

# **Sistema d'autolocalització per a robots mòbils mitjançant tècniques de visió per computador**

**Treball final de grau en eng. informàtica**

**Tecnologies de la informació**

---

Joan Rodas Cusidó

26 d'abril de 2017

Facultat d'Informàtica de Barcelona  
Universitat Politècnica de Catalunya  
Director: Joan Climent (ESAI)



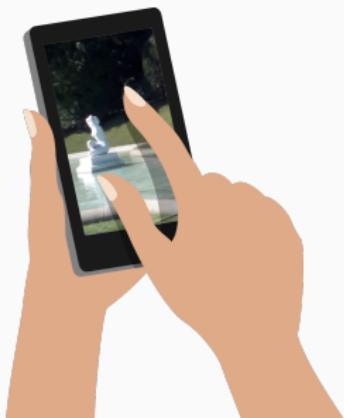
1. Introducció
2. Planificació
3. Gestió econòmica i sostenibilitat
4. Arquitectura del sistema
5. Tècniques de visió utilitzades
6. Resultats
7. Conclusions

# Introducció

---

## Objectiu

Dissenyar i desenvolupar un sistema d'autolocalització per a robots mòbils usant algorismes de visió per ordinador.



1. Selecció de l'usuari
2. Captura del robot
3. Localització
4. Desplaçament

# Planificació

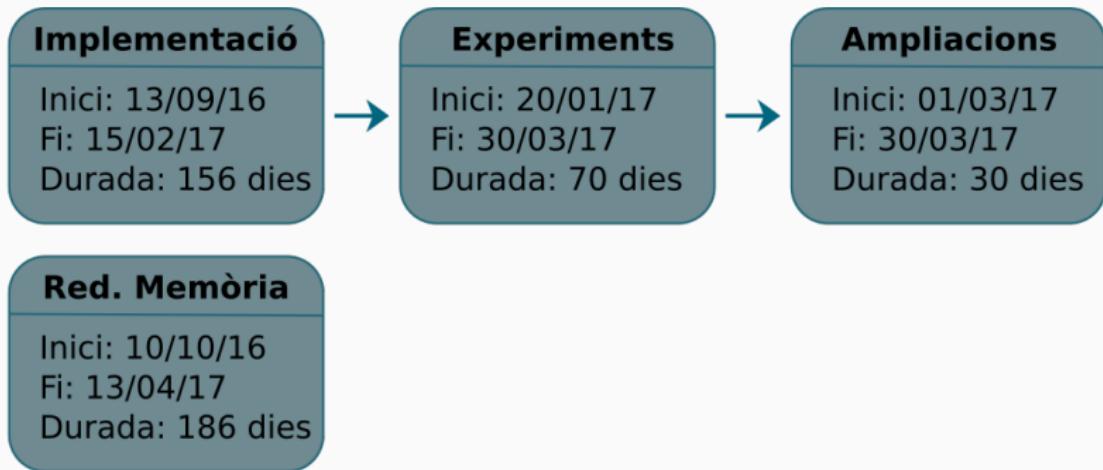
---

# Tasques (blocs)

Descripció	Metodologia	Hores
Preparació de l'entorn	-	5h
Curs de GEP	Cascada	75h
Desenvolupament del projecte	Àgil	355h
Preparació de la defensa	-	45h

**Taula 1:** *Blocs del projecte*

# Tasques (desenvolupament)



**Figura 1:** *Tasques desenvolupament*

# Diagrama de Gantt

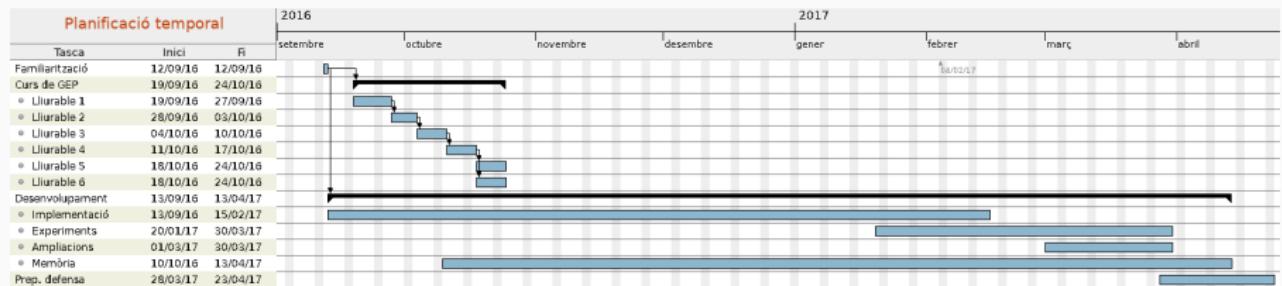


Figura 2: *Gantt del projecte*

## Gestió econòmica i sostenibilitat

---

Producte	Preu	Ús	Vida útil	Amortització
Ordinador	500€	7 mesos	5 anys	58,33€
Smartphone	39€	1 mes	3 anys	1,08€
Total				59,41€

**Taula 2:** *Recursos de maquinari*

Nom	Tipus	Ús
Arch Linux/Raspbian	Eina de desenvolupament	Execució del programari
Python + OpenCV	Eina de desenvolupament	Programació
Flask	Eina de desenvolupament	Micro-framework
uWSGI	Eina de desenvolupament	Servidor uwsgi
Nginx	Eina de desenvolupament	Servidor web/proxy
Geany/Atom	Eina de desenvolupament	Programació del codi
L <small>A</small> T <small>E</small> X	Documentació	Redacció de la memòria
Zathura	Documentació	Visualització de pdf
Gantt Project	Eina de gestió	Creació diagrames de Gantt
Git + GitHub	Desenvolupament i gestió	Control de versions

**Taula 3:** *Recursos de programari*

Tasca	Cap de projecte	Analista	Programador
Preparació de l'entorn	3h		2h
Curs de GEP	75h		
Implementació i proves		30h	195h
Experiments			40h
Ampliacions		10h	30h
Redacció memòria	50h		
Preparació defensa	45h		
Total	173h	40h	267h

**Taula 4:** Recursos humans (hores)

Rol	Hores	Cost/hora	Cost total
Cap de projecte	173h	25€/h	4325€
Analista	40h	20€/h	800€
Programador	267h	15€/h	4005€
Total			9130€

**Taula 5:** *Recursos humans (costos)*

# Costos totals

Tipus	Cost estimat
Recursos humans	9.130€
Recursos de programari	0€
Recursos de maquinari	59,41€
Costos indirectes	95,04€
Imprevistos	600€
Contingència (5%)	494,22€
Total	10.378,67€

**Taula 6:** *Costos totals*

Sostenibilitat	PPP	Vida útil	Riscos
Ambiental	Consum del disseny <b>8</b> [0:10]	Petjada ecològica <b>15</b> [0:20]	Riscos ambientals <b>0</b> [-20:0]
Econòmica	Factura <b>7</b> [0:10]	Pla de viabilitat <b>10</b> [0:20]	Riscos econòmics <b>0</b> [-20:0]
Social	Impacte personal <b>8</b> [0:10]	Impacte social <b>5</b> [0:20]	Riscos socials <b>0</b> [-20:0]
Valoració total	<b>53</b> [-60:90]		

**Taula 7:** Matriu de sostenibilitat

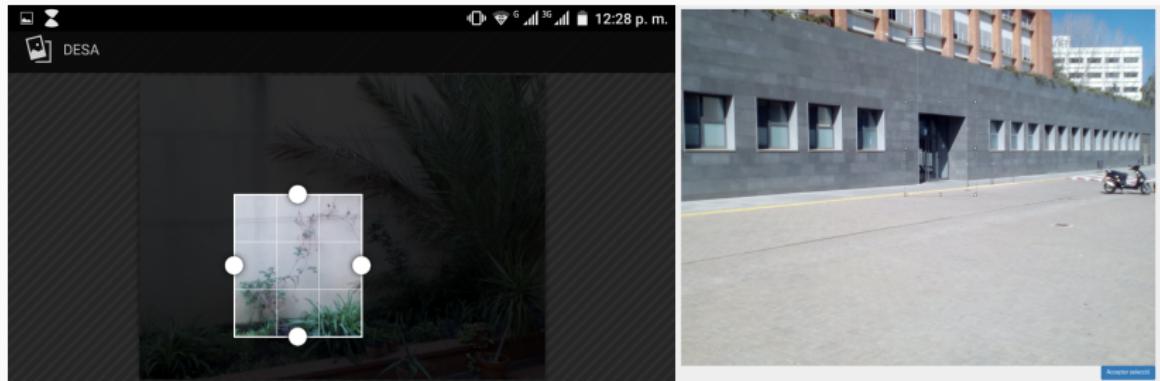
## **Arquitectura del sistema**

---

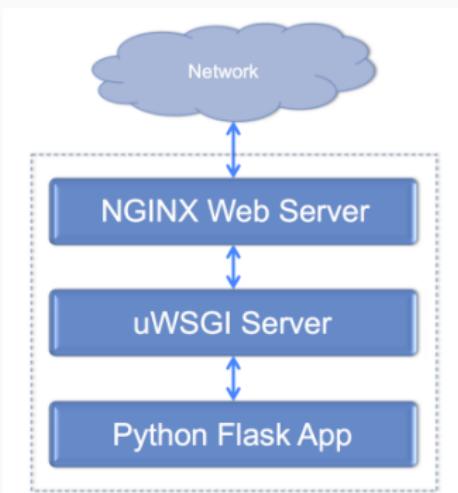


**Figura 3:** Arquitectura del sistema

Font: Madebyoliver i Freepik



**Figura 4:** Selecció de la regió d'interès



**Figura 5:** *Estructura del servidor*

Font: <https://iotbytes.wordpress.com>

1. Instal·lar el sistema operatiu
2. Instal·lar Python + OpenCV
3. Instal·lar Flask
4. Instal·lar uWSGI i Nginx
5. Configuració bàsica

## Tècniques de visió utilitzades

---

1. Preprocessat digital d'imatges
2. Detecció de punts d'interès
3. Extracció de característiques
4. *Matching* de característiques
5. Homografia

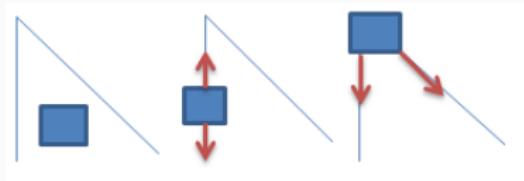
## Què és?

Consisteix a obtenir punts de la imatge amb característiques distintives, que ens puguin ser útils més endavant.

Algorismes principals utilitzats:

- Harris[1]
- SIFT[2]
- ORB[3]

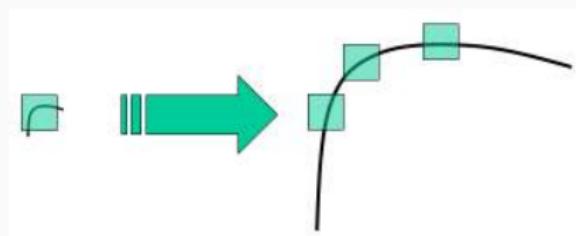
- Detector de cantonades
- Finestra NxM píxels
- Busca canvis d'intensitat
- No és invariant a l'escala



**Figura 6:** Pla, vora i cantonada

Font: Wikipedia

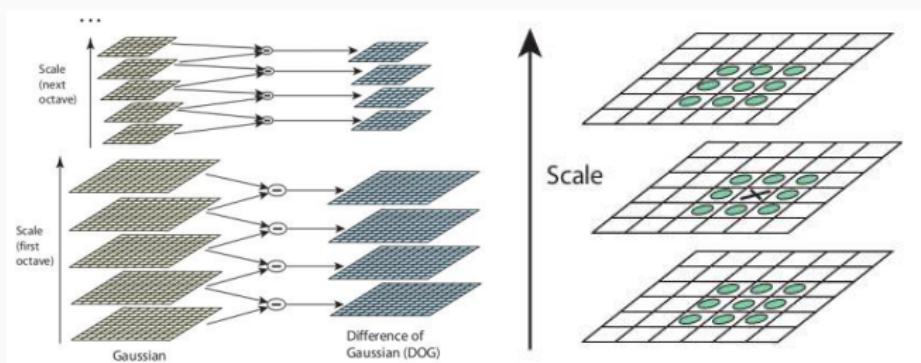
S'ha optat per aplicar Harris en diverses escales, fent una piràmide de la imatge original. A cada nivell, es redueix la imatge a la meitat.



**Figura 7:** Cantonada a diferent escala

Font: OpenCV

1. Diferència de Gaussianes en diferents escales
2. Màxims i mínims locals en l'espai i l'escala
3. Es repeteixen els passos fent una piràmide

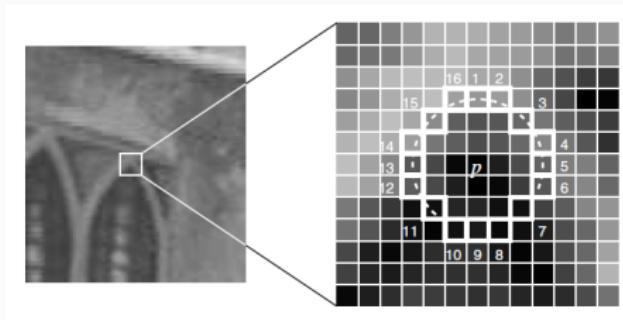


**Figura 8:** SIFT - DoG i local extrema

Font: OpenCV

4. S'eliminen punts amb intensitat menor a un cert llindar
5. S'eliminen vores
6. S'assigna una orientació als punts

- Detector FAST[4] amb modificacions
- Detecció de cantonades, molt ràpid
- Es compara la intensitat d'un píxel amb N veïns



**Figura 9:** FAST,  $N=16$

Font: <https://www.edwardrosten.com/work/fast.html>

FAST no és invariant a l'escala ni la rotació.

ORB aplica les següents millores:

- S'agafen els N millors punts, aplicant la mesura de Harris.
- Es fa una piràmide per fer multi-escala.
- S'utilitzen els moments per calcular l'orientació.

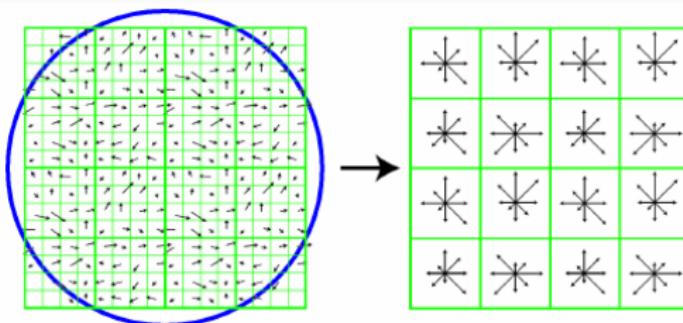
## Què és?

Consisteix en descriure característiques de les imatges en els punts donats. Podrem comparar aquestes característiques amb les d'una altre imatge i veure si són similars.

Algorismes principals utilitzats:

- SIFT
- ORB
- BRISK[5]

- Veïnatge de  $16 \times 16$  píxels al voltant del punt
- Divisió en 16 blocs de  $4 \times 4$
- Per cada sub-bloc es calcula histograma d'orientacions en 8 direccions (vector de dimensió 128)



**Figura 10:** Descriptor SIFT

Font: <https://www.researchgate.net>

- Descriptor binari, senzill i ràpid
- Modificació BRIEF[6]
- N parells de píxels veïns
- Per cada parell es compara la intensitat i es retorna 1 o 0 segons si és major la del primer o la del segon
- BRIEF no és invariable en la rotació → ORB “gira” el patró en funció de l’angle

- Descriptor binari
- Patró de cercles concèntrics
- Comparació cadenes binàries amb XOR

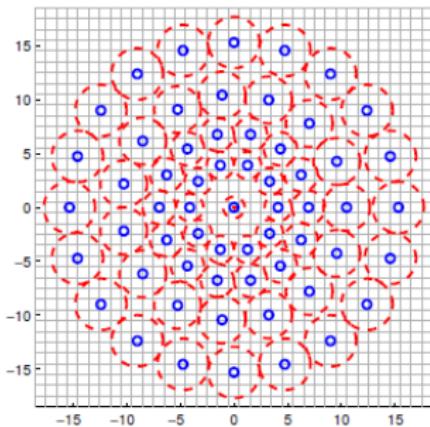


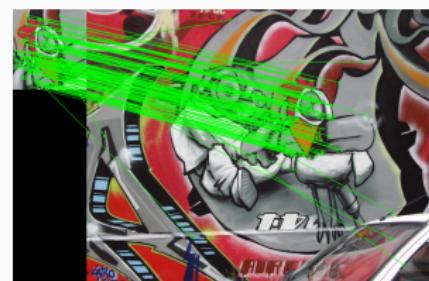
Figura 11: Patró BRISK

Font: <https://gilscvblog.com>

## Què és?

Consisteix en trobar coincidències entre els punts de dues imatges, comparant les seves característiques.

Pels descriptors binaris utilitzem la distància de Hamming i pels vectorials l'euclidiana.



**Figura 12:** Matching

# Homografia I

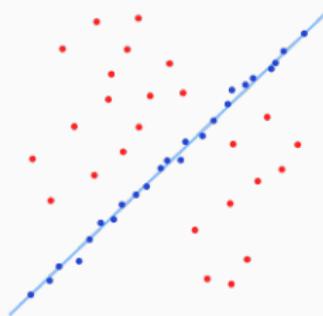
## Què és?

Trobant la relació entre els píxels de les dues imatges podrem reprojectar el pla d'una imatge en l'altre i trobar el punt on volem dirigir el robot.



Figura 13: Homografia

Aplicarem RANSAC (*Random Sample Consensus*)[7], un algorisme que ens permetrà eliminar *outliers*.



**Figura 14:** RANSAC

Font: Wikipedia

## Resultats

---

# Imatges similars I



**Figura 15:** Imatges motos i cotxes

Algorismes	Motos		Cotxes	
	Correctes	Erronis	Correctes	Erronis
Harris + SIFT	110	1	98	4

Taula 8: Matching - imatges similars



**Figura 16:** Imatges campus i jardins palau reial

Algorismes	Campus (moto)		Jardins (font)	
	Correctes	Erronis	Correctes	Erronis
Harris + SIFT	30	0	38	0
SIFT + SIFT	15	1	49	2
ORB + ORB	14	1	52	10
ORB + BRISK	19	0	71	6

**Taula 9:** *Matching - objectes*

# Imatges diferents I



**Figura 17:** Imatges campus i jardins palau reial

Algorismes	Set 1				Set 2			
	Kp1	Kp2	Parells	t	Kp1	Kp2	Parells	t
Harris + SIFT	67	757	0	0.331s	304	417	2	0.839s
SIFT + SIFT	125	5148	1	0.987s	570	1342	5	1.113s
ORB + ORB	830	2500	2	0.840s	2405	2500	7	0.113s
ORB + BRISK	830	2500	1	0.942s	2405	2500	7	1.003s

Taula 10: Matching - imatges diferents

# Resultats matching i homografia



**Figura 18:** Homografia - Resultats

## Conclusions

---

# Conclusions

L'objectiu principal s'ha complert.

- Harris + SIFT més robust
- ORB alternativa ràpida
- Marge de millora

- Comparació i anàlisi d'algorismes
- Diferents imatges
- Preprocessat
- Aplicació mòbil
- Entorn real + robot

Gràcies per la vostra  
atenció

# Referències I

-  Chris Harris i Mike Stephens. "A combined corner and edge detector".  
A: *In Proc. of Fourth Alvey Vision Conference*. 1988, pàg. 147 - 151. URL:  
[www.bmva.org/bmvc/1988/avc-88-023.pdf](http://www.bmva.org/bmvc/1988/avc-88-023.pdf).
-  David G. Lowe. "Object recognition from local scale-invariant features".  
A: *Computer Vision, 1999. The Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on*. Vol. 2. 1999, pàg. 1150 - 1157. DOI:  
[10.1109/ICCV.1999.790410](https://doi.org/10.1109/ICCV.1999.790410). URL:  
<http://www.cs.ubc.ca/~lowe/papers/iccv99.pdf>.
-  Ethan Rublee et al. "ORB: An Efficient Alternative to SIFT or SURF".  
A: *Proceedings of the 2011 International Conference on Computer Vision. ICCV '11*. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2011,  
pàg. 2564 - 2571. ISBN: 978-1-4577-1101-5. DOI:  
[10.1109/ICCV.2011.6126544](https://doi.org/10.1109/ICCV.2011.6126544). URL:  
<http://dx.doi.org/10.1109/ICCV.2011.6126544>.

## Referències II

- 
- Edward Rosten i Tom Drummond. "Machine Learning for High-speed Corner Detection". A: *Proceedings of the 9th European Conference on Computer Vision - Volume Part I*. ECCV'06. Graz, Austria: Springer-Verlag, 2006, pàg. 430 - 443. ISBN: 3-540-33832-2, 978-3-540-33832-1. DOI: 10.1007/11744023\_34. URL: [http://dx.doi.org/10.1007/11744023\\_34](http://dx.doi.org/10.1007/11744023_34).
- 
- Stefan Leutenegger, Margarita Chli i Roland Y. Siegwart. "BRISK: Binary Robust Invariant Scalable Keypoints". A: *Proceedings of the 2011 International Conference on Computer Vision*. ICCV '11. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2011, pàg. 2548 - 2555. ISBN: 978-1-4577-1101-5. DOI: 10.1109/ICCV.2011.6126542. URL: <http://dx.doi.org/10.1109/ICCV.2011.6126542>.

## Referències III

-  Michael Calonder et al. "BRIEF: Binary Robust Independent Elementary Features". A: *Proceedings of the 11th European Conference on Computer Vision: Part IV*. ECCV'10. Heraklion, Crete, Greece: Springer-Verlag, 2010, pàg. 778 - 792. ISBN: 3-642-15560-X, 978-3-642-15560-4. URL: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1888089.1888148>.
-  Martin A. Fischler i Robert C. Bolles. "Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography". A: *Commun. ACM* 24.6 (juny de 1981), pàg. 381 - 395. ISSN: 0001-0782. DOI: 10.1145/358669.358692. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/358669.358692>.