

Widzenie Komputerowe

Wykład #2 – pozyskiwanie danych obrazowych

dr hab. inż. Paweł Forczmański, prof. ZUT

Semestr letni 2020/2021

1

Sprzęt do pozyskiwania obrazów

- Historia
- Promieniowanie elektromagnetyczne
- System pozyskiwania obrazu
- Cyfrowa rejestracja obrazu:
 - Skaner, cyfrowy aparat fotograficzny, kamera cyfrowa
 - Framegrabber
 - Kamera 3D, Skaner 3D
 - Kamera termograficzna

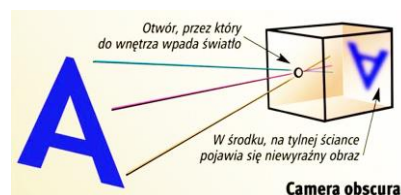
2

Sprzęt do przetwarzania multimediów

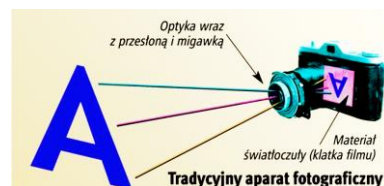
- **Leonardo da Vinci** zaprojektował prototyp camery obscury
- Blisko 500 lat temu, protestancki uczony **George Fabricius**, zaobserwował poczerwienie chlorku srebra pod wpływem promieni słonecznych.
- 1826 r. – **Joseph Niepce** odtworzył widok z okna ze swojej pracowni – pierwsza fotografia na świecie (heliografia)
- 19 VIII 1839 – umowna data narodzin fotografii **Louis Daguerre** przedstawił swój wynalazek – dagerotypię
- W XIX wieku opracowano skuteczną i w miarę prostą metodę robienia, utrwalania i wywoływania zdjęć.
- W 1888 r. **Eastman** wprowadził na rynek pierwszy aparat na film rolkowy, Kodak nr I.

3

Pozyskiwanie obrazu



Camera obscura



Tradycyjny aparat fotograficzny

4

Fotografia



Fot. Joseph-Nicéphore Niépce – pierwsza fotografia na świecie (heliografia)
Widok z okna w Le Gras.



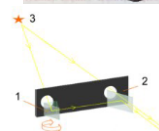
Fot. Louis-Jacques Daguerre (dagerotypia)

5

Aparaty fotograficzne

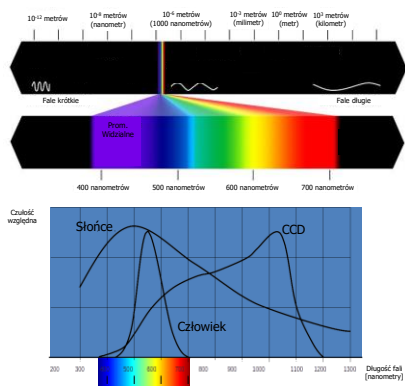


- Skrzynkowe
- Przeziernikowe
- Mieszkowe
- Lustrzanki
- Dalmierzowe
 - 1 – ruchomy pryzmat
 - 2 – lustro
 - 3 – obiekt



6

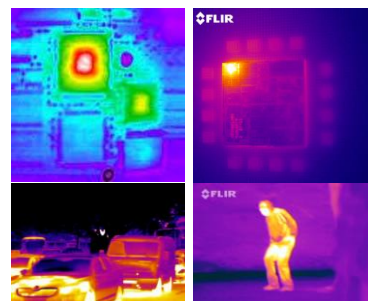
Promieniowanie elektromagnetyczne



Wydział Informatyki

7

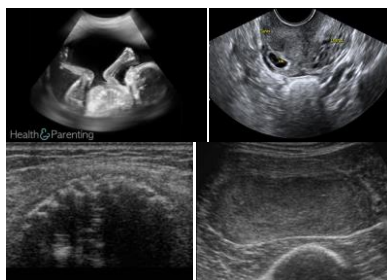
Promieniowanie elektromagnetyczne: Termografia



Wydział Informatyki

8

Promieniowanie elektromagnetyczne: Ultrasonografia



Wydział Informatyki

9

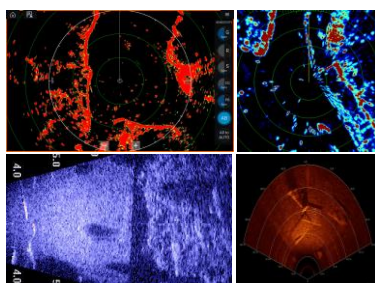
Promieniowanie elektromagnetyczne: RTG



Wydział Informatyki

10

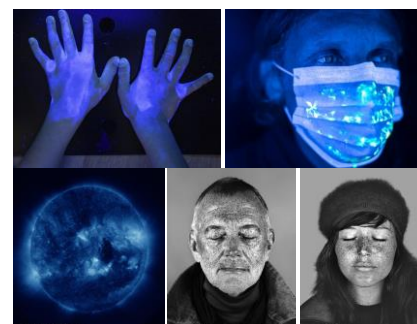
Promieniowanie elektromagnetyczne: Radar i Sonar



Wydział Informatyki

11

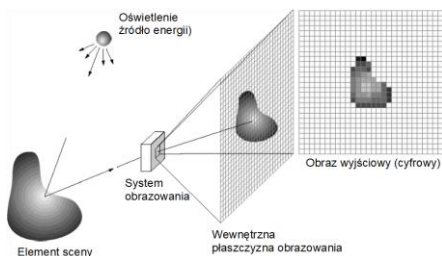
Promieniowanie elektromagnetyczne: UV



Wydział Informatyki

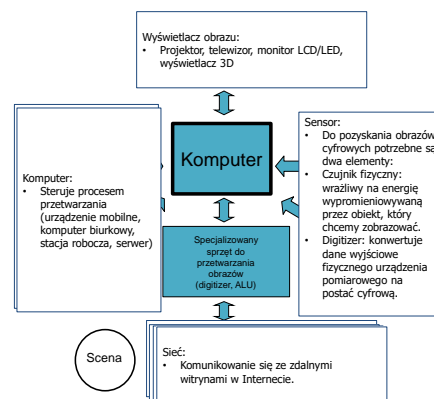
12

System obrazowania



13

System pozyskiwania obrazów



14

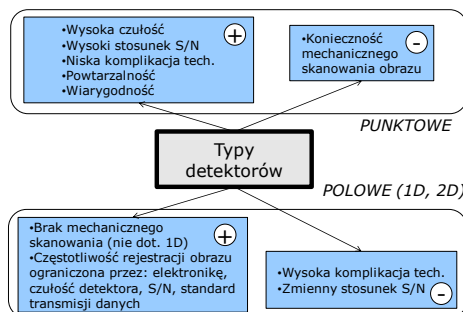
System wizyjny

- kamera(y) CCD lub CMOS
- interfejs kamer do digitalizacji obrazu
- komputer lub wbudowany procesor
- interfejsy komunikacyjne do przesyłania raportów z wynikami pracy systemu
- odpowiednie oświetlenie np. diody LED, lampy halogenowe
- oprogramowanie służące do przetwarzania i obróbki otrzymanych obrazów



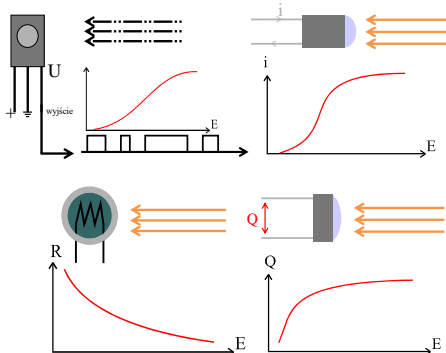
15

Typy detektorów światła



16

Typy czujników światła: Odbiornik podczerwieni, fotorezystor, fotodioda, fotoogniwo



17

CCD

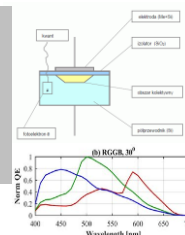
Materiałem, z którego zbudowane są matryca CCD (Charged Coupled Device) i CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) jest krystaliczny krzem, pierwiastek o symbolu Si.

Kryształ krzemu jest przezroczysty a padające światło może z atomów krzemu wybijać elektrony, tworząc dodatni atom (zwany jonem) i swobodny elektron o ładunku ujemnym.

Ważnym parametrem dla matryc CCD jest ich wydajność kwantowa (QE – quantum efficiency).

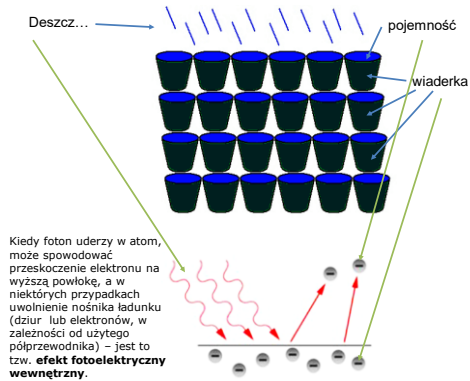
Dla obecnych urządzeń średnia wydajność kwantowa jest na poziomie 65-95%, co znaczy, że taki % padającego światła jest rejestrowany.

Dla tradycyjnej kliszy, wydajność wynosi ok. 2%.



18

Analogia



19

Detektory polowe

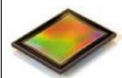
Barwne (czułe na barwę)

Wheel detector

3CCD / CMOS detector

Stripe mask detector

Bayer mask detector

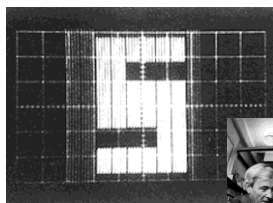


Monochromatyczne (szaroodcieniowe)



20

Wynalazcy



Projekcja obrazu litery „S” zarejestrowanego za pomocą 64-pikselowej matrycy skonstruowanej przez Shigeyuki Ochi w 1972 roku.



Eric Fossum (CMOS), Nobukazu Teranishi (PPD), Michael Tompsett (CCD dla NASA) – 2017 QEPrize

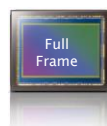


Laureaci Nagrody Nobla 2009 z dziedziny fizyki – Willard S. Boyle i George E. Smith – prezentują swój wynalazek.



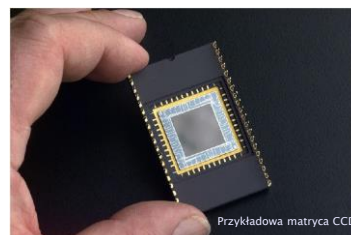
21

Matryca CCD zainstalowana w aparacie fotograficznym



APS-C

kompakt

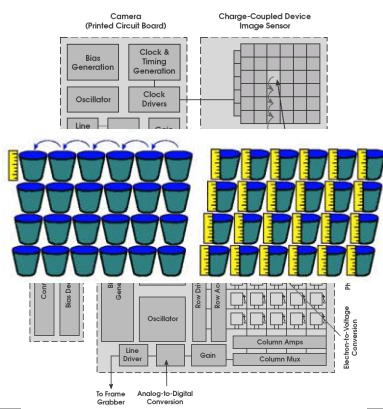


Przykładowa matryca CCD



22

Schemat działania matrycy CCD i CMOS



23

CCD vs CMOS

CCD

Nie można odczytać zawartości pojedynczego piksela. Trzeba odczytać zawartość całej matrycy i potem dopiero wybrać interesujący nas piksel. To powoduje, że ich działanie jest dość wolne.

Szybkość odczytu 1-40 MP/s

Matryca ma jeden przewód ładunku na napięcie i jeden przetwornik A/D (napięcie na liczbę). Zawartość wszystkich pikseli jest odczytywana po kolei przez ten układ.

Większy pobór mocy w czasie pracy

Większy współczynnik wypełnienia, czyli stosunek powierzchni pikseli do powierzchni całej matrycy.

Poziom szum 5-10 elektronów dla standardowych CCD, 1 elektron dla bardziej złożonych (EMCCD)

Wielkość piksela 3 - 25 mikronów

Konwersja A/D 16 bitów

Binning łatwo osiągalny na poziomie analogowym bez dodawania szumu

Większe możliwości obrazowania w podczerwieni 650-1000 nm

Efektywność kwantowa QE: 60% - 95%

CMOS

Można odczytywać zawartość dowolnej liczby pikseli i w dowolnej kolejności, tak jak odczytuje się zawartość pamięci komputerowych. Z tego względu działają znacznie szybciej.

Szybkość odczytu 100-400 MP/s

Każdy piksel matrycy CMOS ma swój przewód ładunek na napięcie i układ odczytujący zawartość pikseli odczytuje już napięcie wytworzone padającym na ten piksel światłem. W bardzo zaawansowanych matrycach CMOS każdy piksel ma swój przetwornik A/D, co ułatwia i przyspiesza dalszą obróbkę obrazu.

Mniejszy pobór mocy

Mniejszy współczynnik wypełnienia, gdyż część powierzchni matrycy zajmują obwody przetwarzające ładunek na napięcie.

Poziom szum 1-3 elektrony

Wielkość piksela 2 - 9 mikronów

Konwersja A/D - 12 bitów; (dual gain - 16 bit)

W większości przypadków binning cyfrowy wprowadzający szum odczytu

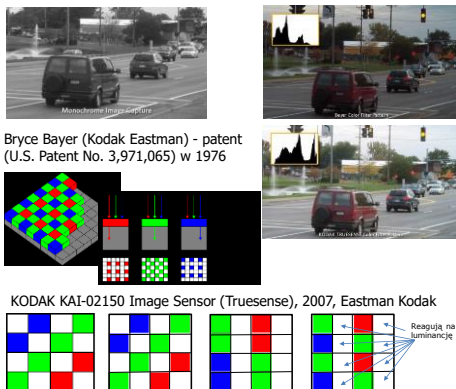
Mniejsze możliwości

Efektywność kwantowa QE: 75% - 95%



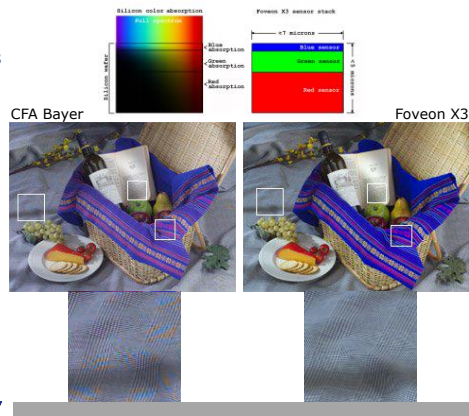
24

CFA



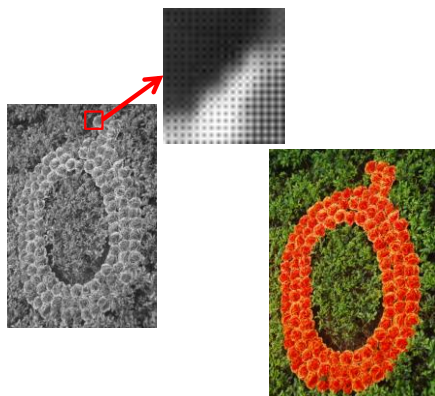
25

Foveon X3



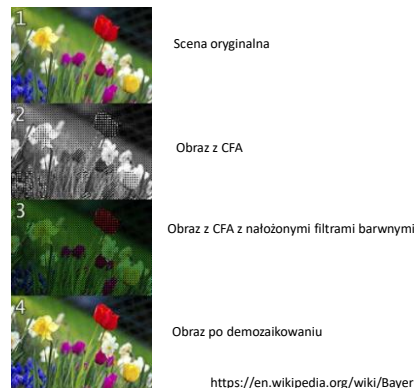
26

Surowy obraz z CFA



27

Surowy obraz z CFA


https://en.wikipedia.org/wiki/Bayer_filter


28

Proces przetwarzania

- Aparat fotograficzny pozyskuje obraz w formacie surowym (RAW), często z dokładnością 12-bit / piksel
- Każdy piksel to wartość INDYWIDUALNA R, G lub B
- W związku z tym, aparat tworzy obraz a CFA
- Demosaicing jest uruchamiany w sprzęcie (aparacie)
- Obraz jest dodatkowo przetwarzany, korygowany (optyka) i zapisywany w formacie typu JPEG



29

Algorytmy demosaicingu

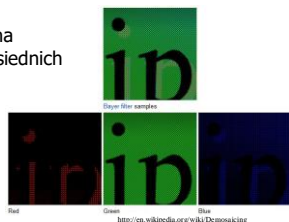
- Interpolacja
 - Najbliższego sąsiada (niezależnie od kanału koloru)
 - Interpolacja dwuliniowa – składowa R pikseli G i B jest wyliczana jako średnia 2 lub 4 sąsiadujących pikseli R
 - Sześcienna interpolacja dla każdego kanału niezależnie
 - Interpolacja Spline'ami
 - Resampling Lanczosa
- Korelacja pikseli na obrazie - Wykorzystuje przestrzenną i/lub widmową korelację pikseli w obrazie;
 - Korelacja przestrzenna wykorzystuje fakt, iż piksele w niewielkich obszarach obrazu mają podobny kolor
 - Korelacja widmowa to zależność pikseli w kanałach w ramach niewielkich obszarów obrazu.
- Algorytmy:
 - Variable Number of Gradients
 - Pixel Grouping
 - Adaptive homogeneity-directed interpolation
- Metody bazujące na Super-Rodzicielności (Super-resolution)
 - w ramach pojedynczej klatki
 - W ramach sekwencji klatek



30

Prosty
algorytm

- Interpolacja na podstawie sąsiednich wartości



$$\hat{g}(i, j) = \frac{1}{4} \sum_{(m, n) \in \{(0, -1), (0, 1), (-1, 0), (1, 0)\}} g(i + m, j + n)$$



31

Prosty
algorytm
interpolacyjny

- Algorytm interpolacyjny powoduje powstawanie artefaktów, szczególnie na krawędziach obiektów

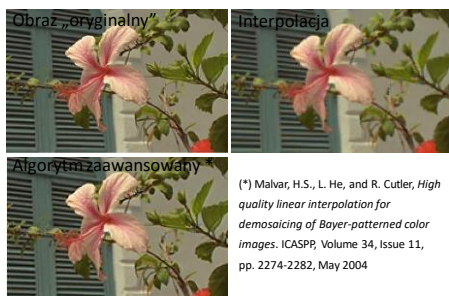
NIE ☹



32

Prosty
algorytm
interpolacyjny

- Algorytm interpolacyjny powoduje powstawanie artefaktów, szczególnie na krawędziach obiektów



33

Algorytm
Malvar et al.

- Wykorzystuje korelację pomiędzy wartościami R, G i B aby interpolować lepiej na krawędziach
- Przykład: obliczanie wartości G w punkcie „+”

Jeśli faktyczna wartość G różni się od wartości będącej wynikiem liniowej interpolacji sąsiadów, to znaczy że w tym pikselu występuje znacząca zmiana jasności

Skorygowana wartość G wynosi:

$$\hat{g}(i, j) = \hat{g}_B(i, j) + \alpha \Delta_R(i, j)$$

Dwuliniowo interpolowana wartość

Współczynnik wzmocnienia (gain)

$$\Delta_R(i, j) \triangleq r(i, j) - \frac{1}{4} \sum_{(m, n) \in \{(0, -2), (0, 2), (-2, 0), (2, 0)\}} r(i + m, j + n)$$



34

Algorytm
Malvar et al.

G w pozycjach R

G w pozycjach B

$$\hat{g}(i, j) = \hat{g}_B(i, j) + \alpha \Delta_R(i, j)$$

$$\Delta_R(i, j) \triangleq r(i, j) - \frac{1}{4} \sum_{(m, n) \in \{(0, -2), (0, 2), (-2, 0), (2, 0)\}} r(i + m, j + n)$$

$$\hat{g}(i, j) = \hat{g}_B(i, j) + \beta \Delta_B(i, j)$$

$$\Delta_B(i, j) \triangleq b(i, j) - \frac{1}{4} \sum_{(m, n) \in \{(0, -2), (-2, 0), (2, 0), (0, 2)\}} b(i + m, j + n)$$



35

Algorytm
Malvar et al.

- Aby obliczyć wartość R w punkcie piksela G, stosuje się następujący wzór:

Wartość z dwuliniowej interpolacji

$$\hat{r}(i, j) = \hat{r}_B(i, j) + \beta \Delta_G(i, j)$$

R w pozycjach G w wierszu R, kolumnie B

R w pozycjach G w wierszu B, kolumnie R



36

Algorytm Malvar et al.

- Aby obliczyć wartość R w punkcie piksela B, stosuje się następujący wzór:

Wartość z dwuliniowej interpolacji

$$\hat{r}(i, j) = \hat{r}_B(i, j) + \gamma \Delta_B(i, j)$$

R w pozycjach B
w wierszu B, kolumnie B



37

Algorytm Malvar et al.

- Aby obliczyć wartość B w punkcie piksela G, stosuje się następujący wzór:

Wartość z dwuliniowej interpolacji

$$\hat{b}(i, j) = \hat{b}_B(i, j) + \beta \Delta_G(i, j)$$

B w pozycjach G
w wierszu B, kolumnie R

B w pozycjach G
w wierszu R, kolumnie B



38

Algorytm Malvar et al.

- Aby obliczyć wartość B w punkcie piksela R, stosuje się następujący wzór:

Wartość z dwuliniowej interpolacji

$$\hat{b}(i, j) = \hat{b}_B(i, j) + \gamma \Delta_B(i, j)$$

B w pozycjach R
w wierszu R, kolumnie R



39

Współczynniki wzmocnienia (gain)

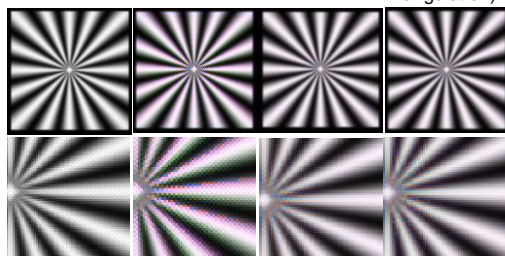
- Wartości α , β , γ to korygujące współczynniki wzmocnienia, dla gradientów w kanałach R, G i B
- Jakie wartości przyjmują? Na etapie uczenia (offline)
- Ich wartości dobiera się aby optymalizować kryterium MSE (mean squared error)



40

Przykłady

Oryginal

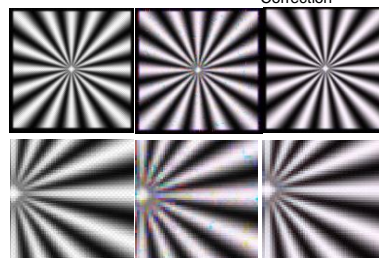
Liniowa
interpolacjaDwuliniowa
interpolacjaDDT (Data-
Dependent
Triangulation)

EE362/Psyc221 Yu-Yao Chang

41

Przykłady

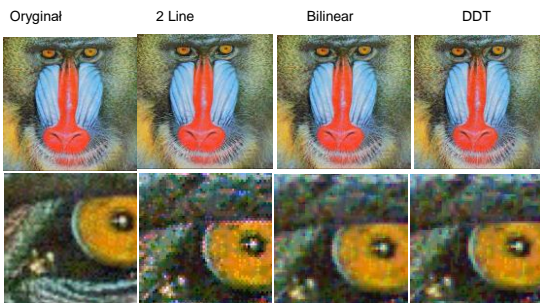
Oryginal

ED (Edge-
Directed)High-Quality
Linear
InterpolationBilinear + Gradient
Correction

EE362/Psyc221 Yu-Yao Chang

42

Przykłady

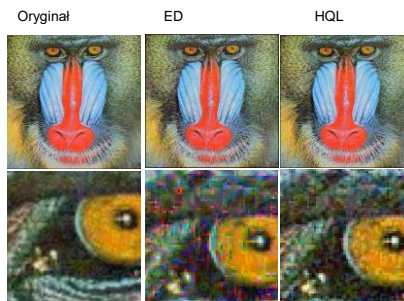


EE362/Psyc221 Yu-Yao Chang



43

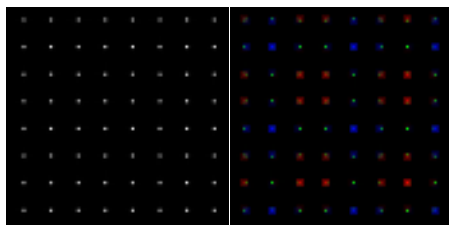
Przykłady



EE362/Psyc221 Yu-Yao Chang



44

Problemy +
podsumowa-
nie

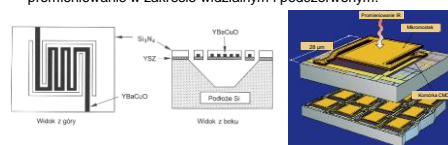
- Algorytmy mają problemy na krawędziach
- Trzeba wykorzystywać naturalne charakterystyki obrazu
- Jakość <> Koszt obliczeniowy



45

Mikrobo-
lo metr

- **Bolometr** – przyrząd do pomiaru energii przenoszonej przez promieniowanie w jak najszerszym zakresie długości fal (w pełnym zakresie).
- Jest to detektor termiczny zmieniający energię promieniowania elektromagnetycznego na ciepło, które zmienia temperaturę elementu pomiarowego.
- Zmiana temperatury jest mierzona różnymi metodami, pierwotną i nadal powszechnie stosowaną jest pomiar zmiany oporu elektrycznego pod wpływem zmiany temperatury.
- Próg czułości bolometru jest rzędu 10^{-9} – 10^{-12} W.
- W praktyce większość bolometrów jest wrażliwa na promieniowanie w zakresie widzialnym i podczerwonym.



46

Mikrobo-
lo metr

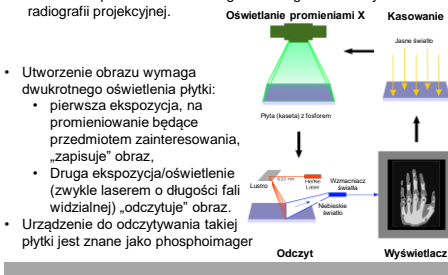
- **Mikrobolometr**
- Jest stosowany jako element matrycy detektorów w kamerach termowizyjnych, zazwyczaj mikrobolometr niechłodzony na płytce krzemu.
- W kamerach osiągają czułość $0,15^{\circ}\text{C}$ i odświeżanie z częstotliwością 6 Hz.
- W celu otrzymania większej dokładności, np. w celownikach termowizyjnych stosuje się mikrobolometry umożliwiające odświeżanie z częstotliwością 50 Hz i czułości termicznej około 70 mK



47

PSL

- Fotostymulowana luminescencja (PhotoStimulating Luminescence) to uwolnienie energii zgromadzonej w luminoforze poprzez stymulację światłem widzialnym w celu wytworzenia sygnału luminescencyjnego.
- Promienie rentgenowskie są magazynowane w nośniku.
- Płytką opartą na tym mechanizmie nazywana jest płytka z luminoforem fotostymulującym (PSP) i jest jednym z rodzajów detektorów promieniowania rentgenowskiego stosowanych w radiografii projekcyjnej.



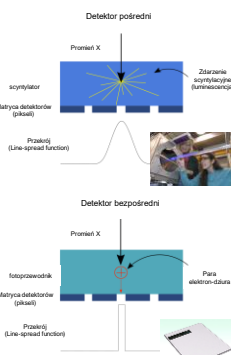
48

Bezpośrednia radiografia

- Radiografia bezpośrednia wykorzystuje panele detektorów

- Detektory z płaskim panelem to klasa półprzewodnikowych rentgenowskich cyfrowych urządzeń radiograficznych, podobnych do czujników obrazu stosowanych w fotografii cyfrowej i wideo.

- Stosowane są zarówno w radiografii projekcyjnej, jak i jako alternatywa dla wzmacniaczy obrazu rentgenowskiego w sprzęcie do fluoroskopii.



Urządzenia służące do rejestrowania obrazów cyfrowych

- Aparat cyfrowy** – aparat fotograficzny rejestrujący światło na matrycy światłoczułej. Wielkość matrycy aparatu cyfrowego określa się w milionach pikseli;
- Kamera internetowa** (web-cam) – odmiana aparatu cyfrowego, na stałe podłączona do komputera;
- Skanner stołowy**, skaner do materiałów transparentnych – urządzenia do rejestrowania dokumentów, fotografii papierowych lub materiałów transparentnych (negatywów, slajdów, folii); Rozdzielczość skanowania określamy w DPI (dots per inch);
- Karta frame-grabber** – element komputera służący do rejestrowania transmisji TV (może rejestrować pojedyncze obrazy lub ich sekwencje).



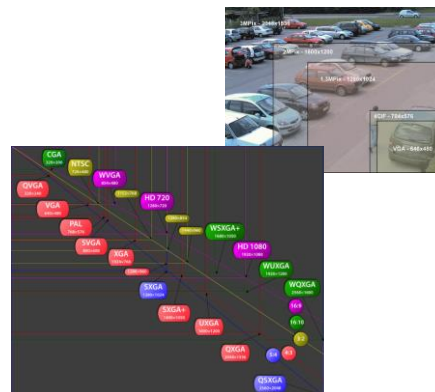
Porównanie

Im większa jest matryca aparatu, tym lepszej jakości będzie obraz, mniej szumów i większa czułość.

Typ	Proporcje	Długość (mm)	Szerokość (mm)	Przekątna (mm)	Powierzchnia (mm ²)	Powierzchnia względną
1/6"	4:3	2,30	1,73	2,88	3,98	1,00
1/4"	4:3	3,20	2,40	4,00	7,68	1,93
1/3.6"						3,02
1/3.2"						3,89
1/3"						4,34
1/2.7"						5,24
1/2"						7,72
1/1.8"						9,59
2/3"						14,6
1"	4:3	12,8	9,60	16,0	123	30,9
4/3"	4:3	22,5	18,0	28,8	405	102
APS-C DX	3:2	25,1	16,7	20,1	419	105
35 MM (full frame)	3:2	36,0	24,0	43,3	864	217
645	4:3	56,0	41,5	69,7	2324	584

Kolumna "Typ" zawiera oznaczenia wywodzące się od stosowanych dawniej lamp analizujących. Liczby to określają średnicę zewnętrznej lampy. Pole obrazowe lampy o średnicy 1 cala ma przekątną 16 mm, co stanowi podstawę do dalszych obliczeń.

Typowe rozdzielczości obrazu



Kwestia czułości



•Czułość – zdolność kamery do wytworzenia określonej jakości obrazu w zadanych warunkach oświetleniowych i przy określonym stosunku sygnał/szum.

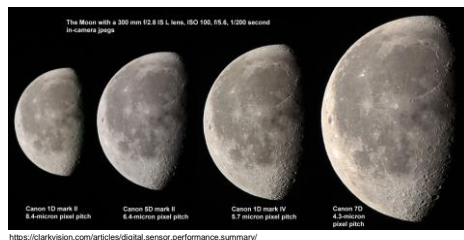
•Czułość jest podawana dla określonych warunków, w jakich została zmierzona.

•Czułość kamery określa się wartością Lux, gdzie 0 Lux oznacza możliwość pracy przy całkowitym braku oświetlenia.

- Czułość matrycy zależy od wielkości pojedynczego piksela - jego powierzchni czynnej, która wystawiona jest na wpadające do aparatu światło i ona właśnie gromadzi elektrony powstające w wyniku "bombardowania" jej fotonami.
- Większość cyfrowych aparatów kompaktowych ma bardzo małe matryce ~5x7 mm; bok jednego piksela to ~ 3 - 5 mikrometrów
- Liczba elektronów, która może zostać wygenerowana w tak małym pikselu, przetworzona na napięcie jest bardzo mała.
- Czułość bazowa takich matryc to ~ ISO 50, co pozwala na robienie dobrych zdjęć jedynie w dobrym świetle.



Wielkość piksela a jakość obrazu



<https://clarkvision.com/articles/digital-sensor-performance-summary/>



55

Podwyższanie czułości

- Podwyższenie czułości pogarsza jakość zdjęcia.
- Istnieją 2 metody realizacji trybów podwyższonej czułości:
- Stosowana w starszych aparatach (sprzed 2006r.) : polega na elektrycznym **wzmocnieniu sygnału** zarejestrowanego przez piksele matrycy.
- Stosowana w nowszych aparatach : wykorzystuje tzw. **binning** wraz ze wzmocnieniem sygnału - elementarne piksele w matrycy "łączone" są grupami, po 2, 4, 8 lub 16.
 - Prąd zarejestrowany w takim zespole pikseli jest dodawany i odczytywany jako jeden silniejszy sygnał. Zmniejsza to rozdzielczość przestrzenną rejestrowania obrazu.
 - Sygnał od każdej czwórki pikseli jest silniejszy, choć nie jest tak silny, jaki można otrzymać z jednego piksela o powierzchni 4x większej.
 - Wynika to z faktu, że każdy piksel ma część swojej powierzchni zajęta elementami odczytującymi.



Bez binningu (144 px) Binning x2 (36 px) Binning x4 (9 px)

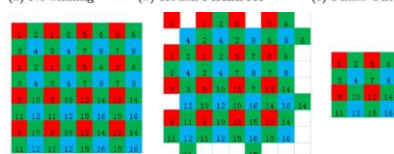


56

binning



(a) No binning (b) Kodak PIXELUX (c) Phase One



(a) Kodak PIXELUX [7] (b) PhaseOne [5] (c) Output

[5] Barchenko W: Phase One Pixel Picking Sensor-Explained [http://www.phaseone.com/Digital-Backs/P65/media/Phase%20One%20Review%20of%20the%20Backs/Phase-One-SensorPlus.pdf]
 [7] F. Chu: Improving CMOS image sensor performance with combined pixels (2005) [http://www.eetimes.com/design/embedded/4013011/improving-CMOS-image-sensor-performance-with-combined-pixels]



57

binning



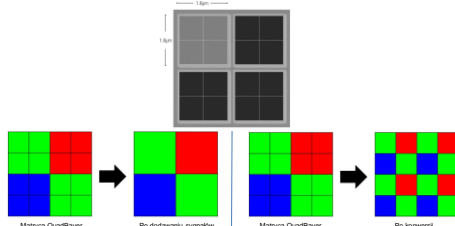
<https://www.clubnights.com/topic446676-frame-nebula-horsehead/>



58

QuadBayer

- Sensor, w którym każdy element światłoczuły jest podzielony na 4 „cele” bez zmiany koloru filtra CFA
- Jeśli traktujemy go jako sensor o niskiej rozdzielczości, daje większą czułość QE i lepszą jakość w przypadku słabego oświetlenia (1)
- Jeśli sensor o dużej rozdzielczości -> dużo większa rozdzielczość w dobrych warunkach oświetleniowych (2)
- Kluczowa jest kwestia „inteligentnego” przetwarzania na etapie A/D:
 - Dobra skuteczność 4K w słabym świetle
 - Wysoka jakość 8k w dobrym świetle
 - Podstawowe zastosowanie w technikach video3



59

EMCCD

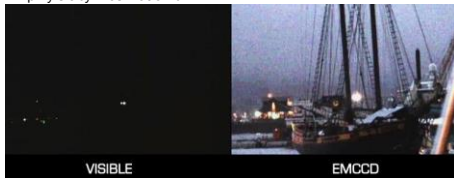
- EMCCD to sensor ze sprzężeniem ładunkowym zwielokrotniającym elektrony = inaczej L3CCD lub Impactron CCD
- Podobnie jak w zwykłych CCD światło padające jest przekształcane na elektrony w procesach fotonicznych.
- EMCCD wykorzystują architekturę, która umożliwia urządzeniu znaczne (> 1000-krotne) wzmocnienie liczby powstających elektronów wytwarzanych przez padające światło.
- Przewaga nad istniejącą technologią CCD w warunkach słabego oświetlenia.
- Obrazy w czasie rzeczywistym można uzyskać dla 10^{-5} lux ~ ciemna, zachmurzona noc bez sztucznego światła.



60

EMCCD

- Przetworniki EMCCD wykorzystują powielanie elektronów do podniesienia sygnału elektronicznego znacznie powyżej poziomu szumów odczytu, aby zmaksymalizować czułość w obrazowaniu przy słabym oświetleniu.

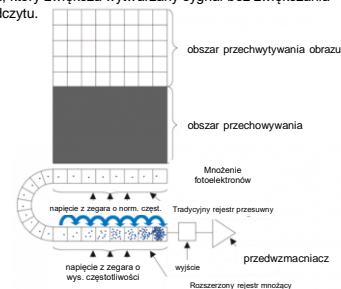


- Dlatego czujniki EMCCD są wykorzystywane w szerokim zakresie zastosowań, od obrazowania astronomicznego



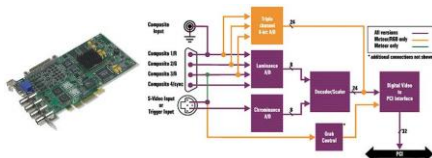
EMCCD

- Schemat przedstawiający czujnik EMCCD.
- Fotony są gromadzone i przekształcane w fotoelektrony w obszarze przechwytywania obrazu, które są następnie przesyłane do obszaru przechowywania.
- Elektrony te są następnie wzmacniane w rozszerzonym rejestrze mnożenia, który zwiększa wytwarzany sygnał bez zwiększania szumu odczytu.



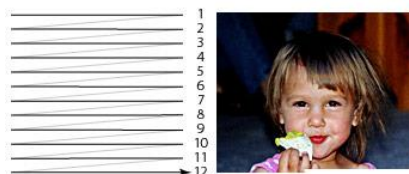
Frame grabber

- Frame grabber** jest urządzeniem w jakie może zostać wyposażony system komputerowy; pozwala na zamianę obrazu pochodzącego z analogowego źródła na postać cyfrową.
- Zwykłe frame grabber jest urządzeniem w formie karty instalowanej w złączu rozszerzeń w komputerze, niekiedy stanowi element większego lub wyspecjalizowanego systemu elektronicznego do obróbki sygnału wideo.
- Urządzenie posiada co najmniej jedno wejście analogowe sygnału wideo. Z wejścia sygnał trafia do układu elektronicznego dokonującego wyodrębniania przebiegu odchylania poziomego i pionowego, co jest niezbędne dla właściwego odtworzenia wysokości i szerokości obrazu.
- Przetwornik analogowo-cyfrowy zamienia sygnał analogowy na strumień danych cyfrowych, gromadzonych następnie w pamięci (buforze ramki) urządzenia, gdzie przybiera rozmiar pojedynczej ramki obrazu. Interfejs komunikacyjny umożliwia głównemu procesorowi zarządzanie procesem pobierania obrazu oraz dostęp do przetworzonych danych



Digitalizacja sygnału PAL

- Sygnał PAL to 25 kl/s, rozdzielczość 625 linii (574 widoczne) po 720 punktów
- Pojedyncza klatka : 40 milisekund
- Pojedyncza linia 64 mikrosekund
- Próbkowanie pojedynczego obrazu 13.5 MHz



Interface'y video

	FireWire 1394.a	FireWire 134.b	USB 2.0	GigE	Camera Link
Prędkość transmisji (Mb/s)	400	800	480	1000	4800
Maksymalna długość segmentu sieci (m)	4,5	100	5	100	10
Maksymalna liczba urządzeń	63	63	63	127	nieograniczona
Złącze	6-pinowe	9-pinowe	USB	RJ-45 kat6	26-pinowe
Karta akwizycji obrazu	opcjonalnie	opcjonalnie	opcjonalnie	niewymagane	wymagane
Zasilanie	opcjonalnie	opcjonalnie	opcjonalnie	PoE (Power over Ethernet)	PoCL (Power over Camera Link)

IEEE 1394

- IEEE 1394 to popularny standard magistrali szeregowej zaprojektowany przede wszystkim z myślą o realizacji komunikacji z urządzeniami multimedialnymi.
- Interfejs FireWire jest dziś implementowany w większości komputerów dostępnych na rynku.
- Nie wymaga instalacji frame-grabbera.
- Zaletą transmisji przy użyciu tego interfejsu jest też to, że w niewielkim stopniu obciąża procesor.
- Jest to ważne zwłaszcza w systemach wizyjnych, w których algorytmy przetwarzania obrazu mogą obliczeniowo obciążać jednostkę centralną.



USB 2.0

- Pierwotnym przeznaczeniem tego standardu była komunikacja z urządzeniami takimi jak klawiatury, myszki, drukarki.
- Jednak wraz z wprowadzeniem wersji 2.0, która zapewniła prędkość transmisji z szybkością 480 Mb/s przy maksymalnej długości połączenia 5m, zakres wykorzystania interfejsu USB wzrósł, obejmując też kamery cyfrowe.
- Wadą jest brak standardu przemysłowego tego interfejsu. Jest to przyczyną problemów z obsługą kamer z interfejsem USB pochodzących od różnych producentów.
- Wadą jest też duże obciążenie procesora. Dlatego nie jest zalecane wykorzystanie urządzeń z interfejsem USB w systemach wizyjnych, mimo że jest to stosunkowo tanie rozwiązanie



67

CameraLink

- Z większymi kosztami łączy się wykorzystanie kamer z interfejsem CameraLink.
- W zamian standard ten zapewnia dużą szybkość transmisji (do 4,8 Gb/s) oraz deterministyczną transmisję, która umożliwia implementację szeregu funkcji użytecznych w systemach wizyjnych.
- Interfejs CameraLink został zaprojektowany specjalnie w celu transmisji danych z kamer cyfrowych do komputera.
- Wymaga jednak instalacji frame-grabbera.
- Wadą jest też to, że komunikacja z dwoma kamerami wymaga dwóch oddzielnych frame-grabberów.



68

Gigabit Ethernet (GigE)

- Deterministyczna transmisja jest natomiast problemem w przypadku komunikacji za pośrednictwem interfejsu GigE.
- Możliwość opóźnień transmisji lub utraty części danych w przypadku dużego obciążenia sieci jest jednak rekompensowana przez szereg zalet tego interfejsu, w tym:
 - wysoką przepływność 1Gb/s,
 - długość kabla sieciowego 100m
 - i nieograniczoną liczbę urządzeń



69

Skaner : definicja ogólna

Skaner - urządzenie służące do przebiegowego odczytywania: obrazu, kodu paskowego lub magnetycznego, fal radiowych itd. do formy elektronicznej (najczęściej cyfrowej). Początki – lata 50te XX w.

Skaner optyczny w komputerach to peryferyjne urządzenie wejściowe umożliwiające przetworzenie statycznego obrazu rzeczywistego obiektu (np. kartka papieru) do postaci cyfrowej, w celu dalszej obróbki komputerowej.

- Typy skanerów
 - bębnowe,
 - płaskie,
 - dedykowane,
 - hybrydy



70

Skanery płaskie

- Najbardziej znany i używany typ skanera.
- Szczególnie popularne wśród twórców grafiki www oraz w domowym i biurowym środowisku.
- Oparto są na technologii CCD
- Największa rozdzielczość optyczna tych urządzeń wynosi około 5000 dpi zaś maksymalne pole skanowania to A1.
- Podstawowa zaleta to możliwość digitalizowania materiałów transparentnych i refleksyjnych.
- Wyposażając skaner w dodatkowy podajnik ADF (Automat Document Feeder – automatyczny podajnik papieru) zwiększa się znacznie jego wydajność pod kątem przetwarzania dokumentów.
- Ten typ Skanerów najlepiej sprawdza się w skanowaniu pojedynczych obiektów takich jak fotografie czy dokumenty formatu A4.
- W praktyce nie nadają się do masowej digitalizacji książek i innych obiektów o bardzo dużych formatach na przykład map geograficznych czy dużych rysunków technicznych



71

Skanery bębnowe

- Produkują najwyższej jakości skany w najwyższych rozdzielczościach.
- Idealnie nadają się do reprodukcji fotografii, plakatów, gazet, generalnie wszystkich dokumentów na osobnych kartkach i także materiałów transparentnych
- Szczególnie cenione w poligrafii i prasie.
- Nie nadają się do digitalizacji kruchych dokumentów czy książek ponieważ skanowanie odbywa się poprzez przyklejenie skanowanego obiektu specjalnym klejem, taśmą klejącą lub proszkiem do bębna, który w momencie skanowania wiruje z dużą szybkością.



72

Skanery dedykowane

- Urządzenia zaprojektowane do określonych zadań.
- W przypadku digitalizacji zasobów bibliotecznych przystosowane mogą być na przykład do skanowania książek.
- Ich zastosowanie nie jest ograniczone tylko do danej dziedziny - dedykowany skaner można interpretować jako urządzenie posiadające dodatkowe mechaniczne i programowe opcje wspomagające daną gałąź digitalizacji.

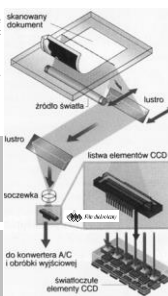


73

Skaner płaski – zasada działania

Układ optyczny w skanerze płaskim tworzą obiektyw soczewkowy i zwierciadła. W lepszych skanerach może być więcej obiektywów, co zwiększa tzw. rozdzielczość optyczną skanera.

Filtr dichroiczny to układ trzech równoległych półprzepuszczalnych lusterek, które rozdzielają padający strumień świetlny na trzy jednakowe strumienie.



Światło białe generowane przez lampę (ksenonową, halogenową lub fluorescencyjną) odbija się od kolorowego fragmentu oryginału (skanowanego materiału) i przyjmuje barwę tego fragmentu. To barwne światło, po przejściu przez układ optyczny (lustra, elementy ogniskujące, filtry RGB) trafia na czujniki CCD.

Analizowany jest udział trzech podstawowych kolorów – RGB. Cyfrowym "okiem" są elementy światłoczułe CCD. Każdy z nich jest miniaturywnym fotometrem, który mierzy natężenie padającego nań światła i przekazuje wynik (w postaci sygnału analogowego – prądu) do dalszej obróbki.

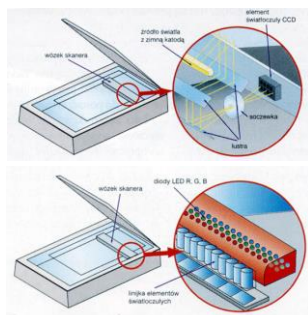
Elementy CCD znajdują się na przesuwającej się wewnątrz skanera listwie.

Dane z czujników CCD trafiają do przetwornika A/C – sygnał analogowy (prąd) jest zamieniany na sygnał cyfrowy na podstawie którego tworzony jest plik cyfrowy. Plik ten może być rozpoznawany i reprodukowany w systemie komputerowym.



74

Skaner płaski – CCD a CIS



- lampa ksenonowa, halogenowa lub fluorescencyjna
- lustra
- soczewki
- filtry RGB
- CCD

- diody LED (RGB)
- CCD



75

Skaner płaski – rozdzielczość optyczna

Kombinacja soczewek i układów CCD w skanerze określa **rozdzielczość optyczną** definiującą najmniejszy szczegół, który może być zreprodukowany przez skaner.

Rozdzielczość optyczna jest mierzona w jednostkach ppi (pixels per inch) – pikselach na cal, niekiedy błędnie utożsamianych z dpi (dots per inch) – punktami na cal.

Rozdzielczość optyczna skanera płaskiego wynika z liczby pojedynczych elementów CCD na jednostkę długości listwy tworzącej element fotoczuły skanera (pozioma) oraz skoku (ilości kolejnych pozycji na 1 cal) silnika krokowego przesuwającego listwę.



76

Skaner płaski – głębokość koloru

Kolor każdego piksela jest definiowany osobno.

Obrazy z głębią kolorów RGB często składają się z kolorowych pikseli zdefiniowanych przez 3 bajty - 1 bajt na kolor czerwony, 1 - zielony i 1 - kolor niebieski (obrazy 24-bitowe).

Mniej kolorowe obrazy potrzebują mniej informacji na piksel, np. obrazek w kolorach czarnym i białym wymaga tylko jednego bity na każdy piksel.

Parametr ten określa na ilu bitach zapisywane są dane o kolorze każdego piksela.



77

Skaner płaski – gęstość optyczna

Gęstość optyczna skanera to wielkość charakteryzująca proces rejestrowania światła przez elementy fotoczułe i oznaczająca zakres gęstości optycznej D, który z oryginału może zarejestrować skaner, czyli różnicę między D_{max} - D_{min} .

Im wartość D jest mniejsza, tym gorszej jakości czerń i zbliżone do niej barwy (ciemne granaty, brązy itp.) uzyskuje się na obrazie z najlepszego nawet oryginału, czyli tym gorsze zinterpretowanie cieni oryginału w obrazie cyfrowym.



78

Odstrośywanie oryginałów

Podczas skanowania najlepiej dysponować oryginałami fotograficznymi lub rysunkami czy obrazami malarskimi. Nierzad jednak zdarza się oryginał w postaci reprodukcji wykonanej w drukarni. Reprodukacja taka jest drukowana tzw. techniką rastrową, w której każda tonalność jest budowana z równoodległych małych punktów (tzw. punktów rastrowych) o różnych wielkościach. Punktów tych nie widać nieuzbrojonym okiem. Pod lupą powiększającą ok. 8 razy są one jednak dobrze widoczne.



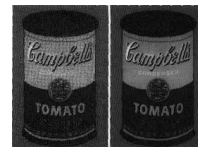
79

Odstrośywanie oryginałów

Po skanowaniu takiej **rastrowanej** reprodukcji nie otrzymamy więc obrazu zbudowanego z pikseli oddających tonalności przez niewiele zmieniające się poziomy ich jasności, ale w postaci skokowo zmieniających się barw, pochodzących z punktów rastrowych wydrukowanych czterema farbami CMYK (cyan, magenta, yellow, black), oraz z bieli niezadrukowanego podłoża. Otrzymany obraz może być nie do przyjęcia z powodu niskiej jakości.

Może bowiem w takim przypadku powstać zjawisko tzw. **mory**, tj. tworzenia przez zeskanowane punkty rastrowe, niepożądanych kolizyjnych wzorów geometrycznych. Jedyną metodą przeciwdziałania temu zjawisku jest wcześniejsze usunięcie („zatarcie”) struktury rastrowej pochodzącej z reprodukcji, tzw.

odstrastowanie. Wiele sterowników skanerów ma własność „zacierania” rastra podczas skanowania reprodukcji, co warto wykorzystać.



80

Skanowanie refleksyjne

- Jedną z cech skanera jest możliwość skanowania refleksyjnego, tzn. takiego, w którego przypadku na elementy fotoczułe pada światło odbite od powierzchni oryginału.
- W skanerach płaskich wyposażonych w CCD można skanować bryły, co jest wielką ich zaletą.
- Nie musimy wtedy fotografować skanowanego obiektu.
- Elementy CCD cechuje bowiem pewna „głębina ostrości”.
- W zależności od modelu skanera może ona wynosić nawet do 15 cm.
- Można zatem skanować małe przedmioty lub niezbyt wysokie kompozycje ułożone na szybie.



81

Skanowanie transparentne

- Część skanerów umożliwia skanowanie transparentne, tzn. skanowania z oryginałów wykonanych na materiałach przezroczystych.
- Skanowanie takie różni się od refleksyjnego tym, że oryginał jest umieszczony między źródłem światła a czujnikami.
- Przy skanowaniu transparentnym bardzo ważne jest płaskie rozłożenie oryginału na szybie, gdyż kłisze mają tendencję do wyginania się.
- W skanerach płaskich zapewniają to specjalne uchwyty lub ramki mocujące.
- Niektóre skanery służą wyłącznie do skanowania transparentnego (nie mają szyby).

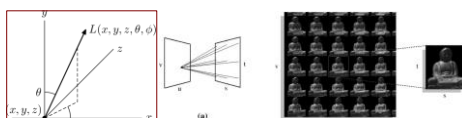


82

Light Field Camera (plenoptyka)

Funkcja **plenoptyczna** to radiancja (ilość światła zawarta w pojedynczym promieniu) obliczona w każdym punkcie przestrzeni 3D ze sceny oświetlonej stałym źródłem (-ami) światła (Adelson 1991).

Funkcja oświetlenia plenoptycznego w obrazowaniu to wyidealizowana postać sceny obserwowanej ze wszystkich możliwych kierunków w dowolnym kierunku i czasie.

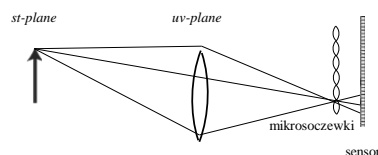
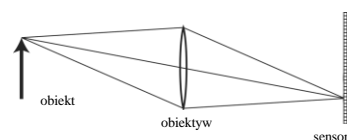


Light field photography and videography, Marc Levoy, Computer Science Department, Stanford University



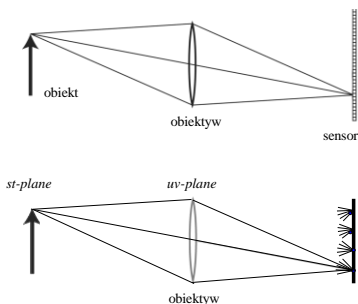
83

Light Field Camera (plenoptyka)



84

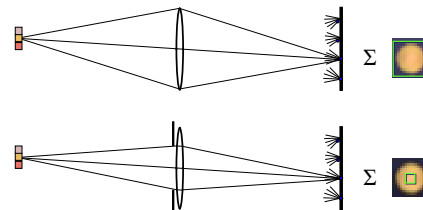
Light Field Camera (plenoptyka)



85

Light Field Camera – cyfrowa przesłona

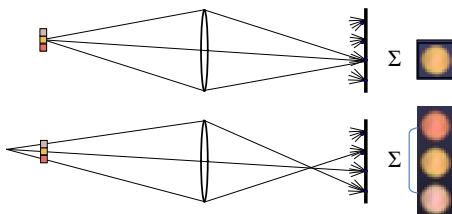
Cyfrowa przesłona = sumowanie centralnej sekcji każdego z mikrojestratorów



86

Light Field Camera – cyfrowe ostrzenie

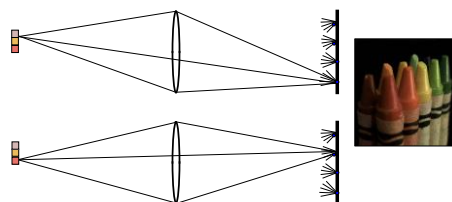
ostrzenie = sumowanie wartości w okienkach w każdym z mikrojestratorów



87

Light Field Camera – cyfrowa zmiana perspektywy

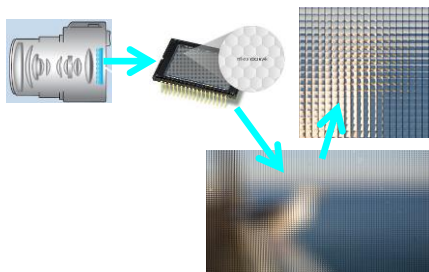
Przesuwanie pkt obserwacji = sumowanie wartości w określonych okienkach



88

Aparaty plenoptyczne

- Rejestrują ilość światła w sposób przestrzenny.
- W praktyce aparat plenoptyczny dokonuje rejestracji setek obrazów w ciągu jednego cyklu otwarcia przysłonowej migawki - każdy z obiektywów kieruje część promieni światła do określonych punktów matrycy.



89

Aparaty plenoptyczne - prototypy

- Stanford – matryca obiektywów + system komputerowy



90

Aparaty plenotypyczne – modele komercyjne

Lytro



Pelican Camera

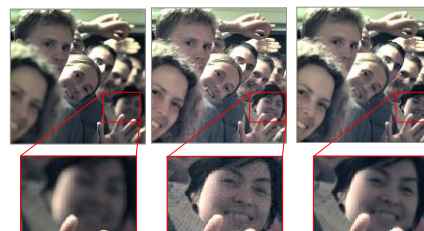


Raytrix R (1–3Mpix)



91

Porównanie

Standardowa
fotografia,
prześlona $f/4$ Standardowa
fotografia,
prześlona $f/22$ light field,
prześlona $f/4$,
po przetworzeniu
[Agarwala 2004]

92

Skanowanie 3D

- Skanowanie 3D – metoda przenoszenia rzeczywistego kształtu trójwymiarowego modelu do postaci cyfrowej.
- Skanowanie 3D w znaczący sposób przyspiesza proces projektowania i znalazło zastosowanie głównie w Inżynierii Odwrotnej (Reverse Engineering) ale także w grafice komputerowej, archeologii, muzealnictwie czy też medycynie.
- Pierwsze użyteczne urządzenia do skanowania 3D to początek lat 90-tych XX w.



93

Skanowanie 3D: metody

Wśród metod skanowania 3D można wyróżnić dwie główne grupy:

- Metody bezstykowe
- Metody stykowe.



94

Skanowanie 3D: metody stykowe

W metodach **stykowych** wykorzystywane są:

- współrzędnościowe maszyny pomiarowe wyposażone w głowice skanujące
- ramiona pomiarowe
- obrabiarki CNC wyposażone w odpowiednie oprogramowanie i głowice skanujące



Taki sposób pomiarowy wymaga **bezpośredniego** kontaktu głowicy pomiarowej z mierzonym modelem oraz jest dość trudny i czasochłonny a dodatkowo istnieje możliwość uszkodzenia czy zmiany geometrii powierzchni przedmiotu skanowanego (w przypadku materiałów w przypadku których istnieje zwiększone ryzyko uszkodzenia jest możliwość wykorzystania głowicy rezonansowej).



95

Skanowanie 3D: metody bezstykowe

W metodach **bezstykowych** wykorzystywane są najczęściej pomiary optoelektroniczne:

- skanery laserowe
- skanery wykorzystujące różnego rodzaju metody wizyjne (przede wszystkim światło strukturalne).

Dodatkowo do grupy tej zaliczamy:

- specjalizowane skanery ultradźwiękowe i radarowe
- urządzenia wykorzystywane w medycynie takie jak tomograf komputerowy CT czy rezonans magnetyczny NMR.



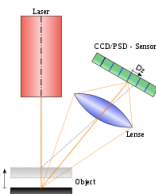
96

Skanowanie 3D : skaner laserowy

Wykorzystując skaner laserowy mamy możliwość w sposób automatyczny zarejestrować kształt oraz barwę skanowanego przedmiotu.

Układ pomiarowy skanera składa się z:

- **lasera** małej mocy emitującego światło pomarańczowoczerwone lub podczerwone
- Obrotowego **lustra** umożliwiającego sterowanie kierunkiem wiązki lasera – dzięki temu uzyskujemy większą precyzję w kierowaniu laserem
- **przetwornika** CCD wysokiej rozdzielczości.



97

Skanowanie 3D : skaner laserowy: rodzaje

- **Triangulacja laserowa**
 - jest wykonywana przez projekcję linii lasera i następnie zebrania jego odbicia przez sensor umieszczony w znanym położeniu i odległości od źródła lasera.
 - Wynikowy kąt odbicia jest interpretowany i dostarcza trójwymiarowy pomiar wielkości obiektu.
- **Laserowy skaner czasu odbicia**
 - Emituje światło pulsacyjne które odbite jest od obiektu skanowanego.
 - Rezultat odbicia jest wykrywany przez sensor, a czas pomiędzy emisją i detekcją dostarcza informacji o dystansie do skanowanego obiektu.
- **Skaner przesunięcia fazy**
 - Podobny w działaniu do skanera czasu odbicia z tym że zastosowanie pomiaru fazy powoduje zwiększenie dokładności pomiaru.
 - Pracuje poprzez porównanie przesunięcia fazy odbitego światła laserowego i fazy laserowej wiązki referencyjnej.



98

Skanowanie 3D : skaner ze światłem strukturalnym

- Wykorzystanie do podświetlenia badanego przedmiotu **światła o zadanej strukturze**
- Wykorzystywane są tu linie białego światła (raster o znanych parametrach – zestaw linii o zadanej gęstości), które są projektowane na skanowany model.
- Dajel zbierana jest informacja o zniekształceniu linii rzutowanej na mierzoną powierzchnię, które jest adekwatne do kształtu modelu.
- Obraz zarejestrowany przez kamerę jest poddany analizie komputerowej



Proces skanowania wykorzystującego oświetlenie laserem strukturalnym: http://itemsystem.lu/Applications/Cultural2D/Heritage/cultural_heritage



99

Skanowanie 3D : triangulacja

- Każdy skaner 3D musi zostać skalibrowany oraz otrzymać współrzędne punktów odniesienia przed skanowaniem.
- W przypadku skanerów laserowych samopozycjonujących, punktami odniesienia są markery umieszczone na obiekcie.
- W pierwszym etapie skanowania muszą wszystkie zostać zarejestrowane i otrzymują współrzędne XYZ, na podstawie ich rozmieszczenia względem siebie oprogramowanie ustala środek układu współrzędnych i jest gotowe do rejestracji chmury punktów.
- Podczas skanowania powierzchni minimum dwa lasery penetrują powierzchnie a kamera rejestruje ich odbicia od obiektu.
- W zależności od dokładności urządzenia błąd pomiarowy może wynosić 0,05mm.
- W trakcie skanowania rejestrowane są punkty "przylegające" do powierzchni obiektu i są im nadawane współrzędne XYZ.
- Podczas tego procesu skanery rejestrują nawet kilka milionów punktów na powierzchni 400cm².



100

Stereoskopia

- Stereoskopia: technika obrazowania, oddająca wrażenie normalnego widzenia przestrzennego, tzn. reprezentującego nie tylko kształt i kolor obiektów ale także ich wzajemne zależności przestrzenne, odległość od obserwatora i głębię sceny.

- Tworzenie obrazu 3D za pomocą zespołu kamer video;



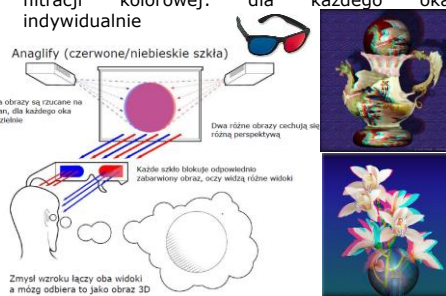
- Rodzaje obrazów 3D:
 - Stereogramy (ang. Stereograms)
 - Anaglify (ang. Anaglyphs)
 - Widzenie równoległe (ang. Parallel Viewing)
 - Widzenie krzyżowe (ang. Cross-eyed Viewing)
 - Rozdzielanie (ang. Mirror Split)



101

Stereoskopia : anaglify

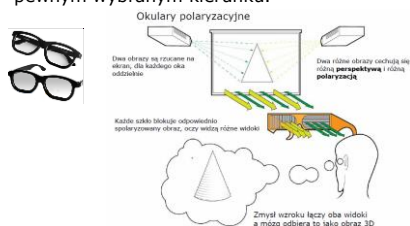
- Główny podmiot zazwyczaj jest w połowie pola ostrości obrazu, a pierwszy i drugi plan są przesunięte w przeciwnych kierunkach.
- Obraz składa się z dwóch **warstw** poddanych filtracji kolorowej: dla każdego oka indywidualnie



102

Stereoskopia : polaryzacja

- Kreują efekt trójwymiarowy przez blokowanie strumieni światła dochodzącego do oczu, przy wykorzystaniu zjawiska polaryzacji światła
- Polaryzacja** – własność fali poprzecznej (np. światła). Fala spolaryzowana oscyluje tylko w pewnym wybranym kierunku.

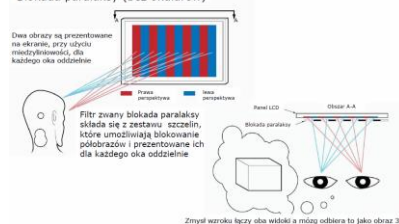


103

Stereoskopia : polaryzacja

- W praktyce stosowana jest często metoda blokady paralaksy, która łączy w sobie cechy powyższych metod.
- Metoda ta pozwala na prezentowanie dość dużych obrazów i nie wymaga używania okularów.

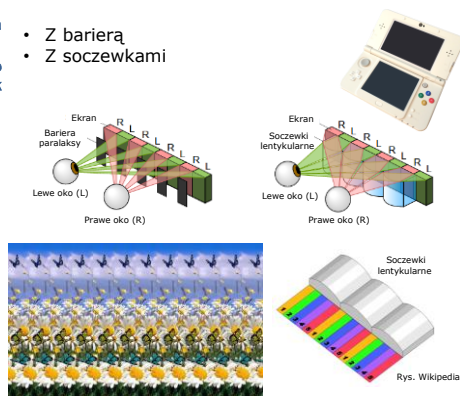
Blokada paralaksy (bez okularów)



104

Stereoskopia : wyświetlacz autostereoskopowy

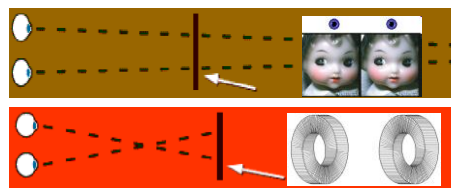
- Z barierą
- Z soczewkami



105

Stereoskopia : parallel viewing, cross-eyed viewing

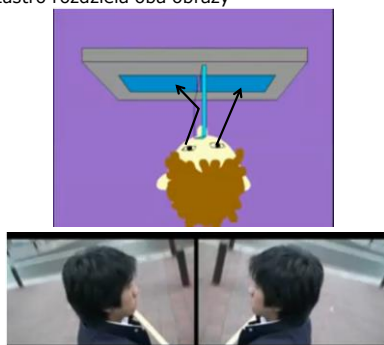
- Do prezentacji obrazów nie większych niż 65mm (średnia odległość środków oczu).
- Widz patrzy na obraz w sposób równoległy, to znaczy oczy muszą być ustalone w zezie rozbieżnym
- Obrazy są zamienione miejscami, Oczy ustawione są w zez zbieżny
- Wada: Metoda Prostogłędu i Metoda Krzyżogłędu posiadają ograniczony format obrazów.



106

Stereoskopia : mirror-split

- Lustro rozdziela oba obrazy



107

Okulary VR

- Podstawowym sposobem prezentacji treści 3D są obecnie okulary VR
- Osobne obrazy są podawane niezależnie dla każdego oka
- Problemy:
 - Rozdzielczość
 - Korekcja geometrii
 - Latencja
 - Ergonomia
 - Zaburzenie błędnika
 - Sterowanie



108

Na
zakończenie

„Nigdy nie sądziłem, że ta technologia (CMOS –
przyp. red) stanie się tak popularna, że będzie
wykorzystywana do robienia selfies albo nagrywania
niemądrych filmików z kotami”

(Eric Fossum)

