



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: CCECACO0008358

1. Unidad Científico-Tecnológica

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

2. Denominación del PID

CÁMARA BOROSCÓPICA PARA ASISTENCIA EN TAREAS DE BÚSQUEDA Y RESCATE EN ESTRUCTURAS COLAPSADAS

3. Resumen Técnico del PID

En escenarios de catástrofe naturales o provocadas, existe una demanda de las más recientes tecnologías para asistir a los rescatistas, justificada por las vidas en riesgo. Los avances constantes en tecnología de los materiales usados tanto en las herramientas y equipamiento como en los elementos de protección personales han mejorado las oportunidades de supervivencia de víctimas así como también de rescatistas. El gran nivel de integración alcanzado en las últimas décadas ha permitido que los mismos cuenten con equipamiento como cámaras de distintos espectros, micrófonos e incluso robots teleoperados en la zona de crisis. En nuestro país hay una gran experiencia en tópicos como visión por computadoras, algoritmos de exploración y fusión de sensores, pero no existe en el ambiente científico o en la industria un equipo de trabajo que desarrolle soluciones integrales utilizando estas áreas al servicio de la comunidad, proveyendo a grupos de rescate o bomberos asistencia tecnológica para facilitar su trabajo. Otros países, con mayor desarrollo en áreas de estudio relacionadas al uso de tecnología aplicada a búsqueda y rescate, cuentan con centros y grupos dedicados a la investigación y desarrollo de estas herramientas. Un caso particular de esta tecnología es el uso de sondas boroscópicas. Estas sondas se usan generalmente en situaciones de estructuras colapsadas buscando víctimas entre los escombros. Las mismas tienen una cámara en un extremo y una pantalla en el otro, de modo que se puede tener una apreciación del ambiente inaccesible al personal de rescate. Sin embargo, cuando se introduce la sonda por una abertura entre los escombros es posible que esta se gire o cambie de dirección lo cual hace perder la perspectiva real de lo que se ve, más aún en ambientes no estructurados como una habitación en una estructura colapsada. Esta situación hace difícil para el rescatista comprender la escena que observa en la pantalla del boroscopio. Además, las condiciones de iluminación deficientes y el polvo en suspensión empeoran las posibilidades de detectar víctimas que no se mueven. Existen en el mercado equipos con la capacidad de determinar la orientación de la sonda, pero tiene un costo muy elevado en el país debido a problemas de importación. Sin embargo, no existen equipos que puedan determinar la posición relativa de la cámara respecto de la pantalla, lo cual sería sumamente útil en el caso de sondas de gran longitud. Por el contrario, existen cámaras boroscópicas sin capacidad de orientación que tienen menor costo, pero no poseen gran resolución de video ni la distancia focal necesaria para inspeccionar los espacios vitales resultantes de colapsos. Tampoco existen equipos que reconozcan automáticamente una víctima en la habitación, aunque esta esté completamente descubierta. Se propone el estudio, diseño, implementación y transferencia de una sonda boroscópica con capacidad de determinar su orientación y posición relativa respecto de la pantalla. Esta información debe ser mostrada en la pantalla con la posibilidad de rotar la imagen capturada por la cámara para que se corresponda con la orientación de la misma. Se propone también el estudio, diseño e implementación de algoritmos capaces de reconocer víctimas en condiciones desfavorables de iluminación o en situaciones donde no son captadas en su totalidad.

4. Programa

Electrónica, Computación y Comunicaciones

5. Proyecto

Tipo de Proyecto: PID EQUIPOS EN CONSOLIDACIÓN SIN INCENTIVOS TIPO A

Tipo de Actividad: Investigación Aplicada

Campos de Aplicación:

Rubro	Descrip. Actividad	Otra (especificada)
INDUSTRIAL (Producción y tecnología)	Equipos e instrumentos científicos de medición y control	
PROMOCION GENERAL DEL CONOCIMIENTO	Ciencias de la ingeniería y arquitectura	

Disciplinas Científicas:

Rubro	Disciplina Científica	Otras Disciplinas Científicas
MATEMÁTICA	Probabilidad	-
INGENIERÍA EN COMUNICACIONES ELECTRÓNICA Y CONTROL	Electrónica	-
CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA	Ingeniería de Software	-
CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA	Inteligencia Artificial	-
CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA	Robótica	-

Palabras Clave

Búsqueda y rescate, cámara boroscópica, fusión sensorial, visión por computadoras, reconocimiento de patrones

6. Fechas de realización

Inicio	Fin	Duración	Fecha de Homologación
01/01/2022	01/01/2025	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)

Código SCTyP: CCECACO0008358

Disposición SCTyP:

Código Ministerio:

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

EN TRÁMITE

9. Aavales (presentación obligatoria de aavales)

10. Personal Científico Tecnológico que participa en el PID

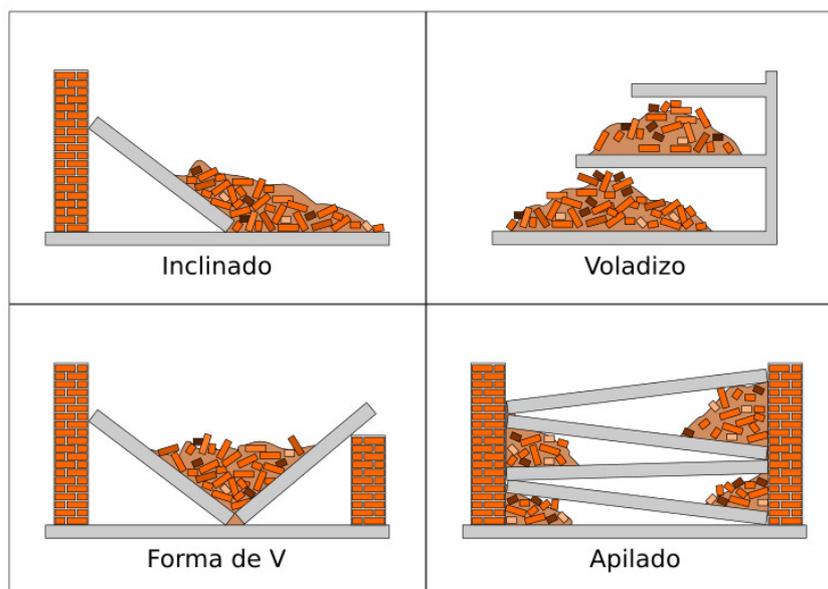
Apellido	Nombre	Cargo	Hs/Sem	Fecha Alta	Fecha Baja	Otros Cargos	Cargo docente	Año cargo docente	Categ. Investigador Universitario	Categ. Prog. Incentivos
PAZ	CLAUDIO JOSÉ	DIRECTOR	20	01/01/2022	01/01/2025		Profesor Asociado	2019	Investigador C	Investigador V
PUCHETA	MARTÍN ALEJO	CO-DIRECTOR	20	01/01/2022	01/01/2025		Profesor Titular	2019	Investigador B	Investigador III
MIRANDA	JOAQUÍN MAXIMILIANO	BECARIO BINID	20	01/01/2022	01/01/2025				Ninguna	Ninguna
PANICI	FLORENCIA	TÉCNICO DE APOYO	5	01/01/2022	01/01/2025				Ninguna	Ninguna
JUNCO	MARIANO EMANUEL	TÉCNICO DE APOYO	5	01/01/2022	01/01/2025				Ninguna	Ninguna
DIAZ DURAN	FRANCISCO JAVIER	BECARIO ALUMNO UTN-SCYT	6	01/01/2022	01/01/2025				Ninguna	Ninguna
VATCOFF	MARIANO TOMAS	BECARIO ALUMNO UTN-SAE	6	01/01/2022	01/01/2025				Ninguna	Ninguna
NIEVAS	MARTIN	BECARIO POSGRADO - DOCTORAL EN EL PAÍS	10	01/01/2022	01/01/2025		Ayudante de 1ra	2018	Investigador E	Ninguna

11. Datos de la investigación

Estado actual de concimiento del tema

Ante estructuras colapsadas causadas por desastres naturales o provocados, las acciones llevadas a cabo en las primeras horas del acontecimiento son las más importantes para el rescate de sobrevivientes [huder2012]. La experiencia en distintos eventos bien documentados muestra que con el paso del tiempo las posibilidades de encontrar víctimas con vida decaen rápidamente [coburn1992]. La experiencia también muestra que dependiendo del tipo y materiales usados en la construcción existen formas de colapsos más probables que otras. Esta información es útil para estimar la probable ubicación de víctimas que hayan podido quedar atrapadas en huecos o espacios vacíos. Estos espacios vitales son comúnmente llamados triángulo de la vida y conocer donde pueden formarse permite seleccionar los métodos adecuados para extraer las víctimas de su interior.

Los tipos más comunes de colapso que permiten encontrar víctimas con vida son: inclinado, en forma de V, en voladizo y apilado.



Cada forma de colapso tiene su dificultad y debe asegurarse de forma diferente, pero en general los protocolos de búsqueda y rescate, así como las pautas para la organización de los voluntarios en la escena siguen los mismos criterios [alexander2002]. La dinámica del procedimiento de búsqueda y rescate comienza inmediatamente luego del incidente, cuando los vecinos y curiosos llegan a la escena y ayudan a las víctimas que pueden ponerse a salvo por sus propios medios. Cuando el sistema de emergencia local se hace presente comienzan las tareas de rescate más especializadas, ayudando a víctimas que por sus lesiones no pueden abandonar la escena. Luego, bomberos y rescatistas especializados en estructuras colapsadas comienzan la tarea de búsqueda y rescate, siguiendo los pasos desarrollados a continuación:

En primer lugar se realiza un reconocimiento del edificio para determinar el uso que se daba al mismo, para estimar la cantidad y edades de las posibles víctimas según el día y el horario de incidente. Además, existen múltiples factores socio-económicos-culturales que se pueden usar para determinar donde es más probable que sean encontradas. Por otro lado, basándose en el tipo de construcción y los mecanismos del colapso se puede estimar en cuáles zonas es posible encontrar víctimas con vida. Luego se realiza una evaluación de las condiciones en las que se encuentra la escena, buscando potenciales riesgos como zonas electrificadas, fugas de gas, riesgo de nuevos colapsos, contaminación, explosivos, etc [willis2006].

Una vez contenidos todos los riesgos, con la zona asegurada se procede a búsqueda y localización de las posibles víctimas atrapadas utilizando alguno de los siguientes métodos:

- 1) Observación en el lugar: Aprovecha la información brindada por otras víctimas, planos del lugar y muebles extraídos por el equipo de penetración. Tiene la desventaja de que no se tiene acceso directo a los espacios de vida.
- 2) Método de llamado y escucha: Los rescatistas recorren la zona llamando a las posibles víctimas y esperando que respondan dando aviso o golpes para llamar la atención. Este método tiene la ventaja de no necesitar equipo especializado y se puede capacitar rápidamente a socorristas para implementarlo. Tiene la desventaja de que víctimas inconscientes, muy débiles o de muy corta edad no pueden responder. En ocasiones, los gritos o golpes no pueden ser oídos debido a las estructuras colapsadas muy voluminosas.
- 3) Uso de perros de búsqueda: Los perros, debido a su gran sentido del olfato, pueden detectar víctimas inconscientes a través de los escombros. Tienen la desventaja de necesitar un gran entrenamiento y aún así no siempre obtienen buenos resultados.

4) Detectores de sonido: Son dispositivos muy sensibles para detectar sonidos y vibraciones. Pueden triangular la posición de una víctima. Tiene la desventaja de no poder detectar víctimas inconscientes, y que la zona de búsqueda debe ser un ambiente absolutamente silencioso.

5) Dispositivos de búsqueda visuales: Son cámaras de distintos espectros en diferentes montajes. Por ejemplo las cámaras boroscópicas están montadas en una sonda flexible o rígida que puede ser introducida en pequeñas aberturas y registrar imágenes dentro de los espacios de vida. Del otro lado de la sonda, un pequeño monitor puede reproducir la imagen capturada. Las imágenes también pueden ser tomadas por cámaras térmicas o infrarrojas. Pero necesitan al menos una pequeña abertura en el espacio de vida, aún las cámaras térmicas, ya que no pueden detectar calor a través de sólidos. La desventaja de las cámaras es principalmente su costo y autonomía. En caso de ambientes con mucho polvo en suspensión, las cámaras térmicas pueden detectar víctimas inmóviles, pero así también otras fuentes de calor carentes de interés.

Los avances en la tecnología han hecho que los dispositivos empleados en escenario de búsqueda y rescate incrementen sus funcionalidades. Por ejemplo, accesorios para detección de presencia humana mediante trazas de químicos producidos por el humano que pueden ser analizados por las llamadas "narices electrónicas" (e-noses) [mochalski2018]. Estos sensores pueden ser integrados en las cámaras boroscópicas. En [guntner2018], se presenta un estudio sobre la utilización de un arreglo de sensores de gas compactos para detectar la presencia humana midiendo la concentración en el aire debido a la emisión a través de la piel y la respiración.

Existen también dispositivos que emiten señales de sonido o microondas para detectar sobrevivientes entre los escombros. En [chen2000], se describe el diseño, implementación y resultado de utilizar señales de microondas en distintas bandas para la detección de personas debajo de estructuras derrumbadas. Según la composición de la estructura o la profundidad a la que se quiera buscar se pueden detectar la respiración y latidos de un ser humano a través de hasta ~3m de escombros. En [garg2016], se presenta la implementación de un sistema de detección de vida en derrumbes causados por catástrofes naturales mediante la emisión, reflexión y recepción de sonidos de distintas frecuencias, aprovechando las diversas capacidades que tienen para penetrar materiales. El algoritmo de identificación puede realizar una estimación de la profundidad y proveer esa información junto con las coordenadas a un sistema de posicionamiento global para que sea accesible de forma inmediata y pueda ser aprovechado para coordinar el rescate de la forma más eficiente posible. En [li2013], se describe detalladamente la teoría detrás de la detección de signos vitales de pacientes mediante el efecto Doppler y las distintas tecnologías usadas de sensores, como por ejemplo chips integrados CMOS/BiCMOS de pequeña potencia (180mW) y tamaño muy reducido (31,3mmx45mm). En [sun2011], se describe una técnica de localización auditiva basada en una matriz de micrófonos para robots de rescate, como una alternativa a los métodos de navegación convencionales. En este caso se basa en la detección de la voz humana y posterior procesamiento con el fin de direccionar al robot hacia la fuente de sonido.

En cuanto a las cámaras boroscópicas, se han planteado distintos enfoques para mejorar el desempeño dentro de las estructuras colapsadas. Por ejemplo en [hatazaki2007], se presenta una cámara de alcance de 8 metros de largo capaz de escalar obstáculos. Para ello, se utiliza un mecanismo de accionamiento de vibración ciliar. Asimismo, se analiza detalladamente el diseño de dicho mecanismo haciendo una comparación entre distintos tipos de materiales, estructuras, posicionamiento de los motores, y otros parámetros de interés con el fin de obtener una óptima performance. En [ambe2016], se evaluó esta cámara en los terremotos de Kumamoto, Japón, donde se pudo comprobar su utilidad.

Respecto del análisis de las imágenes buscando posibles víctimas, en [nguyen2016], se realiza una completa recopilación de las principales publicaciones realizadas entre 2005 y 2014 sobre la identificación de objetos humanos en una imagen. Se desarrollan primero las principales características que permiten diferenciar a la persona de su entorno (forma, apariencia y movimiento) y cómo pueden combinarse según la aplicación para una detección más precisa. Luego, continúa enumerando las diferencias entre la construcción de un descriptor en base a una grilla o a puntos y las ventajas de una construcción local (basada en partes o secciones del objeto humano) en contrapartida a la global (la totalidad de la persona). Es la primera de estas dos la que posee una ventaja al momento de identificar personas cuya imagen está obstruida, por ejemplo, cubierta parcialmente por escombros.

Dentro de los distintos métodos para reconocer humanos se puede destacar el presentado en [hsu2018]. En este trabajo se desarrolla un algoritmo de detección de humanos en imágenes mediante el uso de Fast R-CNN. Diseñado para poder identificar peatones en una multitud, utiliza un modelo de partes del cuerpo humano para poder combinar e hibridar detecciones así pudiendo solucionar el problema de partes del cuerpo no visibles en la imagen, mejorando la precisión. Por último, la red está entrenada para poder identificar a la persona en múltiples poses, ángulos y perspectivas.

En [liu2018], se enumeran los problemas de detección de personas en multitudes con cámaras montadas en UAVs. Estos son, principalmente, el cambio de perspectiva sobre el sujeto con respecto a la cámara, y la distancia al objeto que genera baja resolución en la persona a detectar. Para solucionarlo, plantea el uso de información posicional del UAV para poder aplicar una corrección a la perspectiva de la imagen y la utilización del contexto para determinar si unos pocos píxeles borrosos conforman o no una persona.

Por otro lado, para la estimación de la pose de un individuo y/o segmentar el cuerpo humano para identificar sus partes, vestimenta y accesorios, en [yang2019] se presenta un algoritmo del tipo pipeline para el análisis humano llamado Parsing R-CNN. La mejor característica de este algoritmo es su buena performance y gran escalabilidad. En [huang2019], se propone una Red Criss-Cross (CCNet) para obtener información contextual de imagen completa de una manera muy efectiva y eficiente. La información contextual es vital en los problemas de comprensión visual, como la segmentación semántica y la detección de objetos. El límite ambiguo entre las diferentes partes semánticas y las categorías con apariencia similar suelen ser confusos, lo que lleva a ruidos inesperados. En este contexto, en [li2020], se introduce una estrategia de purificación, denominada Self-Correction for Human Parsing (SCHP), para promover progresivamente la confiabilidad de las etiquetas supervisadas, así como de los modelos aprendidos.

Cuando en la escena hay múltiples personas se complejiza la detección de cada una. En [li2017], se introduce el parseo de múltiples personas a través del modelo MHP (Multi-Human Parser Algorithm) el cual se basa en el modelo NAN (Nested Adversarial Network) para mejorar la eficiencia de la identificación por partes de personas. Dicho algoritmo se evalúa y compara con las actuales soluciones en una prueba de rendimiento con una base de datos dando resultados alentadores. Una versión mejorada de este algoritmo llamada "Multi-Human Parsing" (MHP v2.0) se presenta en [zhao2018]. También en este trabajo se presenta una ampliación de la base de datos.

Bibliografía

[huder2012] Huder, R.C. "Disaster Operations and Decision Making", Wiley. 2012

[coburn1992] Coburn, Andrew W., Robin JS Spence, and Antonios Pomonis. "Factors determining human casualty levels in earthquakes: mortality prediction in building collapse." Proceedings of the 10th world conference on earthquake engineering. Balkema, Rotterdam, the Netherlands, 1992.

[alexander2002] Alexander, D.E. "Principles of Emergency Planning and Management", Oxford University Press. 2002

[willis2006] Willis, Henry H.; Castle, Nicholas G.; Sloss, Elizabeth M.; Bartis, James T. "Protecting Emergency Responders, Volume 4: Personal Protective Equipment Guidelines for Structural Collapse Events", RAND Corporation. 2006

[mochalski2018] Mochalski, Pawel; Ruzsanyi, Veronika; Wiesenhofer, Helmut; Mayhew, Chris A. "Instrumental sensing of trace volatiles—A new promising tool for detecting the presence of entrapped or hidden people", Journal of Breath Research, IOP Publishing vol.12, num.2. 2018.

[chen2000] Chen, Kun-Mu; Huang, Yong; Zhang, Jianping; Norman, Adam. "Microwave life-detection systems for searching human subjects under earthquake rubble or behind barrier". IEEE Transactions on Biomedical Engineering vol.47, num.1. 2000

[garg2016] Garg, Pooja; Srivastava, Saurabh Kr. "Life Detection System during Natural Calamity", IEEE Second International Conference on Computational Intelligence & Communication Technology (CICIT). 2016

[li2013] Li, Changzhi; Lubecke, Victor M.; Boric-Lubecke, Olga; Lin, Jianshan. "A review on recent advances in Doppler radar sensors for noncontact healthcare monitoring", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques vol.61, num.5. 2013.

[guntner2018] Guntner, Andreas T; Pineau, Nicolay J; Mochalski, Pawel; Wiesenhofer, Helmut; Agapiou, Agapios; Mayhew, Christopher A; Pratsinis, Sotiris E. "Sniffing entrapped humans with sensor arrays", Analytical Chemistry vol.90, num.8. 2018.

[sun2011] Sun, Hao; Yang, Peng; Liu, ZuoJun; Zu, Linan; Xu, Qinqi. "Microphone array based auditory localization for rescue robot", Chinese Control and Decision Conference. 2011.

[hatazaki2007] Hatazaki, Kazunari; Konyo, Masashi; Isaki, Kazuya; Tadokoro, Satoshi; Takemura, Fumiaki. "Active scope camera for urban search and rescue", 2007 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. 2007

[ambe2016] Ambe, Yuichi; Yamamoto, Tomonari; Kojima, Shotaro; Takane, Eri; Tadokuma, Kenjiro; Konyo, Masashi; Tadokoro, Satoshi. "Use of active scope camera in the Kumamoto Earthquake to investigate collapsed houses", IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR). 2016.

[nguyen2016] Nguyen, Duc Thanh; Li, Wanqing; Ogunbona, Philip O. "Human detection from images and videos: A survey". Pattern Recognition, 2016. Elsevier.

[hsu2018] Hsu, Shih-Chung; Wang, Yu-Wen; Huang, Chung-Lin. "Human Object Identification for Human-Robot Interaction by Using Fast R-CNN". Second IEEE International Conference on Robotic Computing (IRC). 2018.

[liu2018] Liu, Tong; Fu, Hui Yuan; Wen, Qing; Zhang, Deng Kui; Li, Ling Fei. "Extended faster R-CNN for long distance human detection: Finding pedestrians in UAV images". IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE). 2018.

[yang2019] Yang, Lu; Song, Qing; Wang, Zhihui; Jiang, Ming. "Parsing R-CNN for Instance-Level Human Analysis". Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2019. IEEE.

[huang2019] Huang, Zilong; Wang, Xinggang; Huang, Lichao; Huang, Chang; Wei, Yunchao; Liu, Wenyu. "CCNet: Criss-Cross Attention for Semantic Segmentation" ICCV. 2019.

[li2020] Li, Peike; Xu, Yunqiu; Wei, Yunchao; Yang, Yi. "Self-Correction for Human Parsing". IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2020.

[li2017] Li, Jianshu; Zhao, Jian; Wei, Yunchao; Lang, Congyan; Li, Yidong; Sim, Terence; Yan, Shuicheng; Feng, Jiashi. "Multi-Human Parsing in the Wild". Computer Vision and Pattern Recognition. 2017.

[zhao2018] Zhao, Jian; Li, Jianshu; Cheng, Yu; Zhou, Li; Sim, Terence; Yan, Shuicheng; Feng, Jiashi. "Understanding Humans in Crowded Scenes: Deep Nested Adversarial Learning and A New Benchmark for Multi-Human Parsing". Proceedings of the 26th ACM international conference on Multimedia. 2018.

Grado de Avance

El equipo de trabajo vinculado a este proyecto forma parte del Centro de Investigación en Informática para la Ingeniería (CIII) donde se cuenta con personas formadas en fusión de sensores, procesamiento de imágenes, localización y mapeo en ambientes interiores, planificación de trayectorias, exploración y técnicas de aprendizaje profundo. El CIII desarrolla proyectos de investigación en imágenes y visión por computadoras desde mediados de los '90. En la última década el CIII ha adquirido gran experiencia en los vehículos voladores, los cuales necesitan determinar la posición y orientación en tiempo real. Además, en los últimos años ha ganado experiencia sobre clasificación, reconocimiento, identificación de patrones y procesamiento de alto rendimiento.

La experiencia en localización puede volcarse directamente a la estimación de la orientación de la cámara boroscópica cuando se la desplaza entre los escombros, para determinar hacia donde está realizando la observación respecto del visor. Entre los trabajos de localización se pueden destacar entre otros [araguas2015] donde se presenta la fusión de información proveniente de unidades inerciales e imágenes adquiridas por cámaras monoculares. En este trabajo se preprocesan las imágenes realizando transformadas de Fourier para mitigar la falta de características reconocibles en cada imagen. Los resultados de aplicar esos algoritmos en distintos tipos de superficies fueron presentados en [araguas2017]. En [paz2016] se presenta un trabajo en donde se incluyen otros sensores como barómetros y sonares a los inerciales en el diseño de los estimadores de posición y orientación. Luego, en [paz2017] se muestra que agregando esta información para procesar las imágenes se minimiza el error en las homografías que determinan el movimiento entre dos imágenes sucesivas.

En cuanto a las técnicas de aprendizaje profundo, el CIII ha tenido un gran aporte en los últimos años, tanto para la industria como para el sector científico/académico. Dentro de esta rama de estudio se hace hincapié en el análisis de información proveniente de imágenes ruidosas. Existen métodos que utilizan filtros inteligentes para la eliminación de ruidos. Dentro de estos filtros, en el CIII se ha trabajado con la combinación de lógica difusa y wavelets, lo que ha resultado de gran utilidad dando excelentes resultados en imágenes de radar satelitales, tales como las SAR en [nemer2016], motivo por el cual se plantea su implementación en otro tipo de imágenes, que tienen ruidos menos complejos. También se han realizado trabajos haciendo análisis de imágenes ruidosas, con técnicas de aprendizaje profundo y análisis estadístico para extraer contornos de objetos e identificarlos. Por ejemplo, en [nemer2020] las redes neuronales se entrenan con datos sintéticos diseñados en función de las características de las imágenes a procesar. En este caso, debido a la complejidad de la información tratada y el tipo de procesamiento necesario, se utilizó aprendizaje reforzado. Respecto al reconocimiento de bordes en imágenes, el método de detección de Canny es conocido por ser altamente eficiente, si se aplican los coeficientes adecuados a las características de las imágenes. El método aplicado para la obtención de estos coeficientes para imágenes SAR satelitales, es extrapolable y se puede aplicar para otro tipo de imágenes ruidosas, tales como las infrarrojas. En cuanto al uso industrial del reconocimiento de patrones, el CIII junto con distintas empresas automotrices del medio, ha desarrollado distintos sistemas usando aprendizaje profundo, para detectar operarios con elementos de protección mal utilizados o trabajando en zonas peligrosas por su proximidad con maquinaria de gran porte. También en el contexto del reconocimiento de patrones, en [gonzalez2021] se presenta una aplicación de estos conocimientos para detectar rostros con o sin mascarás faciales durante la pandemia comenzada en 2020.

Desde 2020 el personal del CIII, cuenta con el asesoramiento constante de personal de la Fundación GEER (Grupo de Entrenamiento Integral en Emergencias). Esta fundación, a principios de 2021, dictó una capacitación sobre rescates en estructuras colapsadas de la cual participó el equipo de trabajo vinculado a este proyecto. En este evento se apreciaron en primera persona los requisitos con los que debe contar cualquier dispositivo de asistencia para los rescatistas, en particular una cámara boroscópica. Motivado por estos vínculos, desde 2021 existe un convenio marco entre la Facultad Regional Córdoba y la Fundación GEER. Además, uno de los integrantes del equipo de este proyecto pertenece a la brigada Rescate Internacional Topos A.C especialistas en estructuras colapsadas.

Bibliografía

[araguas2015] Araguás, Gastón; Paz, Claudio; Gaydou, David; Paina, Gonzalo Perez. "Quaternion-based Orientation Estimation Fusing a Camera and Inertial Sensors for a Hovering UAV", Journal of Intelligent & Robotic Systems, vol.77, num.1. 2015.

[araguas2017] Araguás, Gastón; Paz, Claudio; Paina, Gonzalo Perez; Canali, Luis. "Monocular Pose Estimation for an Unmanned Aerial Vehicle Using Spectral Features", Designing with Computational Intelligence, Springer. 2017.

[paz2016] Paz, Claudio J.; Perez Paina, Gonzalo F.; Pucheta, Martín A. "Acoplamiento en la estimación de la orientación y la altura mediante filtro extendido de Kalman", Mecánica Computacional, vol.34, num.51, 2016.

[paz2017] Paz, Claudio J.; Nesmachnow, Sergio. "Double coupling between inertial sensors and visual odometry in multicopters", XLIII Latin American Computer Conference, 2017.

[nemer2016] Nemer, Karim A.; Pucheta, Martín A.; Flesia, Ana G. "Unsupervised fuzzy-wavelet framework for coastal polynya detection in synthetic aperture radar images", Cogent Engineering, vol.3, num.1, Cogent. 2016.

[nemer2020] Nemer, Karim A.; Pucheta, Martín A.; Flesia, Ana G. "Optimal Canny's Parameters Regressions for Coastal Line Detection in Satellite-Based SAR Images", IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, vol.17, num.1, 2020.

Objetivos de la investigación

Objetivos generales

Ante un escenario de crisis producido por una catástrofe natural o provocada, bomberos, rescatistas y servicios de emergencia arriesgan sus vidas buscando sobrevivientes en estos eventos. Las mejoras en los materiales usados en equipamiento y el avance de la tecnología han ido aumentando las oportunidades de supervivencia, tanto de víctimas como de rescatistas.

El objetivo general del proyecto será el estudio y desarrollo de técnicas y métodos para asistir a los rescatistas en escenarios de estructuras colapsadas, facilitando la localización de víctimas en espacios inaccesibles usando cámaras, incluso en ambientes con condiciones de observación desfavorables.

Objetivos específicos

Se propone continuar la investigación de [paz2016thesis] referida a localización usando fusión de sensores, así como el reconocimiento de patrones basados en las técnicas vistas en [nemer2020]. A largo plazo se prevé contar con un dispositivo funcional para asistir a los equipos de rescate. El dispositivo debe estar formado por una cámara en unión solidaria con una unidad inercial, conectados a través de un cable de longitud necesaria para el trabajo que se requiera. Del otro lado del cable, una pantalla debe mostrar la imagen registrada por la cámara, aumentada con información de posición y orientación de la cámara respecto de la pantalla. Además, en la pantalla se deben señalar las posibles víctimas detectadas automáticamente. El extremo correspondiente a la cámara debe poder articularse siendo controlado desde el extremo donde está la pantalla, ya que a medida que se introduce la sonda entre los escombros se pierde capacidad de maniobra. Además, una vez que la cámara ingresa al espacio vacío donde puede haber víctimas, es de gran utilidad registrar todo el ambiente.

En este contexto, este proyecto se centrará en tres objetivos específicos primarios:

1. Diseño e implementación del algoritmo de estimación de posición y orientación de la cámara respecto de la pantalla.
2. Estudio, diseño e implementación de algoritmos de reconocimiento de patrones usando aprendizaje profundo con imágenes en el espectro visible e infrarrojo.
3. Construcción de la cámara boroscópica, consistente de una pantalla conectada por cable a una cámara en el extremo. Todo el dispositivo debe tener capacidad de operar en ambientes con humedad y polvo. Debe ser resistente a golpes originados por arrastrar el equipo en la zona de rescate.

En segundo orden, se persiguen los siguientes objetivos específicos secundarios:

4. Estudio, diseño e implementación de algoritmos de estimación de posición, orientación y control de articulaciones tipo continuum arm para el extremo de la cámara. La misma debe ser capaz de articularse para poder desplazarse en entornos intrincados, además de poder registrar el entorno de la misma.
5. Estudio, diseño e implementación de algoritmos de human parsing para aumentar la imagen capturada y facilitar la detección de víctimas.

Como hipótesis de trabajo se afirma que es posible determinar la posición y orientación de la parte frontal de la sonda usando información provista por la cámara y la unidad inercial. Se puede afirmar también que es posible reconocer partes del cuerpo humano parcialmente visibles y segmentar la imagen para resaltarlos en la pantalla.

Para abordar la problemática expuesta, en primera instancia se implementarán los algoritmos en lenguaje Python para probar su validez. Luego, se los implementará en lenguaje C++ para poder ser ejecutados en tiempo real en la placa de desarrollo Raspberry Pi 4b+.

A continuación se presenta un bosquejo del dispositivo propuesto:



Bibliografía

[paz2016thesis] Paz, Claudio J. "Estimación eficiente de la posición y orientación de un vehículo en tiempo real por medio de sensores de bajo costo", Tesis Doctoral UTN-FRC.

[nemer2020] Nemer, Karim A.; Pucheta, Martín A.; Flesia, Ana G. "Optimal Canny's Parameters Regressions for Coastal Line Detection in Satellite-Based SAR Images", IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, vol.17, num.1, 2020.

Descripción de la metodología

La metodología de trabajo se enfocará, primero, en el estudio epistemológico del problema primario: la determinación de la posición y la orientación de la cámara utilizando información proveniente de acelerómetros, giróscopos, magnetómetros y cámara. La fusión de sensores se realizará por medio de filtrado bayesiano, en particular usando un filtro extendido de Kalman. La cámara aportará información de su movimiento usando algoritmos de flujo óptico. Con los mismos sensores y usando la misma información también se deben diseñar los algoritmos para aumentar la imagen mostrada en la pantalla con información de la orientación de la cámara respecto al horizonte.

En segundo lugar, se procurará resolver el problema de distinguir diferentes partes de seres humanos, para reconocer víctimas cubiertas con escombros o parcialmente ocultas de la imagen.

En cuanto a la construcción del dispositivo, teniendo en cuenta que los usuarios serán personas de características físicas variables (de diferentes sexos y edades), se diseñará contemplando las dimensiones del cuerpo humano de percentiles 5 % y 95 % en relaciones de holgura, alcance y adaptabilidad, así como también la amplitud de movimiento, ángulos límites y ángulos de visión recomendados en [tilley1993] y [mondelo2004] teniendo en cuenta [iram1997].

Objetivos específicos primarios

Objetivo I: Diseño e implementación del algoritmo de estimación de posición y orientación de la cámara respecto de la pantalla.

1. Estudio: Fusión de unidad inercial con sistemas expertos de preprocesamiento de imágenes.
2. Procedimiento: Predicción de orientación con giróscopos y actualización con acelerómetros y magnetómetros. Predicción de posición integrando acelerómetros y actualización con flujo óptico.
3. Controles: Simulaciones con ROS/Gazebo. Pruebas de campo.
4. Técnica a emplear: Filtrado Bayesiano. Filtro extendido de Kalman. Flujo óptico de Lucas-Kanade.
5. Interpretación de datos: El resultado de la estimación es la posición y la orientación de la unidad inercial en el espacio, relativas a la pantalla y al horizonte, respectivamente.
6. Potenciales problemas y soluciones alternativas: En el caso que las imágenes no tengan la resolución necesaria para calcular el flujo óptico, se puede calcular el desplazamiento usando análisis de las imágenes en el dominio de la frecuencia.

Objetivo II: Estudio, diseño e implementación de algoritmos de reconocimiento de patrones usando aprendizaje profundo con imágenes en el espectro visible e infrarrojo.

1. Estudio: Análisis de la eficiencia de diferentes configuraciones de estructuras de redes neuronales artificiales, esto es, diferentes estructuras, funciones de activación y métodos de aprendizajes, en la detección de víctimas utilizando imágenes ruidosas.
2. Procedimiento: Se generará una base de datos con imágenes reales y sintéticas de variados entornos con sus salidas correctas. Se tomarán conjuntos aleatorios de esta base de datos para armar las bases de entrenamiento y verificación. Se utilizarán sendos conjuntos para cada estructura de redes neuronales, y se determinarán cuales dan mejores resultados.
3. Controles: Para los controles se utilizarán los resultados esperados de las bases de datos y pruebas de campo con imágenes procesadas en tiempo real.
4. Técnica a emplear: Aprendizaje supervisado o reforzado, dependiendo de la estructura de red analizada.
5. Interpretación de datos: Determinar posibles víctimas en la imagen procesada.
6. Potenciales problemas y soluciones alternativas: Los principales problemas que se pueden presentar con este tipo de análisis es la saturación de las capacidades computacionales de los equipos involucrados. Para solucionar estos problemas, es posible realizar el entrenamiento en batch en clusters y/o sistemas distribuidos. También se pueden rediseñar los métodos de aprendizaje para ir incorporando nuevo conocimiento a aprendizajes anteriores, sin olvidar el conocimiento adquirido.

Objetivo III: Construcción de la cámara boroscópica, consistente de una pantalla conectada por cable a una cámara en el extremo. Todo el dispositivo debe tener capacidad de operar en ambientes con humedad y polvo. Debe ser resistente a golpes originados por arrastrar el equipo en la zona de rescate.

1. Estudio: Análisis de los requisitos respecto de resistencia a los golpes y ambientes desfavorables provistos por las brigadas de rescate; diseño y construcción de las piezas que componen el dispositivo.
2. Procedimiento: Diseño centrado en el usuario.
3. Controles: Pruebas de campo. Análisis de usabilidad.
4. Técnica a emplear: Modelado 3D con herramientas CAD. Impresión de prototipo por deposición fundida.
5. Interpretación de datos: Basado en usabilidad.
6. Potenciales problemas y soluciones alternativas: La pantalla táctil podría tener mala detección, principalmente por el polvo en cuyo caso se podría usar comandos con microswitches.

El diseño del equipo estará a cargo de uno de los integrantes de apoyo técnico, especialista en diseño industrial, basándose en requerimientos provistos por personal de los grupos de rescate.

Objetivos específicos secundarios

Objetivo IV: Estudio, diseño e implementación de algoritmos de estimación de posición, orientación y control de articulaciones tipo continuum arm para el extremo de la cámara. La misma debe ser capaz de articularse para poder desplazarse en entornos intrincados, además de poder registrar el entorno de la misma.

1. Estudio: Estimación de posición y orientación, y control de robot brazo continuum arm. Diseño e implementación del mecanismo y electrónica de control.
2. Procedimiento: Predicción de orientación con giróscopos y actualización con acelerómetros y magnetómetros.
3. Controles: Simulador ROS/Gazebo. Pruebas de campo.
4. Técnica a emplear: Filtro extendido de Kalman para la estimación; control de ancho de pulso para el accionamiento; modelado de CAD para el diseño mecánico y electrónico.
5. Interpretación de datos: El resultado de la estimación es la posición y la orientación de la unidad inercial en el espacio, respecto de la sección posterior del brazo.
6. Potenciales problemas y soluciones alternativas: La fuerza de los servomotores podría ser insuficiente o de consumo excesivo, en cuyo caso hay que buscar motores alternativos o incrementar la capacidad de las baterías.

Objetivos V: Estudio, diseño e implementación de algoritmos de human parsing para aumentar la imagen capturada y facilitar la detección de víctimas.

1. Estudio: Detección de personas en distintas poses o grados de occlusión.
2. Procedimiento: Comparación entre los métodos del estado del arte en reconocimiento de personas.
3. Controles: Pruebas con el conjunto de datos MHPv2. Pruebas de campo agregando condiciones de observación desfavorables.
4. Técnica a emplear: Redes generativas antagónicas anidadas.
5. Interpretación de datos: Los porcentajes más elevados respecto del anotado serán los métodos más eficaces.
6. Potenciales problemas y soluciones alternativas: La carga computacional podría ser muy alta para la placa Raspberry Pi, en ese caso se puede intentar optimizar el algoritmo para la arquitectura específica.

12. Contribuciones del Proyecto

Contribuciones al avance científico, tecnológico, transferencia al medio

Se espera que los avances teóricos obtenidos en este trabajo puedan aplicarse a otros campos de investigación que utilicen reconocimiento de patrones, en particular en la búsqueda de personas. Respecto de la implementación de la cámara boroscópica desarrollada en este proyecto, en general servirá para incrementar las herramientas

disponibles por los rescatistas en un escenario de búsqueda y rescate en estructuras colapsadas. En particular, se espera que la cámara boroscópica desarrollada sea utilizada por el grupo local de la célula Argentina de la Brigada de Rescate Internacional Topos A.C. Dicha agrupación sin fines de lucro en la actualidad se encuentra en proceso de expansión operativa encontrándose conformada por Células de Brigadistas en México, Chile y Argentina.

Contribuciones a la formación de Recursos Humanos

Dada la importancia que tiene la ciencia y tecnología en el desarrollo de un país, se espera incorporar a estudiantes de grado al equipo de investigadores formados y en formación para fortalecer su interés en la investigación aplicada. Además, se espera con este proyecto contribuir con la formación continua de los becarios doctorales del centro de investigación donde está radicado el proyecto.

Específicamente se prevé:

1. Incorporar dos (2) becarios de grado a las tareas de investigación enmarcadas en el proyecto.
2. Desarrollar Prácticas Profesionales Supervisadas en la temática de articulación de tipo Continuum Arm y Reconocimiento de patrones.
3. Continuar con el desarrollo de la tesis de doctorado del Ing. Martín Nievas, Dirigido por el Dr. R. Gastón Araguás y Co-Dirigido por el Dr. Claudio J. Paz.

13. Cronograma de Actividades

Año	Actividad	Inicio	Duración	Fin
1	Documentación 1er año	01/01/2022	12 meses	31/12/2022
1	Diseño del algoritmo de estimación de posición y orientación de la cámara respecto de la pantalla.	01/01/2022	3 meses	31/03/2022
1	Implementación del algoritmo de estimación de posición y orientación de la cámara respecto de la pantalla.	01/04/2022	3 meses	30/06/2022
1	Estudio y diseño de algoritmos de estimación de posición, orientación y control del continuum arm para el extremo de la cámara	01/05/2022	2 meses	30/06/2022
1	Implementación de algoritmos de estimación de posición, orientación y control de articulaciones tipo continuum arm para el extremo de la cámara	01/07/2022	3 meses	30/09/2022
1	Pruebas de campo 1er año	01/09/2022	1 meses	30/09/2022
1	Divulgación resultados de 1er año	01/10/2022	3 meses	31/12/2022
1	Estudio, diseño de algoritmos de reconocimiento de patrones en imágenes infrarrojas	01/11/2022	2 meses	31/12/2022
2	Estudio, diseño de algoritmos de reconocimiento de patrones en imágenes infrarrojas	01/01/2023	2 meses	28/02/2023
2	Implementación de algoritmos de reconocimiento de patrones en imágenes infrarrojas	01/01/2023	6 meses	30/06/2023
2	Estudio y diseño de algoritmos de human parsing	01/01/2023	5 meses	31/05/2023
2	Diseño de la empuñadura, pantalla y cabezal fijo de la cámara boroscópica	01/01/2023	5 meses	31/05/2023
2	Documentación 2do año	01/01/2023	12 meses	31/12/2023
2	Implementación de algoritmos de human parsing	01/06/2023	4 meses	30/09/2023
2	Pruebas de campo 2do año	01/09/2023	1 meses	30/09/2023
2	Divulgación resultados de 2do año	01/10/2023	3 meses	31/12/2023
3	Construcción de la cámara boroscópica con soporte de cámara fijo	01/01/2024	5 meses	31/05/2024
3	Documentación 3er año	01/01/2024	12 meses	31/12/2024
3	Pruebas de campo 3er año. Prototipo completo	01/03/2024	7 meses	30/09/2024
3	Construcción de soporte de cámara con articulación tipo Continuum Arm	01/05/2024	3 meses	31/07/2024
3	Divulgación resultados del proyecto	01/10/2024	3 meses	31/12/2024

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	Formación de recursos humanos.	Codirección de tesis doctoral en el tema planificación de caminos para sistemas multirobot.
Instituto de altos estudios espaciales, Mario Gulich	Ferral	Anabela	INVESTIGADOR FORMADO	Comisión Nacional de Actividades Espaciales, CONAE	Falda del Cañete, Córdoba	Formación de recursos humanos.	Dirección de tesis de maestría en tema detección de embarcaciones usando imágenes satelitales
Instituto de altos estudios espaciales, Mario Gulich	Seppi	Santiago	INVESTIGADOR FORMADO	Comisión Nacional de Actividades Espaciales, CONAE	Falda del Cañete, Córdoba	Formación de recursos humanos.	Dirección de pasantes de la Maestría en aplicaciones espaciales.
Instituto de altos estudios espaciales, Mario Gulich	Diéz	Sebastián	INVESTIGADOR FORMADO	Comisión Nacional de Actividades Espaciales, CONAE	Falda del Cañete, Córdoba	Proyectos en cooperación	Desarrollo de estaciones de medición de calidad de aire. Proyecto conjunto, PID provincia de Córdoba.
Centro de investigación y estudios en matemática	Sánchez	Jorge	INVESTIGADOR FORMADO	Universidad Nacional de Córdoba, FAMAF	Córdoba	Formación de recursos humanos. Proyectos en cooperación.	Codirección de tesis de doctorado en el tema reconocimiento y clasificación de objetos. Investigaciones conjuntas en redes neuronales convolucionales.
Centro de Cálculo, Instituto de Computación	Nesmachnow	Sergio	INVESTIGADOR FORMADO	Facultad de Ingeniería, Universidad de la República	Montevideo, Uruguay	Proyectos en cooperación.	Desarrollo de algoritmos de planificación y exploración con UAV. Publicaciones Conjuntas.
Instituto de Desarrollo Económico e Innovación	Dell'Osa	Antonio	INVESTIGADOR FORMADO	Universidad Nacional de Tierra del Fuego	Usuhaia, Tierra del Fuego	Proyectos en cooperación.	Desarrollos en Bioimpedancias.