

## Interfață Vizuală Om-Mașină

### Analiza și recunoașterea gesturilor

Dr.ing. Ionuț Mironică

<http://ionut.mironica.ro>

Prof. Dr. Ing. Bogdan Ionescu



## Materiale de curs

Cursurile pot fi descărcate de la adresa:

<http://ionut.mironica.ro/teaching.htm>

ionut.mironica [at] gmail.com

Laborator B138

Examen final (scris): 50%

27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

2

## Cuprins curs

- Noțiuni introductive
- Dispozitive pentru detecția gesturilor
- Algoritmi de recunoaștere automată a gesturilor
  - Algoritmi de detecție după formă
  - Algoritmi pentru urmărirea traiectoriei
  - Detecția mișcării
- Algoritmi de clasificare

27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

3

## Cuprins curs 1

- Noțiuni introductive
- Domenii de utilizare
- Dispozitive de recunoaștere a gesturilor
  - Dispozitive contact / non-contact
  - Camere de adâncime
  - Consola Kinect
  - Testare Kinect
  - Aplicații Kinect
- Concluzii

27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

4

## Bibliografie

- [1] „The Human-Computer Interaction Handbook, Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications”, Ed. A. Sears, J.A. Jako, LEA – Taylor & Francis Group, New York – London, 2008;
- [2] „Computer Vision: Algorithms and Applications”, Rick Szeliski (draft online);
- [3] „Computer Vision : A Modern Approach”, David A. Forsyth și Jean Ponce (draft online);
- [4] „Visual Object Recognition”, Kristen Grauman și Bastian Leibe;
- [5] „Computer Vision”, Linda G. Shapiro și George C. Stockman;
- [6] „Introductory Techniques for 3D Computer Vision”, E. Trucco și A. Verri;
- [7] „Pattern classification”, Richard O. Duda, Peter E. Hart și David G. Stork;
- [8] „Pattern Recognition and Machine Learning”, Christopher M. Bishop;
- [9] „Conceptul de Indexare Automată după Conținut în Contextul Datelor Multimedia”, B. Ionescu, I. Mironică, Editura MatrixRom, 2013 (draft online).

27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

5

## I. Noțiuni introductive

Tendența actuală a sistemelor de interfațare om-mașină este de înlocuire a dispozitivelor mecanice:



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

6

## I. Noțiuni introductive

- Una dintre cele mai populare direcții de studiu o constituie analiza și recunoașterea gesturilor (expresive, semnificative și informaționale);
- Recunoașterea de gesturi permite comunicarea om-mașină în mod natural fără a interacționa cu alte dispozitive mecanice, deci fără a fi nevoie de a învăța regului de utilizare a acestora.
- În acest mod, dispozitivele clasice (mouse, touch-screen, tastatură) pot devini redundante.

27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

7

## I. Noțiuni introductive

### Aplicații



#### Medicale:

- ajutor pentru persoanele cu dificultăți de auz precum recunoașterea automată a limbajului semnelor;
- monitorizarea pacienților la nivel emoțional, stres;
- chirurgie.

#### Criminalistică:

- tehnici de identificare;
- detector de minciuni.

27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

8

## I. Noțiuni introductive

### Aplicații



#### “Entertainment”:

- “gaming”;
- navigare și manipulare în medii virtuale și de “realitate augmentată”.



#### Industrie:

- manipulare echipamente / roboți industriali.



#### Asistare persoane cu dizabilități:

- ex: tabletă cu recunoaștere automată a semnelor.

27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

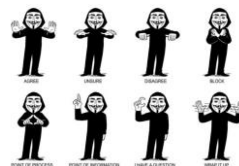
9

## I. Noțiuni introductive

### Tipuri de gesturi

**Gesturi ale mâinii și brațelor:** recunoașterea ipostazelor mâinii, recunoașterea limbajului semnelor, transmiterea de comenzi, manevrare obiecte; Permite eliminarea contactului direct cu echipamentul manipulat.

statice: ipostaze ale mâinii sau corpului;



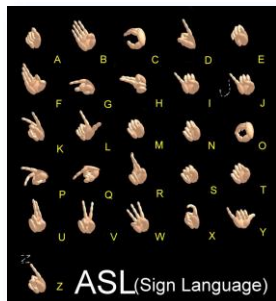
27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

10

## I. Noțiuni introductive

### Tipuri de gesturi



#### American Sign Language

- Comunicare non-verbală – mod de lucru pentru peste 500.000 de persoane din America de Nord;
- Cuvintele aditionale se formează prin utilizarea alfabetului;
- Conțin și gesturi dinamice ( “J” și “Z”).

27.12.2016

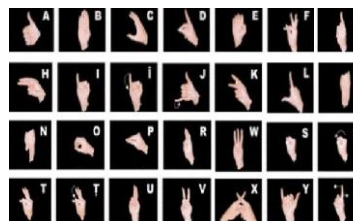
IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

11

## I. Noțiuni introductive

### Tipuri de gesturi

#### Limbaj mimico-gestual românesc



27.12.2016

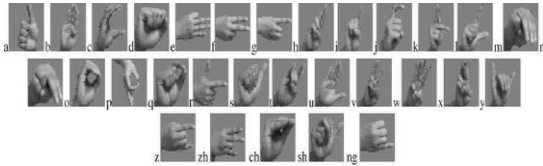
IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

12

## I. Noțiuni introductive

### Tipuri de gesturi

Limbaj mimico-gestual chinezesc



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

13

## I. Noțiuni introductive

### Tipuri de gesturi

➤ **dinamice:** implică mișcare;



➤ **dinamice & statice:** implică mișcare în cadrul căreia sunt semnificative anumite ipostaze statice (ex: controlori trafic);



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

14

## I. Noțiuni introductive

### Tipuri de gesturi

**Gesturi ale capului și feței:** exemple, a da din cap, direcția privirii, ridicarea sprâncenelor, deschiderea gurii pentru a vorbi, clipire, sau expresii ale feței precum: neutră, surpriză, dezgust, bucurie, frică, supărare, furie etc.;



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

15

## I. Noțiuni introductive

### Tipuri de gesturi

**Gesturi ale corpului:** implică mișcarea întregului corp, precum urmărirea mișcării a două persoane ce interacționează, mișcările unui dansator, analiza cinematicii corpului - antrenare;

- Nu există o asociere unică între gest și informație (subiectivitate și repetitivitate limitată);
- Semnificația unui gest este determinată de:
  - informația spațială: unde are loc;
  - informația temporală: traiectoria în timp ("path");
  - informația simbolică: semnificația;
  - informația afectivă: conținutul emoțional;

27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

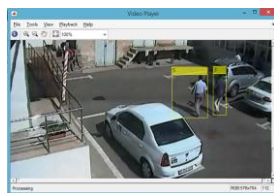
16

## I. Noțiuni introductive

### Tipuri de gesturi

**Gesturi ale corpului:** implică mișcarea întregului corp, precum urmărirea mișcării a două persoane ce interacționează, mișcările unui dansator, analiza cinematicii corpului - antrenare;

- Supraveghere automată
- Detecție automată a evenimentelor



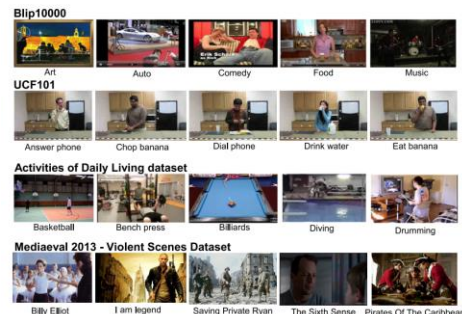
27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

17

## I. Noțiuni introductive

### Tipuri de gesturi



27.12.2016

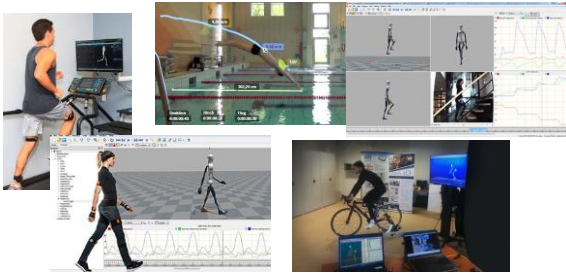
IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

18

## I. Noțiuni introductive

### Tipuri de gesturi

Îmbunătățirea performanțelor sportive



[www.xsens.com]

27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

19

## I. Noțiuni introductive

### Provocări

- viteza - aplicațiile trebuie să fie adaptate să ruleze în timp real (minim 25 frame-uri pe secundă);
- acuratețe (robustete la schimbare de mediu / background);
  - fundalul de culoarea pielii poate interfera cu algoritmul de detecție
- robustețe la apariție de ocluziuni sau alte tipuri de obiecte din cadru;
- backlight;
- zgomot (camere de IR / RGB).

27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

20

## I. Noțiuni introductive

### Provocări

#### Sindromul „Gorilla arm”

- După o utilizare îndelungată a mâinilor poate apare sindromul „Gorilla arm”;
- Oamenii nu pot „ține” mâinile în fața corpului pentru o perioadă lungă de timp deoarece apar dureri, crampe și oferă impresia de mâine „supradimensionate”;
- Acesta a dus de altfel și la dispariția tehnologiei touch-screen în anii 1980;
- În domeniu există o vorbă “Remember the gorilla arm!” ceea ce reprezintă o aluzie la “How is this going to fly in real use?”.



27.12.2016

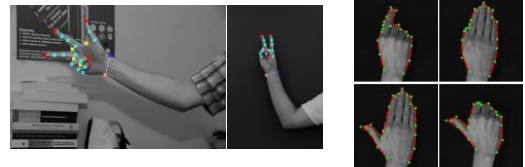
IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

21

## II. Tehnici de prelucrare gesturi

### Clasificare

- (fără contact) bazate pe prelucrarea imaginilor aferente preluate cu anumite dispozitive (camere video / stereo / adâncime etc.).



[<http://sun.aei.polsl.pl/~mkawulok/gestures/>]

27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

22

## II. Tehnici de prelucrare gesturi

### Clasificare

- (cu contact) bazate pe date preluate de către dispozitive hardware specifice.



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

23

## II. Tehnici de prelucrare gesturi

### Companii



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

24

## II. Tehnici de prelucrare gesturi

### Companii



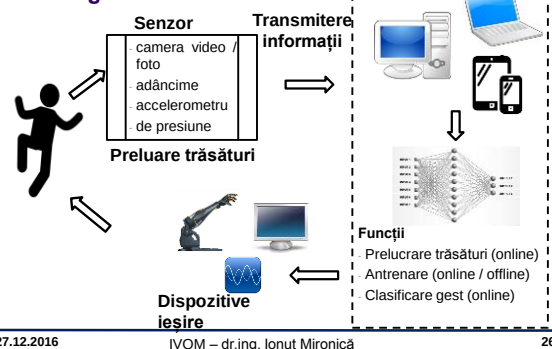
27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

25

## II. Tehnici de prelucrare gesturi

### Schemă generală



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

26

## II. Tehnici de prelucrare gesturi

### Biblioteci / Limbaje pentru IVOM



- Computer Vision Toolbox;
- Neural Network Toolbox;
- Bioinformatics Toolbox (Support Vector Machines);
- Statistics Toolbox (Hierarchical Clustering, KMeans, Gaussian Mixture Models, Naive Bayes, Discriminant Analysis, Nearest Neighbors, Classification Trees, Ensemble Classifiers, etc);



- platformă generală de computer vision ce include și facilități de clasificare, "open source", în C++;
- Machine Learning Library (MLL): Statistical Models, K-Nearest Neighbors, Support Vector Machines, Decision Trees, Boosting, Expectation Maximization, Neural Networks;
- Conține algoritmi de detecție a mișcării / detecție de puncte de interes (SIFT SURF, Harris, MSER etc)

27.12.2016

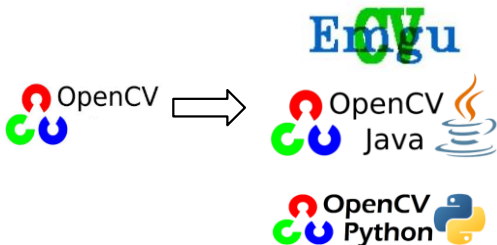
IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

27

## II. Tehnici de prelucrare gesturi

### Biblioteci / Limbaje pentru IVOM

- Wrapper pentru diferite limbaje / sisteme (.NET / Android / Python)



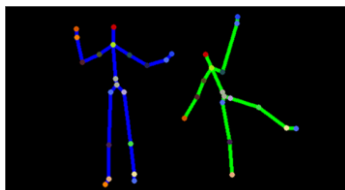
27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

28

## II. Tehnici de prelucrare gesturi

### Biblioteci / Limbaje pentru IVOM



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

29

## II. Tehnici de prelucrare gesturi

### Biblioteci / Limbaje pentru IVOM



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

30

## II. Tehnici de prelucrare gesturi

### Biblioteci / Limbaje pentru IVOM

- Halcon
- Matrox Imaging Library
- Open eVision
- Adaptive Vision Library
- Common Vision Blox

27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

31

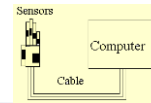
## III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor

### Dispozitive atașate

#### Mănuși

Tehnologie de captare a mișcărilor (ex îndoirea degetelor).

- Conțin un detector de mișcare (magnetic sau inerțial) care captează poziția globală a degetelor;
- Au un cost de producție destul de ridicat;
- Sunt folosite în special pentru manipulare în medii virtuale și de "realitate augmentată".



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

32

## III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor

### Dispozitive atașate

#### Mănuși

- Datele sunt transmise wireless către un server calculator care le prelucrează în timp real;
- Avantaje:
  - nu mai sunt probleme de iluminare / ocluziuni.
- Dezavantaje:
  - preț ridicat.



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

33

## III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor

### Dispozitive atașate

#### Mănuși „colorate”

- Avantaje:
  - avem nevoie doar de un webcam;
  - prețul mănușii este foarte mic (1USD).
- Dezavantaje:
  - probleme specifice atunci când se utilizează o cameră video ca și senzor (ocluziuni/zgomot).



[MIT 2010]

27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

34

## III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor

### Dispozitive atașate

#### Wii (Nintendo)



PS3 Move

#### Myo



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

35

## III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor

### Dispozitive atașate



Fitbit



WristQue



Cicret

27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

36



### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor

#### Camere de adâncime

- Calculează distanța dintre cameră și obiectele din cameră;
- Majoritatea calculează distanța prin măsurarea distanței pe care lumina o parcurge de la senzor la obiect.



27.12.2016

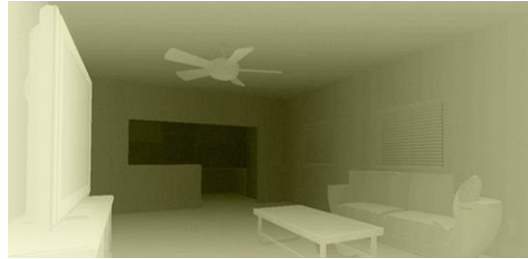
IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

37

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor

#### Camere de adâncime

- Ce afișează o cameră de adâncime?



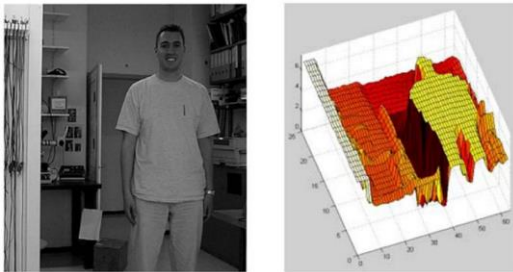
27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

38

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor

#### Camere de adâncime



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

39

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor

#### Camere de adâncime



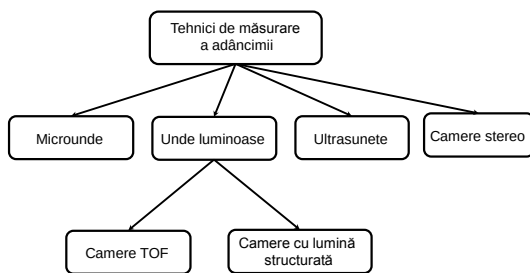
27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

40

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor

#### Camere de adâncime



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

41

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor

#### Camere stereo

- Reprezintă camere care au 2/3 lentile și care preiau mai multe imagini în același timp;
- Tehnologia a fost dezvoltată încă din anii 40;
- În acest mod se va simula vederea binoculară, capturând imagini tridimensionale;
- De obicei, distanța dintre lentile este aproximativ egală cu distanța dintre 2 ochi (distanța intra-oculară).



Camera Kodak

Camera Sputnik

Camera Verascope

27.12.2016

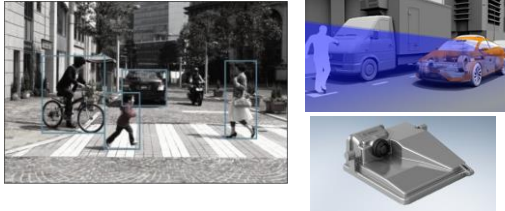
IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

42

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere stereo

#### Utilizare

- Preluare de imagini și filme 3D (ex: Samsung NX300);
- montare camere stereo pe vehicule pentru a calcula direcția drumului și distanța față de pietoni (ex: Continental, Bosch, Subaru, Volvo, Nissan, Daimler).



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

43

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere stereo

#### Utilizare

- Pentru navigarea roboților;



Ex: robotul Nomad caută meteoriți în Antarctica

27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

44

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere stereo

#### Utilizare

- Reconstructie 3D;  
Colectează flux video din 50 de camere



<http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/project/VirtualizedR/www/VirtualizedR.html>

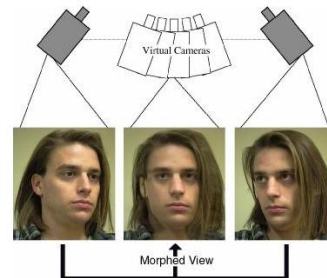
[Takeo Kanade *et al.*, CMU]

27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

45

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere stereo



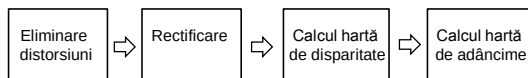
27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

46

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere stereo

#### Calcul distanță obiecte

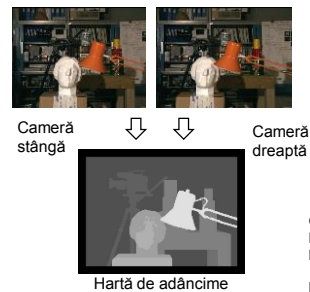


27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

47

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere stereo



**Cod sursă:**  
[http://docs.opencv.org/3.0-beta/doc/py\\_tutorials/py\\_tutorials.html](http://docs.opencv.org/3.0-beta/doc/py_tutorials/py_tutorials.html)  
**Baze de date de imagini stereo:**  
<http://vision.middlebury.edu/stereo/data/>

27.12.2016

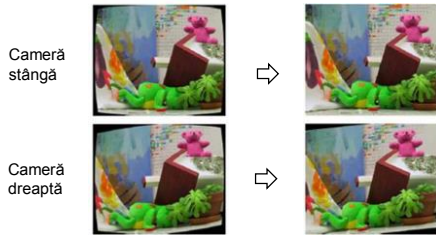
IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

48



### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere stereo

Calcul distanță obiecte – Eliminare distorsiuni



27.12.2016

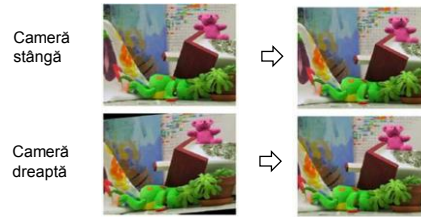
IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

49

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere stereo

Calcul distanță obiecte - Rectificare

**Rectificarea** este transformarea prin care o pereche de linii epipolare devin coliniare și paralele pe axa orizontală;



[Loop și Zhang, CVPR'99]

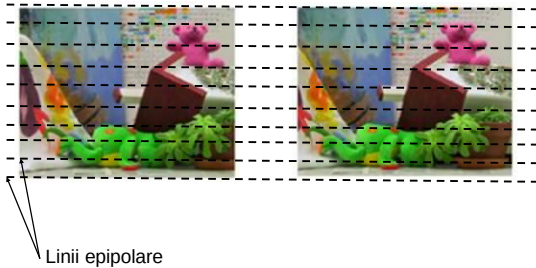
27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

50

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere stereo

Calcul distanță obiecte - Rectificare



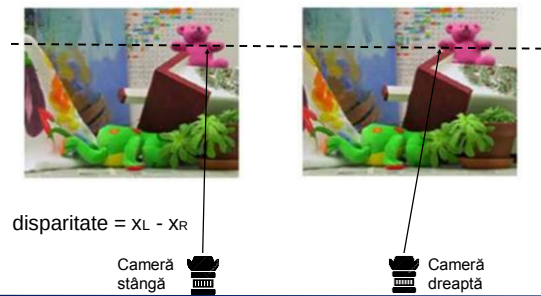
27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

51

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere stereo

Calcul distanță obiecte - Calcul hartă de disparitate



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

52

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere stereo

Calcul distanță obiecte - Calcul hartă de disparitate

**Schemă algoritm**

- pentru fiecare linie epipolară
  - pentru fiecare pixel din imaginea dreaptă
    - compară cu fiecare pixel din imaginea dreaptă de pe linia epipolară corespondentă
    - găsește pixelul cu cel mai mic cost de potrivire

27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

53

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere stereo

Calcul distanță obiecte - Calcul hartă de disparitate



Ferestre de potrivire (utilizând SSD ca și mărime de minimizare a costului - SSD (Sum Squared Differences))

$$E(x, y; d) = \sum_{(x', y') \in N(x, y)} [I_L(x' + d, y') - I_R(x', y')]^2$$

d = disparitate

27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

54

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere stereo

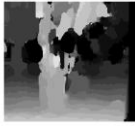
Cât de mare trebuie să fie dimensiunea ferestrei?

Dimensiune mică: multe detalii

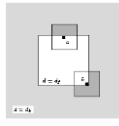
Dimensiune mare: mai puține erori / detalii mai puține



w = 3



w = 20



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

55

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere stereo

Alte metode

Raw pixel values (correlation)

Band-pass filtered images [Jones & Malik 92]

"Corner" like features [Zhang, ...]

Edges [many people...]

Gradients [Seitz 89; Scharstein 94]

Rank statistics [Zabih & Woodfill 94]

<https://www.eecis.udel.edu/~grauerg/globalStereoPresCompVisionClass.pdf>

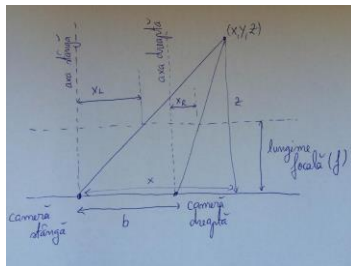
27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

56

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere stereo

Calcul distanță obiecte - Calcul hartă de adâncime



$$\left. \begin{aligned} \frac{x}{z} &= \frac{x_L}{f} \\ \frac{x - b}{z} &= \frac{x_R}{f} \end{aligned} \right\}$$

$$z = \frac{bf}{x_L - x_R} = \frac{bf}{\text{disparitate}}$$

27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

57

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere stereo

Dezavantaje

- Este nevoie de cel puțin două camere calibrate;
- Costisitor din punct de vedere computațional;
- Dependente de modul de iluminare a scenei.

27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

58

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere de adâncime TOF

Principiu funcționare

- Camerele matriciale ToF estimează întreaga geometrie a scenei prin emiterea simultană a unui număr M x N fascicule luminoase care vor fi captate de un senzor;
- Fiecare punct din această matrice va indica în mod independent față de celălalte puncte distanța de la punctul corespunzător al matricei la un punct corespunzător din scenă.

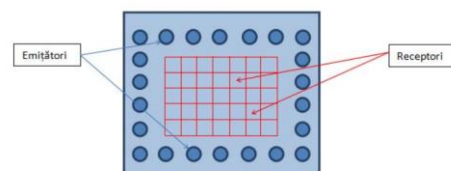
27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

59

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere de adâncime TOF

Schema unui senzor ToF matricial



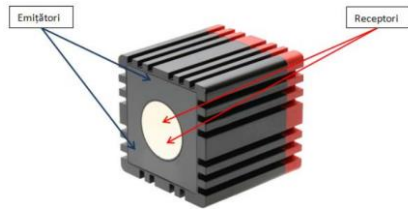
27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

60

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere de adâncime TOF

Schema unui senzor ToF matricial



Plasarea emițătorilor și a receptorilor pentru o cameră ToF MESA Imaging 3D SR4000

27.12.2016

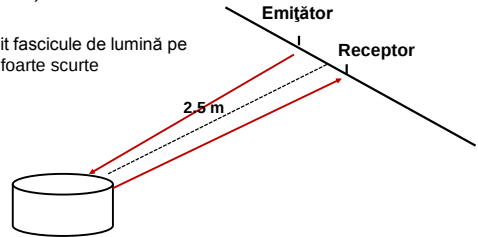
IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

61

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere de adâncime TOF

Principiu funcționare

- Se emit fascicule de lumină pe perioade foarte scurte



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

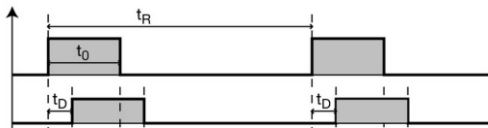
62

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere de adâncime TOF

Principiu funcționare

- Având în vedere că viteza luminii este aprox. 300.000.000 m/s, timpul de răspuns se calculează

$$t_D = 2 \cdot \frac{D}{c} = 2 \cdot \frac{2,5 \text{ m}}{300\,000\,000 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0,000\,000\,016\,66 \text{ s} = 16,66 \text{ ns}$$



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

63

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere de adâncime TOF

Avantaje

- **Simplitate în implementare**
  - ✓ sistem compact (față de sistemele stereo sau cu triangulare);
  - ✓ nu este nevoie de module mecanice (în contrast cu sisteme cu scanare laser);
  - ✓ algoritmul de calcul al distanței este eficient (putere de procesare mică);
  - ✓ este nevoie de o singură cameră calibrată.
- **Viteză**
  - ✓ capabile să măsoare distanțele din încăpere într-o singură iterație;
  - ✓ unele dispozitive pot atinge și 160 cadre pe secundă, ceea ce le face ideale pentru aplicații în timp real.
- **Preț redus**

27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

64

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere de adâncime TOF

Dezavantaje

- **Background backlight**
- **Interferențe**
  - ✓ mai multe dispozitive TOF similare pot interfera;
  - ✓ se pot elimina prin anumite tehnici:
    - multiplexare temporală (doar un dispozitiv emite la un moment dat);
    - frecvențe de modulație diferite.
- **Reflexii**
  - ✓ dispozitivele TOF iluminează întreaga scenă, iar datorită reflexiilor lumina poate „atinge” obiectele urmând mai multe căi posibile, iar distanța estimată poate fi mai mare.

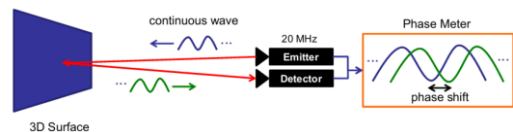
27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

65

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere de adâncime TOF

- ✓ Sunt emise unde luminoase continue sinusoidale (în loc de pulsuri);
- ✓ Unda luminoasă primită va avea o diferență de fază care va fi proporțională cu distanța senzor – obiect.



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

66

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere TOF cu modulație continuă

- ✓ Semnal sinusoidal emis:  $g(t) = \cos(\omega t)$

Semnalul este reflectat de către obiectul din scenă și datorită faptului că o parte din energie este absorbită apare un decalaj.

- ✓ Semnal primit:  $s(t) = b + a \cos(\omega t + \phi)$
- ✓ Funcția de corelație dintre cele două semnale (TTI):

$$c(\tau) = s * g = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) \cdot g(t + \tau) dt$$

27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

67

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere TOF cu modulație continuă

- ✓ Funcția de corelație dintre cele două semnale (TTI):

$$c(\tau) = s * g = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) \cdot g(t + \tau) dt$$

- ✓ Care devine pentru cazul nostru:

$$c(\tau) = \frac{a}{2} \cos(\omega \tau + \phi) + b$$

$\omega$  – frecvența

$a$  - amplitudinea

- ✓ Se calculează mai multe valori ale lui  $c(\tau)$

$$A_i = c(i \cdot \pi/2), \quad i = 0, \dots, 3$$

27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

68

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere TOF cu modulație continuă

- ✓ În final obținem:

$$\phi = \arctan2(A_3 - A_1, A_0 - A_2)$$

$$a = 1/2 \sqrt{(A_3 - A_1)^2 + (A_0 - A_2)^2}$$

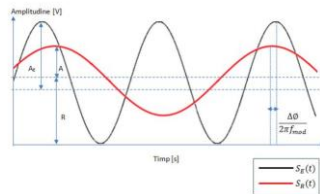
$$d = \frac{c}{4\pi\omega} \phi$$

$b$ : constant bias

$a$ : amplitudine

$\phi$ : phase shift

$\tau$ : internal offset



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

69

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere TOF cu modulație continuă

#### ➤ Avantaje

- ✓ Pot exista mai multe surse de lumină simultane;
- ✓ Se pot aplica diferite metode de modulație.

#### ➤ Dezavantaje

- ✓ Sensibile la zgomot;
- ✓ Viteză mai scăzută;
- ✓ Semnale perfect sinusoidale sunt greu de obținut în practică.

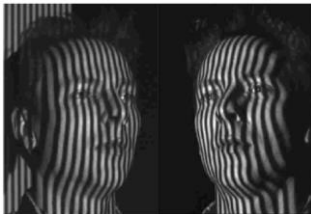
27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

70

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere TOF cu lumină structurată

- ✓ Proiectează o textură luminoasă care este preluat de receptor.
- ✓ Distorsiunile apărute ajută la calculul structurii 3D.



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

71

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere TOF cu lumină structurată

- Marea problemă pentru camerele stereo este nevoia de corespondență dintre diversele poziții din imagini;
- Căutarea corespondenței este un lucru dificil (texturi / culori mate);
- Ideea: simplificarea algoritmului de corespondență prin utilizarea iluminării;
- Principiu de bază: utilizarea proiectorului pentru a crea corespondențe.

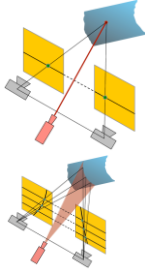
27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

72

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere TOF cu lumină structurată

- Dacă proiectăm un singur punct atunci realizarea corespondenței este simplă;
- Prin analogie, dacă proiectăm o dreaptă se poate realiza corespondența



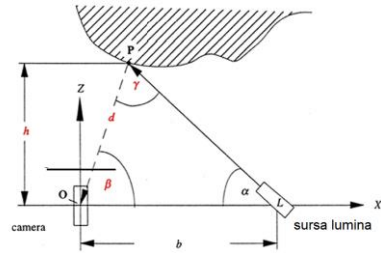
27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

73

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere TOF cu lumină structurată

- Distanța pentru un singur punct



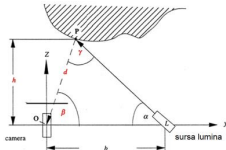
27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

74

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere TOF cu lumină structurată

- Distanța pentru un singur punct (2D)



Punctele O, L, P realizează un triunghi. Utilizând teorema sinusurilor vom avea:

$$\frac{d}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \gamma} \implies d = \frac{b \cdot \sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{b \cdot \alpha}{\sin(\pi - \alpha - \beta)} = \frac{b \cdot \alpha}{\sin(\alpha + \beta)}$$

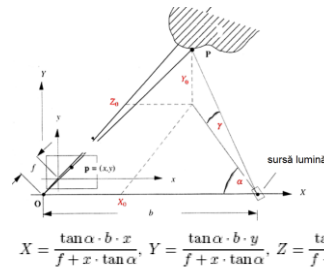
27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

75

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere TOF cu lumină structurată

- Distanța pentru un singur punct (3D)



$$X = \frac{\tan \alpha \cdot b \cdot x}{f + x \cdot \tan \alpha}, Y = \frac{\tan \alpha \cdot b \cdot y}{f + x \cdot \tan \alpha}, Z = \frac{\tan \alpha \cdot b \cdot f}{f + x \cdot \tan \alpha}$$

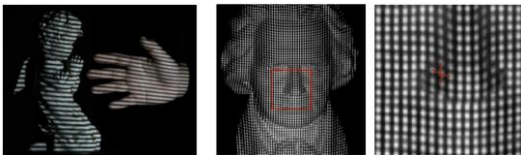
27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

76

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere TOF cu lumină structurată

- Perechi de linii
- Grid-uri



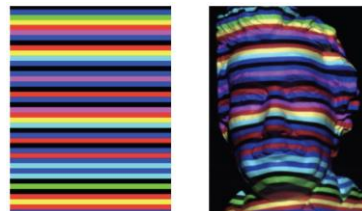
27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

77

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere TOF cu lumină structurată

- Linii colorate (coduri De Bruijn)



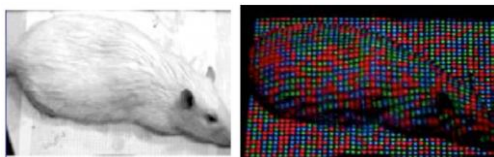
27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

78

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere TOF cu lumină structurată

- Puncte colorate



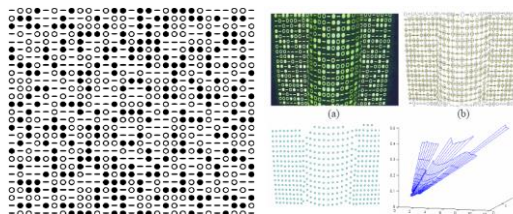
27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

79

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere TOF cu lumină structurată

- Pattern-uri de puncte



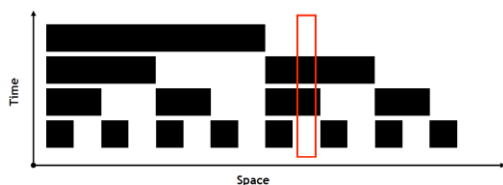
27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

80

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere TOF cu lumină structurată

- Multiplexare de coduri în timp



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

81

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere TOF cu lumină structurată

Descriere mai aprofundată în:

Salvi, J., S. Fernandez, et al. (2010). "A state of the art in structured light patterns for surface profilometry." *Pattern Recognition* 43(8): 2666-2680

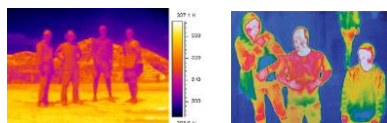
27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

82

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere termice

- detectează radiația de infraroșu (temperatura) de la obiectul detectat și îl convertește într-un semnal electronic pentru a genera o imagine termică;
- operează de lungimi de undă de 14,000 nm (față de spectrul vizibil de 450–750 nm).



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

83

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Camere termice



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

84



### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Consola Kinect

- Kinect-ul reprezintă un dispozitiv de recunoaștere de mișcare disponibil pe:
  - Xbox 360 / One
  - PC
- Ajută utilizatorul să interacționeze / controleze cu jocurile și aplicațiile:
  - fără a avea nevoie să atingă tastatura / mouse-ul / joystick-ul;
  - reprezintă o interfață naturală om – mașină;
  - se pot utiliza gesturile și comenzi vocale.



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

85

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Consola Kinect

- Kinect-ul este un dispozitiv periferic, care le permite utilizatorilor să se folosească de consola Xbox 360 / One fără ajutorul unui controller fizic, ci doar folosind gesturi ale corpului și comenzi vocale;
- A fost inaugurat în data de 01 iunie 2009, sub denumirea de Project Natal;
- Este valabil pentru toate versiunile Xbox360, cele noi având conector special, iar pentru cele vechi cu USB;
- Din februarie 2012 este disponibil și pe PC;
- Din iulie 2014 este disponibilă și versiunea V2 (Kinect One).



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

86

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Consola Kinect

#### Alte tipuri de console



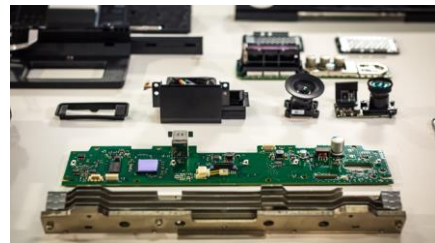
27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

87

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Consola Kinect

#### Structură Kinect



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

88

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Consola Kinect



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

89

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Consola Kinect

#### Ce îți propune să rezolve un Kinect?

- detecție persoane în scenă ignorând informația de fundal;
- detecție părți componente ale mâinii;
- detecție și urmărire de gesturi;
- un prim pas către recunoaștere de fețe;
- recunoaștere de comenzi vocale.

27.12.2016

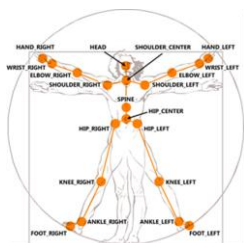
IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

90

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Consola Kinect

#### Recunoaștere skeleton

- Se pot urmări 1-2 / 5-6 jucători;
- Se calculează coordonatele xyz față de cameră;
- Stări:
  - tracked, not tracked, inferred.



27.12.2016

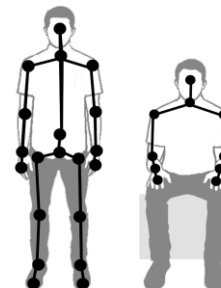
IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

91

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Consola Kinect

#### Recunoaștere skeleton

- 20 / 25 puncte de urmărire (ridicat);
- 10 puncte de urmărire (așezat).



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

92

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Consola Kinect

#### Recunoaștere skeleton

- Părțile componente sunt deduse utilizând algoritmul „random forests” care a fost antrenat utilizând peste 1 milion de exemple de antrenare.



Shotton et al, CVPR(2011)

27.12.2016

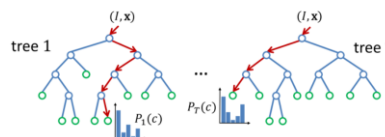
IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

93

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Consola Kinect

#### Recunoaștere skeleton

- Algoritmul „random forests” reprezintă o versiune mai sofisticată a algoritmului clasic de arbori de decizie.



Pentru a antrena algoritmul de „random forests” este nevoie de 24.000 ore pe un singur CPU, dar poate dura o zi dacă sunt utilizate mii de calculatoare legate în rețea (cloud).

Shotton et al, CVPR(2011)

27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

94

### II. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Consola Kinect

#### Comparație Kinect V1 vs Kinect V2

| Caracteristică      | Kinect V1   | Kinect V2   |
|---------------------|-------------|-------------|
| Distanță adâncime   | 0.4m → 4.0m | 0.4m → 4.5m |
| Rezoluție color     | 640×480     | 1920×1080   |
| Rezoluție adâncime  | 320×240     | 512×424     |
| Rezoluție infraroșu | None        | 512×424     |
| Microfoane          | 4-mic array | 4-mic array |
| USB                 | 2.0         | 3.0         |

27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

95

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Consola Kinect

#### Comparație Kinect V1 vs Kinect V2

- Kinect V1 poate ține tracking-ul la 40 de puncte pe față
- Kinect V2 poate recunoaște și câteva expresii faciale simple, activități și accesorii:

- ✓ ochi închiși
- ✓ direcția ochilor
- ✓ gură deschisă
- ✓ existență ochelari
- ✓ fericire
- ✓ expresie neutră



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

96

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Consola Kinect

#### Windows SDK

- **Kinect software development kit (SDK)** pentru Windows a fost creat inițial pentru Windows 7 în iunie 2011;
- SDK-ul include drivere Windows 7 compatibile PC către dispozitivul Kinect (!nu merge pe Windows XP);
- Permite capacități de dezvoltare a aplicațiilor cu C++, C# sau Visual Basic cu Microsoft Visual Studio 2010;
- Include clase pentru: captarea semnalelor senzorilor atașați, **skeletal tracking**, capacități audio și **exemple de cod și documentație**.

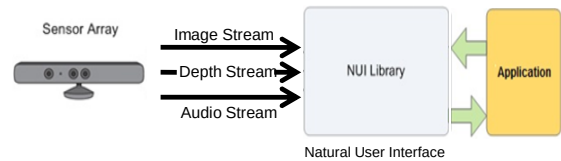
27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

97

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Consola Kinect

#### Windows SDK



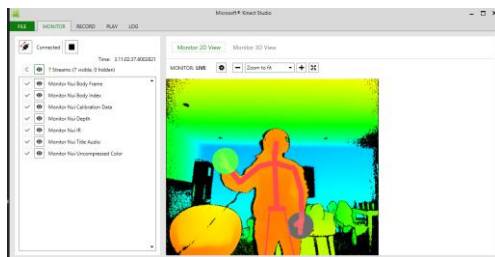
27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

98

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Consola Kinect

#### Kinect Studio



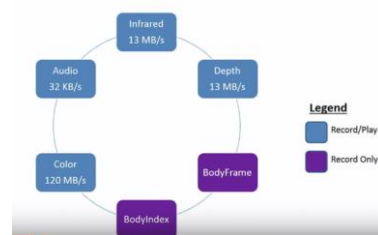
27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

99

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Consola Kinect

#### Kinect Studio



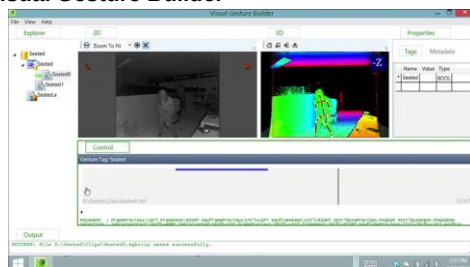
27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

100

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Consola Kinect

#### Visual Gesture Builder



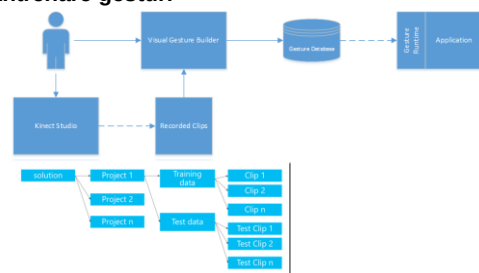
27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

101

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Consola Kinect

#### Antrenare gesturi



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

102

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Baze de date RGBD

Object recognition

RGB-D people dataset

Gesture Recognition dataset

Scene recognition dataset

Daily activities dataset

[<http://link.springer.com/article/10.1007/s11042-016-3374-6>]  
[<http://www0.cs.ucl.ac.uk/staff/M.Firman/RGBDDatasets/>]

27.12.2016 IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică 103

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Consola Kinect - Resurse

#### Download

- <https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=44561>

#### Kinect Programming Walkthroughs

- <http://research.microsoft.com/en-us/um/redmond/projects/kinectsdk/guides.aspx>

#### Coding4Fun Kinect Toolkit

- <http://c4fkinect.codeplex.com>

#### Kinect SDK Quickstarts

- <http://channel9.msdn.com/series/KinectSDKQuickstarts>

27.12.2016 IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică 104

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Aplicații Kinect

#### IPLAB & Kinect

- Usage of the Kinect System for homework and student's projects
  - (Computer Vision course - Prof. S. Battiato - University of Catania)
- 2 Research projects:
  1. POR4.1.1.2 EMOCUBE (EdisonWeb)
  2. POR4.1.1.1 DIGINTEGRA (EdisonWeb, CCR,...)
  - Analyze the feedback of audiovisual advertising
  - Integrate of interactive multimedia content through natural interface



[<http://unict.it/>]

27.12.2016 IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică 105

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Aplicații Kinect

#### Virtual Dressing Room

- The virtual fitting room is a program which allows users to select and try on clothing all from their Kinect.



<http://www.youtube.com/watch?v=1jbvnk1T4vQ>

[<http://unict.it/>]

27.12.2016 IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică 106

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Aplicații Kinect



27.12.2016 IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică 107

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Aplicații Kinect

#### KinectFusion: Merges Real and Virtual Worlds

- Generate three-dimensional (3D) models in real time using a standard Kinect system.
- The technology can scan in 3D:
  - Objects
  - People
  - Entire rooms



27.12.2016 IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică 108

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Aplicații Kinect

#### DepthJS

- DepthJS is a web browser extension that allows any web page to interact with the Microsoft Kinect via Javascript.



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

109

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Aplicații Kinect

#### Kinect in Hospitals

- Kinect also shows compelling potential for use in medicine
- Kinect for intraoperative, review of medical imaging, allowing the surgeon to access the information without contamination



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

110

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Aplicații Kinect

#### Etronika – online banking



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

111

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Aplicații Kinect

#### Etronika – online banking

##### Autentificare

- voce
- față
- cod PIN

##### Informații afișate

- informații despre carduri / credite / conturi / extrase / cursuri

##### Operații

- schimb valutar
- mutare între conturi proprii
- plăți după anumite template-uri

[<http://channel9.msdn.com/coding4fun/kinect/Banking-Kinect-Style>]

27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

112

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Aplicații Kinect

#### Alte idei de aplicații

<http://www.openni.org/showcase/>

27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

113

### III. Dispozitive de recunoaștere a gesturilor Aplicații Kinect

- Se pot implementa o multitudine de idei utilizând facilitățile dispozitivului kinect
- **Ce avem nevoie**
  - Cunoștințe de C++ / C#
  - Cunoștințe de Machine Learning și Computer Vision
  - WPF (util și dacă dorim să dezvoltăm o aplicație Windows Phone) + XNA (pentru controlul dispozitivelor periferice)

27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

114

## Concluzii

- Tehnologiile de detecție automată a gesturilor sunt într-o continua dezvoltare;
- Dispozitive de recunoaștere a gesturilor
  - Dispozitive cu contact;
  - Dispozitive fără contact:
    - Camere de adâncime;
    - Consola Kinect;
    - Aplicații Kinect.



## Întrebări?

27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

115

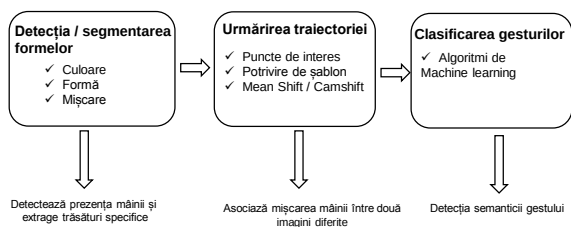
27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

116

## Ce urmează?

### Componentele unui sistem de recunoaștere



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică

117



27.12.2016

IVOM – dr.ing. Ionuț Mironică