Mise en correspondance stéréoscopique

Yann DUBOIS

October 5, 2017

1 Introduction

Dans ce rapport nous allons expliquer dont on reconstruit une image 3D à partir d'une technique de stéréovision et de reconstruction stéréoscopique. Nous allons nous concentré sur la stéréoscopie éparses, c'est à dire une technique qui utilise quelques points d'intérêts plutôt que de concidérer que tout les pixels de l'images ont de l'intérêt. Nous n'allons pas aller jusqu'au bout de la reconstruction, nous commencerons par calculer la matrice fondamentale, puis nous allons extraire les points d'intérêts, ensuite nous allons calculer les distances entre les points et les droites générées grâce à la matrice fondamentale, et pour finir nous allons mettres ces distances en correspondances pour garder les meilleures points d'intérêts. Nous n'allons donc pas nous occupé de la dernière partie qui est la reconstruction en elle même qui utilise de la triangulation de point.

2 Calcul de la matrice fondamentale

La stéréovision est une technique utilisant 2 images obtenues à des points de vues différents. On peut donc estimer la projection d'un point M sur les deux plans projectifs comme ceci :

$$m_1 \equiv P_1 M = A_1(R_1|t_1)M$$
$$m_2 \equiv P_2 M = A_2(R_1|t_1)M$$

Avec A et $(R|t)$ les matrices intrinsèques et extrinsèques de la caméra. Lorqu'on connais la projection d'un point sur un des espaces de projection, on peut déduire une droite sur le deuxième plan projectif car m_1 peut être n'importe quel point de la droite qui lie l'origine de la caméra avec ce point. Et c'est cette droite qu'on peut projeter sur le plan P_2 qui nous donne une autre droite. Cette droite est appelée droite épipolaire. Si on projète l'origine de la première caméra sur le plan projectif de la deuxième, on obtient un point e_2. On peut le faire aussi dans l'autre sens, ces point sont alors appelés les épipoles. Toute les droites épipolaires d'un plan passent par le point épipolaire de son plan. Pour calculer la droite épipolaire associée à un point (par exemple m_1), on calcul :

$$e_2 \times m_2$$

Pour simplifier le calcul et se ramener à un calcul matricielle, nous avons cette formule :

$$p \times q = p^{\times} \cdot q$$

Ce qui donne pour $p^{\times}$:

$$p^{\times} = \begin{bmatrix} 0 & -p_z & p_y \\ p_z & 0 & -p_x \\ -p_y & p_x & 0 \end{bmatrix}$$

On développe donc le calcul précédent :

$$e_2 \times m_2 = e_2^{\times} \cdot m_2 = e_2^{\times} \cdot H_\pi m_1 = (e_2^{\times} H_\pi) \cdot m_1$$

On dit que la matrice fondamentale est la matrice $F = e_2^{\times} H_\pi$. Pour obtenir la matrice H_π, on calcul :

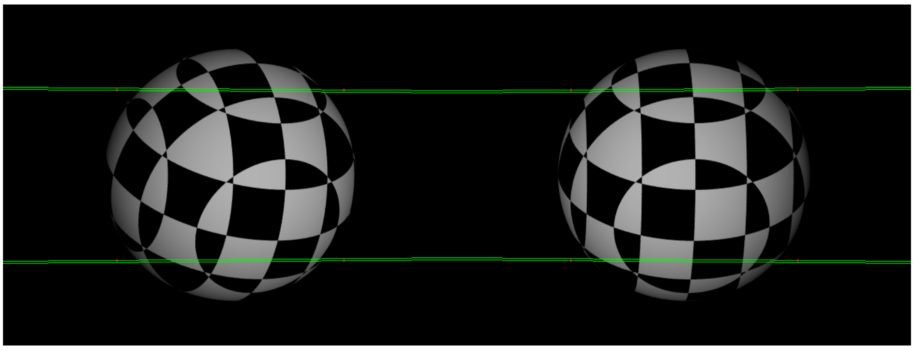

Figure 1: Images gauche et droite lorsqu'on lance la première fois avec le calcul de la matrice fontamentale

$$H_\pi = P_2 P_1^+$$

P^+ désigne la matrice pseudo-inverse de P, c'est à dire l'inverse (par abut de langage) d'une matrice qui n'est pas carré (ce qui n'est normalement pas possible). On obtient donc F :

$$F = (P_2 O_1)^\times P_2 P_1^+$$

Avec O_1 l'origine de la caméra une. On calcul donc e_2 en calculant la projection de O_1 sur le plan 2.

On trouve alors les droites projeté en calculant :

$$d_2 = F m_1$$
$$d_1 = F^T m_2$$

On obtient la Figure 1 lorsqu'on applique ces formule sur la matrice de points suivante :

$$\begin{bmatrix} 0.25 * 640 & 0.75 * 640 & 0.25 * 640 & 0.75 * 640 \\ 0.25 * 480 & 0.25 * 480 & 0.75 * 480 & 0.75 * 480 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

On calcul pour différent points dans une image de taille 640×480 :

$points$	$(320, 240) gauche$	$(320, 240) droite$	$(320, 480) gauche$
res	$(7e^{-12}, 299729, -71935013)$	$(-6e^{-11}, -2999729, 71935013)$	$(4497, 299729, -1439113)$

Nous allons maintenant chercher à extraire les points d'intérêt des images images pour faire le calcul des droites uniquements sur ces points.

3 Extraction des coins

Pour calculer les points d'intérêts, nous allons utiliser la fonction goodFeaturesToTrack offerte par OpenCV. En réalité cette fonction utilise la méthode de Shi et Tomasi qui recherche des endroits de la fonction image où il y a localement une forte courbure et ainsi en extraire les pixels. Nous n'allons pas entrer dans les détails de l'implémentation de cette méthode.

Lorsqu'on utilise cette méthode sur nos images de références, on obtient la Figure 2. On remarque que les points d'intérêts ne semble pas toujours être associé à une droite. Cela indique que ce sont peut-être des points qui n'ont pas de correspondance dans l'autre image. En effet, il est probable qu'un point soit visible sur la première image, mais pas dans la seconde. La deuxième possibilité est que ce qui est vrai dans la réalité ne l'est pas toujours dans le calcul fait pas l'ordinateur. L'ordinateur ne pouvant pas calculer de manière continue, il discrétise les valeurs (on ne peut pas avoir des valeur infinie dans une machine par exemple). L'ordinateur ajoute donc des erreurs volontaire pour pouvoir faire les calculs.

Il nous faut donc filtrer les résultats, pour ce faire, nous allons calculer les distances séparant les points des droites.

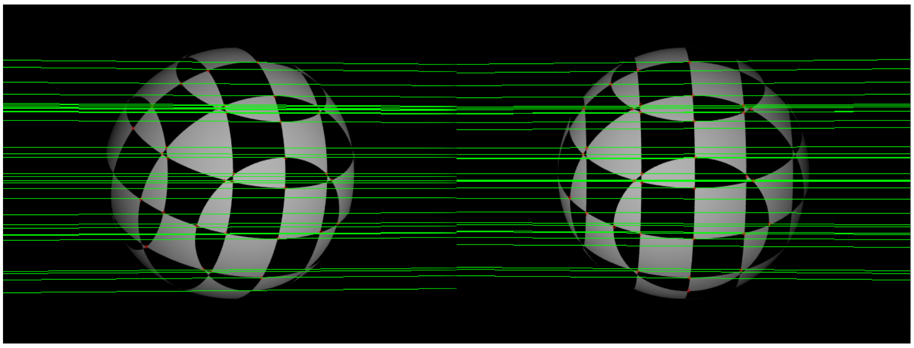

Figure 2: Image droite et gauche lorsqu"on calcul les points d'intérêts

4 Calcul des distances

Pour calculer les distances entre les points et les droites, on va utiliser les droites d_1 et d_2 calculées précédemment. Mais avant de calculer les distances entre toute les paires de points, on va faire un traitement. On va normaliser les équations de droites comme ceci :

$$d = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} a/\sqrt{a^2+b^2} \\ b/\sqrt{a^2+b^2} \\ c/\sqrt{a^2+b^2} \end{bmatrix}$$

Ici pour encore plus normaliser, on va chercher à mettre la troisième coordonnées à 1. On a donc d_1 et d_2 normalisées, on va donc calculer les matrices de distances pour les deux plan :

$$dist_1 = P^T d_2$$
$$dist_2 = P^T d_1$$

Avec d_2 la projection des points du plan 2 sur le plan 1 et inversement pour d_1. On peut ensuite à partir de ces deux matrices calculer la matrice donnant pour toute les paires de points, la somme de leurs distances.

$$dist = dist_1 + dist_2^T$$

Ici on doit transposer la matrice pour que les tailles correspondent et obtenir une matrice carré. Ici on obtient un matrice carré de taille 32x32, il est donc difficile de montrer les résultats de cette matrice sur ce rapport.

On peut maintenant calculer les points homologues, nous détaillerons ce dernier point dans la prochaine partie.

5 Mise en correspondances

Pour mettre en correspondances les points des deux plans, on utilise la matrice de distances calculée précédemment. On parcours les colonnes de la matrice et pour chaque ligne, on cherche le minimum de cette ligne. Lorsqu'on obtient le minimum, on sauvegarde la position (x,y) de ce minimum. On ajoute alors à deux matrices représentant respectivement les points situés sur leur plans, un 1 si le point est homologue à un autre point de l'autre plan. Les deux matrices sont à la fin sous la forme :

$$M = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & ... & 1 \end{bmatrix}$$

On peut donc alors facilement calculer la somme des indices pour chaque matrices. On obtient alors pour un plan P, S, le nombre de points homologues :

$$S = \sum_{i=1}^{n} M_{0,i}$$

On obtient comme résultat :

distance max	homologue dans gauche	homologue dans droite	ocultation
1.0	10	9	1 oculté dans droite
2.0	17	14	3 ocultés dans droite
3.0	21	14	7 ocultés dans droite

On remarque que plus la distance max est petite, moins on a de points ocultés mais en contrepartie, il y a peu de point homologues. On remarque aussi que un point peu avoir plusieurs homologues, celà indique qu'il y a eu ocultation par le plan qui a le moins de points homologues. Mais cela n'indique pas forcément que l'autre plan n'a pas non plus oculté des points de l'autre plan, la méthode utilisée ne permet que d'estimer ces valeurs.

Si nous voulions continuer dans la reconstruction 3D, nous aurions pu utiliser une méthode de triangulation des points homologue pour ensuite reconstruire une image 3D.

6 Conclusion

Dans ce rapport nous avons vu la technique dites éparses de stéréovision. Dans un premier temps, nous avons calculer la matrice fondamentale du système. Puis nous avons cherché des points d'intérêts sur l'image gauche et droite, pour ensuite calculer les distances entre les droites et les paires de points. Puis pour terminer, nous avons mis en correspondances les points en retirant ceux qui n'ont pas de représentation dans l'autre image.