E. E. Experiment (computer vision)

조현종 201410935 담당교수 김원준

2019 09 30

1 Abstract

앞서 사용한 HOG weight과 Harris edge detecting을 사용하여, 두 이미지의 엣지를 비교하고 가장 비슷한 엣지를 선으로 잇는 프로그램을 작성한다. 이미지에 Harris edge detecting을 적용하여 엣지를 확인한뒤, 두 이미지의 엣지의 HOG weight을 비교하는 방식으로 구현한다.

2 Experiment

2.1 Source code

소스파일은 헤더 파일과 메인 파일로 나눠, 간단한 메인소스를 두고, 헤더에서 함수와 그와 관련된 상수를 정의 하였다.

2.1.1 main.cpp

```cpp
#include <opencv2/imgproc.hpp>
#include <opencv2/highgui.hpp>
#include <math.h>
#include <iostream>
#include <stdlib.h>

//header
#include "visionFunctions.hpp"


int main() {
    //open img
    int height, width;

    //calc vision weight of ref Img.
    Mat refImg = imread("ref.bmp", cv::IMREAD_COLOR);
    height = refImg.rows;
    width = refImg.cols;
    pixel * visionWeightRef = setVision(refImg);

    //calc vision weight of compare Img.
    Mat compImg = imread("tarShift_1.bmp", cv::IMREAD_COLOR);
    height = compImg.rows;
    width = compImg.cols;
    pixel * visionWeightComp = setVision(compImg);

    findSameEdge(refImg, compImg, visionWeightRef, visionWeightComp);
    waitKey(5000);
}
```

2.1.2 visionFunction.hpp

```cpp
#pragma once
#pragma warning(disable : 4996)
```

```
3   //define for debug
4   #define DEBUG_
5   //if define SVAEIMG, all filtered IMG be save
6   #define SAVEIMG
7
8   #define EXPENDEDGE 0 //TODO
9   #define ZEROPADDING 1//TODO
10  #define CHANNEL 3 //RGB
11
12  using namespace cv;
13
14
15  //-----------------------------------------------------------------
16  //define constant
17
18
19  //Gradiant filter size
20  //TODO
21  #define FILTER_H 3
22  #define FILTER_W 3
23
24  //gaussian filter
25  #define SIGMA_GAU 1
26  #define FILTER_GAU_SIZE 3
27
28
29  #define HOG_SIZE 17
30
31  //Harris edge detect
32  //edge detect Windowsize
33  #define WINDOW_SIZE 5
34  //edge detect THRESHOLD 0~1024
35  #define THRESHOLD 100
36  float CONT_k = 0.04;
37
38  //JUST PI
39  #define PI 3.1415
40  //count variable for filesave
41  int count = 0;
42
43  //-----------------------------------------------------------
44  //struct definition
45  struct pixel {
46      //gradiant y
47      float H;
48      //gradiant x
49      float W;
50      //raw edge weight or true/false
51      float edge;
52      //0 <= x < 180
53      float phase;
54          //0 to 255
55      float magnitude;
56      float hog[9];
57  } typedef pixel;
58
59  //gradient filter definition
60  int filterX[9] = {
61      -1, -1, -1,
62      0,  0,  0,
63      1,  1,  1
64  };
65  int filterY[9] = {
66      -1, 0, 1,
67      -1, 0, 1,
68      -1, 0, 1
69  };
70
71  //-------------------------------------------------------------------------
72  //vision functions
73  void harris(pixel * output, int height, int width);
74  void gaussian(Mat * inoutImg, int sigma, int sizeFilter);
75  void pointCircling(Mat * inoutImg, int y, int x, int sizeRadius, uchar b, uchar g, uchar r);
76  void calcGredient(Mat * inputImg, pixel * output);
77  void hog(pixel * output, int y, int x, int tilesize, int height, int width);
78  pixel * setVision(Mat origImg);
79  void findSameEdge(Mat refImg, Mat compImg, pixel * visionRef, pixel * visionComp);
80  int expendEdge(int x, int max);
81
82
83  int expendEdge(int x, int max) {
84          if (x < 0) {
85                  x = 0;
86          }
```

```
87          else if (x >= max) {
88                  x = max - 1;
89          }
90          return x;
91  }
92
93
94  //vision main function
95  pixel * setVision(Mat origImg) {
96          std::cout << "set #"<< count<<" photo vision weight" <<std::endl;
97          int height = origImg.rows;
98          int width = origImg.cols;
99          pixel * output = (pixel*)calloc(height * width, sizeof(pixel));
100
101         //define iteration variable
102         int i, j, h, w;
103
104         Mat origImgGray = Mat::zeros(height, width, CV_8UC1);
105
106         //low pass filter
107         std::cout << "- lowpass filtering" << std::endl;
108         gaussian(&origImg, SIGMA_GAU, FILTER_GAU_SIZE);
109
110         //conv. color to gray
111         for (i = 0; i < height; i++) {
112                 //X
113                 for (j = 0; j < width; j++) {
114                         origImgGray.at<uchar>(i, j) = (origImg.at<Vec3b>(i, j)[0] + origImg.at<Vec3b>(i,
                                ↪  j)[1] + origImg.at<Vec3b>(i, j)[2]) / 3;
115                 }
116         }
117
118         //gradiant
119         std::cout << "- calculate gredient and phase" << std::endl;
120         calcGredient(&origImgGray, output);
121
122         //harris edge detect
123         std::cout << "- harris edge detecting" << std::endl;
124         harris(output, height, width);
125
126         //get edge's HOG weight
127         std::cout << "- calculate HOG weight" << std::endl;
128         for (i = 0; i < height; i++) {
129                 for (j = 0; j < width; j++) {
130                         if (output[i * width + j].edge > 0) {
131                                 hog(output, i, j, HOG_SIZE, height, width);
132                         }
133                 }
134         }
135
136         std::cout << "- edge circling" << std::endl;
137         int a = 0;
138         for (i = 0; i < height; i++) {
139                 for (j = 0; j < width; j++) {
140                         if (output[i * width + j].edge > 0) {
141                                 pointCircling(&origImg, i, j, 2, 0, 255, 255);
142                         }
143                 }
144         }
145         count++;
146         return output;
147 }
148
149
150 void findSameEdge(Mat refImg, Mat compImg, pixel * visionRef, pixel * visionComp) {
151         std::cout << "Detect same edge" << std::endl;
152
153         Mat concatImg;
154         hconcat(refImg, compImg, concatImg);
155
156         int height = refImg.rows;
157         int width = refImg.cols;
158         float min = INT_MAX;
159
160         //define iteration variable
161         int refi, refj, compi, compj, k;
162         int compx = 0, compy = 0;
163         float subWeight = 0;
164
165         for (refi = 0; refi < height; refi++) {
166                 for (refj = 0; refj < width; refj++) {
167                         if (visionRef[refi * width + refj].edge > 0) {
168                                 for (compi = 0; compi < height; compi++) {
169                                         for (compj = 0; compj < width; compj++) {
```

```
                                                if (visionComp[compi * width + compj].edge > 0) {
                                                        for (k = 0; k < 9; k++) {
                                                                subWeight += fabs(visionRef[refi * width +
                                                                ↪  refj].hog[k] -
                                                                        visionComp[compi * width +
                                                                        ↪  compj].hog[k]);
                                                        }
                                                        if (min > subWeight) {
                                                                min = subWeight;
                                                                compx = compj;
                                                                compy = compi;
                                                        }
                                                        subWeight = 0;
                                                }

                                        }
                                }
                                line(concatImg, Point(refj, refi), Point(compx + width, compy), Scalar(255,
                                ↪  0, 0), 2, 9, 0);

                                min = INT_MAX;
                        }
                }
        }
        //line(concatImg, Point(52, 52), Point(264, 23), Scalar(255, 0, 0), 2, 9, 0);

        imshow("concat", concatImg);
#ifdef SAVEIMG
        imwrite("R_sameEdge" + std::to_string(count) + ".bmp", concatImg);
#endif //SAVEIMG

        waitKey(5000);
}

//input grayscale Img and pixel struct's pointer(size must be same to input img)
//each pixel's gredient, quantized radian and normalized magnitude(0 to 255) will be save at pixel struct
void calcGredient(Mat * inputImg, pixel* output) {
        int height = inputImg->rows;
        int width = inputImg->cols;

        int max = INT_MIN + 1, min = INT_MAX;
        int i, j, h, w;

        for (i = 0; i < height; i++) {
                for (j = 0; j < width; j++) {

                        //convolution calculation
                        for (h = 0; h < FILTER_H; h++) {
                                for (w = 0; w < FILTER_W; w++) {
                                        //countinue when outbound
                                        //if ((i - 1 + h < 0) || (i - 1 + h >= height)) continue;
                                        //if ((j - 1 + w < 0) || (j - 1 + w >= width)) continue;

                                        //calc MAC gradient filter
                                        //output[i * width + j].W += (inputImg->at<uchar>(i - 1 + h, j - 1
                                        ↪  + w)) * (filterX[h * FILTER_W + w]);
                                        //output[i * width + j].H += (inputImg->at<uchar>(i - 1 + h, j - 1
                                        ↪  + w)) * (filterY[h * FILTER_W + w]);
                                        output[i * width + j].W += (inputImg->at<uchar>(expendEdge(i - 1 +
                                        ↪  h, height), expendEdge(j - 1 + w, width))) * (filterX[h *
                                        ↪  FILTER_W + w]);
                                        output[i * width + j].H += (inputImg->at<uchar>(expendEdge(i - 1 +
                                        ↪  h, height), expendEdge(j - 1 + w, width))) * (filterY[h *
                                        ↪  FILTER_W + w]);
                                }
                        }

                        //conv radian to degree 0 ~ 179
                        output[i * width + j].phase = 180 * (atan2(output[i * width + j].H, output[i *
                        ↪  width + j].W) / PI);
                        if (output[i * width + j].phase < 0) {
                                output[i * width + j].phase = output[i * width + j].phase + 180;
                        }
                        if (output[i * width + j].phase >= 180) {
                                output[i * width + j].phase = 0;
                        }

                        //calc magnitude
                        output[i * width + j].magnitude = sqrt(pow(output[i * width + j].W, 2) +
                        ↪  pow(output[i * width + j].H, 2));

                        //set max, min for normalize
```

```
241                         max = __max(output[i * width + j].magnitude, max);
242                         min = __min(output[i * width + j].magnitude, min);
243                 }
244         }
245
246         //magnitude normalize
247         for (i = 0; i < height; i++) {
248                 for (j = 0; j < width; j++) {
249                         output[i * width + j].magnitude = 255 * (output[i * width + j].magnitude - min) /
                                ↪  (max - min);
250                         //outputImg.at<uchar>(i, j) = output[i * width + j].magnitude;
251                 }
252         }
253 }
254
255
256 void hog(pixel* output, int y, int x, int tilesize, int height, int width) {
257         int tileW, tileH, blkI, blkJ, sumBlk = 0;
258         tileW = tileH = tilesize;
259         int i, j, h, w;
260         int startX = x - (int)(tileW / 2), startY = y - (int)(tileH / 2);
261         float quantPhase = 0 , phaseWeight = 0;
262
263         for (h = 0; h < tileH; h++) {
264                 for (w = 0; w < tileW; w++) {
265                         //countinue when outbound
266                         if ((h + startY < 0) || (h + startY >= height)) continue;
267                         if ((w + startX < 0) || (w + startX >= width)) continue;
268                         //calc hog weight
269                         quantPhase = output[(h + startY) * width + (w + startX)].phase / 20;
270                         phaseWeight = quantPhase - (int)quantPhase;
271                         output[y * width + x].hog[(int)quantPhase] +=
272                                 (1 - phaseWeight) * output[(h + startY) * width + (w + startX)].magnitude;
273                         output[y * width + x].hog[(int)(quantPhase + 1 >= 9 ? 0 : quantPhase + 1)] +=
274                                 (phaseWeight) * output[(h + startY) * width + (w + startX)].magnitude;
275                 }
276         }
277
278         //sum of all block pixel's magnitude
279         for (int k = 0; k < 9; k++) {
280                 sumBlk += pow(output[y * width + x].hog[k], 2) + 0.000001;
281         }
282
283         //L-2 normalize weight
284         for (int k = 0; k < 9; k++) {
285                 output[y * width + x].hog[k] = output[y * width + x].hog[k] / sqrt(sumBlk);
286         }
287 }
288
289 //size of filter must odd number
290 void gaussian(Mat * inoutImg, int sigma, int sizeFilter) {
291         //iteration definition
292         int i, j, h, w;
293
294         int filterHalf = (int)(sizeFilter / 2);
295         int height = inoutImg->rows;
296         int width = inoutImg->cols;
297
298         float* gaussianFilter = (float*)calloc(sizeFilter * sizeFilter, sizeof(float));
299         float sum = 0;
300         Mat tmp = Mat::zeros(height, width, CV_8UC3);
301
302         for (h = 0; h < sizeFilter; h++) {
303                 for (w = 0; w < sizeFilter; w++) {
304                         gaussianFilter[h * sizeFilter + w] = pow(h - filterHalf, 2) + pow(w - filterHalf,
                                ↪  2);
305                         gaussianFilter[h * sizeFilter + w] = (1 / (pow(sigma, 2) * 2 * PI)) * exp((-1) *
                                ↪  (gaussianFilter[h * sizeFilter + w] / (2 * sigma * sigma)));
306                         sum += gaussianFilter[h * sizeFilter + w];
307
308                 }
309         }
310
311         sum = 1 / sum;
312
313         for (i = 0; i < height; i++) {
314                 for (j = 0; j < width; j++) {
315                         //convolution calculation
316                         for (h = 0; h < sizeFilter; h++) {
317                                 for (w = 0; w < sizeFilter; w++) {
318                                         //countinue when outbound
319                                         if ((i - filterHalf + h < 0) || (i - filterHalf + h >= height))
                                                ↪  continue;
```

```
320                                     if ((j - filterHalf + w < 0) || (j - filterHalf + w >= width))
                                        ↪  continue;
321                                     //calc MAC gaussian filter and normalize
322                                     tmp.at<Vec3b>(i * width + j)[0] += (float)(inoutImg->at<Vec3b>(i -
                                        ↪  filterHalf + h, j - filterHalf + w)[0]) * sum *
                                        ↪  (gaussianFilter[h * sizeFilter + w]);
323                                     tmp.at<Vec3b>(i * width + j)[1] += (float)(inoutImg->at<Vec3b>(i -
                                        ↪  filterHalf + h, j - filterHalf + w)[1]) * sum *
                                        ↪  (gaussianFilter[h * sizeFilter + w]);
324                                     tmp.at<Vec3b>(i * width + j)[2] += (float)(inoutImg->at<Vec3b>(i -
                                        ↪  filterHalf + h, j - filterHalf + w)[2]) * sum *
                                        ↪  (gaussianFilter[h * sizeFilter + w]);
325                                 }
326                             }
327                     }
328             }
329
330             for (i = 0; i < height; i++) {
331                     for (j = 0; j < width; j++) {
332                             inoutImg->at<Vec3b>(i, j)[0] = tmp.at<Vec3b>(i * width + j)[0];
333                             inoutImg->at<Vec3b>(i, j)[1] = tmp.at<Vec3b>(i * width + j)[1];
334                             inoutImg->at<Vec3b>(i, j)[2] = tmp.at<Vec3b>(i * width + j)[2];
335                     }
336             }
337
338     #ifdef SAVEIMG
339             imwrite("R_gaussian"+std::to_string(count)+".bmp", *inoutImg);
340     #endif //SAVEIMG
341     }
342
343     //input Img and x, y then thet pixel will be circled
344     void pointCircling(Mat * inoutImg, int y, int x, int sizeRadius, uchar b, uchar g, uchar r) {
345             Scalar c;
346             Point pCenter;
347             pCenter.x = x;
348             pCenter.y = y;
349             c.val[0] = b;
350             c.val[1] = g;
351             c.val[2] = r;
352             circle(*inoutImg, pCenter, sizeRadius, c, 2, 8, 0);
353     #ifdef SAVEIMG
354             imwrite("R_edgeCircled" + std::to_string(count) + ".bmp", *inoutImg);
355     #endif //SAVEIMG
356     }
357
358     //input pixel struct then edge detect from it's gredient
359     void harris(pixel* output, int height, int width) {
360             int i, j, h, w;
361             float max = INT_MIN;
362             float det = 0, tr = 0;
363             float MatA = 0, MatB = 0, MatC = 0, MatD = 0;
364             int convHalf = (int)(WINDOW_SIZE / 2);
365             for (i = 0; i < height; i++) {
366                     //X
367                     for (j = 0; j < width; j++) {
368                             //convolution calculation
369                             for (h = 0; h < WINDOW_SIZE; h++) {
370                                     for (w = 0; w < WINDOW_SIZE; w++) {
371                                             //countinue when outbound
372                                             if ((i - convHalf + h < 0) || (i - convHalf + h >= height))
                                                ↪  continue;
373                                             if ((j - convHalf + w < 0) || (j - convHalf + w >= width))
                                                ↪  continue;
374                                             //calc matrix
375                                             MatA += pow(output[(i - convHalf + h) * width + j - convHalf +
                                                ↪  w].W, 2);
376                                             MatB += output[(i - convHalf + h) * width + j - convHalf + w].W *
                                                ↪  output[(i - convHalf + h) * width + j - convHalf + w].H;
377                                             MatD += pow(output[(i - convHalf + h) * width + j - convHalf +
                                                ↪  w].H, 2);
378                                     }
379                             }
380                             det = MatA * MatD - pow(MatB, 2);
381                             tr = (MatA + MatD) * (MatA + MatD) * CONT_k;
382
383                             //raw data
384                             output[i * width + j].edge = det - tr;
385
386                             max = __max(max, (det - tr));
387                             //reset
388                             MatA = MatB = MatC = MatD = 0;
389                     }
390             }
```

(a) Reference (b) Target (c) Result

Figure 1: 주어진 이미지에 대한 edge detecting

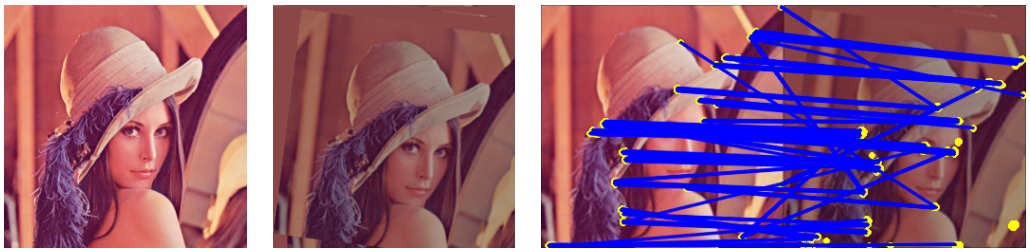
(a) Reference (b) Target (shifted) (c) Result

Figure 2: 쉬프트된 이미지에 대한 edge detecting

```
391         for (i = 0; i < height; i++) {
392                 //X
393                 for (j = 0; j < width; j++) {
394 #ifdef DEBUG
395                         if (output[i * width + j].edge > 0)
396                                 std::cout << output[i * width + j].edge;
397 #endif // DEBUG
398                         //normalize -255 to 254
399                         output[i * width + j].edge = 1024 * (output[i * width + j].edge / max);
400 #ifdef DEBUG
401                         if (output[i * width + j].edge > 0)
402                                 std::cout << output[i * width + j].edge << std::endl;
403 #endif // DEBUG
404                         //edge weight to bool
405                         if (THRESHOLD < output[i * width + j].edge) {
406                                 output[i * width + j].edge = 1;
407                         }
408                         else {
409                                 output[i * width + j].edge = 0;
410                         }
411                 }
412         }
413         //std::cout << max << std::endl;
414 }
```

2.2 Result

Figure 1 에서 ref. 이미지와 Target 이미지를 비교하여 보면, 이미지의 밝기가 다른것을 확인 수 있다. 이미지의 밝기는 Harris edge detecting을 적용하였을때, 민감도가 달라지는 결과를 초래한다. 이러한 경우에도 결과 이미지 Figure 1 을 보면, edge detecting되어 같은 엣지끼리 연결되는 것을 확인 할 수 있다.
또한, Figure 2, 3에서 처럼 Shift와 약간의 회전이 가해진 Target과의 비교시에도 비교적 높은 확률의 정확도를 보여주었다.



(a) Reference (b) Target (shifted) (c) Result

Figure 3: 쉬프트되고 회전된 이미지에 대한 edge detecting

3 discussion

이 과제의 경우, 소스 두개를 받아 각 소스의 웨이트를 비교하여야 한다. 기존의 main문에서 사용하는 방식으론 매우 코드가 복잡해질것이 뻔하니, setVision함수를 만들어 weight정보를 담고있는 pixel스트럭트를 반환하게 하였다. 또한 함수들과 상수들을 모두 헤더파일로 이동하였다.

기존 알고리즘에서 변경 한 부분이 있다. 먼저 Ref.와 Target 이미지는 서로 밝기 정보가 달라 Harris Edge detecting을 사용하면 같은 Threshold를 주었을때 서로 구해지는 엣지 갯수가 달라진다. 이를 해결하기 위해 Harris weight을 계산된뒤에 노말라이즈를 하였다. 결과적으로, 양쪽 모두 비슷한 엣지를 검출하게 되었다. 다만 노말라이즈를 사용하면 이미지의 밝기가 달라진경우엔 쉽게 대응할 수 있지만 대비가 달라진경우에 적절히 대응하지 못한다. 따라서 개선방법으로는 threshold를 사용자가 지정하는게 아니라 검출할 edge 갯수를 지정하고, 프로그램 내부에서 해당 갯수만큼의 edge가 나오는 threshold를 찾아내어 적용 하는 방식이 있겠다.

두번째로 HOG weight을 구하는 과정에서 기존 코드는 180도를 20도 간격으로 나누어 0 20도를 0, 20 40도를 1 하는식으로 분류하였는데, 이는 경계에 가까울수록 부정확한 결과를 초래한다. 해당 부분을 수정하여, 더 높은 정확도를 얻을수 있는 linear한 방식을 사용했다. 0에서 8까지로 양자화 하는것은 같지만, 구간이 아닌 0, 20, 40 등의 경계선을 양자화하고 경계선에 가까운 정도를 두어 양쪽 경계선에 영향을 주도록했다. 예를 들어 30도라면 20도와 40도의 절반이므로 HOG weight을 구할때 $0.5 \times magnitude$를 1번과 2번 차원에 넣는다. 이는 회전된 이미지를 감지하는데 더 높은 정확도를 지닌다.

결과적으로 약하게 회전된 두 이미지 간의 edge를 확인하고 서로 같은엣지를 확인하는데 매우 높은 정확도를 얻어내었다.