

Localisation dans une mémoire visuelle

Jonathan Courbon^{1,2}, Youcef Mezouar¹, Philippe Martinet¹
et L. Eck²

¹LASMEA
UBP Clermont II, CNRS - UMR6602, Aubière, France



²CEA, List
Fontenay Aux Roses, France



GT2: "Localisation", 23-01-2009

- 1 Système complet de navigation, basée capteur
 - Contexte
 - Approche proposée
- 2 Localisation dans une mémoire d'images omnidirectionnelles
 - Etat de l'art
 - Une approche hiérarchique
 - Expérimentations
- 3 Aspects expérimentaux
 - SoViN : un logiciel pour la gestion de la mémoire visuelle
 - Expérimentations

Plan

- 1 Système complet de navigation, basée capteur
- 2 Localisation dans une mémoire d'images omnidirectionnelles
- 3 Aspects expérimentaux

Navigation par mémoire visuelle

Un système complet de navigation

- 1 Construction de la carte [*Offline*]
- 2 Localisation initiale "où suis-je ?" [*Online*]
- 3 Recherche de chemin pour atteindre un but [*Online*]
- 4 Suivi de chemin [*Online, Temps réel*]

Elements nécessaires

Représentation de l'environnement, modèle du capteur, modèle du véhicule

Mémoire visuelle

Carte = ensemble d'images clés, organisée de façon topologique

Navigation par mémoire visuelle

Un système complet de navigation

- 1 Construction de la carte [*Offline*]
- 2 Localisation initiale "où suis-je ?" [*Online*]
- 3 Recherche de chemin pour atteindre un but [*Online*]
- 4 Suivi de chemin [*Online, Temps réel*]

Elements nécessaires

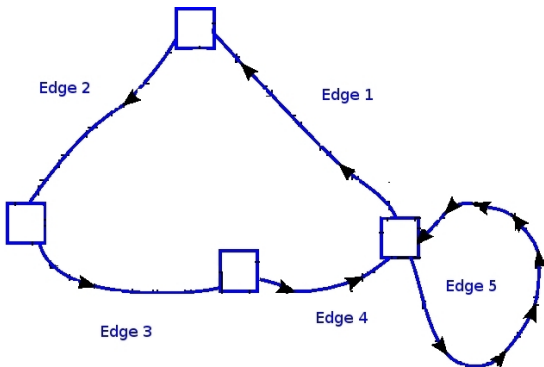
Représentation de l'environnement, modèle du capteur, modèle du véhicule

Mémoire visuelle

Carte = ensemble d'images clés, organisée de façon topologique

Approche proposée

Mémoire visuelle

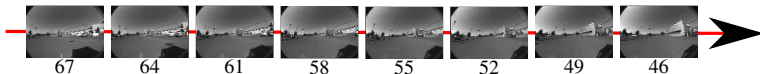


Mémoire organisée de façon topologique (arcs)

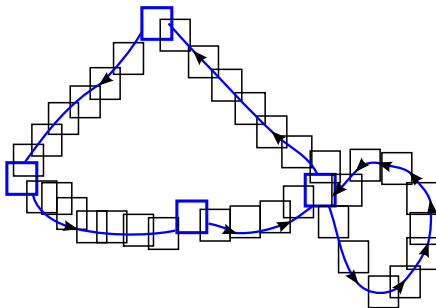
Approche proposée

Mémoire visuelle

Chaque arc est une succession d'images clés (sans position)



La mémoire :



Phase de localisation

Localisation initiale

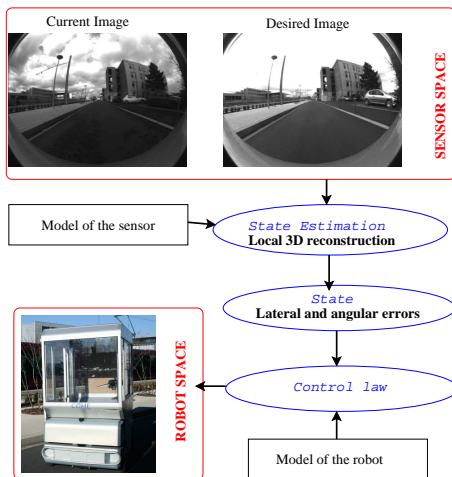
Où suis-je ?

1ère phase de la navigation autonome (étape rapide)

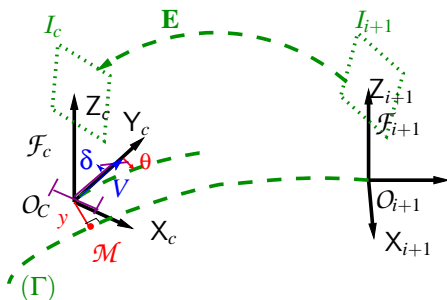
Quelle image correspond au mieux à l'image que la caméra acquiert actuellement ?

Phase de navigation autonome

Approche basée capteur de la perception à la commande



Commande



But : $y \rightarrow 0$, $\theta \rightarrow 0$ before \mathcal{F}_c reaches \mathcal{F}_{i+1}

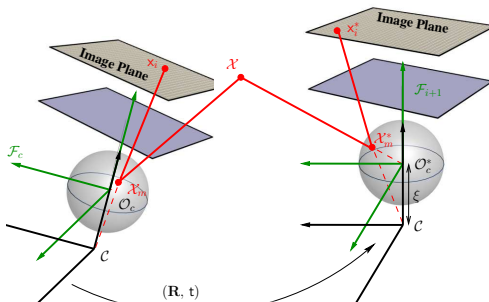
Loi de commande asymptotiquement stable basée sur les systèmes chaînés :

$$\delta(y, \theta) = \arctan \left(-l \left[\cos^3 \theta (-K_d \tan \theta - K_p y) \right] \right)$$

Etat requis : erreur latérale y et erreur angulaire θ

Estimation de l'état

- ▶ Modèle de caméra : utilisation du modèle unifié sur la sphère
- ▶ Reconstruction partielle relative à partir de la géométrie épipolaire



- ▶ Matrice essentielle \implies rotation et translation \implies y et θ

Plan

- 1 Système complet de navigation, basée capteur
- 2 Localisation dans une mémoire d'images omnidirectionnelles**
- 3 Aspects expérimentaux

Localisation initiale

Méthodes

- ▶ "Globale" : utilisation d'un descripteur de l'image
- ▶ "Locale" : utilisation de descripteurs de primitives (points)
- ▶ "Hiérarchique" : utilisation d'un descripteur de l'image puis de descripteurs de primitives

Critères

- ▶ Performance (à maximiser)
- ▶ Quantité de données mémorisées (à minimiser)
- ▶ Temps de calcul (à minimiser)

Descripteurs globaux

Image entière

- ▶ niveau de gris des pixels de l'image reprojétée
- ▶ **! reprojection**
- ▶ vecteurs propres de la décomposition en composantes principales
! recalcul de la décomposition pour chaque nouvelle image ajoutée
- ▶ fonctions d'auto-corrélation locales de grand ordre

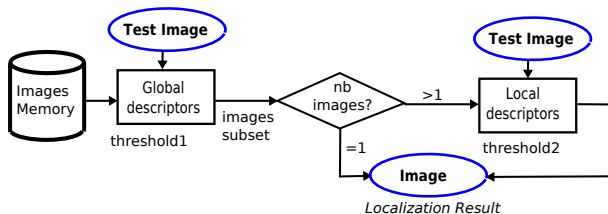
Description de sous-régions

- ▶ histogrammes sur des anneaux

Descripteurs locaux

- ▶ Soit des descripteurs plus ou moins adaptés au capteur omnidirectionnel (M-SIFT)
- ▶ Soit des descripteurs non adaptés (SIFT, SURF)

Approche proposée (CubCorrHar)



Step 1 : Sélection à partir d'un descripteur global

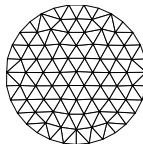
⇒ Améliore l'efficacité en terme de temps de calcul

Step 2 : Choix à partir de descripteurs locaux

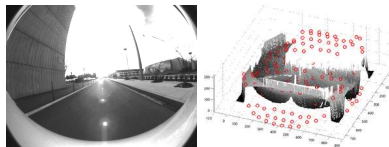
⇒ Assure la robustesse

Descripteur global (Cub)

- ▶ Décomposition de l'image en un maillage triangulaire \Rightarrow points de contrôle $\{p_i\}$



- ▶ Interpolation cubique de l'image aux points de contrôle



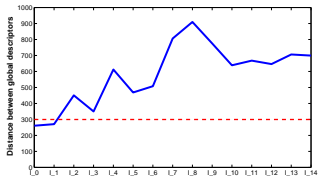
- ▶ Descripteur : altitudes des points interpolés
- ▶ Calcul de distance : distance L1

Une approche hiérarchique

Descripteur global : exemple



(c) Image courante



(d) Dist. desc. globaux



(e) I_0

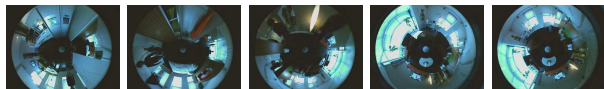
(f)
 I_1

Descripteurs locaux (CorHar)

- ▶ Extraction des points de Harris
- ▶ Descripteur : patch autour des points
- ▶ Appariement : Zero Normalized Cross Correlation (ZNCC)
- ▶ Distance : inverse du nombre de points appariés (seuil : > 0.8)

Base de données de test

Almere (Cogniron workshop) caméra catadioptrique fixée sur un robot navigant en milieu intérieur (~ 200 tests)



UAV caméra fisheye embarquée sur un drone X4, en environnement d'intérieur (~ 1000 tests)

Walk caméra fisheye portée à bout de bras, en intérieur et extérieur Les images pour la localisation proviennent d'autres ensembles (~ 450 tests)



Méthodes

PHLAC	F. Linåker and M. Ishikawa, "Rotation invariant features from omnidirectional camera images using a polar higher-order local auto-correlation feature extractor," in <i>IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, IROS'04</i> , vol. 4, Sendai, Japan, September 2004, pp. 4026–4031.
Gonz	J. Gonzalez-Barbosa and S. Lacroix, "Rover localization in natural environments by indexing panoramic images," in <i>IEEE International Conference on Robotics and Automation, ICRA'02</i> , vol. 2, Washington DC, USA, May 2002, pp. 1365–1370.
Sect., Cub.	E. Royer, M. Lhuillier, M. Dhome, and J.-M. Lavest, "Monocular vision for mobile robot localization and autonomous navigation," <i>International Journal of Computer Vision, special joint issue on vision and robotics</i> , vol. 74, pp. 237–260, 2007.
CorrHarr	A. Murillo, J. Guerrero, and C. Sagüés, "SURF features for efficient robot localization with omnidirectional images," in <i>IEEE International Conference on Robotics and Automation, ICRA'07</i> , Rome, Italy, April 2007, pp. 3901–3907.
SURF	D. Lowe, "Distinctive image features from scale-invariant keypoints," <i>International Journal of Computer Vision</i> , vol. 60, no. 2, pp. 91–110, 2004. [Online]. Available: http://www.cs.ubc.ca/~lowe/keypoints/
SIFT	

Résultats en terme de mémoire requise

	<i>Almere dataset</i>	<i>UAV dataset</i>	<i>Walk dataset</i>
B&W image	768 Ko	108 Ko	300 Ko
SIFT	1 100 Ko	440 Ko	800 Ko
SURF	240 Ko	80 Ko	150 Ko
Gonz	0.3 Ko	0.3 Ko	0.3 Ko
PHLAC	0.45 Ko	0.45 Ko	0.45 Ko
Sect	0.9 Ko	0.9 Ko	0.9 Ko
CorrHar	8 Ko	8 Ko	8 Ko
Cub	2.2 Ko	2.4 Ko	2.4 Ko

- > Les descripteurs globaux nécessitent plus de mémoire
- > La taille des descripteurs cubiques reste raisonnable

Résultats en terme de performance des desc. globaux

	GM(%)	GCM(%)	rg(%)	t(s)	rt	extr.
<i>Almere dataset</i>						
Sect	62.7	62.8	70.5	0.55	4.58	1
HistoSect	90.1	94.4	105.9	4.58	38.16	1.26
PHLAC	27.8	32.7	36.6	0.47	3.91	1.27
Gonz	86.9	88.5	99.3	4.09	34.08	1.07
Cub	89	89.1	100	0.12	1	1
<i>UAV dataset</i>						
Sect	94.1	94.1	96.7	0.1	2.5	1
HistoSect	84	94.1	96.7	1.45	36.25	1.68
PHLAC	42	48.9	50.2	0.12	3	1.2
Gonz	83.5	86.1	88.5	0.53	13.25	1.11
Cub	97.3	97.3	100	0.04	1	1
<i>Walk dataset</i>						
Sect	80.8	81.1	96.7	0.28	2	1
HistoSect	69.2	86.9	103.7	4.49	32.07	2.82
PHLAC	22.6	28	33.5	0.25	1.78	1.5
Cub	83.1	83.8	100	0.14	1	1

GM : res. correct, GCM : res. contenant la loc. correcte, t : temps de calcul, extr. : nombre d'images sélectionnées

rg : rapport GCM/GCM(cub), rt : rapport t/t(cub)

Résultats en terme de performance des desc. locaux

	GM(%)	t(s)	rt
<i>Almere dataset</i>			
SURF	93.4	4	0.43
SIFT	93.6	31.5	3.46
CorrHar	91.5	9.1	1
<i>UAV dataset</i>			
SURF	91.4	1	0.83
SIFT	<i>90.4</i>	7.1	5.91
CorrHar	96.8	1.2	1
<i>Walk dataset</i>			
SURF	<i>88.7</i>	8.5	0.89
SIFT	92.5	<i>152.1</i>	16.01
CorrHar	91.2	9.5	1

GM : res. correct, t : temps de calcul

rt : rapport t/t(CorrHar)

Résultats

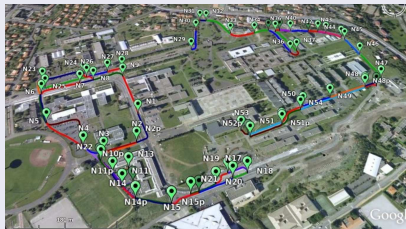
	GM	rg(%)	t(s)	rt
<i>Almere dataset</i>				
Sect	62.7	68.5	0.55	0.11
SURF	93.4	102.1	4.06	0.87
SIFT	93.6	102.4	31.5	6.75
Cub	89	97.3	0.12	0.02
PHLAC	27.8	30.4	0.47	0.1
CorrHar	91.5	100.1	9.13	1.95
Gonz	86.9	95	4.09	0.87
CubCorrHar	91.4	100	4.66	1
<i>UAV dataset</i>				
Sect	94.1	97.2	0.1	0.19
SURF	91.4	94.4	1.04	2.07
SIFT	90.4	93.3	7.1	14.14
Cub	97.3	100.5	0.04	0.07
PHLAC	42	43.3	0.12	0.23
CorrHar	96.8	100	1.22	2.42
Gonz	83.5	86.2	0.53	1.05
CubCorrHar	96.8	100	0.5	1
<i>Walk dataset</i>				
Sect	80.8	88.4	0.28	0.05
SURF	88.7	97	8.59	1.69
SIFT	92.5	101.2	152.1	30.07
Cub	83.1	90.9	0.14	0.02
PHLAC	22.6	24.7	0.25	0.04
CorrHar	91.2	99.7	9.53	1.88
Gonz	61.1	66.8	1.56	0.3
CubCorrHar	91.4	100	5.05	1

Plan

- 1 Système complet de navigation, basée capteur
- 2 Localisation dans une mémoire d'images omnidirectionnelles
- 3 Aspects expérimentaux

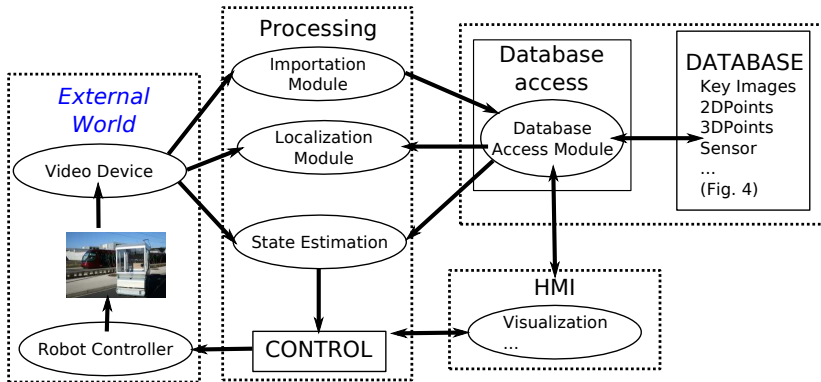
What do we want ?

- ▶ Navigation dans de grands environnements (campus, ville ...)



- ▶ Visualisation de la carte
- ▶ Accès rapide aux données de la carte

SoViN



SoViN

SoViN : interface

OV navigation - LASPICA

Voir Outils

JEUTEST (1 ligne(s))

IDJEUTEST	DATEJEUTEST	DESCRIP
1	2/27/08 8:39 PM	Jeu de Test 26 Fe

ARC (84 ligne(s))

IDARC	IDJEUTEST	IDNOEUDEBUT	IDNOEUFIN	DESCRIPTIFARC
1	1	132	2	
2	2	164	134	

NOEUD (131 ligne(s))

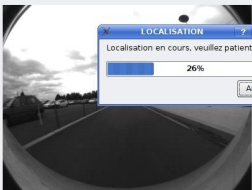
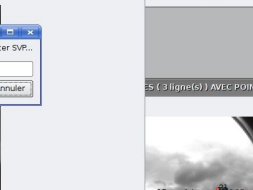
IDNOEUD	IDARC	IDSPACELIB
1	2	1
2	3	1
3	4	1
4	5	1
5	6	1

Localisation d'une image

Capteurs: Camera cycab , id=1

Choisir une image Localiser

Image a Localiser Image Localisee

Localisation relative Fermer

Tous les Capteurs: CAMERA_CENTRALE - Camera cycab , id=1

IDCAPTEUR: 1


NOM: Camera cycab

PARAMETRESINTERNES: 682.1-679.7-400.0-302.8-1.61

PARAMETRESEXTERNES: 2.2-0.0-1.0-90-90-0

Supprimer Capteur

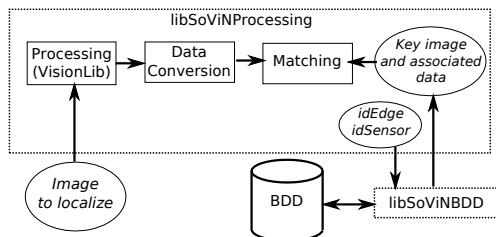
ES (3 ligne(s)) AVEC POINT



08:26 11/03/2008

Etape de localisation

- ▶ Les descripteurs d'images sont dans la BDD
- ▶ Les points 2D et leurs descripteurs sont dans la BDD



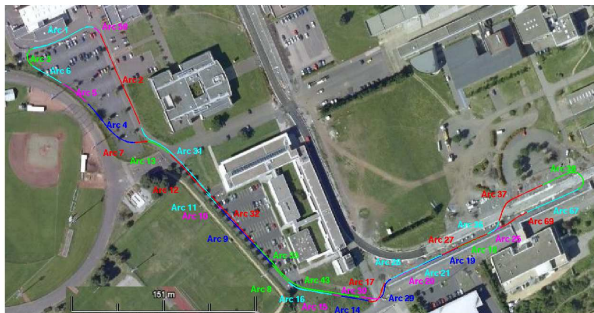
Note : temps de localisation = temps de calcul des descripteurs de l'image courante + nb images x (temps récupération descripteurs + temps appariement)

Set-up

- ▶ Véhicule électrique : RobuCab (Robosoft Company)
- ▶ Ordinateur : RTAI-Linux OS avec processeur Centrino 2GHz
- ▶ Objectif fisheye Fujinon (185 deg) monté sur une caméra Marlin F131B
- ▶ Images niveau de gris, 800×600 pixels, 15fps

Apprentissage

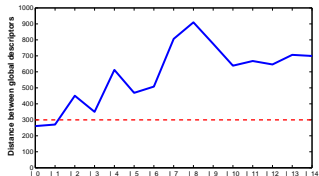
- ▶ Chemin de 1 200 m
- ▶ Après sélection et organisation des images : 47 arcs, 2 000 images clés



Localisation initiale



(r) Image courante



(s) Dist. desc. globaux

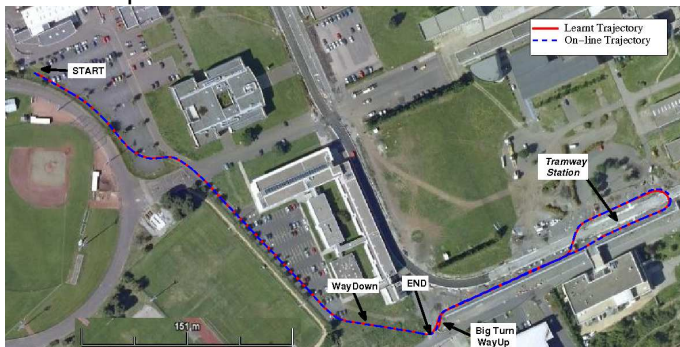


(t) Im0

Temps de localisation initiale : 500 ms (arc de 15 images)

Résultats

- ▶ Distance parcourue : 754 mètres

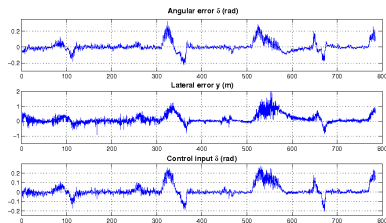


rouge : chemin lors de l'apprentissage

bleu : chemin lors de la navigation autonome

Expérimentations

- ▶ 754 m, 13 minutes (vitesse moyenne de 0.8 ms^{-1})
- ▶ 20 arcs, 748 images
- ▶ Etat (erreurs latérale et angulaire) et commande



- ▶ Moyenne appariement robuste par image : 123 points
- ▶ Moyenne temps de calcul par image : 82 ms
- ▶ Erreur latérale (DGPS) : 25 cm (mean), 34 cm (std)

VIDÉO

Summary

Navigation par mémoire visuelle

- ▶ organisation efficace de la mémoire
- ▶ localisation initiale robuste et rapide
- ▶ expérimentée dans de grands environnements, en extérieur

Outlook

- ▶ validation de l'approche (localisation et navigation autonome) en 3D avec expérimentation sur drones

Summary

Navigation par mémoire visuelle

- ▶ organisation efficace de la mémoire
- ▶ localisation initiale robuste et rapide
- ▶ expérimentée dans de grands environnements, en extérieur

Outlook

- ▶ validation de l'approche (localisation et navigation autonome) en 3D avec expérimentation sur drones

Merci de votre attention !

Jonathan Courbon
jonathan.courbon@lasmea.univ-bpclermont.fr

LASMEA, ROSACE team
<http://robots.lasmea.univ-bpclermont.fr/>

CEA-List