

Cyfrowe przetwarzanie obrazów i sygnałów

Wykład 12

AiR III

Joanna Ratajczak

KCiR (W4/K7)

Copyright © 2015 Joanna Ratajczak¹

¹Niniejszy dokument zawiera materiały do wykładu z przedmiotu Cyfrowe Przetwarzanie Obrazów i Sygnałów. Jest on udostępniony pod warunkiem wykorzystania wyłącznie do własnych, prywatnych potrzeb i może być kopiowany wyłącznie w całości, razem ze stroną tytułową.

Problem trzech wymiarów

Podstawowe zadania:

- 1 lokalizacja obiektów,
- 2 odtworzenie kształtu,
- 3 pomiar parametrów trójwymiarowych.

Przykładowe rozwiązania:

- 1 stereowizja wielokamerowa,
- 2 oświetlenie strukturalne,
- 3 tomografia komputerowa.

Układ wzrokowy

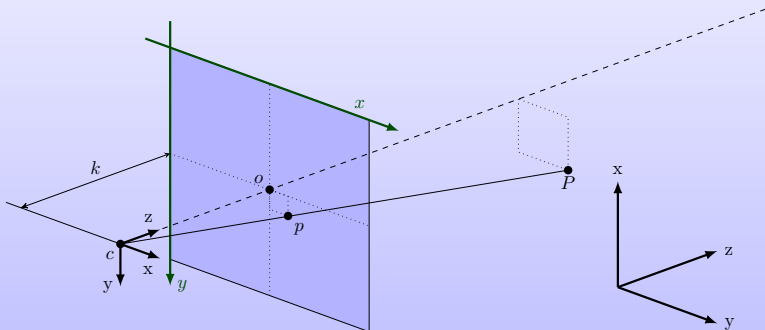
Źródła informacji o głębi:

- dysparycja siatkówkowa,
- perspektywa,
- wzajemne przysłanianie,
- cienie,
- paralaksa ruchu,
- ruch gałek ocznych.

Widzenie komputerowe

- Głównym problemem jest mapowanie 3D na 2D i związana z nim utrata informacji.
- Celem jest uzyskanie mapy głębi.

Model kamery perspektywicznej



c – ognisko kamery

k – ogniskowa kamery

Rzutowanie punktu

Mając dany punkt $P = (X, Y, X)$ w układzie współrzędnych kamery, współrzędne jego obrazu $p = (x, y, z)$ w detektorze kamery można wywieść z podobieństwa trójkątów

$$x = k \frac{X}{Z}$$

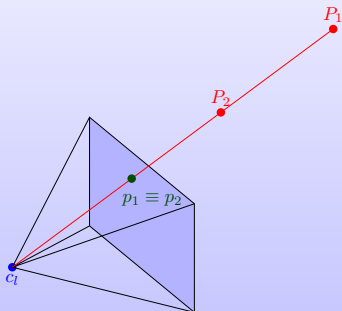
$$y = k \frac{Y}{Z}$$

$$z = k$$

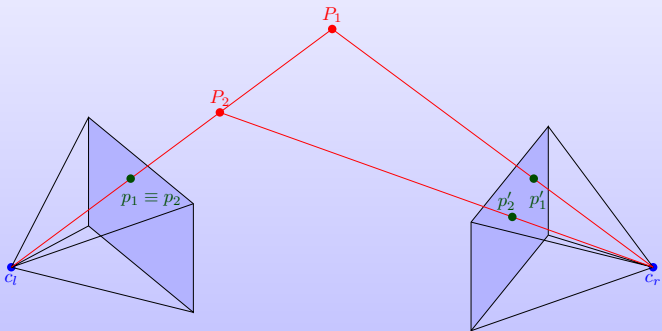
Wniosek: Głębina wpływa na współrzędne x, y .

Widzenie stereoskopowe wystarczy do widzenia głębi, nie musimy interpretować obrazu.

Stereowizja dwukamerowa

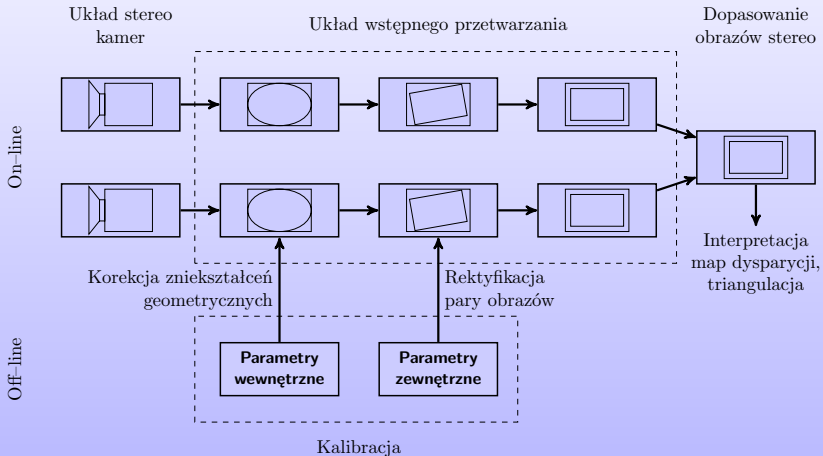


Stereowizja dwukamerowa



Poprzez wykorzystanie dwóch kamer możemy wnioskować o głębi na mocy triangulacji.

System stereowizyjny



System stereowizyjny

Fazy działania systemu stereowizyjnego

1 Off-line

1 Kalibracja

2 On-line

1 Akwizycja pary obrazów

2 Korekcja zniekształceń geometrycznych

3 Rektyfikacja pary obrazów

4 Dopasowanie pary obrazów

5 Rekonstrukcja (analiza map dysparycji, triangulacja, uzyskanie głębi)

Kalibracja

Procedura (offline) mająca na celu znalezienie

- parametrów wewnętrznych kamery – ogniskowa, środek matrycy, itd.,
- parametrów zewnętrznych kamery – określają usytuowanie kamer względem siebie.

Kalibrację dokonuje się przy użyciu obrazów o znanym wzorze (zazwyczaj szachownicy).

Parametry zewnętrzne kamery

- Opisują względną pozycję i orientację dwóch kamer wykorzystanych w systemie.

Przejście od zewnętrznego układu współrzędnych do układu współrzędnych kamery, złożenie translacji T i rotacji R

$$p_c = R(p_g - T),$$

gdzie p_c jest położeniem punktu P w układzie kamery, p_g położeniem punktu w układzie zewnętrznym.

- Dodatkowo parametrem zewnętrznym jest także b odległość między środkami rzutowania.

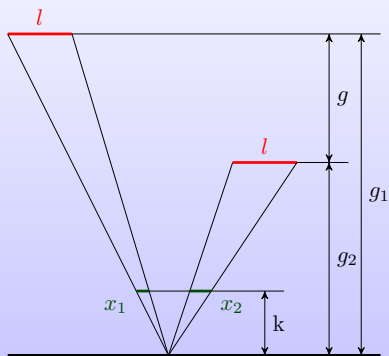
Parametry wewnętrzne kamery

- Charakteryzują optyczne, geometryczne i cyfrowe cechy kamery.
 - Konieczne do korekcji zniekształceń geometrycznych wprowadzanych przez układy optyczne.
 - ogniskowa kamery k ,
 - (o_x, o_y) – współrzędne punktu głównego (środką obrazu) – punktu przecięcia płaszczyzny obrazu z prostą prostopadłą przechodzącą przez ognisko kamery,
 - (s_x, s_y) – rozmiar piksela matrycy kamery.
- Zależność pomiędzy współrzędnymi punktu obrazu P w układzie obrazu (x_p, y_p) i w układzie odniesienia kamery

$$x = (x_p - o_x)s_x$$

$$y = (y_p - o_y)s_y$$

Kalibracja odległości obrazowej



$$g = g_1 - g_2 = kl \left(\frac{1}{x_1} - \frac{1}{x_2} \right)$$

$$k = \frac{g x_1 x_2}{l(x_2 - x_1)}$$

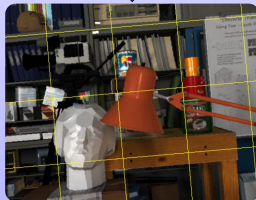
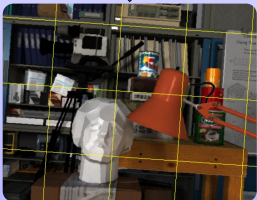
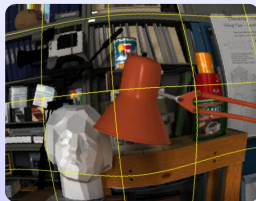
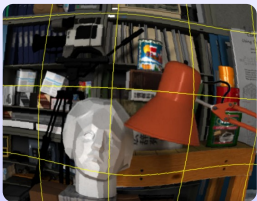
Rektyfikacja

Korzystając z danych wyznaczonych podczas kalibracji

- usuwane są zniekształcenia geometryczne,
- przekształca obrazy tak jakby zostały pobrane w kanonicznym układzie kamer.

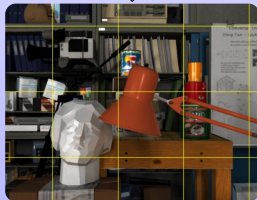
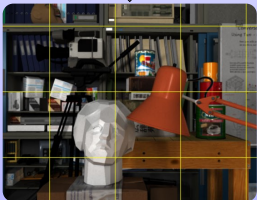
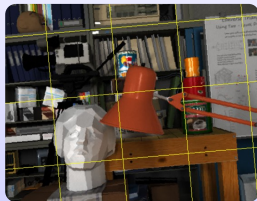
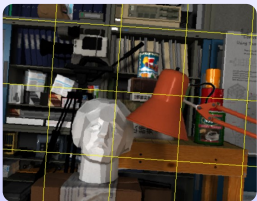
Rektyfikacja

Usuwanie zniekształceń geometrycznych

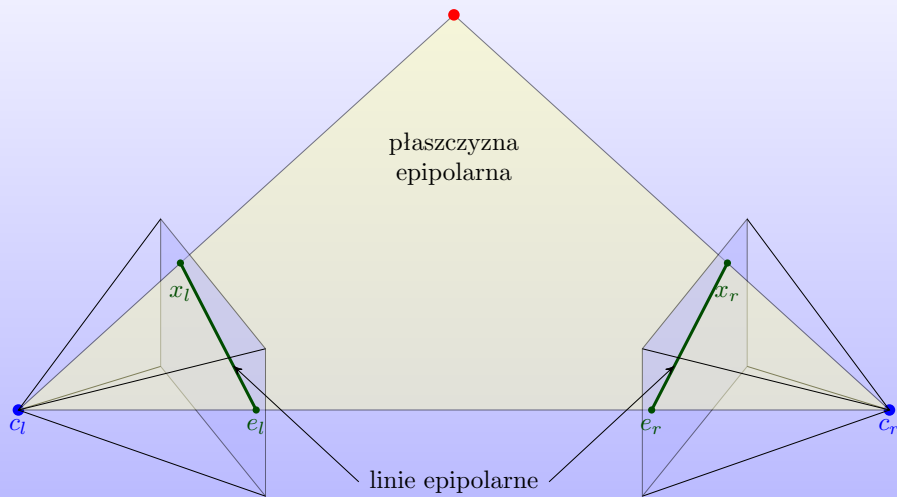


Rektyfikacja

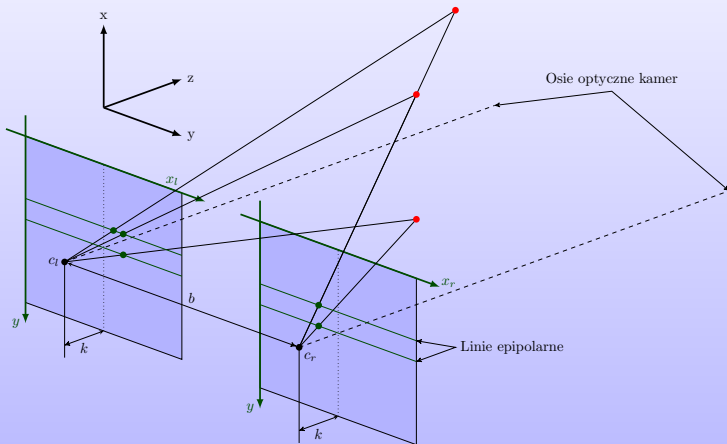
Przekształcenie do układu kanonicznego



Geometria epipolarna



Kanoniczny układ kamer



Dopasowanie

Korzystając z obrazów po rektyfikacji

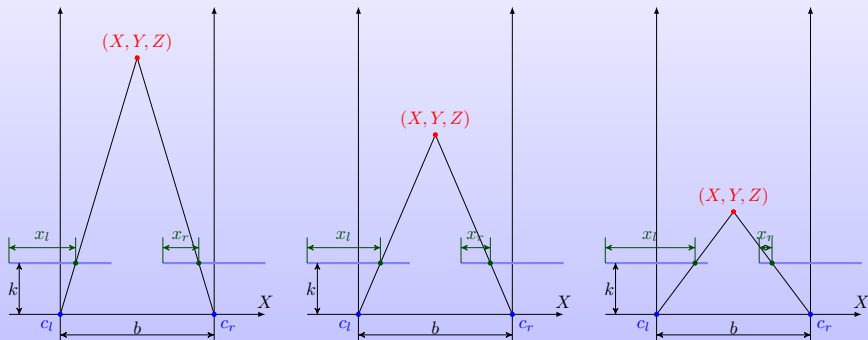
- wyszukiwane są odpowiadające sobie piksele w obrazie lewym i prawym,
- wyznaczana jest wartość dysparycji dla danej pary pikseli.

Celem jest uzyskanie mapy dysparycji.

Problem dopasowania

- Polega na wyznaczeniu współrzędnych punktów (x_l, y_l) i (x_r, y_r) dla zadanego punktu w przestrzeni.
- Dla kanonicznego układu kamer problem ulega uproszczeniu.
- Rozwiązaniem tego zadania jest wyznaczenie różnicy współrzędnych związanych z wzajemnym przesunięciem obrazów punktu w przestrzeni w obu kamerach.
- Przy obliczaniu dysparycji przyjmuje się, jeden z obrazów za obraz odniesienia (np. prawy).
- Kluczowy problem rekonstrukcji trójwymiarowej.

Dysparycja a głębia

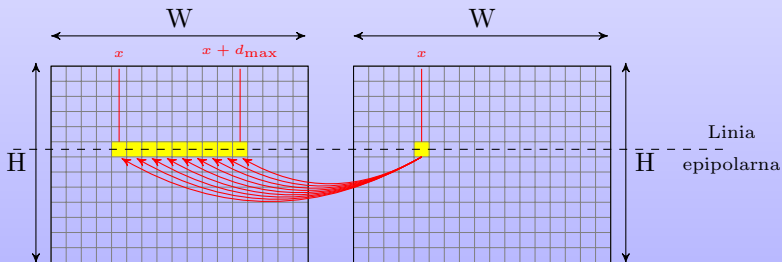
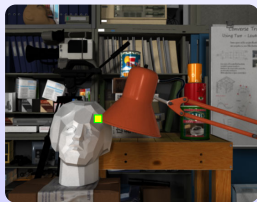


$$d = x_l - x_r$$

Cechy obrazu do dopasowywania:

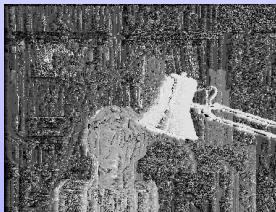
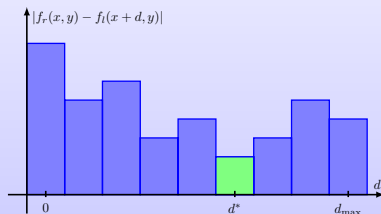
- 1 jasność punktów obrazu (metody korelacyjne),
- 2 kierunek i wartość gradientu na krawędziach,
- 3 parametry krawędzi (krzywizna, długość, orientacja),
- 4 parametry sylwetek.

Prosty algorytmu dopasowywania



Prosty algorytmu dopasowywania

$$d^* = \min_d |f_r(x, y) - f_l(x + d, y)|$$



Problemy przy dopasowywaniu

- Niedoskonałość pomiaru światła
- Szum
- Powierzchnie odblaskowe
- Skrócenia przestrzenne
- Zniekształcenia perspektywiczne
- Jednolite powierzchnie
- Powtarzalne wzory
- Obiekty przezroczyste
- Przesłanianie/nieciągłość

▶ Przykłady

Założenia upraszczające

Założenia związane z geometrią:

- Korespondujący piksel leży na linii epipolarnej w drugim obrazie. Przestrzeń poszukiwania redukuje się z 2D do 1D.
- Pikselowi z pierwszego obrazu można przyporządkować tylko jeden piksel drugiego obrazu (jednoznaczność).
- Zamiana obrazu lewego z prawym nie powinna wpływać na przyporządkowanie pikseli (symetryczność).
- Jasność piksela w jednym obrazie jest taka sama lub bliska jasności odpowiadającego piksela w drugim obrazie.
- Cechy geometryczne obiektów na obu obrazach różnią się nieznacznie (długość, orientacja, itp.)

Założenia upraszczające

Założenia do własności obiektów:

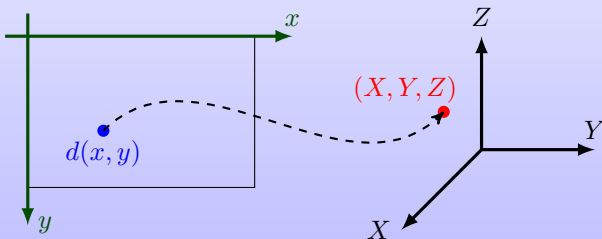
- Dysparycja zmienia się wolno na prawie całym obszarze obrazu.
- Wybór kluczowych punktów do dopasowania powinien być oparty o fizyczne właściwości obiektu. Należy wystrzegać się odbić itp.
- Zakres zmian dysparycji (d_{\max}) dopasowany do konkretnego przypadku.
- Dla powierzchni o podobnej głębi kolejność kluczowych punktów jest zachowana dla obu obrazów. Kolejność może zostać zmieniona tylko dla dwóch punktów bardzo odległych od siebie wzdłuż osi Z .

Mapa dysparycji

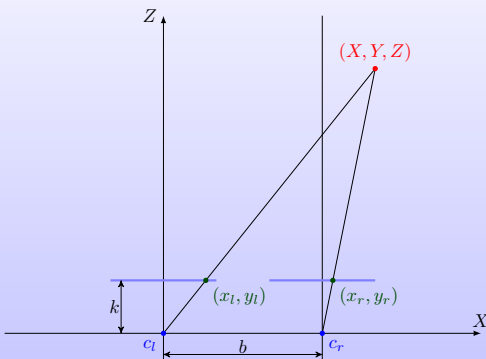


Rekonstrukcja

Korzystając z mapy dysparycji i parametrów uzyskanych z kalibracji wyznacza się mapę głębi.



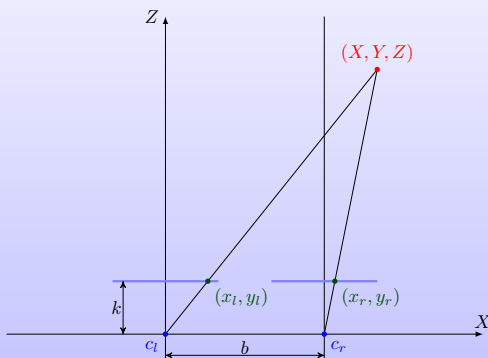
Dysparycja a głębia



Analizując trójkąty podobne otrzymujemy

$$\frac{b}{Z} = \frac{(b + x_r) - x_l}{Z - k} \quad \rightarrow \quad Z = \frac{bk}{x_l - x_r} = \frac{bk}{d}$$

Triangulacja trójwymiarowa



$$X = Z \frac{x_r}{k} \quad Y = Z \frac{y_r}{k} \quad Z = \frac{1}{d} kb$$

Mapa głębi

