CPE LYON

Année universitaire

2021 - 2022

Majeure IMI — Partie 3 — 5ETI

Acquisition Calibrage et Reconstruction 3D

TP d'acquisition

Eric Van Reeth

Mehdi Ayadi

Organisation du TP

Objectifs

Ce TP est une introduction à l'acquisition et au traitement d'un flux vidéo en temps réel via la librairie openCV. L'objectif premier est d'interfacer une caméra avec l'ordinateur, puis de manipuler certains concepts qui seront utiles pour la suite du module.

Évaluation

Ce TP n'est pas noté, mais conserver votre code bien structuré et commenté. Il sera utilisé pour de futurs TP et projets.

Mise en route

Ce TP s'effectue en binôme par poste informatique (sous LINUX), et sera codé en Python. Veillez bien à utiliser **Python3** (et non pas **Python2.7**).
L'utilisation de l'IDE **VSCode** est fortement conseillée pour faciliter l'implémentation et le debug des codes. L'aide d'openCV pourra se trouver ici.

1 Capture vidéo

1.1 Script de base de la capture vidéo

Pour réaliser la capture, on crée un objet de la classe `VideoCapture`. La création de cet objet requiert un argument qui spécifie l'indice de l'appareil réalisant la capture vidéo, où le nom du fichier d'une vidéo déjà existante. Dans notre cas, une seule caméra étant connectée, on passera simplement 0.
La capture vidéo se fait dans une boucle `while`, dans laquelle la méthode `read()` de l'objet `cap` est appelée. Cette fonction retourne deux arguments : un booléen valant `True` si la lecture est effectuée correctement, et la frame acquise (en couleur par défaut).
La sortie de la boucle se fait lors de l'appui sur une touche du clavier (ici la lettre `q`). En sortie de boucle, la capture est arrêtée et l'affichage fermé. Le code d'acquisition et d'affichage sera donc :

```
import numpy as np
import cv2
from matplotlib import pyplot as plt

cap = cv2.VideoCapture(0)
while(True):
   ret, frame = cap.read() #1 frame acquise à chaque iteration
   cv2.imshow('Capture_Video', frame) #affichage

   key = cv2.waitKey(1) #on évalue la touche pressée
   if key & 0xFF == ord('q'): #si appui sur 'q'
      break #sortie de la boucle while

cap.release()
cv2.destroyAllWindows()
```

À ce stade, vous devez être capable d'afficher le flux vidéo provenant de votre webcam.

1.2 Enregistrement d'images

Ajouter dans la boucle d'acquisition la possibilité d'enregistrer l'image courante du flux vidéo lors de l'appui sur la touche `c`. Veillez à incrémenter le nom de l'image sauvegardée de sorte à ne pas écraser la précédente.

1.3 Traitements en temps réel

L'objectif de cette partie est d'appliquer des opérations sur chaque image acquise, et d'afficher le résultat en temps réel.

1.3.1 Affichage d'histogramme

Utiliser la fonction `cv2.calcHist` pour le calcul de l'histogramme. Soyez attentifs au format des paramètres d'entrée (pensez à regarder l'aide).
Afin de mettre à jour le tracé de l'histogramme à chaque itération de la boucle d'acquisition, l'affichage doit être fait avec les commandes suivantes :

```
plt.plot(hist) #où hist est la sortie de cv2.calcHist
plt.title('Histogramme')
plt.draw() #execute l'affichage
plt.pause(0.0001) #delai nécessaire a l'affichage
plt.cla() #évite la superposition des courbes
```

1.3.2 Détection de lignes (transformée de Hough)

La transformée de Hough permet, entre autres, la détection de droites dans les images. Deux versions de cette transformée sont incluses dans openCV : `cv2.HoughLines` et `cv2.HoughLinesP`.
Nous utiliserons `cv2.HoughLinesP` pour ce TP.
Après avoir effectué une détection de contours avec la méthode de votre choix (Canny, Sobel), détecter les droites sur chaque frame du flux vidéo acquis.
Pour l'affichage des lignes détectées, on utilisera le code suivant :

```
# On appelle lines la sortie de cv2.HoughLinesP
if not(lines is None): # si lines contient au moins une ligne
   for line in lines: # on itère sur les lignes détectées
      x1,y1,x2,y2 = line[0] # on récupère les coordonnées de la ligne
       ↪  courante
      res = cv.line(frame,(x1,y1),(x2,y2),(0,255,0),2) # on superpose la
       ↪  ligne courante à la frame courante pour l'affichage
```

Étudier l'influence des paramètres de la fonction `cv2.HoughLinesP` à la fois sur la fluidité de la détection et sur la qualité de la détection.

1.3.3 Détection des régions d'intérêts

La détection automatique de régions d'intérêts dans les images est une étape primordiale en vision par ordinateur (recalage d'image et reconstruction 3D notamment). Une région d'intérêt est une région circulaire de l'image, contenant

des structures dont les propriétés locales sont remarquables. Celles-ci sont caractérisées par leur unité visuelle et correspondent en général à des éléments distincts et marquants de l'image (contours, intersections par exemple).
Plusieurs algorithmes de détection et d'appariement de régions/points d'intérêts ont été proposés (SIFT, ORB, SURF). OpenCV propose plusieurs implémentations, et on s'intéressera ici à l'algorithme ORB.
Dans un premier temps, on initialise la détection de point d'intérêts (avant la boucle d'acquisition) :
`orb = cv2.ORB_create()`
Pour chaque frame acquise, on exécutera les commandes suivantes :

```
kp = orb.detect(frame, None) # Détection des "keypoints" sur la frame
 ↪  courante
res = cv2.drawKeypoints(frame, kp, None, color=(0,255,0), flags=0) #
 ↪  L'image res contient les "keypoints" affichés sur la frame courante
```

En filmant différents types de scènes, repérer les structures qui sont systématiquement considérées comme points d'intérets. Discuter de l'avantage en terme de sensibilité/robustesse de détection, par rapport à la détection de lignes de la section précédente.

2 Application d'une transformation affine

Il s'agit maintenant d'appliquer en temps réel des déformations géométriques sur l'image acquise. OpenCV permet à la fois l'implémentation de transformations linéaires, affines et non linéaires.
Pour le cas de transformations affines, on spécifiera la matrice M de dimension (2×3), qui contient les paramètres de transformation :

$$\begin{pmatrix} x_d \\ y_d \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \tag{1}$$

M contient à la fois les paramètre de translation, d'échelle, de rotation (angle et centre) :

$$M = \begin{pmatrix} \alpha & \beta & (1-\alpha)c_x - \beta c_y + t_x \\ -\beta & \alpha & \beta c_x + (1-\alpha)c_y + t_y \end{pmatrix} \tag{2}$$

avec $(c_x,\, c_y)$ les coordonnées pixels du centre de rotation, $(t_x,\, t_y)$ le vecteur translation, s le facteur d'échelle, et :

$$\begin{aligned} \alpha &= s.\cos\theta \\ \beta &= s.\sin\theta \end{aligned}$$

En utilisant la fonction `cv2.warpAffine`, implémenter les transformations permettant de réaliser sur chaque image du flux vidéo acquis :

- une translation de 10 pixels en abscisse et 15 pixels en ordonnées
- une rotation de 180 degrés autour du centre de l'image
- une diminution de moitié de la taille de l'image (dans les deux dimensions)

3 Application d'une transformation non linéaire

Par définition, l'application d'une transformation non linéaire ne peut se faire via une opération matricielle. On définit dans ce cas deux matrices de déformation, appelées D_x et D_y, de mêmes dimensions que l'image à déformer. Ces

matrices contiennent les nouvelles positions (abscisses pour D_x et ordonnées pour D_y) de chaque pixel de l'image déformée (I_d) :

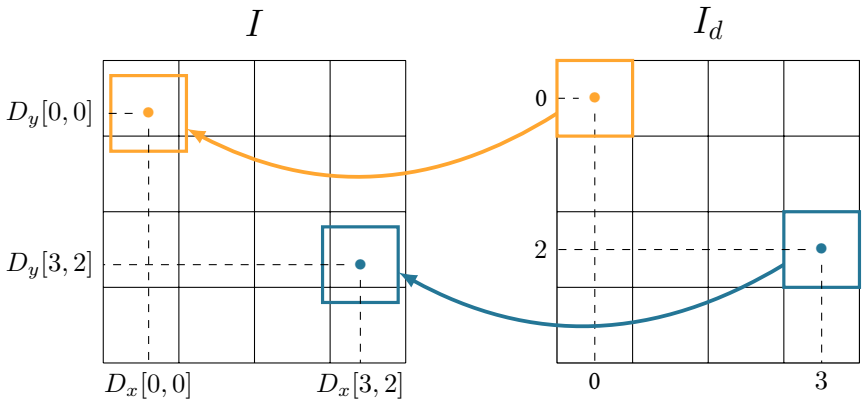
$$D_x[x, y] = x + \Delta x$$

$$D_y[x, y] = y + \Delta y$$

L'image déformée est donc obtenue à partir de l'image originale I, par la formule suivante :

$$I_d[x, y] = I\left[D_x[x, y]], D_y[x, y]\right]$$

Les valeurs des pixels de I_d sont obtenues par interpolation des valeurs de I, aux emplacements indiqués par les matrices de déformation :



La fonction `cv2.remap`, permet d'appliquer une déformation non linéaire sur une image. Elle prend en argument les cartes de déformation (D_x et D_y), ainsi que la méthode d'interpolation à utiliser.
Tester quelques déformations de votre choix, ou inspirez-vous des propositions suivantes :

- Formule d'un filtre passe-bande :

$$\begin{cases} \Delta x = A\cos(\alpha)e^{-\left(\frac{\tilde{y}^2+\tilde{x}^2-\delta^2}{\sigma_x\sqrt{\tilde{x}^2+\tilde{y}^2)}}\right)^2} \\ \Delta y = A\sin(\alpha)e^{-\left(\frac{\tilde{y}^2+\tilde{x}^2-\delta^2}{\sigma_y\sqrt{\tilde{x}^2+\tilde{y}^2)}}\right)^2} \end{cases} \quad \text{avec } \tilde{x} = x - c_x \text{ , } \tilde{y} = y - c_y \text{ , et } \alpha = \tilde{x} + i\tilde{y}$$

- Gaussienne 2D :

$$\begin{cases} \Delta x = A\cos(\alpha)e^{-\left(\frac{\tilde{x}^2}{\sigma_x}+\frac{\tilde{y}^2}{\sigma_y}\right)} \\ \Delta y = A\sin(\alpha)e^{-\left(\frac{\tilde{x}^2}{\sigma_x}+\frac{\tilde{y}^2}{\sigma_y}\right)} \end{cases}$$

- Déformation aléatoire, regénérée ou non à chaque frame

Note : la fonction `meshgrid` permet d'obtenir les cartographies de coordonnées.
Note : on prendra le centre de l'image comme point central de la déformation.
Les valeurs des paramètres A, σ_x, σ_y et δ doivent être adaptées au format de l'image acquise.