
WORKSHOP 11

STEREO CAMERA : DEPTH

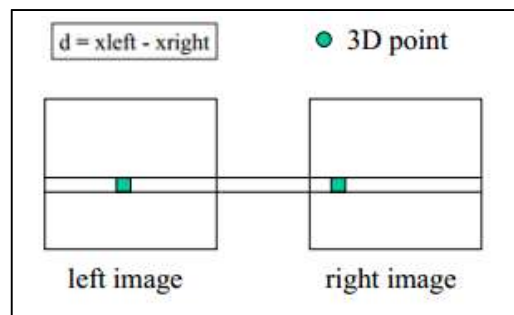
Tujuan

1. Mahasiswa dapat memahami konsep *depth* menggunakan Stereo Camera
2. Mahasiswa dapat mengaplikasikan konsep *depth* menggunakan Stereo Camera

Dasar Teori

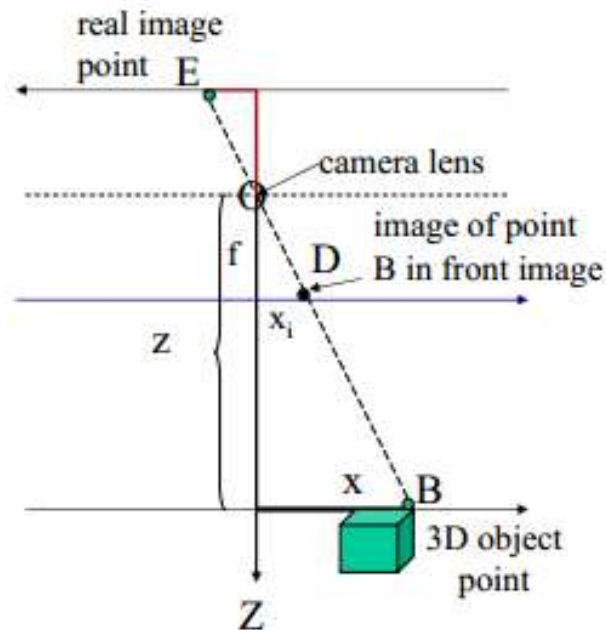
DISPARITY

Stereo kamera adalah sebuah *device* yang terdiri dari dua kamera, yaitu kamera kiri dan kanan. Sedangkan Disparity didasarkan dari perbedaan lokasi benda 3D yang sama, berdasarkan dua sudut pandang, sisi kiri dan kanan kamera. Jarak lokasi antara sudut pandang kiri dan kanan, di titik yang sama, dinamakan Disparity. Gambar 1 menjelaskan mengenai ilustrasi Disparity.



Gambar 1. Berbagai Aplikasi Penggunaan Kalibrasi Kamera

Berdasarkan Gambar 1, 'left image' didapatkan dari hasil pengambilan gambar pada sisi kiri kamera sedangkan 'right image' dari sisi kanan kamera.

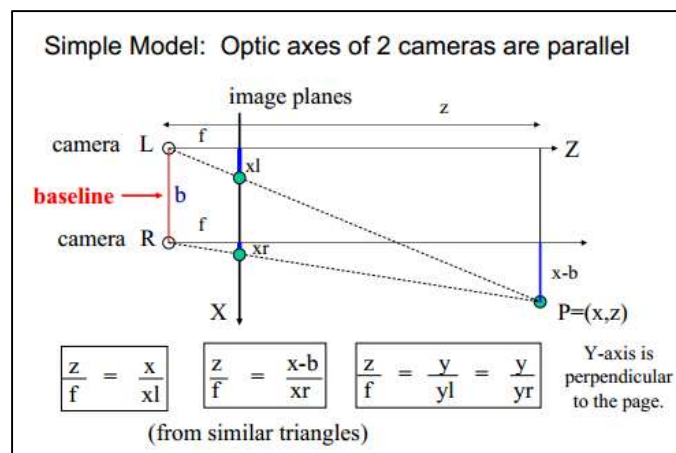


Gambar 2. Proyeksi Perspektif

Gambar 2 mendiskripsikan bagaimana sebuah lensa memproyeksikan objek 3D. Berdasarkan Gambar 2, didapatkan perbandingan segitiga yang merupakan hasil proyeksi melalui lensa kamera tunggal,

$$\frac{x_i}{f} = \frac{x}{z}$$

Sedangkan Gambar 3 merupakan proyeksi menggunakan dua kamera,



Gambar 3. Proyeksi Menggunakan 2 Kamera

Gambar 3 mengilustrasikan proyeksi di dua kamera. Dengan *baseline* adalah jarak antara kamera kanan dan kiri. Dengan menggunakan prinsip perbandingan segitiga seperti pada kasus *single camera*, didapatkan sebagai berikut,

$$\begin{aligned} z/f &= x/x_l = (x-b)/x_r \\ z/f &= (x - x + b)/(x_l - x_r) \\ z/f &= b/(x_l - x_r) \\ z/f &= b/(\text{disparity}) \\ z &= b \cdot f/(\text{disparity}) \\ z &= D \end{aligned}$$

Dengan,

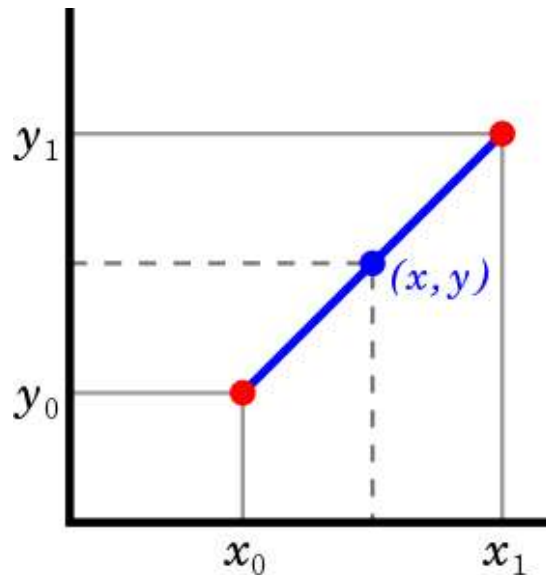
$z = \text{depth}$

$f = \text{focal length} \rightarrow \text{camera calibration}$

$x_l - x_r = \text{Disparity}$

$b = \text{base line}$

INTERPOLASI LINIER



Gambar 4. Ilustrasi Interpolasi Linier

Interpolasi linier adalah metode *curve fitting* menggunakan interpolasi linier, untuk membentuk data baru (titik biru pada Gambar 4) diantara data yang (dua titik merah pada Gambar 4) diketahui.

Jika diketahui dua titik terluar (x_0, y_0) dan (x_1, y_1) , *linear interpolant* posisinya segaris diantara dua titik tersebut jika ditarik garis lurus (x, y) . Sehingga untuk nilai x diantara (x_0, x_1) , nilai y sepanjang garis lurus tersebut adalah,

$$\frac{y - y_0}{x - x_0} = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0}$$

Nilai y dari persamaan di atas, dengan nilai x sembarang (antara x_0 dan x_1) adalah,

$$y = y_0 + (x - x_0) \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} = \frac{y_0(x_1 - x) + y_1(x - x_0)}{x_1 - x_0}$$

Pada aplikasinya, konversi Disparity ke jarak Antara objek dan kamera, digunakan pula metode interpolasi. Diketahui data Disparity dan depth (D) sebagai berikut,

No	Disparity (pixel)	D = b.f/(disparity)		Jarak_ref (cm)
1	93	256.795	min_D	60 min_ref
2	86	291.6667		70
3	79	310.8553		80
4	71	347.4265		90
5	64	375	max_D	100 max_ref

Dapat dianalisa bahwa data antara Disparity dengan *depth map* (D) linier. Maka jarak yang sebenarnya didapatkan dengan metode interpolasi linier sebagai berikut,

$$D_{real} = \frac{(\max_ref - \min_ref) * (D - \min_D)}{(\max_D - \min_D)} + \min_D$$

Misalkan $D = 347.4265$, maka didapatkan,

$$D_{real} = \frac{(100 - 60) * (347.4265 - 256.795)}{(375 - 256.795)} + 60$$

$\xrightarrow{\text{max_ref}}$
 $\xrightarrow{\text{min_ref}}$
 \xrightarrow{D}
 $\xrightarrow{\text{min_D}}$
 $\xrightarrow{\text{min_D}}$

$\xleftarrow{\text{max_D}}$
 $\xleftarrow{\text{min_D}}$

$$D_{real} = 90.66 \text{ cm}$$

Peralatan dan Bahan

1. Visual Studio (2013 *recommended*)
2. *Library* OpenCV 3.1.xx

Percobaan (1)

Siapkan objek bola tenis meja sebagai objek dan cari titik tengah nya (dalam piksel) untuk mengetahui Disparity nya,

1. Atur jarak kamera terhadap Objek sebesar 60 cm, 70 cm, ..., 150 cm dan cari *depth map* nya dari masing – masing jarak tersebut.

$$D = b \cdot f / (\text{disparity})$$

2. Hitunglah D_{real} ,

$$D_{\text{real}} = \frac{(\text{max_ref} - \text{min_ref}) \cdot (D - \text{min_D})}{(\text{max_D} - \text{min_D})} + \text{min_D}$$

3. Rangkumlah *step* 1 dan 2 berdasarkan table berikut,

No	Disparity (pixel)	$D = b \cdot f / (\text{disparity})$	Jarak_ref (cm)	D_{real} (cm)	Error
1	...	<i>Step 1</i>	60	<i>Step 2</i>	$\text{abs}(\text{Jarak_ref} - D_{\text{real}})$
2	70	...	
3	80	...	
...	
...	150	...	

4. Buatlah grafik antara D_{real} dan Jarak_ref
5. Hitunglah nilai D_{real} beserta errornya untuk jarak : 65cm, 75cm, 85cm, 105cm, 145cm, 160cm, 170cm, 180cm, 190cm, 200cm
6. Buatlah grafik antara D_{real} dan Jarak_ref pada step 5.