the 3D position of a quadrotor in indoor environments, Advanced Robotics (ICAR), 2013 16th International Conference on, 2013.
- [9] S. Lange, N. Sunderhauf, P. Protzel; Incremental smoothing vs. filtering for sensor fusion on an indoor UAV. Robotics and Automation (ICRA), 2013 IEEE International Conference on, 2013.
- [10] J.N. Gross, Yu Gu, M.B. Rhudy, S. Gururajan, M.R. Napolitano, Flight-Test Evaluation of Sensor Fusion Algorithms for Attitude Estimation, Aerospace and Electronic Systems, IEEE Transactions on, 2012.
- [11] M. Euston, Paul Coote, Robert Mahony, Jonghyuk Kim, Tarek Hamel, A complementary filter for attitude estimation of a fixed-wing UAV, Intelligent Robots and Systems, 2008. IROS 2008. IEEE/RSJ International Conference on, 2008.
- [12] C. Foster, M. Pizzoli, D. Scaramuzza, SVO: Fast Semi-Direct Monocular Visual Odometry, IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2014.
- [13] M.S. Arulampalam, S. Maskell, N. Gordon, T. Clapp; A tutorial on particle filters for online nonlinear/non-Gaussian Bayesian tracking, IEEE Trans. Sig. Proc. 50 (2002) 174–188.
- [14] N.J. Gordon, D.J. Salmond, A.F.M. Smith; Novel approach to nonlinear/non-Gaussian Bayesian state estimation, IEE Proceedings-F 140 (1993) 107–113.
- [15] D. Fox, W. Burgard, F. Dellaert, S. Thrun; Monte Carlo Localization: Efficient Position Estimation for Mobile Robots IEEE Proc. of the National Conference on Artificial Intelligence (1999).
- [16] N. Vlassis, B. Terwijn, B. Krose; Auxiliary Particle Filter Robot Localization from High-Dimensional Sensor Observations IEEE International Conference on Robotics and Automation (2002).
- [17] C. Kwok, D. Fox, M. Meila; Adaptive real-time particle filters for robot localization IEEE International Conference on Robotics and Automation (2003).
- [18] C. Kwok, D. Fox, M. Meila; Real Time Particles Filter IEEE Proceedings (2004).
- [19] B. Boberg, S. Wirkander; Integrating GPS and INS: comparing the Kalman estimator and particle estimator IEEE Seventh International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (2002).
- [20] A. Giremus, J.-Y. Tourneret, V. Calmettes; A particle filtering approach for joint detection/estimation of multipath effects on GPS measurements, IEEE Trans. Sig. Proc. 55 (2007) 1275–1285.
- [21] A. Giremus, A. Doucet, V. Calmettes, J. Tourneret; A rao-blackwellized particle filter for INS/GPS integration IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (2004).
- [22] S.P. Won, W.W. Meleck, F. Golnaraghi; A Kalman/particle filter-based position and orientation estimation method using a position sensor/inertial measurement unit hybrid system, IEEE Trans. Ind. Electron. 57 (2010) 1787–1798.
- [23] J. Georgy, A. Noureldin, M. J. Korenberg, M. M. Bayoumi; Low-Cost Three-Dimensional Navigation Solution for RISS/GPS Integration Using Mixture Particle Filter IEEE Transactions on Vehicular Technology (2010).
- [24] F. Sun, L. Tang; Improved Particle Filter Algorithm for INS/GPS Integrated Navigation System IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (2011).
- [25] J. D. Owens, M. Houston, D. Luebke, S. Green, J. E. Stone, J. C. Phillips; GPU Computing IEEE Proceedings (2008).
- [26] J. Cohen, M. Garland; Solving computational problems with GPU computing, Computing in Science & Engineering 11 (2009) 58–63.
- [27] A. Munawar, M. Wahib; Theoretical and Empirical Analysis of a GPU Based Parallel Bayesian Optimization Algorithm IEEE International Conference on Parallel and Distributed Computing (2011).

[28] Y. Zhou, Y. Tan; GPU-based parallel particle swarm optimization IEEE Congress on Evolutionary Computation (2009).

[29] K. Hwang, W. Sung; Load Balanced Resampling for Real-time Particle Filtering on Graphics Processing Units IEEE Transactions on Signal Processing (2012).

[30] S. Thompson, S. Kagami M. Okajima; Constrained 6DOF localisation for autonomous vehicles IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (2010).

[31] K. Par, O. Tosun; Parallelization of Particle Filter based Localization and Map Matching Algorithm on Multicore/Manycore Architectures IEEE Intelligent Vehicles Symposium (2011).

[32] M. F. Fallon, H. Johannson, J. J. Leonard; Efficient Scene Simulation for Robust Monte Carlo Localization using an RGB-D Camera IEEE International Conference on Robotics and Automation (2012).

Grado de Avance

Una parte sustancial del grupo de trabajo propuesto para este proyecto es parte del Centro de Investigación en Informática para la Ingeniería (CIII) y desde hace varios años trabaja en temáticas fuertemente relacionadas con el presente proyecto. Entre estos aportes se destacan las investigaciones relativas a la estimación de posición y/o orientación mediante la fusión de información de diferentes sensores utilizados típicamente a bordo de VANT, principalmente cámaras y unidades inerciales.

En [33, 34] se presenta un esquema de fusión sensorial para la estimación de orientación implementado en un sistema embebido, fusionando la información de mediciones inerciales provenientes de acelerómetros y giróscopos, en conjunto con mediciones de orientación absoluta obtenidas de un magnetómetro, y un sonar para determinar la altura del VANT. Cuando la información de orientación dada por un magnetómetro no está disponible o resulta altamente perturbada por el entorno, se reemplaza dicha mediciones por información similar obtenida a partir de una cámara, como se describe en [34, 35, 36]. Además, se han propuesto y evaluado diferentes esquemas de fusión utilizando variantes del filtro de Kalman (EKF y UKF) y filtro de partículas (PF y GPH) como se presenta en [37]. En [38, 39] se presenta la evaluación de estos algoritmos en plataformas con distinta capacidad de cómputo.

Por otro lado, la utilización de una única cámara o visión monocular permite determinar la pose del vehículo mediante el algoritmo de SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), contando con aportes también en esta línea de investigación. En [40] se presenta un esquema de SLAM monocular que utiliza técnicas del estado del arte para la inicialización de características, donde la estimación se realiza con un filtro UKF (Unscented Kalman Filter), mientras que en [41] se describe un esquema similar utilizando el filtro EKF (Extended Kalman Filter).

Otros aportes relevantes concierne a las investigaciones relativas al calibrado de cámaras para su uso en odometría visual [42].

Por último, el equipo de trabajo mencionado cuenta también con experiencia relevante en el diseño y desarrollo de diferentes modelos de vehículos voladores tal como se describe en [43].

Referencias:

[33] Claudio Paz, Gabriel Infante, Jeremías Báez Carballo, Federico Díaz Báez, and Cristian Cavenio. "Implementación de un filtro extendido de Kalman para la estimación de la orientación de un UAV utilizando el estándar CMSIS". In Proceedings of the Microelectrónica Aplicada, 2014.

[34] Claudio Paz, Gonzalo Perez Paina, Gabriel Infante, Cristian Cavenio, and Gastón Araguás. "Fusión sensorial para la estimación de la orientación y la altura de un UAV utilizando un EKF". In Proceedings of the VIII Jornadas Argentinas de Robótica (JAR), 2014.

[35] Gastón Araguás, Claudio Paz, David Gaydou, and Gonzalo Perez Paina. "Quaternion-based orientation estimation fusing a camera and inertial sensors for a hovering UAV". Journal of Intelligent & Robotic Systems, 77(1):37–53, 2015.

[36] Gastón Araguás, Claudio Paz, David Gaydou, and Gonzalo Perez Paina. "Orientation estimation fusing a downward looking camera and inertial sensors for a hovering UAV". In Advanced Robotics (ICAR), 16th International Conference on, pages 1–6, Nov 2013.

[37] Claudio Paz, Gastón Araguás, Gonzalo Pérez Paina, and Hugo Toloza. "Algoritmo de paralelización para la estimación en tiempo real del ángulo de guiñada de un UAV". In Proceedings of the Argencón 2014, June 2014.

[38] Claudio J. Paz, Gonzalo F. Perez Paina, and Julio H. Toloza. "A comparison of bayesian filters for orientation estimation". In Proceedings of the XV Workshop on Information Processing and Control (RPIC), pages 895–900, 2013.

[39] Claudio Paz, Sergio Nesmachnow, Julio Hugo Toloza. "A Parallel Multilevel Data Decomposition Algorithm for Orientation Estimation of Unmanned Aerial Vehicles". Latin American High Performance Computing Conference,

2014.

[40] Gonzalo Perez Paina, Claudio Paz, Martín Baudino, and Luis Canali. "SLAM monocular basado en UKF para la localización de un robot móvil". In Proceedings of the VIII Jornadas Argentinas de Robótica (JAR), 2014.

[41] Gonzalo F. Perez Paina and Eduardo Destéfanis. "Monocular simultaneous localization and mapping system for a wheeled mobile robot". In Proceedings of the XV Workshow on Information Processing and Control (RPIC), pages 248–253, 2013.

[42] Gastón Araguás, Gonzalo Perez Paina, Guillermo Steiner, and Luis Canali. "Extrinsic calibration of a camera-robot system under non-holonomic constraints". In Proceedings of the AST in 40th Argentine Conference on Informatics (JAIIO), pages 157–167, 2011.

[43] David Gaydou, Gonzalo Suarez, Claudio Paz, Gonzalo Perez Paina, and Gaston Araguás. Robot volador no tripulado QA3. "Diseño y construcción de un cuatrirrotor para experimentación". In Proceedings of the VIII Jornadas Argentinas de Robótica (JAR), 2014.

[44] Peter Corke; Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms in MATLAB. Springer, 2011.

Objetivos de la investigación

Objetivos generales:

Se continuará la investigación de algoritmos de estimación de la pose (localización y orientación) de vehículos aéreos no tripulados (VANT) con grado de precisión razonable, utilizando la capacidad de cómputo disponible a bordo en este tipo de vehículos, y a partir de la información proveniente de diversos sensores (tales como unidades GPS de uso doméstico, cámaras de video, unidades inerciales comerciales, entre otros), y realizando la transmisión eficiente de estos datos a la estación de tierra. Por otra parte, se avanzará en la implementación de estos algoritmos en plataformas experimentales de desarrollo propio.

Objetivos particulares:

- 1) A partir de la experiencia acumulada durante el desarrollo del prototipo experimental del VANT QA3-Mini, se planea mejorar su diseño y llevar el prototipo a una etapa de replicación disponible para su uso regular en los experimentos relativos a este proyecto.
- 2) Continuar con el estudio del problema de la calibración mutua entre los diferentes sensores, y entre éstos y el VANT en el que están montados.
- 3) Extender los algoritmos ya desarrollados, en los cuales se estima la pose del VANT usando cámaras y sensores inerciales, con el fin de integrar datos de posicionamiento global (GPS).
- 4) Estudiar el problema de integración de estos algoritmos con los esquemas de control apropiados para este tipo de vehículos.
- 5) Abordar el problema de la transmisión optimizada de datos desde el VANT a la estación de tierra, usando para este fin modelos y esquemas de comunicación diversos basados en protocolos de comunicaciones de bajo costo de implementación.

Desde la perspectiva de equipamiento necesario para evaluar el rendimiento del canal de comunicaciones, se contará con el que se adquiere a resultados del proyecto FIN-SET N° 60 (laboratorio de comunicaciones constituido por generador de RF; analizador de espectros; analizador de redes; osciloscopio de alta performance; frecuencia patrón derivada de GPS; etc.)

Descripción de la metodología

Las citas mencionadas a continuación se refieren a las detalladas en el apartado "Grado de avance."

1.1) Se hará un relevamiento del prototipo QA3 Mini (dimensiones físicas, electrónica, limitaciones documentadas en su funcionamiento, etc.) tomando como base [43]. Caracterización del rendimiento (figura de mérito) de su sistema de comunicaciones.

1.2) Se determinará la relación empuje/peso del prototipo QA3 Mini con vistas a su optimización mediante los métodos habituales [44] para este tipo de vehículos.

1.3) Se optimizará la electrónica de la fuente de alimentación, y reemplazará del microcontrolador por uno que disponga de aritmética de punto flotante.

1.4) Se diseñará una interfaz entre la electrónica del autopiloto y una unidad adicional de procesamiento con mayor capacidad de cómputo.

2.1) Tomando como punto de partida los métodos de [42], se evaluarán diversos algoritmos de calibración de la

pose relativa entre los distintos sensores, con miras a determinar el más adecuado en términos de las prestaciones computacionales a bordo del VANT para su ejecución automatizada.

3.1) En base a los métodos expuestos en [33, 34, 36], se redefinirá del vector de observaciones del filtro de Kalman (o derivados) para incluir información del GPS en la estimación de pose del VANT.

3.2) También en base [33, 34, 36], se simulará, evaluará y validará la convergencia del filtro con vector de observación ampliado.

3.3) Implementación computacional a bordo del VANT; para este fin se tendrán en cuenta los resultados de [38, 39].

4.1) Evaluación de los algoritmos de control para cuadrirotos, conocidos en la literatura [44], en términos de su mejor integración con los algoritmos de estimación de pose previamente obtenidos.

5.1) Ensayos con diversos protocolos de comunicaciones para establecer el de mejor tasa de pérdida de paquetes de datos.

12. Contribuciones del Proyecto

Contribuciones al avance científico, tecnológico, transferencia al medio

Desde el punto de vista científico, se espera que los resultados que se obtengan durante la ejecución de este proyecto aporten publicaciones en revistas de reconocimiento internacional en el área. Estos resultados se expondrán en reuniones científicas de nivel nacional (los fondos aportados no permitirían afrontar participaciones en eventos de nivel internacional).

Desde el punto de vista tecnológico, se busca que los algoritmos ha desarrollar aporten soluciones viables a la problemática del guiado automatizado de cuadrirotos de características comparables al QA3 Mini.

Finalmente, en cuanto a la transferencia al medio, si bien no es un objetivo en sí en este proyecto, se espera que las optimizaciones estructurales y de aviónica que se realizarán en el prototipo QA3 Mini faciliten su potencial transferencia a otro centros de investigación (existen experiencias de esta naturaleza relativas a un robot terrestre desarrollado en este mismo centro, el RoMAA-II).

Contribuciones a la formación de Recursos Humanos

La participación de estudiantes de grado, financiados con las becas presupuestadas, propiciarán la formación de los mismos en el área de I+D; se espera interesar a alguno de ellos en el inicio de una carrera de posgrado, especialmente a nivel de doctorado. Por otra parte, se espera que este proyecto facilite la sinergia entre estudiantes de doctorado en el final de su formación, los investigadores de reciente formación, y los estudiantes que estén iniciando la formación doctoral.

13. Cronograma de Actividades

Año	Actividad	Inicio	Duración	Fin
1	Estudio y diseño de filtro de Kalman con vector de observación aumentado.	01/01/2016	12 meses	31/12/2016
1	Migración de autopiloto a uno con microcontrolador con unidad aritmética de punto flotante.	01/01/2016	6 meses	30/06/2016
1	Optimización de la electrónica de la fuente de alimentación.	01/01/2016	6 meses	30/06/2016
1	Relevamiento del prototipo QA3 Mini.	01/01/2016	3 meses	31/03/2016
1	Documentación de avances.	01/01/2016	12 meses	31/12/2016
1	Determinación de la relación empuje/peso del prototipo QA3 Mini.	01/04/2016	3 meses	30/06/2016
1	Ensamblado de réplicas QA3 Mini.	01/07/2016	6 meses	31/12/2016
1	Estudio de algoritmos de calibración de pose relativa entre sensores.	01/07/2016	6 meses	31/12/2016
2	Diseño de interfaz entre la electrónica del autopiloto y unidad adicional de procesamiento.	01/01/2017	6 meses	30/06/2017
2	Implementación de algoritmos de calibración de pose relativa entre sensores.	01/01/2017	6 meses	30/06/2017
2	Implementación de algoritmos de estimación de pose para evaluación de rendimiento computacional.	01/01/2017	6 meses	30/06/2017
2	Documentación y reporte de resultados parciales.	01/07/2017	6 meses	31/12/2017
2	Implementación computacional a bordo de cuadrirotor.	01/07/2017	6 meses	31/12/2017
3	Ensayos de campo del cuadrirotor.	01/01/2018	9 meses	30/09/2018
3	Ensayos de protocolos de comunicación.	01/01/2018	6 meses	30/06/2018
3	Presentación de resultados.	01/07/2018	6 meses	31/12/2018

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, República Checa	Desarrollo en cooperación de un sistema multi-robot	Proyecto de cooperación MINCyT ARC/13/13 - MEYS 7AMB14AR015. Nombre del proyecto: Sistemas autónomos multi-robots. Instituciones participantes: UTN, UBA, CVUT.
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.