

Departament: Informàtica

Editor: Carles, cfbennassar@gmail.com

Calibració i correcció d'una lent amb distorsió esfèrica; estudi de la llibreria OpenCV

Carles Bennassar I Formentí

Estudiant de Física UB

Aquest treball pretén determinar els paràmetres intrínsecs d'una lent òptica (K i D) amb ull de peix (distorsió esfèrica) per a posteriori poder corregir-ne la distorsió i que les imatges fetes amb aquesta càmera semblin fetes amb una càmera sense ull de peix. S'ha dut a terme un procediment força estàndard per al calibrat de càmeres; amb l'ajuda d'un taulell d'escacs (una quadrícula) es determina on són els corners del taulell en un set de fotografies, s'estima on haurien de ser sense distorsió i es fa la correcció necessària. Per a fer-ho s'ha utilitzat una llibreria ben coneguda a Python: OpenCV (cv2), una eina molt potent per a tractament d'imatges, Machine learning, calibrat de lents, etc. Així doncs es pretén també analitzar la llibreria cv2 per a veure quines són les funcions més adients per al calibrat de una GoPro Hero.

■ **INTRODUCCIÓ** Aquest treball s'ha dut a terme com a treball final de l'assignatura Processament d'imatge i visió artificial, de la Universitat de Barcelona facultat de Física; l'objectiu d'aquest és tractar un tema d'interès actual científic-tecnològic, fent un petit programa informàtic usant Python. Aquest programa, ha de resoldre però algun problema relacionat amb imatge o vídeo.

En aquest paper es pretén fer una caracterització dels paràmetres geomètrics principal que defineixen la lent d'una GoPro Hero per a posteriori aconseguir que les fotografies amb ull de peix que faci aquesta càmera poder desdistorsionar-les per a que siguin fidels a la realitat.

El calibrat de lents és un procés molt important que s'ha d'aplicar a totes les càmeres abans de poder ser

utilitzades per a fins sobretot científics i tecnològics, ja que és de vital importància saber exactament com representen les fotos fetes per una lent concreta la realitat que estan mostrant. Aquesta doncs és la primera part d'aquest treball en el que s'han caracteritzat els paràmetres de la lent que ens ocupa, aquests ens indiquen com representa la lent els punts en 3D del món real en la foto 2D. Els paràmetres d'una càmera s'agrupen bàsicament en la matriu intrínseca de la lent, K , que inclou informació de les distàncies focals i els centres òptics, i els coeficients de distorsió D que ens donen idea de com de corregut està un punt del món 3D en les nostres fotografies, com trobem explicat a la referència [1] pàgina 26.

Per a aconseguir K i D , es fan fotografies a un objecte fàcilment identificable, en aquest cas

(procediment molt estàndard) utilitzarem un set de fotografies fetes a un taulell d'escacs, on la càmera estarà fixa sempre en el mateix punt, i anirem fent fotografies al taulell orientat de diferents maneres.

Un cop ben determinats els paràmetres de la nostra càmera ja podem saber com s'han de desdistorsionar els punts de la nostra antiga imatge per a crear-ne una de nova que sigui més fidel a la realitat. Per exemple, el que aconseguirem és que les imatges fetes a un taulell d'escacs amb la GoPro, passin de tenir la quadrícula amb línies corbes, a línies rectes.

LLIBRERIES

S'han utilitzat llibreries de python molt conegudes:

Numpy que s'ocupa de totes les fórmules i eines matemàtiques que es necessitin, així com del tractament d'arrays i d'altres. OpenCV, la principal llibreria d'aquest treball, aquesta ha servit tant per a processar la imatge, com per a al calibrat de lents, com per al consegüent tractament de les imatges.

També s'ha utilitzat una petita llibreria: Glob, ja que per a aconseguir amb precisió els paràmetres geomètrics de la lent, és molt recomanable fer servir un set complet de fotografies i no només treballar amb una. Així doncs la llibreria Glob s'ocuparà de facilitar-nos la crida de totes les fotografies que s'utilitzin.

I per últim, per a plotejar les imatges s'ha utilitzat la llibreria matplotlib, que serveix per a fer representacions 2D de tot tipus de gràfiques, funcions, imatges i en general tot tipus de figura que pugui ser representada.

PROCEDIMENTS

Primer cal preparar bé el set de fotografies que ens permetrà calibrar la càmera. Per a això s'ha fixat la càmera en un punt amb un trípode i s'han fet moltes fotografies al taulell d'escacs aquest orientat diferent a cadascuna de les fotografies. Al final cal quedar-se amb el set de fotografies que hagi donat millors resultats, ja que depenent del set que s'agafi el resultat es un o un altre.

Amb el set de fotografies s'ha pogut trobar els paràmetres geomètrics de la càmera. S'han localitzat els corners de cada quadrat del taulell per a cada fotografia del set; amb això el programa pot comprovar com estan alineats o no a la imatge els corners de la quadrícula. Utilitzant la posició d'aquests corners i les funcions de la llibreria cv2 per a calibrat de lents s'aconsegueixen la matriu intrínseca K i els cinc

coeficients de distorsió agrupats a l'array D (de coeficients de distorsió poden haver-hi més o menys). La llibreria cv2 ofereix unes funcions generals per a qualssevol tipus de càmera i funcions específiques per a càmeres amb ull de peix; en aquest treball es comprovarà el rendiment de cada funció per a la càmera GoPro Hero.

Un cop obtinguts K i D cal crear un mapa de correcció per a la lent en la direcció vertical i un per a la direcció horitzontal, per a fotos de unes mides determinades, si la fotografia té una resolució o una altre cal crear mapes diferents. En aquesta part es on s'ha fet tota la comparativa d'aquest treball, per una banda s'han analitzat dos mòduls de la llibreria OpenCV; un de general per a tot tipus de càmera i un especial per a càmeres amb ull de peix. Per altre banda s'han calculat a mà els mapes horitzontals i verticals utilitzant això sí la K i la D trobades amb la llibreria OpenCV.

Amb els mapes de rectificació ja creats, es fa l'últim pas que és aplicar aquests a qualssevol fotografia feta amb la lent estudiada, de la mateixa resolució per a la que s'hagin creat els mapes, per a obtenir imatges fidels a la realitat.

RESULTATS

Per a explicar la obtenció dels resultats ensenyaré primer les fotografies resultants d'aplicar el programa creat a una de les fotografies del set de proves i a una fotografia qualssevol feta amb la mateixa càmera.

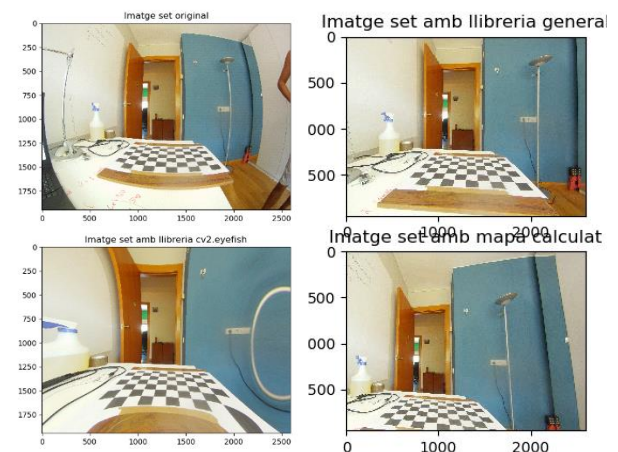


Figura 1. Imatge original, aplicant el mòdul general, aplicant mòdul fisheye i amb els mapes calculats, sobre una de les imatges del set.

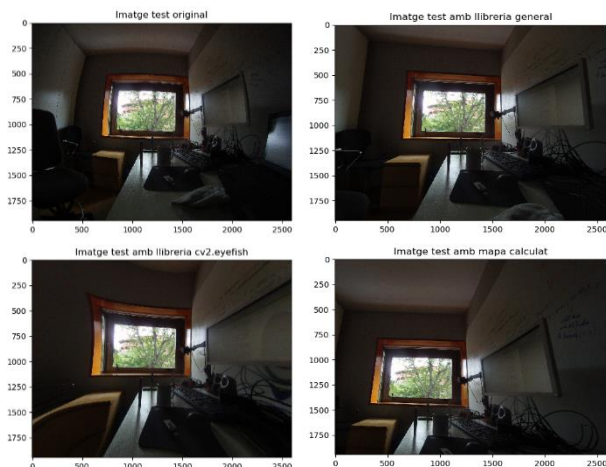


Figura 2. Imatge original, aplicant el mòdul general, aplicant mòdul fisheye i amb els mapes calculats, sobre una fotografia qualssevol.

Es pot veure clarament com els resultats amb els mòduls generals són molt més correctes que amb el mòdul cv2.eyefish on veiem com a les bandes la distorsió s'accentua en comptes de reduir-se. Per contra amb els mòduls generals es pot observar clarament com la quadricula queda pràcticament perfecte. A la fotografia de prova, es pot veure per exemple com a la fotografia original l'armari està clarament corbat (al fons de l'habitació) mentre que amb la llibreria general és recte; amb la fisheye ni es veu, i a més només mirant la finestra ja es veu que aquesta està completament distorsionada.

És difícil però comparar els resultats obtinguts amb la llibreria general i els mapes calculats:

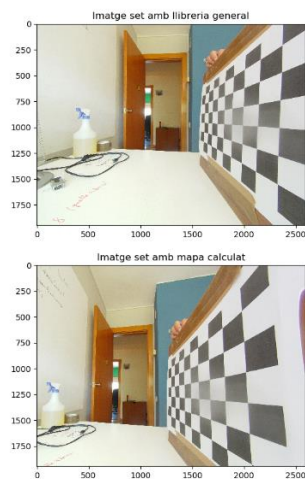


Figura 3. Imatge amb llibreria general i amb mapes calculats sobre una fotografia del set.

Els dos mètodes corregeixen bé la distorsió esfèrica, però enquadren diferent la fotografia, en el calculat a mà a vegades l'enquadrat aquest no acaba de ser del tot satisfactori com es pot veure a la dreta de la imatge de sota a la dreta.

Els coeficients geomètrics per a la GoPro Hero són doncs:

$$K = \begin{pmatrix} 11336.23 & 0 & 1259.83 \\ 0 & 1122.89 & 922.57 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$D = (-0.3055' \cdot 9.93 \cdot 10^{-2} - 9.05 \cdot 10^{-4} - 2.5808 \cdot 10^{-5} - 1.462 \cdot 10^{-2})$$

Que els mòduls generals funcionessin millor per a la GoPro era d'esperar ja que no té una lent de peix pròpiament dita i la distorsió esfèrica tampoc és tant pronunciada.

ESTUDI LLIBRERIA

Els dos mòduls (general i fisheye) ofereixen algunes funcions que no he fet servir ja que no milloraven o empitjoraven els resultats, i algunes funcions que cal mencionar.

La llibreria cv2 ofereix una funció que s'encarrega de millorar la precisió amb la que es troben tots els corners del taulell d'escacs. Aquesta tot i que sí que refina la posició dels corners trobats, en varia poc la posició d'aquests.

Posició de corners	Posició amb correcció
1493. 720.5	1492.3872 719.78613
1495.1694 759.2106	1493.3944 759.47186
1493.7505 800.06323	1494.6715 799.38165
1496.128 839.46063	1495.3506 840.23737
1496.128 839.46063	1496.3206 881.1036
1495.85 882.53906	1496.1077 922.81744
1495.6774 921.9653	1452.7932 717.72864

Taula 1. Coordenades dels corners trobats comparats amb els corners trobats refinant la cerca.

Aquesta variació per a tot el set de imatges acaba donant dos matrius K i D lleugerament diferents

$$K = \begin{pmatrix} 1135.4 & 0 & 1259.33 \\ 0 & 1124.28 & 924.09 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$K_{ref} = \begin{pmatrix} 1132.87 & 0 & 1260.48 \\ 0 & 1122.7 & 922.2 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Aquesta diferència però aparentment no sembla sé suficient com per que es pugui apreciar, almenys per a la càmera que ens ocupa:

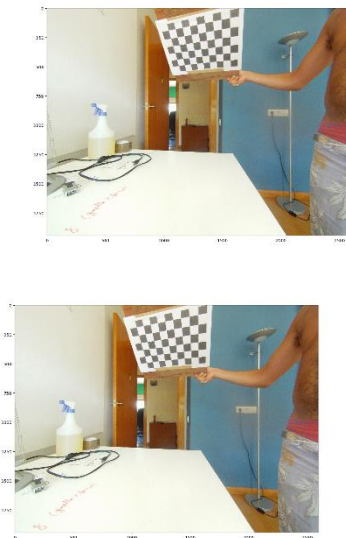


Figura 3. A dalt la imatge utilitzant el refinament dels corners, a baix sense, per a una fotografia del set de proves.

Ni ampliant molt les imatges s'aconsegueixen veure diferències.

Per contra hi ha una funció que m'ha donat problemes amb els dos mòduls, és una funció que millora la precisió amb la que obtens la matriu K, aplicant aquesta funció però s'obté una K molt diferent

$$K = \begin{pmatrix} 628.48 & 0 & 1295.5 \\ 0 & 622.53 & 971.5 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

I en conseqüència les imatges queden completament deformades:



Figura 4. Imatge test aplicant la rectificació de K amb el mòdul general.

CONCLUSIONS

La llibreria OpenCv és una eina fantàstica a l'hora de calibrar càmeres, ofereix una gran varietat d'opcions per a poder aconseguir calibrar i parametritzar càmeres, deformar i rectificar imatges, etc.

Això també implicar que cal tenir cura de no sobredimensionar el problema, o començar a usar totes les eines que ens ofereix sense pensar-s'ho perquè pots estar-les usant en moments inadequats.

Per a calibrar càmeres doncs és força recomanable fer servir les llibreries existents ja que funcionen molt bé i fer-ho a mà tot és molt complicat.

En el cas d'aquest treball els resultats han estat completament satisfactoris, amb només un set de vuit fotografies per a entrenar el programa i obtenir K i D, s'ha pogut convertir qualsevol fotografia feta amb la GoPro Hero.

REFERÈNCIES I WEBGRAFIA

1. José Javier Alcalde Sanz, "Diseño de un Protocolo de Calibración de Cámaras Estéreo", UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR INGENIERÍA INDUSTRIAL.

- 2 OpenCV python tutorials, https://opencv-python-tutroals.readthedocs.io/en/latest/py_tutorials/py_calib3d/py_calibration/py_calibration.html
3. OpenCV, documentation, Camera calibration and 3D reconstruction, https://docs.opencv.org/2.4/modules/calib3d/doc/camera_calibration_and_3d_reconstruction.html
- 4 Kenneth Jiang, Calibrate fisheye lens using OpenCV, <https://medium.com/@kennethjiang/calibrate-fisheye-lens-using-opencv-333b05afa0b0>