

Reconstruction 3D à partir d'une paire d'images stéréoscopiques non calibrées

Gilles Lepennec Eric Benhaim Ludovic Arnold
Arnaud Deschavanne

suiveurs :

LAURENT BAUDOIN

BENOÎT PETITPAS

ANTOINE GADEMER

16 mai 2008

ESIEA - Rapport de projet PAIR

Plan

- 1 Introduction
- 2 Géométrie épipolaire
- 3 Présentation générale
- 4 Recherche de points caractéristiques
- 5 Mise en relation de points
- 6 Estimation de la matrice fondamentale
- 7 Rectification linéaire d'une paire d'images non calibrées
- 8 Rectification pour une géométrie épipolaire quelconque
- 9 Conclusion
- 10 Bibliographie

Introduction

Historique du projet

- Stéréoscopie

Etat de l'art

- État des lieux des recherches.
 - Auto Calibration
 - Rectification
- État des lieux des Réalisations.
 - Caméra 3D
 - Projet Photosynth

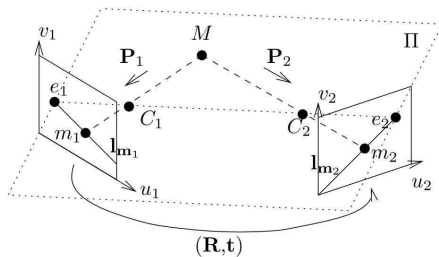
Plan

- 1 Introduction
- 2 Géométrie épipolaire**
- 3 Présentation générale
- 4 Recherche de points caractéristiques
- 5 Mise en relation de points
- 6 Estimation de la matrice fondamentale
- 7 Rectification linéaire d'une paire d'images non calibrées
- 8 Rectification pour une géométrie épipolaire quelconque
- 9 Conclusion
- 10 Bibliographie

Géométrie épipolaire

Éléments fondamentaux

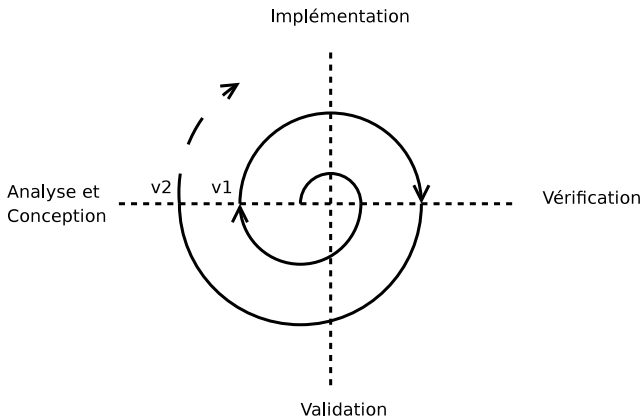
- M : Point de l'espace dont on recherche les coordonnées.
- C_1, C_2 : Centres optiques des images.
- (C_1C_2) : Ligne de base.
- (R, t) : Rotation et Translation entre chaque prise de vue.
- e_1, e_2 : Épipoles des images.



Plan

- 1 Introduction
- 2 Géométrie épipolaire
- 3 Présentation générale**
- 4 Recherche de points caractéristiques
- 5 Mise en relation de points
- 6 Estimation de la matrice fondamentale
- 7 Rectification linéaire d'une paire d'images non calibrées
- 8 Rectification pour une géométrie épipolaire quelconque
- 9 Conclusion
- 10 Bibliographie

Méthode de développement

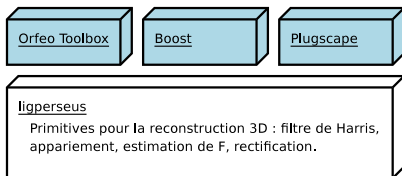


Choix techniques

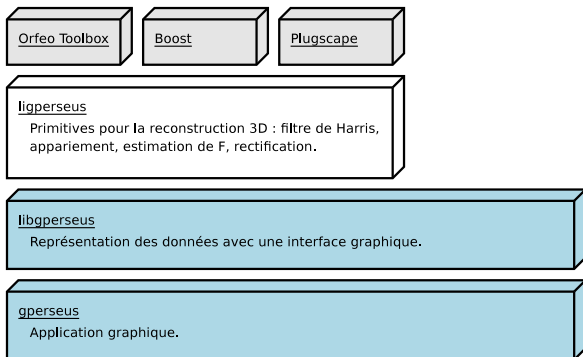
ligperseus

Primitives pour la reconstruction 3D : filtre de Harris, appariement, estimation de F, rectification.

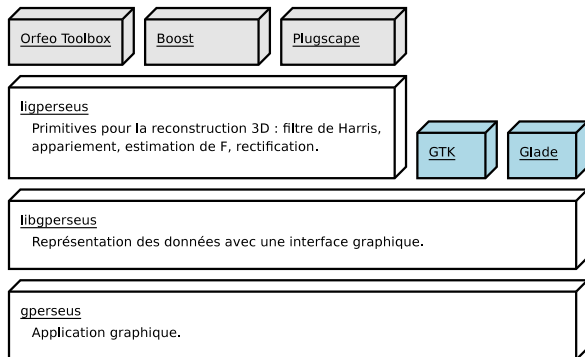
Choix techniques



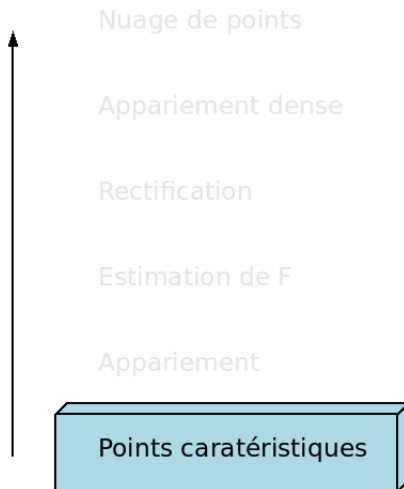
Choix techniques



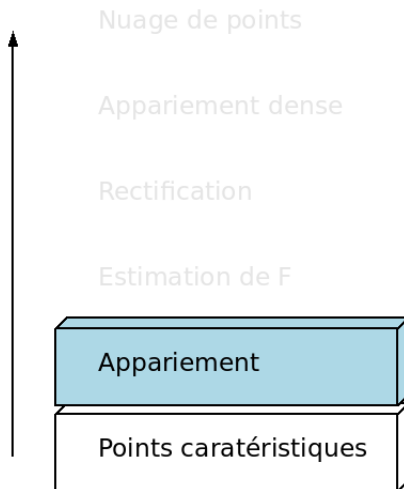
Choix techniques



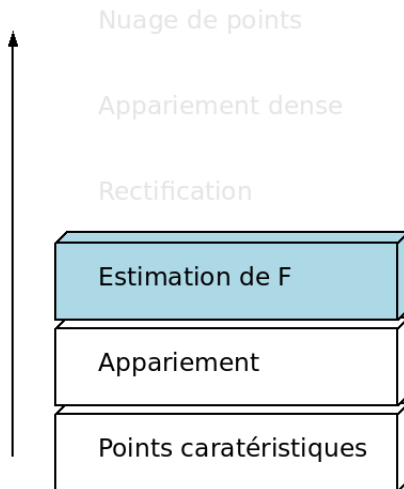
Chaîne de Traitement



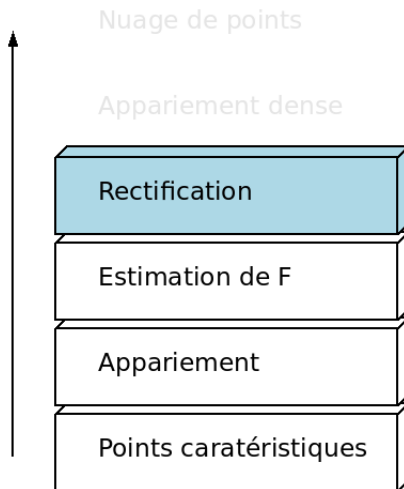
Chaîne de Traitement



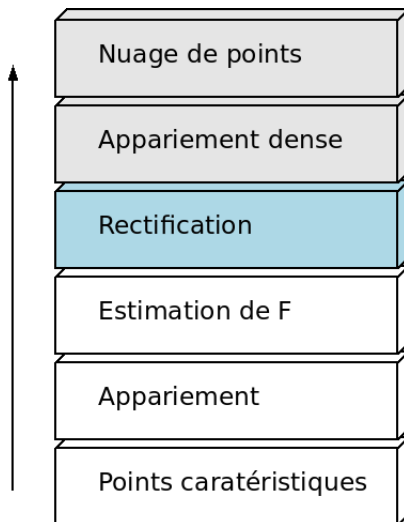
Chaîne de Traitement



Chaîne de Traitement



Chaîne de Traitement



Plan

- 1 Introduction
- 2 Géométrie épipolaire
- 3 Présentation générale
- 4 Recherche de points caractéristiques**
- 5 Mise en relation de points
- 6 Estimation de la matrice fondamentale
- 7 Rectification linéaire d'une paire d'images non calibrées
- 8 Rectification pour une géométrie épipolaire quelconque
- 9 Conclusion
- 10 Bibliographie

Filtre de Harris

Le principe

Nous recherchons les points les plus caractéristiques des images pour pouvoir par la suite les mettre en correspondance. Le filtre de Harris détecte les coins sur l'image.

Le filtre de Harris

Le filtre de Harris est appliqué aux deux images, avec :

- σ_D facteur de dérivation
- σ_I facteur d'intégration effectuant un lissage de l'image
- α facteur servant à limiter le bruit du filtre
- t seuil

Filtre de Harris suite

Equation

L'Équation utilisé par OTB est donnée par

$$\mu(\mathbf{x}, \sigma_I, \sigma_D) = \sigma_D^2 g(\sigma_I) \star \begin{bmatrix} L_x^2(\mathbf{x}, \sigma_D) & L_x L_y^2(\mathbf{x}, \sigma_D) \\ L_x L_y^2(\mathbf{x}, \sigma_D) & L_y^2(\mathbf{x}, \sigma_D) \end{bmatrix}$$

pour une mauvaise combinaison de parametres, il est possible que trop de points soient selectionnées ou au contraire pas assez.

les parametres α et t pour le réglage du seuil et du bruit sont en sortie de filtre.

Filtre de Harris exemple



Plan

- 1 Introduction
- 2 Géométrie épipolaire
- 3 Présentation générale
- 4 Recherche de points caractéristiques
- 5 Mise en relation de points**
- 6 Estimation de la matrice fondamentale
- 7 Rectification linéaire d'une paire d'images non calibrées
- 8 Rectification pour une géométrie épipolaire quelconque
- 9 Conclusion
- 10 Bibliographie

Matching de points

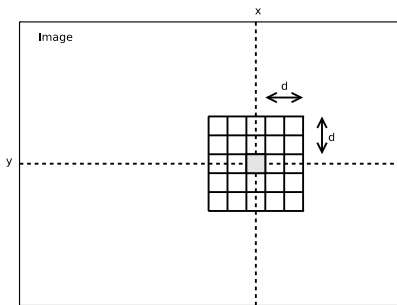
Objectif

Partant d'un point caractéristique de l'image 1 : obtenir le point caractéristique correspondant dans l'image 2.

Matching de points

Principe

- Notation du voisinage du point caractéristique de départ de l'image 1 avec le voisinage des points caractéristiques de la seconde image.
- Le voisinage est ici défini par une fenêtre de corrélation de côté $2*d$.



Matching de points

Critères de notations : ZNCC et ZNSSD inspirés du CC et SSD.

Critères non normalisés :

$$CC_d(x_1, y_1, x_2, y_2) = \sum_{i,j} I_1(x_1 + i, y_1 + j) I_2(x_2 + i, y_2 + j)$$

$$SSD_d(x_1, y_1, x_2, y_2) = \sum_{i,j} (I_1(x_1 + i, y_1 + j) - I_2(x_2 + i, y_2 + j))$$

Matching de points

Critères normalisés :

$$ZNCC_d(x_1, y_1, x_2, y_2) =$$

$$\frac{\sum_{i,j} (I_1(x_1 + i, y_1 + j) - \bar{I}_1)(I_2(x_2 + i, y_2 + j) - \bar{I}_2)}{\sqrt{\sum_{i,j} (I_1(x_1 + i, y_1 + j) - \bar{I}_1)^2} \sqrt{\sum_{i,j} (I_2(x_2 + i, y_2 + j) - \bar{I}_2)^2}}$$

$$ZNSSD_d(x_1, y_1, x_2, y_2) =$$

$$\frac{-\sum_{i,j} ((I_1(x_1 + i, y_1 + j) - \bar{I}_1) - (I_2(x_2 + i, y_2 + j) - \bar{I}_2))^2}{\sqrt{\sum_{i,j} (I_1(x_1 + i, y_1 + j) - \bar{I}_1)^2} \sqrt{\sum_{i,j} (I_2(x_2 + i, y_2 + j) - \bar{I}_2)^2}}$$

Matching de points

Comparaison ZNCC-ZNSSD

- Le ZNCC note la somme du produit des variances tandis que le ZNSSD note la somme des différences des variances.
- Le ZNSSD est plus gourmand en calcul mais plus précis.

Matching de points

Optimisations

- Stockage des moyennes de fenêtres de corrélation en mémoire.
- Limitation de la zone de recherche.
- Appliquer une fenêtre de corrélation adaptée.
- Multithread pour la recherche des matchs.
- Application de seuil pour la notation.

Matching de points

Résultats

50% d'inliers pour 50% d'outliers en moyenne, d'où besoin un besoin de tri des matches.

Plan

- 1 Introduction
- 2 Géométrie épipolaire
- 3 Présentation générale
- 4 Recherche de points caractéristiques
- 5 Mise en relation de points
- 6 Estimation de la matrice fondamentale**
- 7 Rectification linéaire d'une paire d'images non calibrées
- 8 Rectification pour une géométrie épipolaire quelconque
- 9 Conclusion
- 10 Bibliographie

F : la matrice Fondamentale

Objectif

Lier une paire d'images stéréoscopique par une équation décrivant la géométrie épipolaire.

Cette équation est vraie théoriquement pour toutes bonnes paires de points correspondant :

$$\mathbf{m}'^t F \mathbf{m} = 0$$

$$\text{où } \mathbf{m} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \text{ et } \mathbf{m}' = \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} \text{ et } F \text{ de taille } 3 * 3$$

Rappel : Singular Value Decomposition

Principe

Le but principal de la SVD est de décomposer une matrice rectangulaire en deux matrices orthogonales et une matrice diagonale.

$$\text{svd}(A) = P\Delta Q^t$$

- P : vecteurs propres de la matrice AA^t . Les colonnes de P sont appelées les vecteurs singuliers gauches de A .
- Q : vecteurs propres de la matrice AA^t . Les colonnes de Q sont appelées les vecteurs singuliers droits de A .
- Δ : la matrice diagonale formée des valeurs singulières, $\Delta = \Lambda^{1/2}$ avec Λ : la matrice diagonale formée des valeurs propres de la matrice AA^t .

Le 8-point algo non normalisé

Objectif

Remplir la matrice fondamentale à partir de nos couples de points appariés.

Le 8-point algo non normalisé

Principe

- La contrainte épipolaire peut être écrite de manière linéaire et homogène en fonction des 9 inconnues de F .
- Comme on a vu précédemment : $\mathbf{m}'^t F \mathbf{m} = 0$. Avec

$$F = \begin{pmatrix} F_{11} & F_{12} & F_{13} \\ F_{21} & F_{22} & F_{23} \\ F_{31} & F_{32} & F_{33} \end{pmatrix} \text{ avec } \mathbf{m} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \text{ et } \mathbf{m}' = \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix}$$

- On a donc :

$$x'xF_{11} + x'y'F_{12} + x'F_{13} + y'xF_{21} + y'yF_{22} + y'F_{23} + xF_{31} + yF_{32} + F_{33} = 0$$

Le 8-point algo non normalisé

Etapas :

- 1) Nous voulons obtenir $Af = 0$
- 2) On pose $SVD(A) = U * \Delta * Q^t$
- 3) Nous remplissons une matrice F_2 avec la 8^{me} colonne de Q
- 4) On pose $SVD(F_2) = U * \Delta * Q^t$
- 5) Afin d'obtenir une matrice fondamentale de rang 2, nous forçons le rang en posant $\Delta(3,3) = 0$

Le 8-point algo normalisé

Méthode

La normalisation de cet algorithme s'effectue en transformant les coordonnées des matches employés.

Le 8-point algo normalisé

Calcul de T_1 et T_2

- On calcule deux matrices de normalisations T_1 et T_2 de taille 3×3 .
- T_1 et T_2 sont remplies avec les variances et moyennes des matchs de l'image 1 et de l'image 2 respectivement

$$T = \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{2}}{var} & 0 & \frac{-mean_x}{var} \\ 0 & \frac{\sqrt{2}}{var} & \frac{-mean_y}{var} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- La variance var est ici calculée de la manière suivante

$$var = \sum (\sqrt{(x - mean_x)^2 + (y - mean_y)^2})$$

Le 8-point algo normalisé

Utilisation :

- 1) Nous stockons les points dans une matrice U de taille $3 * 8$
- 2) Les points normalisés sont alors égaux à TU
- 3) Nous remplissons la matrice A de la même manière que dans le 8-point algo mais avec les coordonnées des points normalisés.
- 4) Dénormalisation : Au final du calcul de F_2 , nous appliquons la transformation : $F = T_2^t * F_2 * T_1$

Le 7-point algorithm

Principe

On remplit une matrice A en utilisant la même méthode que le "8-point", ainsi la matrice A est de taille $8 * 9$.

On a la relation $SVD(A) = U * \Delta * Q^t$.

En utilisant les deux dernières colonnes de Q , on résout

$$\det(F_1 + \lambda F_2) = 0$$

où F_1 et F_2 sont des matrices $3 * 3$ dans lesquelles on range les vecteurs colonnes précédemment cités.

Ceci nous amène à résoudre une équation du 3^{me} degré :

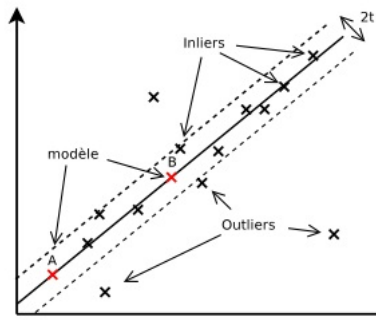
$$F(i,j) = F_1(i,j) + \lambda * F_2(i,j)$$

Comparaison des algorithmes

Critères de comparaison

- Précision bien plus nette avec le 7-point algorithm mais trop sensible aux bruits et aux erreurs de matching
- Le "8-point" normalisé est quant à lui meilleur que le non normalisé : la normalisation est donc bien choisie.

RANSAC



Application du RANSAC à un cas de régression linéaire

RANdom SAMple Consensus

principe

Algorithme itératif pour estimer des paramètres d'un modèle d'après une observation de données.

- Les Inliers sont explicables par des paramètres du modèle.
- Les outliers sont des valeurs erronées ou du bruit.
- fonctionne à l'aide d'un seuil t
- trouve le plus de points possible dans la bande de largeur $2t$.

RANdom SAMple Consensus

principe

- n nombre d'iteration avec $n = \frac{\log(1-p)}{\log(1-r^q)}$
- estimation de l'écart type pour le calcul de F : $t^2 = 3.84\sigma^2$ avec 5% qu'un inlier soit rejeté.
- $\hat{\sigma} = \Phi^{-1}(0,75) \text{median}_i(r_i)$. avec Φ^{-1} la fonction de repartition inverse d'une loi normale.
- utilisation de la racine de $\hat{\sigma}$ pour minimiser l'effet de l'ecart type sur le seuil t.

LMedS

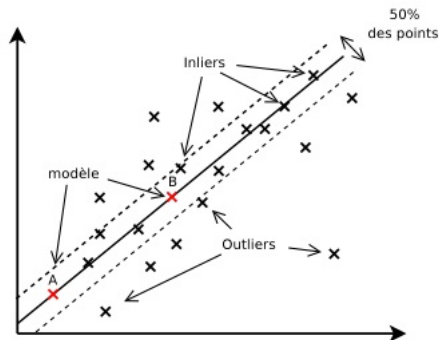


FIG. 8 Régression linéaire avec LMEDS

Least Median of Squares

principe

- On cherche à ce que la médiane des résidus au carré soit la plus faible.
- il faut 50% d'inliers minimum si l'on veut que l'algorithme fonctionne.
- pas de seuil t .
- trouve la plus petite "bande de points" avec au moins 50% de points dedant.

Critères pour RANSAC et LMedS

critères

- Distance euclidienne d_E : distance des points à leur ligne épipolaire.
- Erreur sur les $m'Fm$: doit tendre vers 0.
- Partition spatiale des points.

mode auto : ransac avec un taux de confiance bas (0,4) puis lmeds puis ransac ou lmeds.

Plan

- 1 Introduction
- 2 Géométrie épipolaire
- 3 Présentation générale
- 4 Recherche de points caractéristiques
- 5 Mise en relation de points
- 6 Estimation de la matrice fondamentale
- 7 Rectification linéaire d'une paire d'images non calibrées**
- 8 Rectification pour une géométrie épipolaire quelconque
- 9 Conclusion
- 10 Bibliographie

Enjeux de la rectification

Objectif

La rectification est une étape primordiale dans la stéréoscopie par corrélation : Elle permet de passer d'une géométrie tridimensionnelle complexe du système à une géométrie épipolaire simple dans laquelle les droites épipolaires sont parallèles aux lignes des images.

Enjeux de la rectification

A partir de la géométrie épipolaire

Soit F la matrice fondamentale associée à une paire d'images. On a : $\mathbf{m}'^t F \mathbf{m} = 0$

La matrice fondamentale d'une paire d'images rectifiées est une matrice antisymétrique de la forme :

$$F_0 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Etapas de la rectification

Calcul d'un jeu de matrices de rectification compatible avec F

Commençons par trouver une paire particulière de matrice de rectification (H_{01}, H_{02}) telle que $F = H_{01}^t F_0 H_{02}$

Étapes de la rectification

A partir de la géométrie épipolaire

Soit F la matrice fondamentale associée à une paire d'images. On a : $\mathbf{m}'^t F \mathbf{m} = 0$

La matrice fondamentale d'une paire d'images rectifiées est une matrice antisymétrique de la forme :

$$F_0 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Après une transformation par changement de base, la *SVD* de F s'écrit :

$$F = \begin{bmatrix} \mathbf{e}' & \mathbf{u}_1 & \mathbf{u}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_1 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{e}^t \\ \mathbf{v}_1^t \\ \mathbf{v}_2^t \end{bmatrix} = P \Delta Q^t$$

Etapes de la rectification

Ecriture et symétrisation de l'expression avec F_0

Posons $\sigma_1 = 1$ et $\sigma_2 = \sigma > 0$ car nous travaillons à un facteur d'échelle près.

$$F = \begin{bmatrix} \mathbf{e}' & \mathbf{u}_1 & \sqrt{\sigma}\mathbf{u}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{e}^t \\ \sqrt{\sigma}\mathbf{v}_2^T \\ -\mathbf{v}_1 \end{bmatrix}$$

Nous obtenons donc notre paire (H_{01}, H_{02}) de matrices de rectification :

$$H_{02} \cong \begin{bmatrix} \mathbf{e}^t \\ \sqrt{\sigma}\mathbf{v}_2^t \\ -\mathbf{v}_1 \end{bmatrix} \quad H_{01} \cong \begin{bmatrix} \mathbf{e}'^t \\ \mathbf{u}_1^t \\ \sqrt{\sigma}\mathbf{u}_2^t \end{bmatrix}$$

Etapes de la rectification

Déduction de l'ensemble des matrices de rectification avec conservation des disparités

Devernay montre que l'ensemble des paires de matrices de rectification se déduisent de (H_{01}, H_{02}) par les relations :

$$H_1 = T_1 H_{01} \text{ et } H_2 = T_2 H_{02}$$

$$\text{avec } T_1 = \begin{pmatrix} a & b & c \\ 0 & e & f \\ 0 & h & 1 \end{pmatrix} \text{ et } T_2 = \begin{pmatrix} a' & b' & c' \\ 0 & e & f \\ 0 & h & 1 \end{pmatrix}$$

Notre objectif est donc de déterminer les inconnus $a, b, c, a', b', c', e, f$ et h .

Etapes de la rectification

Definition de la disparité

- Dans le cas d'images rectifiées, c'est la différence d' de position selon les colonnes de deux points correspondants.
- Dans le cas d'images non rectifiées, c'est la valeur $d = d_E(\mathbf{m}_1, \mathbf{m}_2) = \sqrt{(u_1 - u_2)^2 + (v_1 - v_2)^2}$ en considérant $\mathbf{m}_1(u_1, v_1)$ et $\mathbf{m}_2(u_2, v_2)$ deux points respectivement de l'image 1 et de l'image 2, correspondants.

Etapes de la rectification

Cependant..

La contrainte $d' = d$ ne suffit pas car les abscisses respectives des points dans les images rectifiées restent indéterminées. On peut en effet aboutir à des images rectifiées trop grandes ou trop déformées.

On calcul donc d'abord les dimensions de l'image rectifiée :

(Lig', Col') telles que :

$$Col' = Col * \cos(\alpha_c) + Lig * \sin(\alpha_c) \text{ et}$$

$$Lig' = Lig * \cos(\alpha_c) + Col * \sin(\alpha_c)$$

avec α_c l'angle que fait la droite épipolaire reliant e' au coin de l'image le plus éloigné, avec l'horizontale.

Etapes de la rectification

On déduit la position des coins de l'image :

$$u'_c = 0, v'_c = Lig * \cos(\alpha_c)$$

$$u'_a = Col * \cos(\alpha_a), v'_a = 0$$

$$u'_d = Col * \cos(\alpha_d), v'_d = Lig'$$

$$u'_b = Col, v'_b = Col * \sin(\alpha_b)$$

Ces quatre équations permettent donc de déterminer les paramètres a_i , b_i , c_i , et h , tout en minimisant la distorsion.

Etapes de la rectification

Calcul des coefficients de T_1 et T_2 (suite)

Il reste alors à déterminer les derniers coefficients manquant des matrices T_1 et T_2 .

Pour cela, il suffit de résoudre le système suivant, exprimant les ordonnées rectifiées des coins de l'image 1 en fonction de e et f .

$$\begin{cases} eL_1(0, 0) + fN_1(0, 0) = v_A \\ eL_1(Col, 0) + fN_1(Col, 0) = v_b(hL_1(Col, 0) + N_1(Col, 0)) \\ eL_1(0, Lig) + fN_1(0, Lig) = v_c(hL_1(0, Lig) + N_1(0, Lig)) \\ eL_1(Col, Lig) + fN_1(Col, Lig) = v_d(hL_1(Col, Lig) + N_1(Col, Lig)) \end{cases}$$

Une fois ces coefficients calculés, on déduit les matrices H_1 et H_2 par $H_1 = T_1H_{01}$ et $H_2 = T_2H_{02}$ et on peut appliquer la rectification aux deux images.

Plan

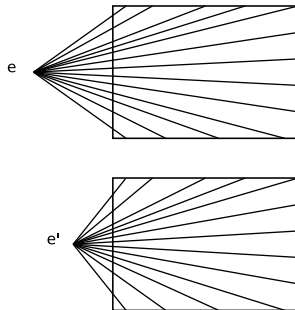
- 1 Introduction
- 2 Géométrie épipolaire
- 3 Présentation générale
- 4 Recherche de points caractéristiques
- 5 Mise en relation de points
- 6 Estimation de la matrice fondamentale
- 7 Rectification linéaire d'une paire d'images non calibrées
- 8 Rectification pour une géométrie épipolaire quelconque**
- 9 Conclusion
- 10 Bibliographie

Principe de fonctionnement

Étape 1

Projeter une image de manière à avoir une seule épipole et des lignes épipolaires correspondantes.

Entrée

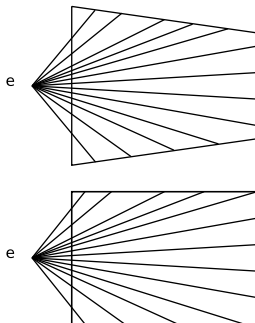


Principe de fonctionnement

Étape 1

Projeter une image de manière à avoir une seule épipole et des lignes épipolaires correspondantes.

Sortie

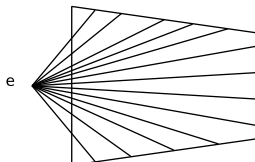


Principe de fonctionnement

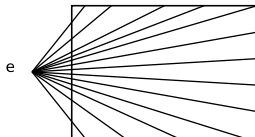
Étape 2

Rectifier l'image de manière non linéaire et utilisant les coordonnées polaires centrées sur l'épipole.

Entrée



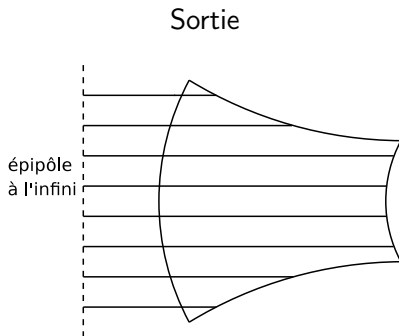
ou



Principe de fonctionnement

Étape 2

Rectifier l'image de manière non linéaire et utilisant les coordonnées polaires centrées sur l'épipôle.



Homographies compatibles

Définition

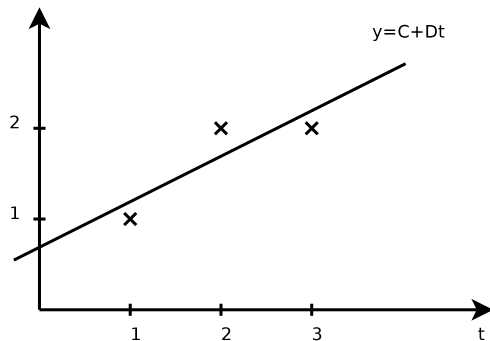
Une homographie qui projette l'épipôle e à l'emplacement de l'épipôle e' , en faisant coïncider les lignes épipolaires mais sans les rendre nécessairement parallèles est appelée une *homographie compatible*.

Théorème

L'ensemble des homographies compatibles est déterminé par l'équation suivante, avec \mathbf{a} un vecteur de taille 3 quelconque (voir [Har97, HG93]).

$$H = [\mathbf{e}']_{\times} F - \mathbf{e}' \mathbf{a}^t$$

Moindres carrés



Moindres carrés - contraintes

Définition

La méthode des moindres carrés permet de trouver $\hat{\mathbf{x}}$ tel que :

$$\|A\hat{\mathbf{x}} - \mathbf{b}\| = \|\mathbf{e}\|^2$$

soit minimal.

Exemple

On voudrait une droite qui vérifie :

$$\begin{cases} C + D = 0 \\ C + 2D = 2 \\ C + 3D = 2 \end{cases}$$

Ce qui correspond à :

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \\ 1 & 3 \end{bmatrix}, \mathbf{x} = \begin{bmatrix} C \\ D \end{bmatrix}, \mathbf{b} = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 2 \end{bmatrix}$$

Moindre carrés - résolution

Théorème

La solution $\hat{\mathbf{x}}$ du problème de minimisation :

$$\min \|A\hat{\mathbf{x}} - \mathbf{b}\| = \|\mathbf{e}\|^2$$

est la solution du système linéaire :

$$A^t A \hat{\mathbf{x}} = A^t \mathbf{b}$$

Minimisation de la distorsion géométrique

Rappel

Une homographie compatible est définie par $H = [e']_{\times} F - e' a^t$ avec a un vecteur de taille 3 quelconque.

Objectif Trouver a qui minimise la distorsion géométrique causée par H .

Minimisation de la distorsion géométrique

Théorème

Le critère à minimiser donné par [Ora01] est :

$$\min \sum_{i=1}^n d_E^2(\mathbf{m}_i, ([\mathbf{e}']_{\times} F - \mathbf{e}' \mathbf{a}^t) \mathbf{m}'_i)$$

C'est à dire, En posant $h = [\mathbf{e}']_{\times} F$ deux équations par couple de points appariés :

$$k \in \{1, 2\}, (\mathbf{m}'_k \mathbf{e}'_3 - \mathbf{e}'_k) \mathbf{m}^t \mathbf{a} = (\mathbf{m}'_k h_3^t - h_k) \mathbf{m}$$

Minimisation de la distorsion géométrique

Attention

Tous les points sont pris en compte avec la méthode des moindres carrés, il n'y a pas de concept d'outliers et d'inliers.

- Le critère est minimisé sur 10 couples de points appariés avec la méthode des moindres carrés.
- Les meilleurs 10 points sont sélectionnés avec l'algorithme LMedS.

Minimisation de la distorsion géométrique

Attention

Tous les points sont pris en compte avec la méthode des moindres carrés, il n'y a pas de concept d'outliers et d'inliers.

- Le critère est minimisé sur 10 couples de points appariés avec la méthode des moindres carrés.
- Les meilleurs 10 points sont sélectionnés avec l'algorithme LMedS.

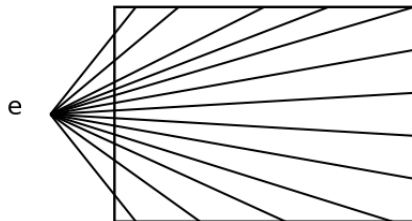
Minimisation de la distorsion géométrique

Attention

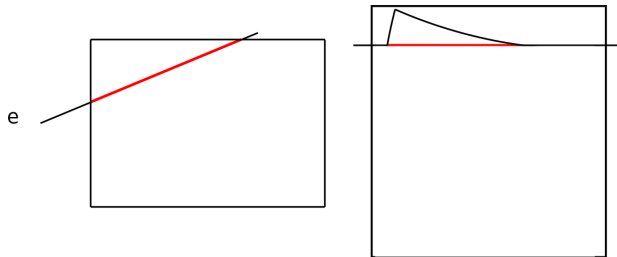
Tous les points sont pris en compte avec la méthode des moindres carrés, il n'y a pas de concept d'outliers et d'inliers.

- Le critère est minimisé sur 10 couples de points appariés avec la méthode des moindres carrés.
- Les meilleurs 10 points sont sélectionnés avec l'algorithme LMedS.

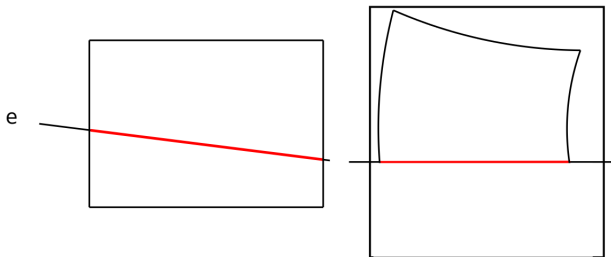
Principe



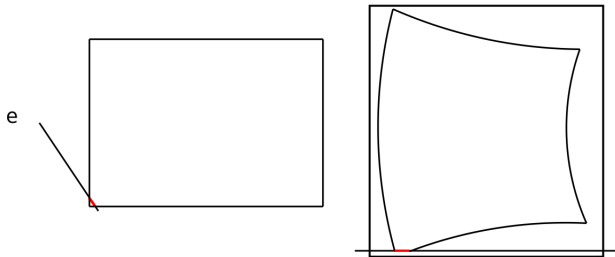
Principe



Principe



Principe

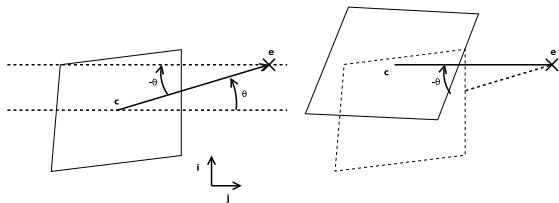


Région commune

Objectif Trouver les angles minimum et maximum

Méthode

- Rotation d'angle θ
- Tri des angles entre Ox et les vecteurs formés par l'épipole et les quatre coins.



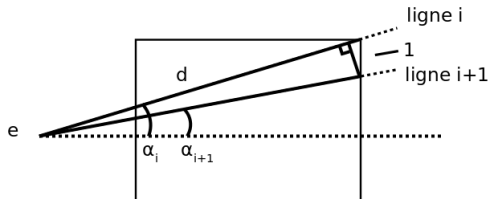
Choix des angles

Objectif Trouver les angles optimaux pour rectifier l'image.

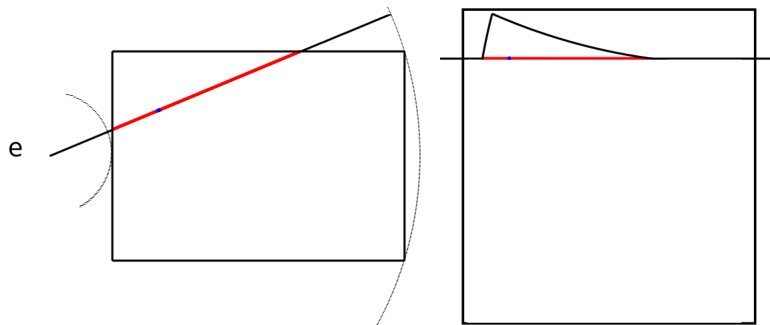
Méthode

Les angles α_j optimaux sont donnés par la relation inductive suivante :

$$\begin{cases} \alpha_0 = \alpha_{min} \\ \alpha_{i+1} = \alpha_i + \arctan\left(\frac{1}{d}\right) \end{cases}$$



Rectification finale



Plan

- 1 Introduction
- 2 Géométrie épipolaire
- 3 Présentation générale
- 4 Recherche de points caractéristiques
- 5 Mise en relation de points
- 6 Estimation de la matrice fondamentale
- 7 Rectification linéaire d'une paire d'images non calibrées
- 8 Rectification pour une géométrie épipolaire quelconque
- 9 Conclusion**
- 10 Bibliographie

Conclusion - État des lieux

- Un projet d'ingénierie
- Une part de recherche
- Variété des sujets abordés
- De bons résultats malgré les obstacles

Conclusion - État des lieux

- Un projet d'ingénierie
- Une part de recherche
- Variété des sujets abordés
- De bons résultats malgré les obstacles

Conclusion - État des lieux

- Un projet d'ingénierie
- Une part de recherche
- Variété des sujets abordés
- De bons résultats malgré les obstacles

Conclusion - État des lieux

- Un projet d'ingénierie
- Une part de recherche
- Variété des sujets abordés
- De bons résultats malgré les obstacles

Conclusion - Avenir

- Séparation de la librairie Orfeo Toolkit
- Amélioration de LMedS : Least quantiles ?
- pyramides d'échelles
- Autodétection des paramètres
- Utilisation du parallélisme des cartes graphiques actuelles
- une meilleure interface graphique

Conclusion - Avenir

- Séparation de la librairie Orfeo Toolkit
- Amélioration de LMedS : Least quantiles ?
- pyramides d'échelles
- Autodétection des paramètres
- Utilisation du parallélisme des cartes graphiques actuelles
- une meilleure interface graphique

Conclusion - Avenir

- Séparation de la librairie Orfeo Toolkit
- Amélioration de LMedS : Least quantiles ?
- pyramides d'échelles
- Autodétection des paramètres
- Utilisation du parallélisme des cartes graphiques actuelles
- une meilleure interface graphique

Conclusion - Avenir

- Séparation de la librairie Orfeo Toolkit
- Amélioration de LMedS : Least quantiles ?
- pyramides d'échelles
- Autodétection des paramètres
- Utilisation du parallélisme des cartes graphiques actuelles
- une meilleure interface graphique

Conclusion - Avenir

- Séparation de la librairie Orfeo Toolkit
- Amélioration de LMedS : Least quantiles ?
- pyramides d'échelles
- Autodétection des paramètres
- Utilisation du parallélisme des cartes graphiques actuelles
- une meilleure interface graphique

Conclusion - Avenir

- Séparation de la librairie Orfeo Toolkit
- Amélioration de LMedS : Least quantiles ?
- pyramides d'échelles
- Autodétection des paramètres
- Utilisation du parallélisme des cartes graphiques actuelles
- une meilleure interface graphique

Plan

- 1 Introduction
- 2 Géométrie épipolaire
- 3 Présentation générale
- 4 Recherche de points caractéristiques
- 5 Mise en relation de points
- 6 Estimation de la matrice fondamentale
- 7 Rectification linéaire d'une paire d'images non calibrées
- 8 Rectification pour une géométrie épipolaire quelconque
- 9 Conclusion
- 10 Bibliographie**

Bibliographie



R. Hartley.

Theory and practice of projective rectification.
1997.



R. Hartley and R. Gupta.

Computing matched-epipolar projections.
1993.



Daniel Oram.

Advanced rectification for any epipolar geometry.
2001.