

PROYECTO DE GRADO

Presentado ante la ilustre UNIVERSIDAD DE LOS ANDES como requisito parcial para  
obtener el Título de INGENIERO DE SISTEMAS

USO DE KINECT PARA LA ADQUISICIÓN DE  
INFORMACIÓN DEL ENTORNO QUE PERMITA ELABORAR  
MAPAS PARA LA NAVEGACIÓN DE UN ROBOT MÓVIL

Por

Br. Carlos Eduardo Paparoni Bruzual

Tutor: Prof. Dr. Rafael Rivas Estrada

Junio 2014



UNIVERSIDAD  
DE LOS ANDES

©2014 Universidad de Los Andes Mérida, Venezuela

# Uso de Kinect para la Adquisición de Información del Entorno que permita elaborar Mapas para la Navegación de un Robot Móvil

Br. Carlos Eduardo Paparoni Bruzual

Proyecto de Grado — Sistemas Computacionales, 11 páginas

**Resumen:** Un reto substancial en el desarrollo y masificación de los robots móviles autónomos es el proceso de reconocimiento o modelado de su entorno.

Existen herramientas que permiten control de bases robóticas, planificación de rutas, localización y creación de mapas.

En este trabajo se presenta el desarrollo de un módulo que pretende sustituir o complementar el módulo de medición láser de una herramienta similar a la descrita anteriormente con el fin de soportar y utilizar el dispositivo Kinect®, desarrollado por la compañía Microsoft®, específicamente mediante el uso del módulo láser y de la cámara infrarroja del mismo, para realizar medidas del entorno, y así igualar o aumentar la funcionalidad ofrecida previamente, disminuyendo de forma drástica y beneficial los costos asociados con el uso del módulo anterior.

Se desarrollará utilizando UML 2.0 (Unified Modeling Language) para el modelado y como guía en su desarrollo, el método PXP que forma parte de los métodos Ágiles de desarrollo.

**Palabras clave:** Robots Móviles, Construcción de Mapas, Visión por Computador, Kinect, CARMEN

Este trabajo fue procesado en L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X.

# Índice general

Índice de Tablas	v
1chapter.1	
1.1. Descripci LaSDAI . . . . .	1
1.1.1. Personal . . . . .	1
1.1.2. Misi	2
1.1.3. Visi	2
1.1.4. Objetivos . . . . .	3
1.1.5. Antecedentes . . . . .	4
1.2. Definici Problem	5
1.3. Justificaci	6
1.4. Objetivos . . . . .	7
1.4.1. Objetivo General . . . . .	7
1.4.2. Objetivos Especficos . . . . .	7
1.5. Metodolog Utilizar . . . . .	7
1.6. Cronogramas de Actividades y de Evaluaci	8
1.6.1. Cronograma de Actividades . . . . .	8
1.6.2. Cronograma de Evaluaci	8

<b>2. Marco Teo</b>	<b>10</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>11</b>

# Índice de cuadros

1.1. Cronograma de Trabajo del Proyecto de Grado . . . . .	9
1.2. Cronograma de Evaluaciones y Fechas de Entrega . . . . .	9

# Capítulo 1

## Introducción

En este capítulo se presentará una descripción del Laboratorio de Sistemas Discretos, Automatización e Integración (LaSDAI), en donde se llevará a cabo la elaboración del proyecto. Se definirán los antecedentes que son la base para la presentación del problema, así como también, el planteamiento del problema, la justificación, objetivos y metodología que encaminarán el desarrollo de la solución del mismo, y finalmente se presentarán los cronogramas de actividades y evaluaciones.

### 1.1. Descripción de LaSDAI

El Laboratorio de Sistemas Discretos, Automatización e Integración (LaSDAI), se funda en el año 1993 bajo la dirección del Dr. Edgar Chacón con el apoyo del Programa de Nuevas Tecnologías del CONICIT (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas), bajo el proyecto N° I-22. LaSDAI está adscrito a la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes. A partir del año 2007 actualiza sus líneas de investigación y es re-estructurado. Actualmente está conformado por personal docente, estudiantes y colaboradores de la Universidad de Los Andes.[1]

### 1.1.1. Personal

#### Miembros

- Dr. Eladio Dapena G. (Coordinador)
- Dr. Rafael Rivas Estrada
- Ing. Jose G. Gonzalez
- Dr. Edgar Chacón

#### Colaboradores

- PhD. Addison Rios
- Dr. José Aguilar
- Dr. José María Armingol (UC3M)
- Dr. Arturo de La Escalera (UC3M)
- Dra. Ana Corrales (UC3M)
- Ing. David Godoy
- Lic. Nadia González
- MSc. Asdrúbal Fernández

### 1.1.2. Misión

El Laboratorio de Sistemas Discretos, Automatización e Integración, LaSDAI, es un espacio para la docencia, la investigación y el desarrollo de productos, en las áreas de robótica, automatización industrial y visión por computador, con el objeto de coadyuvar en el desarrollo tecnológico del país. LaSDAI, tiene como meta difundir sus resultados y vincularse con el sector productivo nacional, con la consigna de I+D+I Investigación, Desarrollo e Innovación. Sus actividades de soporte a la docencia tanto en pregrado como postgrado, junto con el desarrollo de proyectos de investigación y las labores de extensión, constituyen un complemento que integra diferentes aristas para el desarrollo. Las actividades de extensión, mediante asesorías y cursos, colaboran a lograr el autofinanciamiento como estrategia de consolidación de nuestras actividades.

### 1.1.3. Visión

LaSDAI será un referente nacional, como un Instituto de Docencia, Investigación y Desarrollo, en las áreas de robótica y automatización, de carácter autónomo y autofinanciado.

### 1.1.4. Objetivos

#### Objetivo General

El Laboratorio de Sistemas Discretos, Automatización e Integración fue creado con el fin de desarrollar conceptos y herramientas que soporten la construcción de sistemas automáticos en ambientes de producción continua, tal como son los de la industria de procesos, mediante una generalización de las técnicas de los ambientes de manufactura. La automatización en la industria de Procesos Continuos es un proceso complejo, por la cantidad de elementos involucrados estén un proceso de mejoramiento, donde la automatización juega un papel esencial. Los paradigmas para la implantación de una automatización integral en una industria compleja no han sido totalmente definidos, pues el mayor énfasis en la comunidad científica a nivel internacional ha sido dado a la industria de manufactura; de aquí la importancia que tiene para el grupo el desarrollo de trabajos de investigación en el área, así como la formación de personal.

#### Objetivos Específicos

- Realizar actividades de (I+D+I) Investigación, Desarrollo e Innovación, en las áreas de Robótica, Automatización Industrial y Visión por Computador.
- Realizar asesorías a la Industria nacional e internacional.
- Divulgación del conocimiento mediante la docencia, organización de eventos, publicación de resultados, etc.
- Formación de personal en las áreas a fines a nivel de pregrado, postgrado, doctorado en diversas universidades.
- Desarrollar proyectos en cooperación con otros centros y laboratorios de investigación.



- Formación de personal mediante cursos de extensión en empresas.
- Establecer relaciones de cooperación con el sector productivo nacional mediante el desarrollo de proyectos.
- Participar en eventos científicos nacionales e internacionales.

### 1.1.5. Antecedentes

El filósofo Immanuel Kant propuso a través de su teoría de la percepción, que nuestro conocimiento del mundo exterior depende de nuestras formas de percepción. Así como el cuerpo humano posee, en general, cinco sentidos universalmente conocidos que le ayudan a percibir el entorno que lo rodea, el estudio de los mismos lo ha llevado a investigar y desarrollar maneras de emular estos sentidos de forma artificial, con múltiples propósitos; entre ellos, el de proveer a entidades hechas por el hombre de la habilidad de reconocer el mundo a su alrededor, y en consecuencia, la capacidad de actuar en él.

Nuestra condición humana nos permite percibir la estructura en tres dimensiones del mundo a nuestro alrededor con aparente facilidad. Por ejemplo, con sólo ver alrededor en una habitación llena de cosas, usted podría contar e inclusive nombrar a cada uno de los objetos que le rodea; inclusive, podría adivinar la textura de los mismos sin necesidad de hacer uso del sentido del tacto. Así mismo, la percepción en tres dimensiones le permite juzgar con gran precisión la distancia desde su ubicación actual hasta cada objeto de interés, permitiéndole tocarlo, tomarlo o manipularlo si así lo desea. Esta percepción, que nosotros como seres humanos llamamos sentido de la vista, se efectúa a través de células especializadas que tienen receptores que reaccionan a estímulos específicos (en este caso, ondas de radiación electromagnética de longitudes específicas, que se registran como la sensación de la luz), ubicadas en nuestros ojos.

Si bien la descripción del sentido de la vista es -o parece ser- sencilla, se trata de un sentido sumamente complejo y de hecho, podría decirse que es uno de los sentidos más importantes para el ser humano, así como el más perfecto y evolucionado.

¿Por qué se habla de complejidad? Szeliski nos explica que, .<sup>en</sup> parte, es porque la visión es un problema inverso, donde buscamos encontrar variables desconocidas dada información insuficiente para especificar totalmente la solución. Por tanto, debemos

recurrir a modelos físicos y probabilísticos para discernir entre soluciones potenciales. Sin embargo, modelar el mundo visual en toda su complejidad es mucho más difícil que, por ejemplo, modelar el tracto vocal que produce sonidos hablados.” [2]

Esta complejidad lo hace convertirse en un campo de estudio de gran importancia, cuya denominación, a los fines de la emulación mencionada anteriormente, es de la Visión Artificial, también conocida como Visión por Computador.

El inicio de la visión artificial, desde el punto de vista práctico, fue marcado por Larry Roberts, el cual, en 1961 creó un programa que podía ”ver una estructura de bloques, analizar su contenido y reproducirla desde otra perspectiva, demostrando así a los espectadores que esa información visual que había sido mandada al ordenador por una cámara, había sido procesada adecuadamente por él.[3]

## 1.2. Definición del Problema

LaSDAI, en su área de Visión por Computador, espera utilizar robots autónomos a través del software CARMEN, el cual tiene soporte para sistemas de medición láser o infrarrojo, mediante los cuales realiza medidas de distancias y así, puede generar mapas del entorno a través de dichas medidas.

Dichos sistemas de medición, que son de uso generalmente industrial pero son populares en robótica, presentan costos prohibitivos en lo que se refiere a nuestra realidad económica actual, ya que no existen distribuidores locales y la compra de los mismos se debe hacer solicitando divisas al ente gubernamental correspondiente, incurriendo en trámites burocráticos que por lo general terminan siendo fallidos, dado el elevado costo de los sistemas mencionados.

Por otro lado, dichos sistemas sólo están capacitados para el reconocimiento de entornos en 2 dimensiones, siendo necesaria la adquisición, sincronización y mantenimiento de un segundo sistema con características similares para habilitar el reconocimiento de entornos en 3 dimensiones, duplicando efectivamente el costo monetario y así mismo, haciendo más complicado el uso de la plataforma de medición.

Esta condición, limita sustancialmente la investigación, el uso y la difusión de tecnologías afines a la visión por computadora, dejando de lado este campo de

investigación.

Por lo dicho anteriormente, se plantea diseñar, desarrollar e implementar un módulo con características similares a las usadas actualmente, que haga uso de las tecnologías existentes en el dispositivo de hardware Kinect, desarrollado por la compañía Microsoft, que efectivamente disminuya de forma drástica los costos involucrados en el uso de una plataforma robótica autónoma y que al mismo tiempo pueda igualar e inclusive aumentar sus funciones.

### 1.3. Justificación

CARMEN actualmente soporta el uso de los medidores láser SICK LMS (Sistema de Medición Láser), SICK PLS (Sistema de Proximidad Láser) y el módulo infrarrojo Hokuyo, los cuales son de uso industrial y cuyos precios varían entre \$1400 y \$6570, según las fuentes consultadas.[4][5] Los modelos específicos utilizados comúnmente, si bien son bastante populares, han sido o están siendo descontinuados por las compañías que los construyen, por lo cual su costo -al ser una plataforma sólida- tiende a aumentar con el tiempo.

Adicionalmente, dichos sistemas permiten únicamente la medición en dos dimensiones, por lo que, si se desea realizar el reconocimiento en 3 dimensiones de un entorno, se deben utilizar al menos dos medidores de los mencionados anteriormente, duplicando el costo y de cierta manera, la complejidad al utilizar dichos sistemas, ya que se deben sincronizar y por tanto, se deben realizar correcciones de posición y tiempo con respecto a ambos, para poder llevarlos al mismo marco de referencia.

Por otro lado, el Kinect, distribuido por la compañía Microsoft y orientado principalmente para aplicaciones de reconocimiento de movimientos y formas mediante un emisor láser y una cámara infrarroja, ha venido ganando popularidad debido a su bajo costo y la facilidad que posee de ser utilizado para otros propósitos de los que fue diseñado originalmente. Dado que en esencia el Kinect cuenta con dispositivos similares que los sistemas láser de mayor costo y que adicionalmente por las características del barrido del láser que éste utiliza y de la cámara infrarroja conjunta, permite el reconocimiento en 3 dimensiones, éste pudiera utilizarse a través de un módulo láser

personalizado, disminuyendo de forma drástica el costo de implementar dichos sistemas y ampliando su funcionalidad (al poder crear potencialmente mapas en 3 dimensiones en lugar de 2).

## 1.4. Objetivos

### 1.4.1. Objetivo General

Desarrollar un módulo que provea soporte al Kinect como sensor para obtener datos y realizar medición de un entorno desde un robot móvil.

### 1.4.2. Objetivos Específicos

1. Analizar el software disponible para elaboración de mapas de entorno.
2. Analizar los requerimientos del módulo de creación de mapas.
3. Diseñar la estructura del módulo a implementar.
4. Diseñar la estructura de los mapas generados mediante el módulo.
5. Generar documentación adecuada y actualizada para la difusión y posterior uso del módulo.

## 1.5. Metodología a Utilizar

Con la finalidad de llevar a cabo el desarrollo del proyecto de grado de forma eficiente y a la vez incorporar metodologías actuales enfocadas al desarrollo por parte de individuos (como es normalmente el caso en cuanto a proyectos de grado), se está estudiando el uso del método PSP [6] (Personal Software Process) mejorado con prácticas tomadas de los métodos de programación Ágiles, en particular, el método Extreme Programming orientado a una sola persona, es decir, PXP [7] (Personal eXtreme Programming).

Esto se llevará a cabo mediante las siguientes actividades a realizar:

- Recolección de requerimientos.

- Planificación.
- Inicialización de iteración
  - Diseño.
  - Implementación.
    - Pruebas unitarias.
    - Codificación.
    - Refactorización.
  - Pruebas de sistema.
  - Retrospectiva, análisis de resultados.
- Finalización de iteración

## 1.6. Cronogramas de Actividades y de Evaluación

### 1.6.1. Cronograma de Actividades

A continuación se describen las actividades asociadas al desarrollo del proyecto de grado:

**Actividad 1.** Revisión Bibliográfica y de Antecedentes.

**Actividad 2.** Adecuación del Entorno de Desarrollo.

**Actividad 3.** Estudio de Funcionamiento del Kinect.

**Actividad 4.** Estudio del Proceso de Creación de Mapas en CARMEN.

**Actividad 5.** Definir requerimientos de CARMEN para la creación de mapas.

**Actividad 6.** Diseño del módulo.

**Actividad 7.** Construcción del módulo.

**Actividad 8.** Pruebas de funcionamiento.

**Actividad 9.** Implementación al robot móvil.

**Actividad 10.** Documentación.

El cronograma de trabajo para el desarrollo del proyecto de grado se refleja en la tabla 1.1.

	Semanas															
Actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Actividad 1	X	X	X													
Actividad 2			X	X												
Actividad 3				X	X	X										
Actividad 4						X	X	X								
Actividad 5								X	X	X	X	X	X	X	X	
Actividad 6								X	X	X	X	X	X	X	X	
Actividad 7								X	X	X	X	X	X	X	X	
Actividad 8								X	X	X	X	X	X	X	X	
Actividad 9														X	X	
Actividad 10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

Cuadro 1.1: Cronograma de Trabajo del Proyecto de Grado

### 1.6.2. Cronograma de Evaluación

El cronograma de evaluaciones para el desarrollo del proyecto de grado se refleja en la tabla 1.2.

	Semanas															
Actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Evaluación del tutor	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Entrega de la propuesta		X	X													
Presentación ante el grupo			X			X			X			X			X	
Presentación de avance								X	X							
Entrega final															X	
Defensa del proyecto																X

Cuadro 1.2: Cronograma de Evaluaciones y Fechas de Entrega

# Capítulo 2

## Marco Teórico

# Bibliografía

- [1] “Lasdai,” noviembre, 2013. [Online]. Disponible: <http://www.ing.ula.ve/lasdai/>
- [2] R. Szeliski, “Computer vision: Algorithms and applications,” 7 septiembre, 2009. [Online]. Disponible: <http://mesh.brown.edu/engn1610/szeliski/01-Introduction.pdf>
- [3] L. Roberts, “Machine perception of 3-d solids,” en *OE-OIP65*, 1965, páginas 159–197.
- [4] “Hokuyo laser scanning range finder pbs-03jn — robots in search,” octubre 2013. [Online]. Disponible: <http://www.robotsinsearch.com/hokuyo-pbs03jn-scanning-infrared-obstacle-detection-sensor-p-882.html>
- [5] “Lms-200-30106 by sick optic electronic,” octubre 2013. [Online]. Disponible: <http://www.plccenter.com/en-US/Buy/SICK%20OPTIC%20ELECTRONIC/LMS20030106>
- [6] W. S. Humphrey. (2005, 3) Psp(sm): A self-improvement process for software engineers. [Online]. Disponible: <http://amazon.com/o/ASIN/B001EWO8A/>
- [7] Y. Dzhurov, I. Krasteva, y S. Ilieva, “Personal extreme programming - an agile process for autonomous developers,” en *Proceedings of International Conference on SOFTWARE, SERVICES & SEMANTIC TECHNOLOGIES*, Octubre 2009, página 252.