Universidad Católica San Pablo

CONCYTEC

Unique Signatures of Histograms for Local Surface Description

ESTUDIANTE DE MAESTRÍA
ALEJANDRA CALLO - JOSE JAITA

¿Qué es un descriptor?

Un descriptor extrae información geométrica de un objeto 3D, es decir una nube de puntos

Shot

Es un algoritmo hibrido que combina los histogramas con las firmas para la mejor extracción de datos, accediendo al color y su forma tridimensional,

Recolecta información de varios histogramas alrededor imitando el comportamiento de los métodos por firma. Para la firma se usa una malla esférica Almacenando los valores radiales y la elevaciones en los ejes.

Compilar

Requerimientos:

- VTK
- CMAKE

Modifica

```
vtkPolyData * pd = vtkPolyData :: New ( ) ;
someAlgorithm - > SetInputConnection ( pd - > GetProducerPort ( ) ) ;
```

Esto puede ser reemplazado por:

```
vtkPolyData * pd = vtkPolyData :: New ( ) ;
someAlgorithm - > SetInputData ( pd ) ;
```

Entrada

La entrada es un archivo en formato .PLY que sirve para almacenar objetos gráficos que se describen como una colección de polígonos. El formato de archivo tiene dos subformatos:
una representación ASCII y una versión binaria.

Función de covarianza

Según los trabajos de Hoppe y Mitra se presenta una matriz de covarianza basada en la descomposición de los autovalores, de los k-vecinos mas cercanos al punto Pi

$$\mathbf{M} = \frac{1}{k}\sum_{i=0}^{k}(\mathbf{p}_i - \hat{\mathbf{p}})(\mathbf{p}_i - \hat{\mathbf{p}})^T, \quad \hat{\mathbf{p}} = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k}\mathbf{p}_i \ .$$

Se modifica para que a los puntos mas lejanos tengan pesos pequeños, a fin de aumentar la repetibilidad para mejorar la solidez al ruido manteniendo el Radio (R) que se utilizan para calcular el descriptor. Reemplazando el centro con el punto de característica P

$$\mathbf{M} = \frac{1}{\sum_{i:d_i \le R}(R-d_i)}\sum_{i:d_i \le R}(R-d_i)(\mathbf{p}_i - \mathbf{p})(\mathbf{p}_i - \mathbf{p})^T$$

```
void getSHOTLocalRF(vtkPolyData *cloud, vtkIdList *NNpoints, double radius, int index, float *rfc)
{
    double originDouble[3];
    cloud->GetPoint(index, originDouble);

    int nNeighbours = NNpoints->GetNumberOfIds();

    //double V_Vt[9];
    double* currPoint;
    double* vij = new double[nNeighbours * 3];
    double *covM[3];

    // Initialize covariance matrix
    covM[0] = new double[3];
    covM[1] = new double[3];
    covM[2] = new double[3];
    memset(covM[0], 0.0, sizeof(double)*3);
    memset(covM[1], 0.0, sizeof(double)*3);
    memset(covM[2], 0.0, sizeof(double)*3);

    memset(covM[0], 0, sizeof(double)*3);
    memset(covM[1], 0, sizeof(double)*3);
    memset(covM[2], 0, sizeof(double)*3);

    double distance = 0.0;
    double sum = 0.0;

    int validNNpoints = 0;
```

Inicializa la matriz

```
for(int ne = 0; ne < nNeighbours; ne++)
{


    if(NNpoints->GetId(ne) != index) { // perchè il KdTree restituisce anche il punto origine

        currPoint = cloud->GetPoint(NNpoints->GetId(ne));

        // Difference between current point and origin
        vij[validNNpoints*3 + 0] = currPoint[0] - originDouble[0];
        vij[validNNpoints*3 + 1] = currPoint[1] - originDouble[1];
        vij[validNNpoints*3 + 2] = currPoint[2] - originDouble[2];

        distance = radius - sqrt(vij[validNNpoints*3 + 0]*vij[validNNpoints*3 + 0]
                                 + vij[validNNpoints*3 + 1]*vij[validNNpoints*3 + 1] + vij[validNNpoints*3 + 2]*vij[validNNpoints*3 + 2]);

        // Multiply vij * vij'
        covM[0][0] += distance * vij[validNNpoints*3] * vij[validNNpoints*3];
        covM[1][1] += distance * vij[validNNpoints*3+1] * vij[validNNpoints*3+1];
        covM[2][2] += distance * vij[validNNpoints*3+2] * vij[validNNpoints*3+2];

        double temp = distance * vij[validNNpoints*3] * vij[validNNpoints*3+1];
        covM[0][1] += temp;
        covM[1][0] += temp;
        temp = distance * vij[validNNpoints*3] * vij[validNNpoints*3+2];
        covM[0][2] += temp;
        covM[2][0] += temp;
        temp = distance * vij[validNNpoints*3+1] * vij[validNNpoints*3+2];
        covM[1][2] += temp;
        covM[2][1] += temp;

        sum += distance;
        validNNpoints++;

    }
```

Diferencia entre el punto actual y origen

Distancia = Radio – Distancia Euclidea

Multiplica Vij * Vij’

```
covM[0][0] /= sum;  covM[0][1] /= sum;
covM[0][2] /= sum;  covM[1][0] /= sum;
covM[1][1] /= sum;  covM[1][2] /= sum;

covM[2][0] /= sum;  covM[2][1] /= sum;
covM[2][2] /= sum;

double eval[3];
double *evect[3];
evect[0] = new double[3];
evect[1] = new double[3];
evect[2] = new double[3];

// Diagonalization (eval = eigenvalues, evect = eigenvector)
// - Eigenvalues and eigenvectors are sorted in decreasing order
// - Eigenvectors are already normalized
int resJ = vtkMath::Jacobi(covM, eval, evect);

int plusNormal = 0, plusTangentDirection1=0;

for(int ne = 0; ne < validNNpoints; ne++)
{
    double dotProduct = vij[ne*3]*evect[0][0] + vij[ne*3 + 1]*evect[1][0] + vij[ne*3 + 2]*evect[2][0];
    if (dotProduct >= 0)
    {
        plusTangentDirection1++;
    }
    dotProduct = vij[ne*3]*evect[0][2] + vij[ne*3 + 1]*evect[1][2] + vij[ne*3 + 2]*evect[2][2];
    if (dotProduct >= 0)
    {
        plusNormal++;
    }
}
```

Se halla Autovalores y Autovectores

Ordena y Normaliza

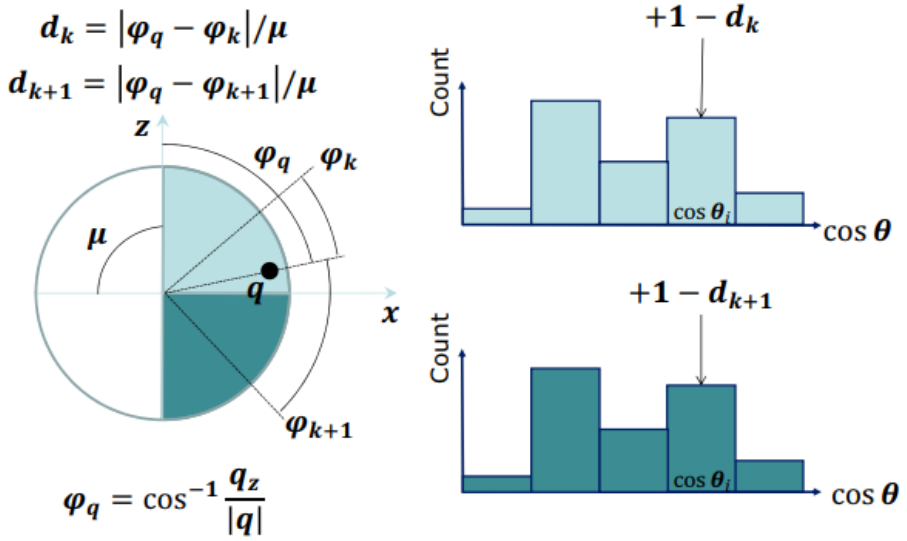
Se halla Tangentes

Producto Punto

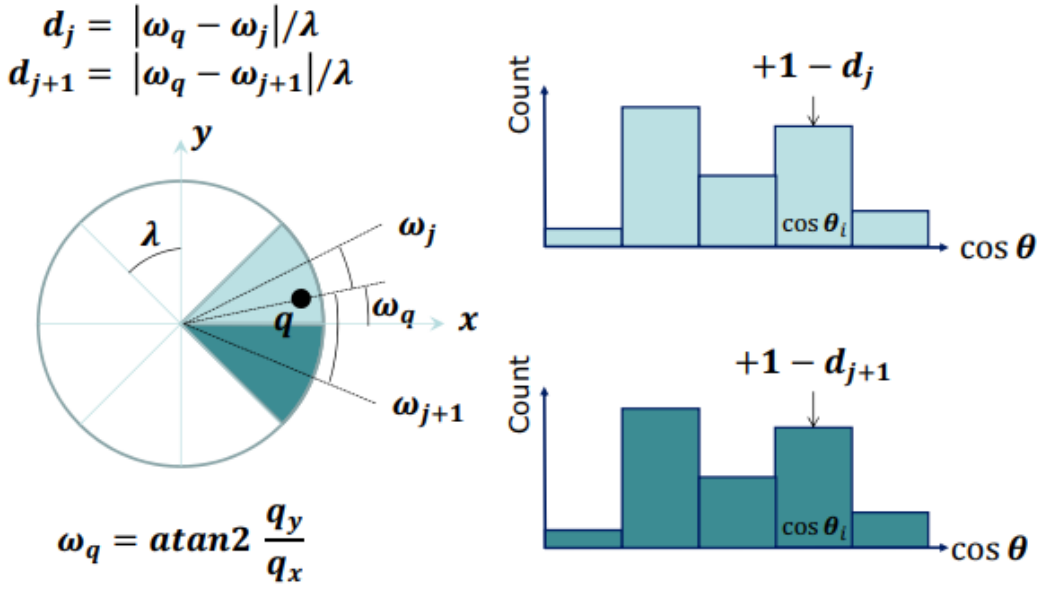
Si (color)

RGB->CIELAB

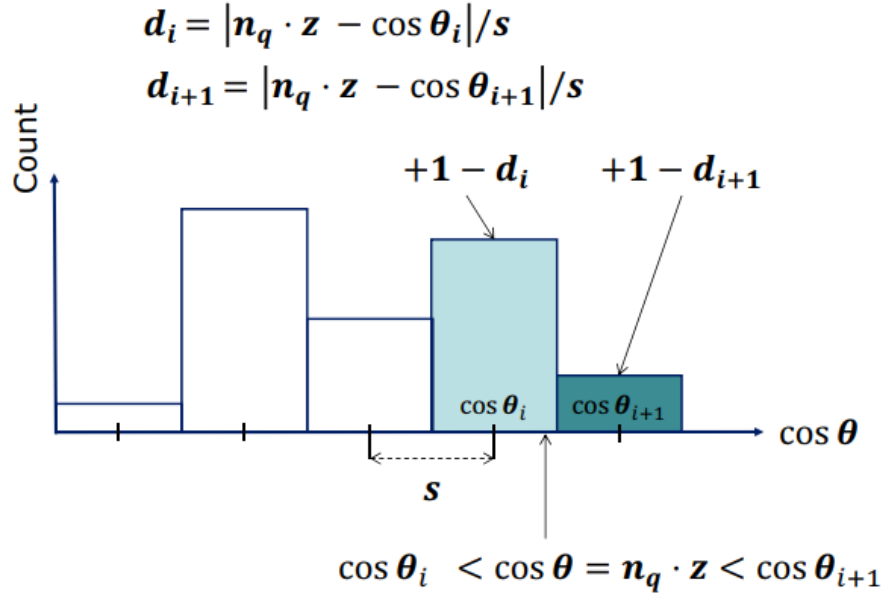
Interpolación de Canales



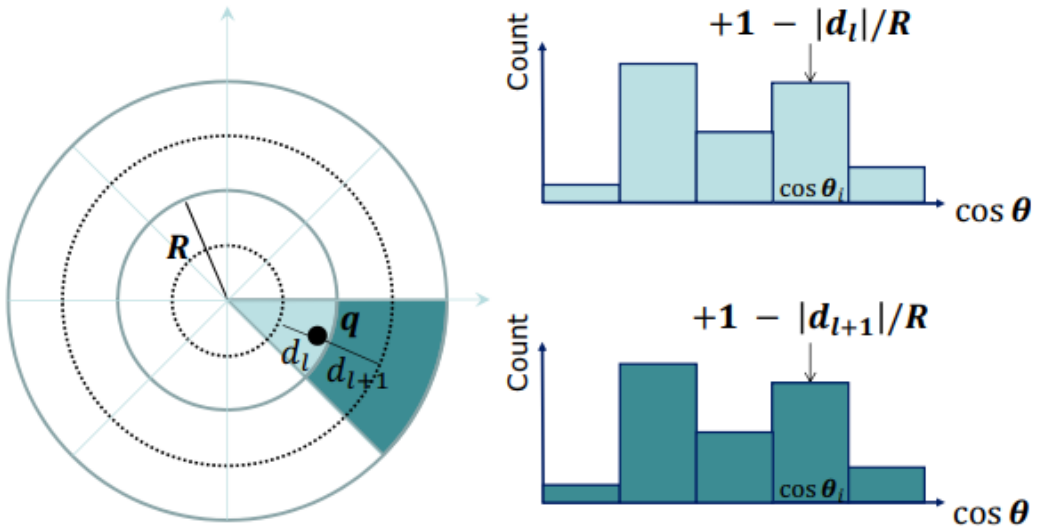
(c) Interpolation on elevation



(b) Interpolation on azimuth



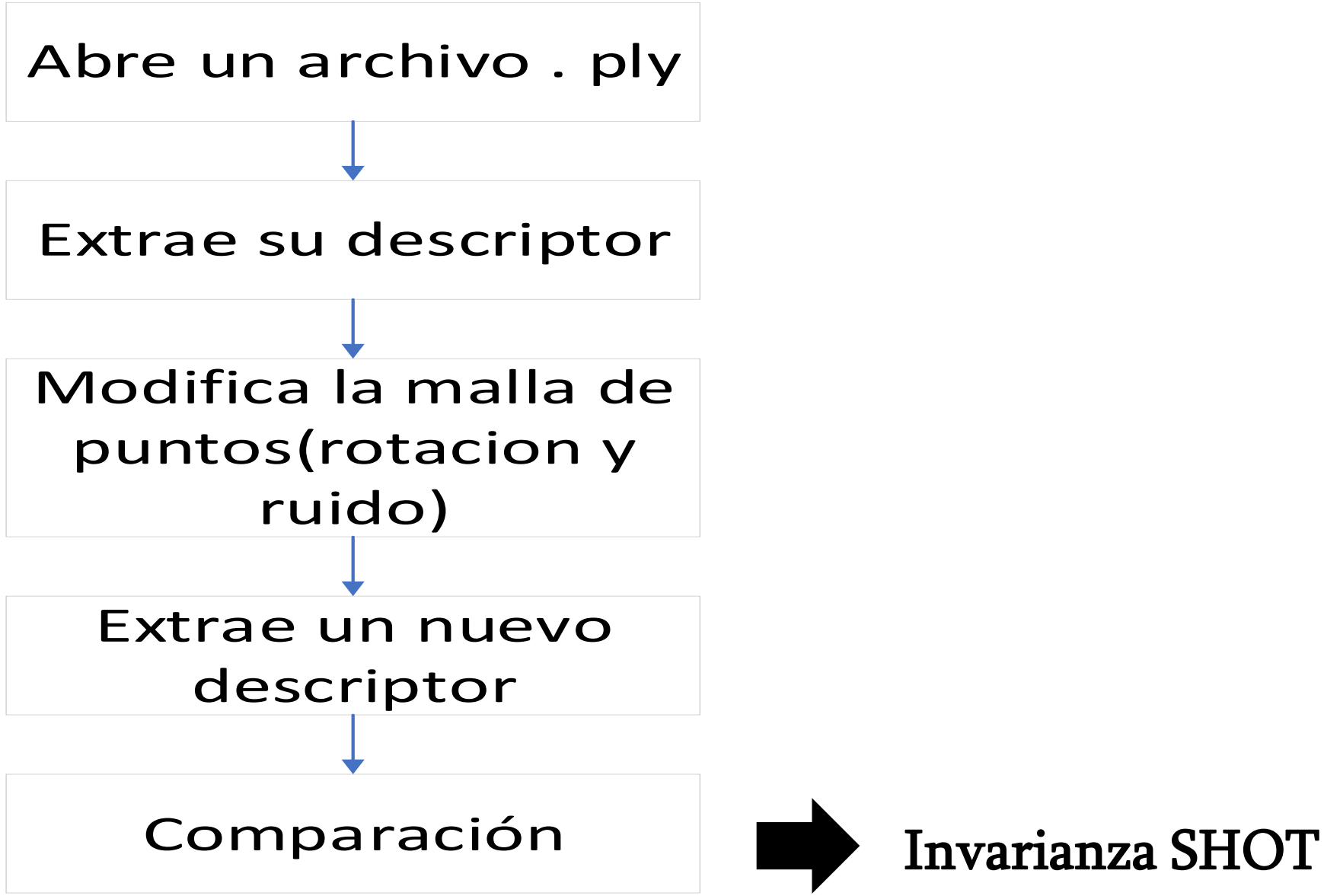
(a) Interpolation on normal cosines



(d) Interpolation on distance

La Función cuadrilineal logra robustez a las variaciones de densidad, normaliza el conjunto descriptor para tener la norma euclidiana igual a 1.

void SHOTDescriptor::interpolateDoubleChannel


Abre un archivo . ply
Extrae su descriptor
Modifica la malla de puntos(rotacion y ruido)
Extrae un nuevo descriptor
Comparación
Invarianza SHOT

$$L = 116 f_y - 16$$

$$a = 500(f_x - f_y)$$

$$b = 200(f_y - f_z)$$

where

$$f_x = \begin{cases} \sqrt[3]{x_r} & \text{if } x_r > \epsilon \\ \frac{\kappa x_r + 16}{116} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$f_y = \begin{cases} \sqrt[3]{y_r} & \text{if } y_r > \epsilon \\ \frac{\kappa y_r + 16}{116} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$f_z = \begin{cases} \sqrt[3]{z_r} & \text{if } z_r > \epsilon \\ \frac{\kappa z_r + 16}{116} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$x_r = \frac{X}{X_r}$$

$$y_r = \frac{Y}{Y_r}$$

$$z_r = \frac{Z}{Z_r}$$

$$\epsilon = \begin{cases} 0.008856 & \text{Actual CIE standard} \\ 216/24389 & \text{Intent of the CIE standard} \end{cases}$$

$$\kappa = \begin{cases} 903.3 & \text{Actual CIE standard} \\ 24389/27 & \text{Intent of the CIE standard} \end{cases}$$

```
void SHOTDescriptor::RGB2CIELAB(unsigned char R, unsigned char G, unsigned char B, float &L, float &A, floa

    if (sRGB_LUT[0] < 0 )
    {
        for (int i = 0; i < 256; i++)
        {
            float f = i / 255.0f;
            if (f > 0.04045)
                sRGB_LUT[i] = (float) pow((f + 0.055) / 1.055, 2.4);
            else
                sRGB_LUT[i] = f / 12.92;
        }

        for (int i = 0; i < 4000; i++)
        {
            float f = i / 4000.0f;
            if (f > 0.008856)
                sXYZ_LUT[i] = pow(f, (float)0.3333);
            else
                sXYZ_LUT[i] = (7.787 * f) + (16.0 / 116.0);
        }
    }

    float fr = sRGB_LUT[R];
    float fg = sRGB_LUT[G];
    float fb = sRGB_LUT[B];
```

```
// Use white = D65
const float x = fr * 0.412453 + fg * 0.35758
const float y = fr * 0.212671 + fg * 0.71516
const float z = fr * 0.019334 + fg * 0.11919

float vx = x / 0.95047;
float vy = y;
float vz = z / 1.08883;

//printf("vx:%f vy:%f vz:%f\n", vx, vy, vz);

vx = sXYZ_LUT[int(vx*4000)];
vy = sXYZ_LUT[int(vy*4000)];
vz = sXYZ_LUT[int(vz*4000)];


L = 116.0 * vy - 16.0;
if(L>100)
    L=100;

A = 500.0 * (vx - vy);
if(A>120)
    A=120;
else if (A<-120)
    A=-120;

B2 = 200.0 * (vy - vz);
if(B2>120)
    B2=120;
else if (B2<-120)
    B2=-120;
```

```
void SHOTDescriptor::interpolateSingleChannel(vtkPolyData* cloud, vtkIdList* NNpoints, const std::vector<double>
{

    for (int i_idx = 0; i_idx < NNpoints->GetNumberOfIds(); ++i_idx)
    {
        double point[3];
        cloud->GetPoint(NNpoints->GetId(i_idx), point);

        double distance = sqrt(distances[i_idx]); //sqrt(distance_sqr);

        float delta[3] = { point[0] - centralPoint[0], point[1]- centralPoint[1], point[2] - centralPoint[2]};

        // Compute the Euclidean norm
        if (areEquals(distance, 0.0))
            continue;

        double xInFeatRef = (delta[0] * rf[0] + delta[1] * rf[1] + delta[2] * rf[2]);
        double yInFeatRef = (delta[0] * rf[3] + delta[1] * rf[4] + delta[2] * rf[5]);
        double zInFeatRef = (delta[0] * rf[6] + delta[1] * rf[7] + delta[2] * rf[8]);
```

Se accede a los puntos

Se calcula la distancia entre ellos

Calcula la norma Euclideana

```
        //Interpolation on the cosine (adjacent bins in the histogram)
        binDistance[i_idx] -= step_index;
        double intWeight = (1- std::abs(binDistance[i_idx]));

        //19.9.17: (nr_bins + 1) used instead of nr_bins
        if( binDistance[i_idx] > 0)
            shot[ volume_index + ((step_index+1) % (nr_bins + 1) )] += binDistance[i_idx];
        else
            shot[ volume_index + ((step_index + nr_bins ) % (nr_bins + 1) )] += -binDistance[i_idx];
```

Para cada histograma local
Se coloca cada punto en un bin

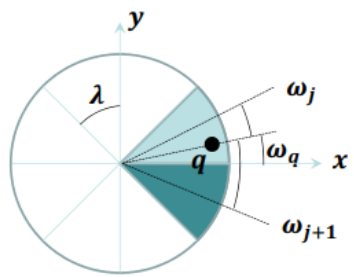
// contenedores no están espaciados
para analizar la interpolación con
sus vecinos

```
//Interpolation on the azimuth (adjacent horizontal volumes)
double azimuth = atan2( yInFeatRef, xInFeatRef );

int sel = desc_index >> 2;
double angularSectorSpan = DEG_45_TO_RAD;
double angularSectorStart = -DEG_168_TO_RAD;

double azimuthDistance = (azimuth - (angularSectorStart + angularSectorSpan*sel)) / angularSectorSpan;

azimuthDistance = std::max(-0.5, std::min(azimuthDistance, 0.5));

assert((azimuthDistance < 0.5 || areEquals(azimuthDistance, 0.5)) && (azimuthDistance > -0.5 || areEquals(azimuthDistance, -0.5)));

if(azimuthDistance > 0){
    intWeight += 1 - azimuthDistance;
    int interp_index = (desc_index + 4) % m_maxAngularSectors;
    assert( interp_index * (nr_bins+1) + step_index >= 0 && interp_index * (nr_bins+1) + step_index < m_descLength);
    shot[ interp_index * (nr_bins+1) + step_index] += azimuthDistance;
}
else{
    int interp_index = (desc_index - 4 + m_maxAngularSectors) % m_maxAngularSectors;
    assert( interp_index * (nr_bins+1) + step_index >= 0 && interp_index * (nr_bins+1) + step_index < m_descLength);
    intWeight += 1 + azimuthDistance;
    shot[ interp_index * (nr_bins+1) + step_index] -= azimuthDistance;
}
```

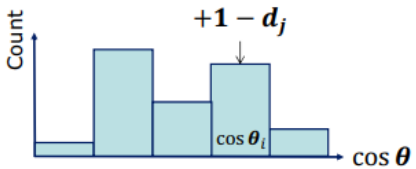
Se calcula la distancia angular hacia el centro

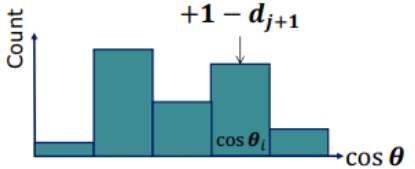
Se mide la distancia entre los bins

$$d_j = |\omega_q - \omega_j|/\lambda$$
$$d_{j+1} = |\omega_q - \omega_{j+1}|/\lambda$$



$$\omega_q = atan2\,\frac{q_y}{q_x}$$





De la manipulación

Función de rotación

Ruido Gaussiano

Estructura KdTree-> información tridimensional

Pruebas

32 volúmenes
8 divisiones azumith
2 divisiones elevación
2 divisiones radiales
Longitud es 352

De la Ejecución del Código y la Salida

- Después de abrir el archivo .ply se extrae el descriptor.
- Se modifica esta malla de puntos en su rotación o el ruido
- Se vuelve a extraer el descriptor y se compara con la entrada
- Se prueba que el método SHOT es invariante y robusto a la rotación y el ruido haciendo un match entre el descriptor de entrada y el modificado.
- La salida del código es un archivo ”shot.txt”donde se almacena la información del descriptor de salida.
- En consola se muestra la coincidencia que tienen estos puntos.

Salida

```
Match 993: 993
Match 994: 994
Match 995: 995
Match 996: 996
Match 997: 997
Match 998: 998


Described keypoints: 1000.
Correct Matches: 703 out of 715.
Matches under threshold: 285.
Recall: 0.703000, 1-Precision: 0.016783
```