



Politechnika Wrocławska

Sprawozdanie 4

Sygnały i Obrazy Cyfrowe — Laboratorium

Demozaikowanie

Michał Białek

Nr indeksu: 264285

Grupa: 6, WT/NP godz. 18:55

Kod zajęć: W04ISA-SI0009G

Data: 22 styczeń 2023

Contents

Co to jest demozaikowanie.....	3
1. Color filter array.....	3
Bayer filter	3
Quad Bayer	3
X-Trans filter.....	4
Użycie sensora Foveon X3	4
Porównanie z innymi filtrami:.....	5
Metody demozaikowania - interpolacja i konwolucja	5
Zastosowanie konwolucji.....	5

Co to jest demozaikowanie

Jak wiadomo, każda kamera posiada światłoczuły sensor CCD, albo CMOS, jednakże wykorzystując wyłącznie warstwę światłoczułą uzyskamy szary obraz, ponieważ nie wiemy jaki jest stosunek poszczególnych kolorów RGB.

Dlatego, aby uzyskać kolorowe zdjęcie stosuje się dodatkową fizyczną warstwę CFA (color filter array), która umożliwia przy następnym zastosowaniu algorytmu demozaikowania na uzyskanie pełnokolorowego zdjęcia, z niekompletnych próbek kolorów wyjściowych sensora.

1. Color filter array

CFA jest to mała mozaika filtrów kolorów umieszczonych nad pikselowymi czujnikami obrazu, dzięki którym przechwytujemy informacje o danym natężeniu danego koloru.

Po przejściu światła przez filtr, dostarczana jest informacja na temat natężenia światła o określonej długości fali odpowiednio R G B. Następnie za pomocą algorytmu demozaikowania uzyskiwany jest pełno kolorowy obraz.

W zależności od tego, jakiej klasy urządzenie fotograficzne posiadamy i jakie jest jego przeznaczenie, stosuje się różne filtry, gdyż zastosowanie różnie skonfigurowanych mozaik może dawać różne efekty. Co ciekawe w przypadku wykonywania zdjęcia o surowym formacie RAW jest możliwość kontroli algorytmu demozaikowania, przez co możemy uzyskać np. ostrzejsze krawędzie. Najpopularniejszymi filtrami kolorów są:

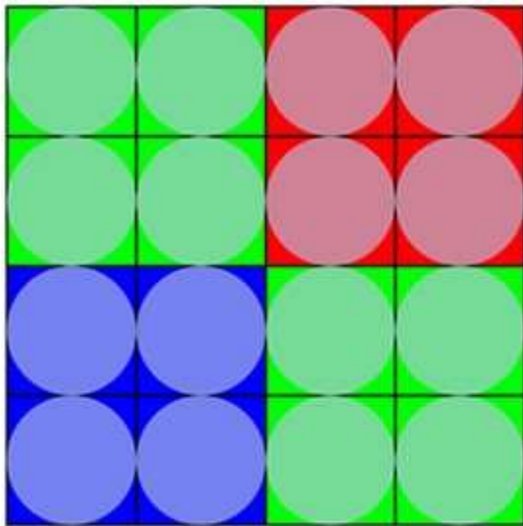
Bayer filter



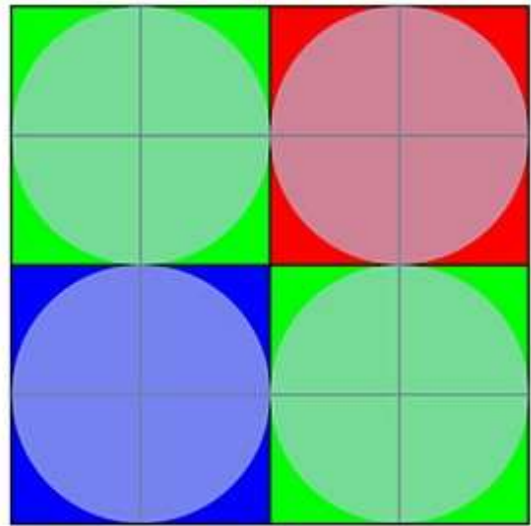
Jednym z częściej stosowanych filtrów jest Bayer Filter, którego wzór jest poniżej. Jak idzie zauważyć w pojedynczym kwadracie są 2 bloki zielonego, 1 blok niebieskiego, 1 blok czerwonego. Przyczyną, dlaczego jest więcej bloków zielonych jest taki, że nasze oczy są bardziej wyczulone na zielony w porównaniu do niebieskiego i czerwonego (dla tego między innymi w noktowizorach wyświetlany obraz jest zielony), oraz kolor zielony jest odpowiedzialny za jasność obrazu.

Quad Bayer

Firma Sony w 2014 zastosowała mozaikę Quad Bayer, która składa się z 4 niebieskich, 4 czerwonych, oraz 8 zielonych pixeli. Rozwój diód światłoczułych sprawił, że aktualnie możemy stosować technologie 2x2 On-Chip Lens (OCL), czyli każdy pixel posiada swoją własną soczewkę, zamiast poprzednich 4 mniejszych soczewek przypadających na 1 pixel. Zastosowanie takiej budowy wpłynęło pozytywnie na działanie autofocusu, w szczególności w trudnych warunkach oświetleniowych.



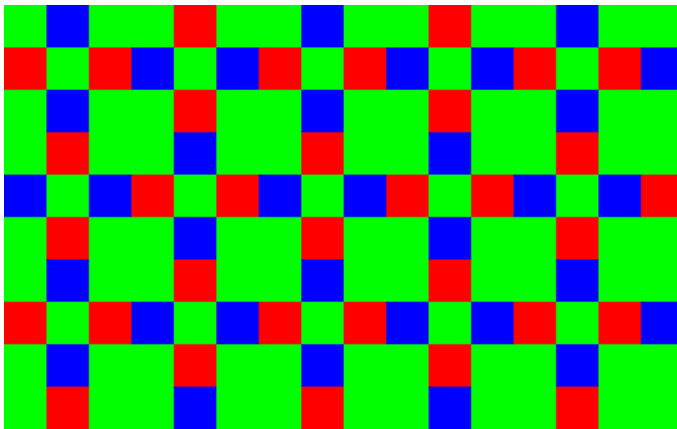
Conventional on-chip lenses



2x2 OCL

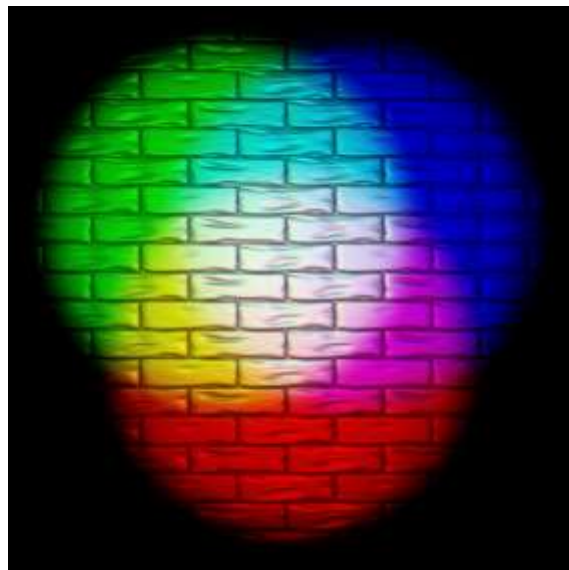
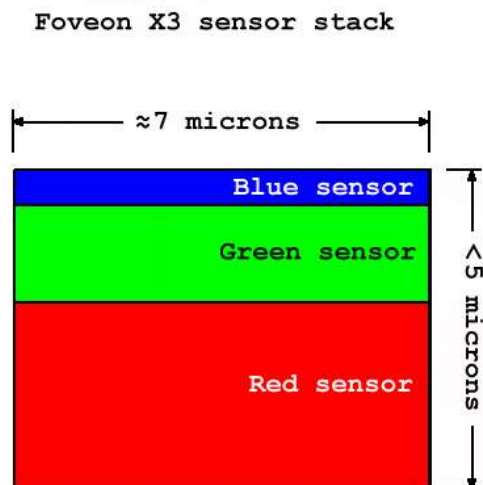
X-Trans filter

Jest to filtr wymyślony przez firmę Fujifilm, który jest wykorzystywany w aparatach: X series. Składa się on z 6 na 6 unikalnych patrnów. Firma twierdzi, że przedstawiony przez nich pattern redukuje efekt Moiré Moiré, oraz nie wymaga użycia filtrów dolnoprzepustowych.



Użycie sensora Foveon X3

Rzadko spotykanym rozwiązaniem jest użycie sensora Foveon X3, który nie ma jak w przypadku pozostałych filtrów (Bayer'a, X-trans) siatki, na której są poszczególne kolory. W przypadku tego sensora, każdy element światłoczuły posiada ułożone pionowo 3 fotodiody, które mają różną czułość spektralną, przez co odbierają światło o różnej długości fali (różne kolory). Następnie odebrane sygnały z każdej fotodiody należy poddać procesowi dodawania kolorów (additive color) dzięki czemu otrzymujemy obraz w standardowym spektrum RGB.



Porównanie z innymi filtrami:

Ponieważ w tej technice nie wykorzystuje się procesu demozaikowania, unikamy artefaktu zwanego "colored jaggies", który jest skutkiem demozaikowania. Aby temu zapobiec stosuje się filtry anty-aliasingowe (AAF). Z drugiej strony występuje negatywny efekt „cross-contamination between color layers”. Inną zaletą jest również lepsza światłoczułość spowodowana tym, że każdy punkt pobiera informację na temat koloru, podczas gdy w przypadku filtra pobierany jest na jeden punkt tylko wybrany kolor, podczas gdy pozostałe 2 są absorbowane. Niestety obrazy generowane przez tę matrycę z powodu „agresywniejszej matrycy” powoduje możliwość powstania szumu w trudnych warunkach oświetleniowych. Sensory te nie są jednak często używane, ze względu na cenę produkcji w porównaniu z CMOS.

Metody demozaikowania - interpolacja i konwolucja

Demozaikowanie możemy osiągnąć na 2 sposoby. Pierwszym z nich jest interpolacja 2D, natomiast następnym jest konwolucja 2D.

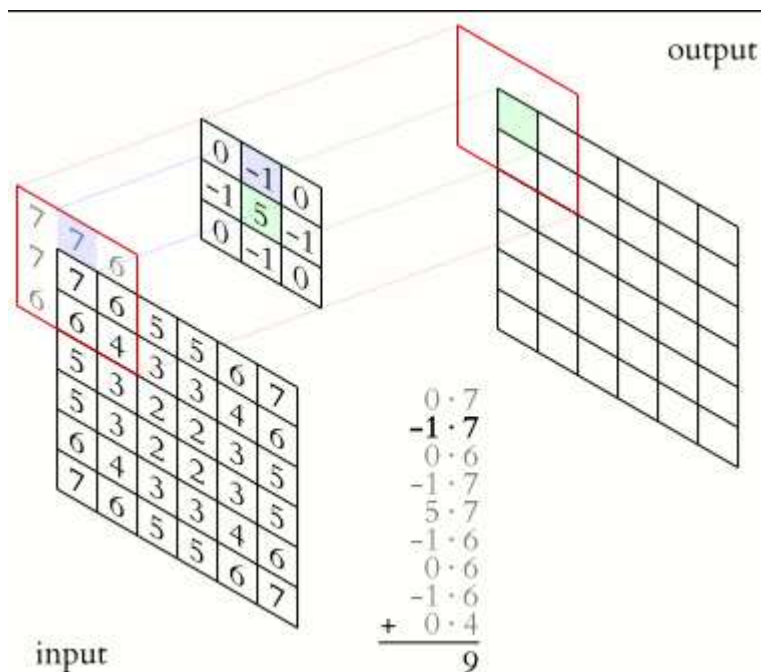
Zaletą interpolacji jest prosty do zaimplementowania algorytm, który nie wymaga dużej mocy obliczeniowej. Z kolei wykorzystanie jądra konwolucji mają taką zaletę, że lepiej sobie radzi przy krawędziach i teksturach i w porównaniu do interpolacji zmniejsza się ilość artefaktów. Niestety wadą konwolucji jest wymagana większa moc obliczeniowa, gdyż konwolucja jest bardziej obciążająca.

Zastosowanie konwolucji

Oprócz demozaikowania, dzięki konwolucji (convolution matrix / mask) możemy wykonywać różne operacje na obrazach takie jak np. rozmycie, wyostrenie, wytlaczanie obrazu, detekcja krawędzi i wiele więcej.

1. Na czym polega konwolucja:

Konwolucja polega na tym, że definiujemy macierz o określonych wymiarach (np. 3x3), która zawiera specyficzne wartości zdefiniowane dla wartości środkowych i bocznych. Ich konfiguracja jest zależna od tego, jaki efekt chcemy otrzymać.



2. Detekcja krawędzi i detekcja grzbietów (ridge)

Przykładowo stosując dyskretny operator Laplace'a może być wykorzystany do detekcji krawędzi, oraz estymacji stopnia ruchu. Laplace operator to suma pochodnej 2 stopnia (Coordinate expressions) i obliczana jako suma różnic pomiędzy sąsiadami centralnego pixela. Jądro 1D i 2D wyglądają następująco, i następne wymiary możemy trzyć według wzoru:

$$\begin{aligned} \text{1D filter: } \vec{D}_x^2 &= [1 \quad -2 \quad 1], \\ \text{2D filter: } \mathbf{D}_{xy}^2 &= \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad a_{x_1, x_2, \dots, x_n} = \begin{cases} -2n & \text{if } s = n, \\ 1 & \text{if } s = n - 1, \\ 0 & \text{otherwise,} \end{cases} \quad \text{2D filter: } \mathbf{D}_{xy}^2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Spotykana jest również wersja uogólniona, która zakłada, że wszyscy sąsiedzi znajdują się w równej odległości.

Innymi stosowanymi operatorami są operatory Sobela, oraz Prewitt'a.

Efekty stosowania detekcji krawędzi



Roberts Edge Detection

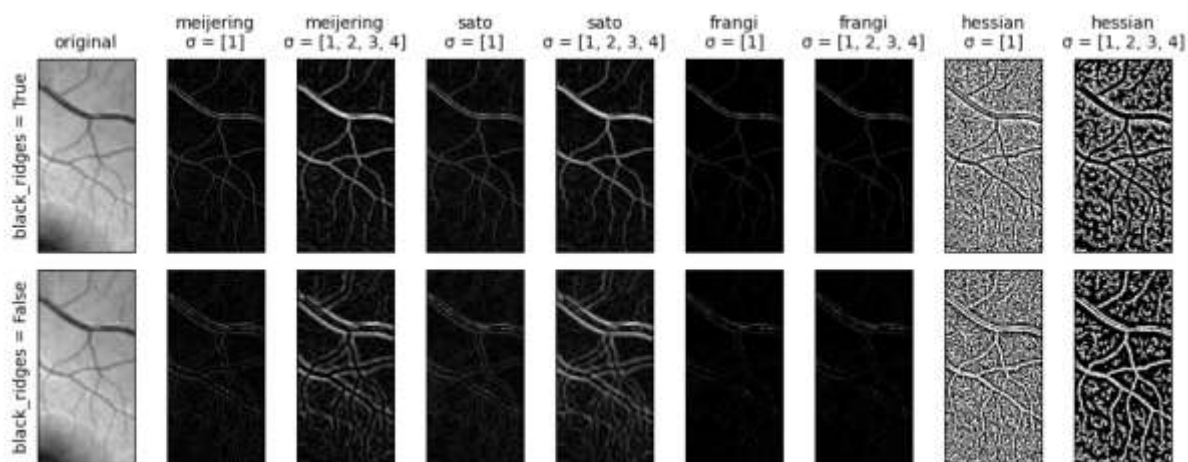


Sobel Edge Detection



3. Efekt stosowania detekcji grzbietu


- i. Grzbiet jest to krzywa, której punkty są lokalnym maximum funkcji. W bibliotece scikit-image mamy dostępne między innymi moduły meijering, sato, frangi, hessian, które służą do detekcji grzbietów.



4. Rozmywanie (Box blur, Gaussina blur i wiele więcej implementacji)

Gaussian blur 3 × 3 (approximation)	$\frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$	
Gaussian blur 5 × 5 (approximation)	$\frac{1}{256} \begin{bmatrix} 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 6 & 24 & 36 & 24 & 6 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \end{bmatrix}$	

5. Wyostrzenie

Sharpen	$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$	
----------------	---	---

Źródła:

- <https://en.wikipedia.org/wiki/Demosaicing>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Bayer>
- <http://nagykrisztian.com/store/hirakawa.pdf>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Color_filter_array
- https://en.wikipedia.org/wiki/Foveon_X3_sensor
- https://en.wikipedia.org/wiki/Additive_color
- https://en.wikipedia.org/wiki/Anti-aliasing_filter
- https://www.gsmarena.com/sony_unveils_2x2_onchip_lens_tech_for_quad_bayer_sensors_which_promises_better_af_performance-news-40523.php
- <https://www.youtube.com/watch?v=LWxu4rkZBLw>
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0097849309000272?via%3Dihub>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Kernel_\(image_processing\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Kernel_(image_processing))
- https://en.wikipedia.org/wiki/Discrete_Laplace_operator
- https://www.tutorialspoint.com/dip/laplacian_operator.htm