

Microsoft Kinect



Cuprins

- Introducere
- Tehnologie
- Sistemul Kinect
- Caracteristici camera
- Kinect for Windows
- Facilitati Kinect
- Aplicatii Kinect
- Depth Map
- Urmarirea unei persoane in timp real
- Referinte

Introducere (1)

- Kinect a fost lansat in America de Nord pe 4 noiembrie 2010
- Kinect are potentialul de a transforma modul in care oamenii interactioneaza cu calculatoarele si cu componentele compatibile cu Windows in mai multe industrii :
 - Jocuri
 - Educatie
 - Sanatate
 - Transport

Introducere (2)

- Kinect este un dispozitiv de intrare folosit pentru recunoasterea miscarilor persoanelor
- Folosit pe :
 - Conxola Xbox 360
 - Pc-uri cu Windows
- Da posibilitatea userilor sa controleze si sa interactioneze cu aplicatia/jocul
 - Fara a fi nevoiti sa atinga un dispozitiv de control
 - Printr-o interfata cu utilizatorul naturala
 - Folosind gesturi si sunete
- Kinect este in directa competitie cu
 - Wii Remote Plus
 - PlayStation Move
 - PlayStation Eye motion
 - Intel RealSense (Creative)

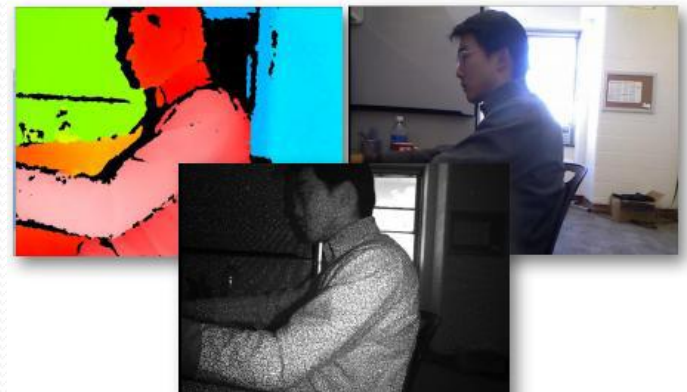


Tehnologie

- Softul este dezvoltat de Rare (2003 → Microsoft)
- Tehnologia (v.1) folosita in camera este dezvoltata de firma israeliana PrimeSense (2013 → Apple)
 - Interpreteaza gesturi specifice
 - Posibilitatea controlarii de dispozitive fara a le atinge
 - Un sistem de scanare 3D numit Light Coding (lumina structurata)
 - Microchip special pentru urmarirea miscarii obiectelor si indivizilor in 3D

Sistemul Kinect (1)

- Bara orizontala conectata la o baza mica
- Pivot motorizat
- Conceput pentru a fi positionat in lungime deasupra sau dedesubtul displayului
- Alcatuit din
 - Proiector de infrarosu
 - Camera color
 - Senzor infrarosu
 - Un vector de 4 microfoane care dau posibilitatea
 - Suprimarii zgomotului de ambient
 - Localizarea sursei audio

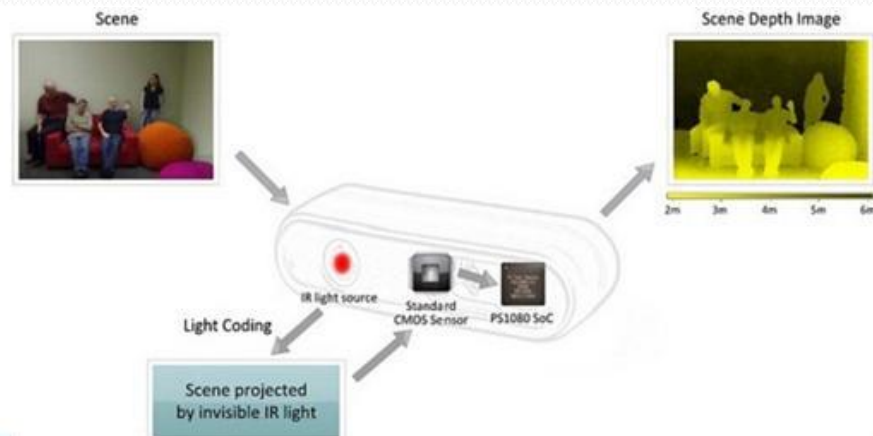
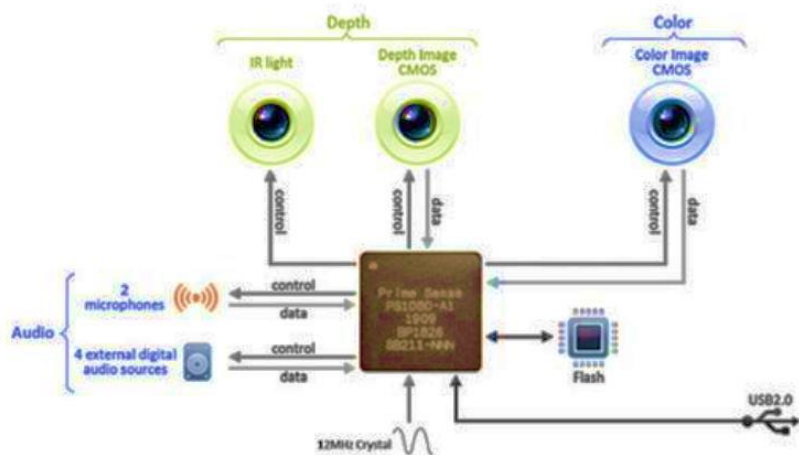


Sistemul Kinect (2)

Infrared Projector RGB Camera Infrared Camera



Kinect filmat cu o camera night vision (IR)



Caracteristici camera (1)

- Senzorul de adancime captureaza date video in 3d aproape in orice conditii de lumina ambientala
 - Proiector laser infrarosu + retea de difractie
 - Senzor CMOS monocromatic
- Softul pentru Kinect este capabil de calibrare automata
 - Bazata pe gameplay
 - Mediul inconjurator
 - Acomodare in functie de prezenta mobilei sau a altor obstacole
- Kinect (ver. 1) este capabil de
 - Urmarirea a pana la 2 persoane
 - Analiza miscarii a doua persoane active
 - Extragerea coordonatelor a 20 de incheieturi/persoana

Caracteristici camera (2)

- Senzorul Kinect poate furniza un format video la o frecventa de 30 Hz
- Fluxul RGB foloseste o rezolutie VGA de 640x480 pixeli cu un filtru de culoare Bayer
- Fluxul video de adancime are o rezolutie nativa de 320x240 pixeli cu 11 biti pe adancime.
- Limitele de recunoastere a trasaturilor
 - 1.2 m – 3.5 m pentru Kinect Xbox 360
 - 40 cm – 4.5 m pentru Kinect Windows

Kinect pentru Windows

- Lansat in februarie 2012 (v.1)
- Facilitati noi adaugate (fata de versiunea Xbox)
 - Modul Near
 - Camera de adancime poate vedea obiecte apropiate (minim 40 de cm)
 - Imbunatatirea urmararii scheletului
 - Capabilitati audio si de vorbire avansate
 - Imbunatatirea sincronizarii dintre imaginea color si de adancime, maparea imaginii de adancime la cea color, si un API full frame
 - Imbunatatirea API-ului pentru consistenta si un development mai usor

Versiuni Kinect pt. Windows

<http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/meetkinect/features.aspx>



Feature

Color Camera

Depth Camera

Max Depth Distance

Min Depth Distance

Depth Horizontal Field of View

Depth Vertical Field of View

Tilt Motor

Skeleton Joints Defined

Full Skeletons Tracked

USB Standard

Supported OS

Price

Kinect for Windows 1

640 x 480 @30 fps

320 x 240

~4.5 M

40 cm in near mode

57 degrees

43 degrees

yes

20 joints

2

2.0

Win 7, Win 8

\$249

Kinect for Windows 2

1920 x 1080 @30 fps

512 x 424

~4.5 M

50 cm

70 degrees

60 degrees

no

25 joints

6

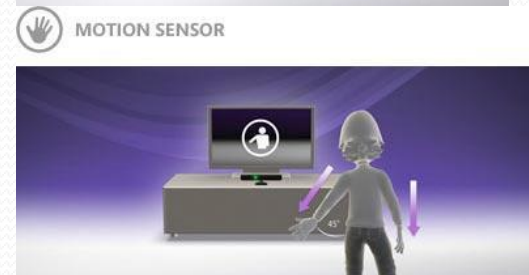
3.0

Win 8

\$199

Facilitati kinect

- Captura 3d Full-Body
- Recunoasterea gesturilor
- Detectia si urmarirea fetei
- Capabilitati de recunoastere a vocii

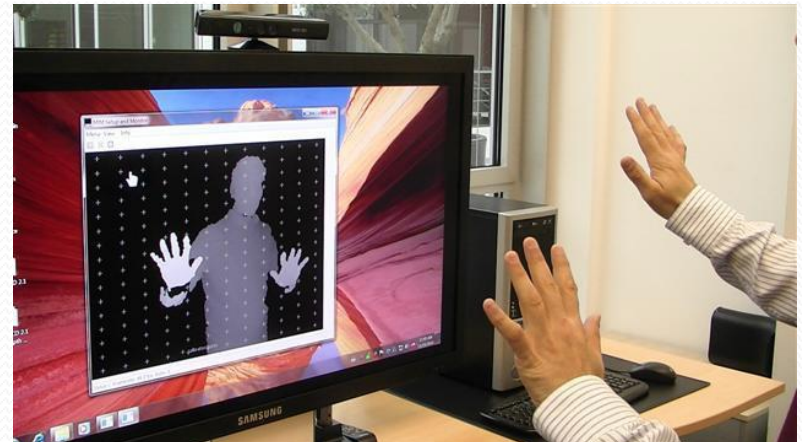
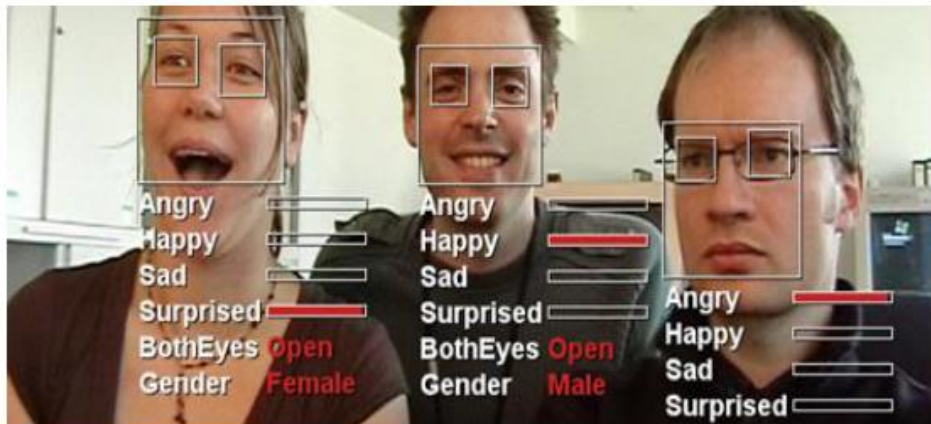


Aplicatii

- IPLab
- Virtual Dressing Room
- Interactive Training
- Unirea lumii reale cu cea virtuala
- Kinect in spitale
- Kinect Quadrocopter
- DepthJS
- Masina Zburatoare
- Pian Virtual

IPLab si Kinect

- Folosirea Sistemului Kinect pentru teme si proiectele studentilor (Curs de Computer Vision)
- Proiecte de cercetare
 - (EMOCUBE) (EdisonWeb)
 - DIGINTEGRA (EdisonWeb, CCR,...)
 - Analiza feedbackului reclamelor audiovizuale
 - Integrarea continutului multimedia interactiv printr-o interfata naturala



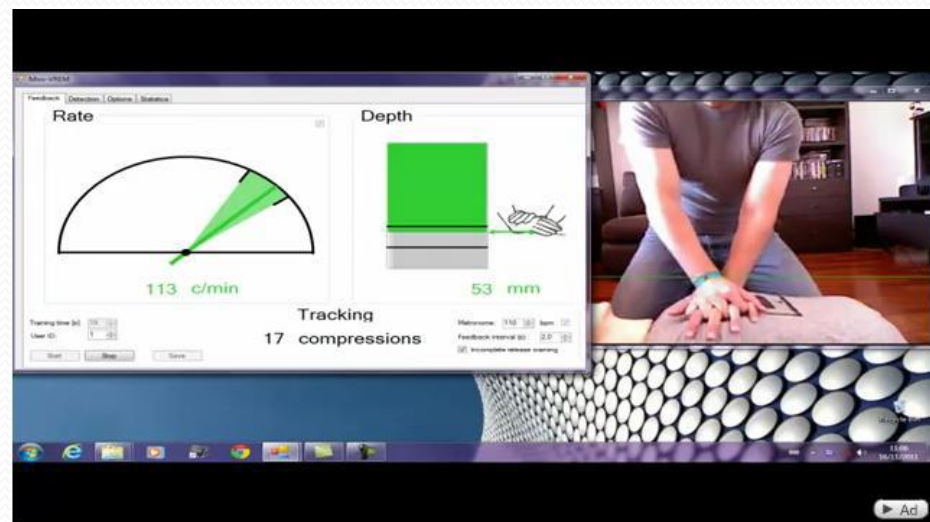
Virtual Dressing Room

- Program care permite utilizatorilor sa selecteze si sa incerce haine cu ajutorul kinectului
- <http://www.youtube.com/watch?v=1jbvnk1T4vQ>

Interactive Training

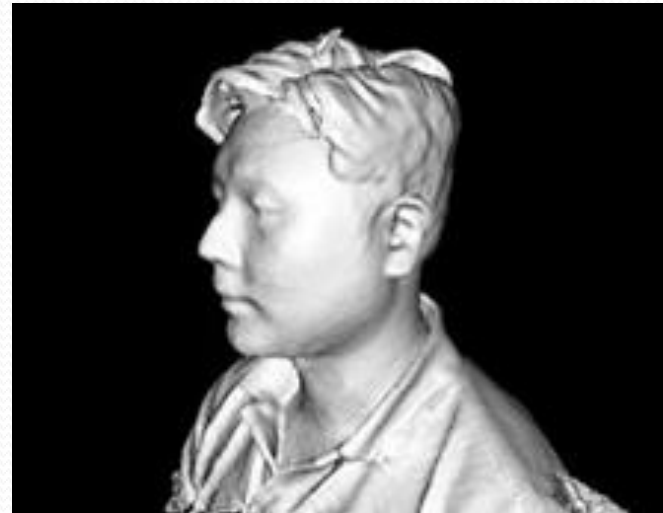
- Mini-VREM (Mini-Virtual Reality Enhanced Mannequin) folosit de Kinect pentru a crea un sistem care urmareste pozitia mainii, plasarea, rata si puterea de compresie pentru a invata utilizatorii cum sa faca CPR(cardiopulmonary resuscitation) corect

<http://www.mini-vrem.it/>



KinectFusion: Uneste Lumea Reala cu cea Virtuala

- Genereaza modele 3D in timp real folosind un sistem Kinect standad
- Tehnologia poate scana in 3D :
 - Obiecte
 - Oameni
 - Camere intregi



Kinect in spitale

- Kinect prezinta potential imens in medicina
- Kinect poate ajuta la revizuirea imaginilor medicale. Ii permite chirurgului sa acceseze informatii fara contaminare



DepthJS

- DepthJS este o extensie pentru browserul web care permite fiecărei pagini sa interactioneze cu Microsoft Kinect folosind JavaScript (<http://depthjs.media.mit.edu/>)



Evolve:control UI

- <https://www.youtube.com/watch?v=o4U1pzVf9hY>
- <https://www.youtube.com/watch?v=M-wLOfjVfVc>



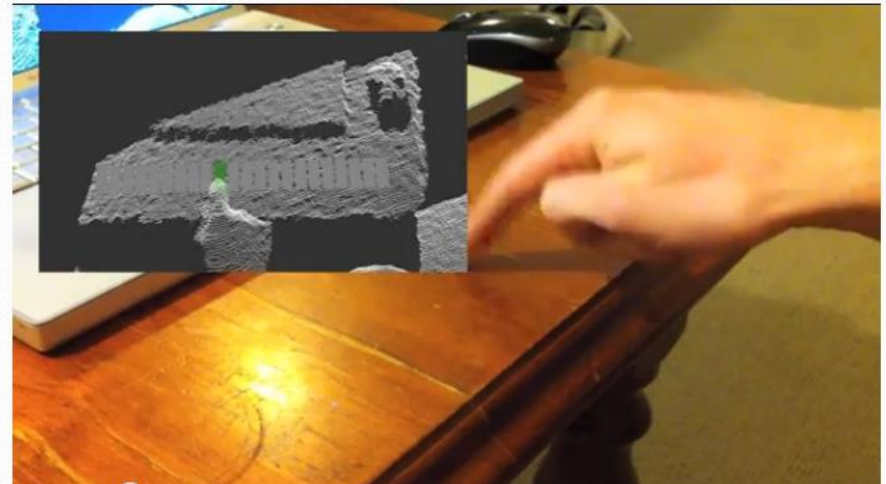
Control presentare PP

- Sotouch: Air Presenter
- <https://www.youtube.com/watch?v=WSRY-JoK2ro>



Pian virtual

- Utilizatorii pot canta la un pian virtual batand cu degetele pe un birou gol
- <http://www.youtube.com/watch?v=4STUGl-YHDc>
- E3 2011- Kinect Fun Labs Election- Keyboard Anywhere



Kinect Quadrocopter

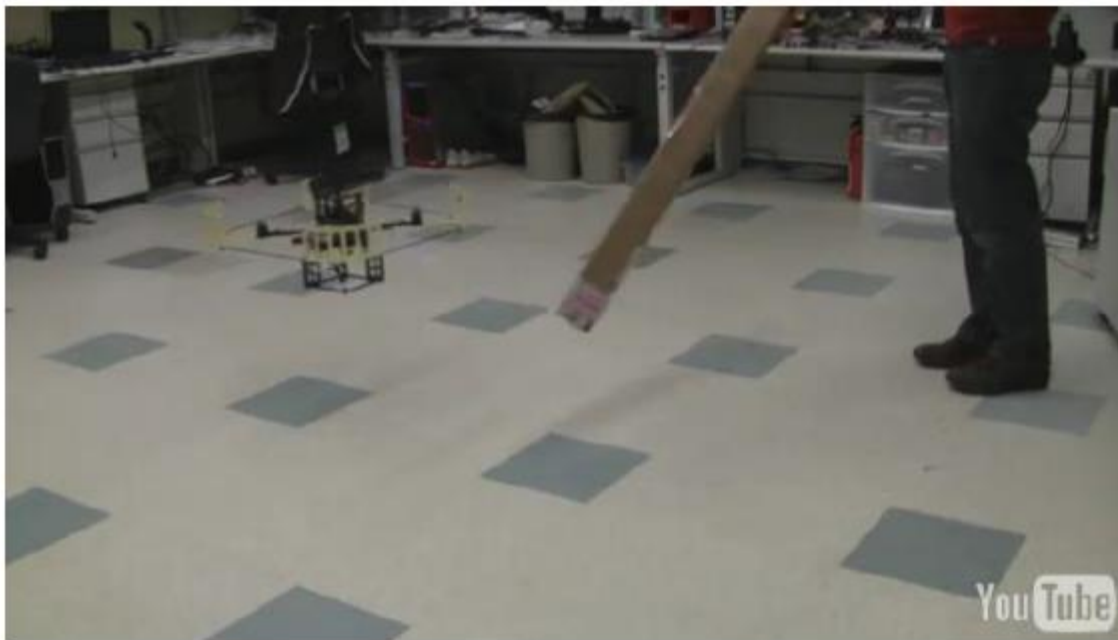
- Quadrocopterul zburator este controlat prin folosirea gesturilor mainii
- <http://www.youtube.com/watch?v=A52FqfOioEk>

Interaction with a Quadrotor via the Kinect, ETH Zurich

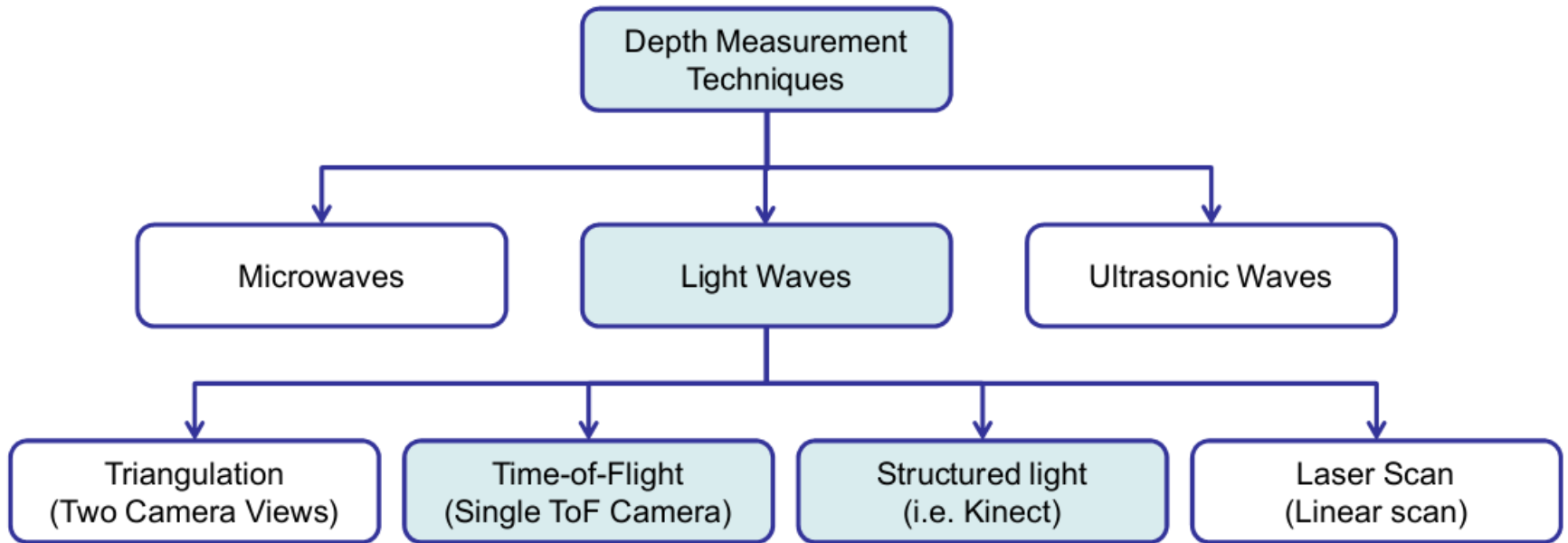


Masina zburatoare

- O masina care poate zbura prin mediu, ocolind obstacolele
<http://www.youtube.com/watch?v=eWmVrfjDCyw>
- Quadrotor Autonomous Flight and Obstacle Avoidance with Kinect Sensor



Clasificarea diferitelor tehnici de masurare a adancimii

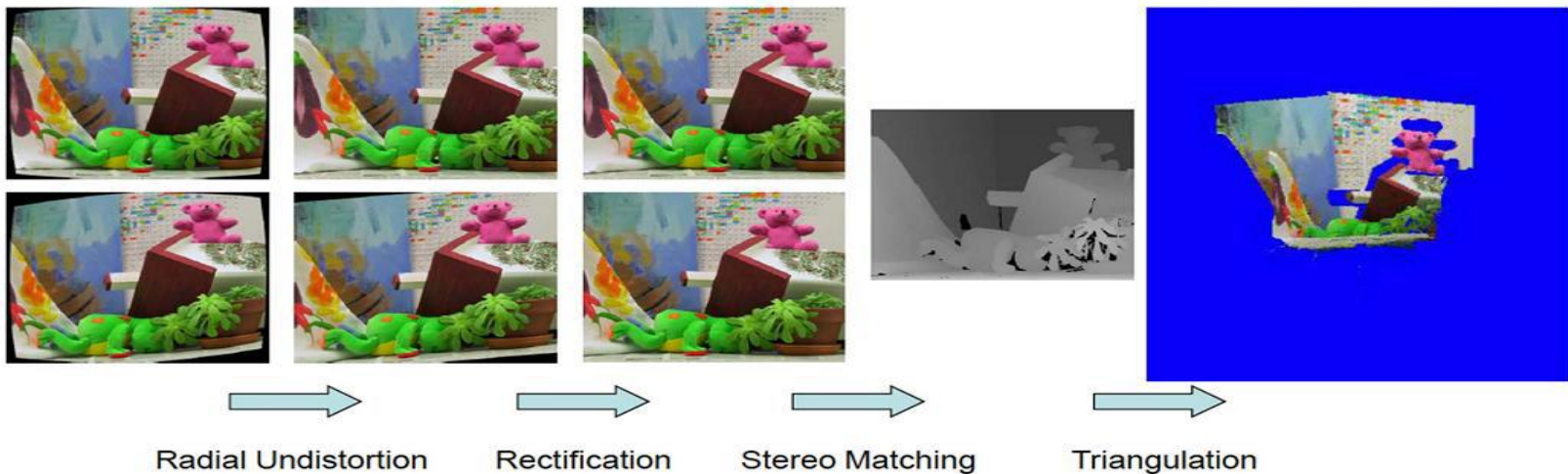


Stereoreconstructie
densa:
<http://www.cv.utcluj.ro/intersafe-2.html>

Ex: LIDAR
<https://velodynelidar.com/products/>
https://www.youtube.com/watch?v=nXlqv_k4P8Q
Pret >>8.000 USD

Masurarea adancimii folosind mai multe vederi ale camerei

- Dezavantaje
 - Cel puțin două camere calibrate
 - Multi pasi foarte costisitori din punct de vedere computational
 - Dependentă de iluminarea scenei
 - Dependentă de textura suprafeței

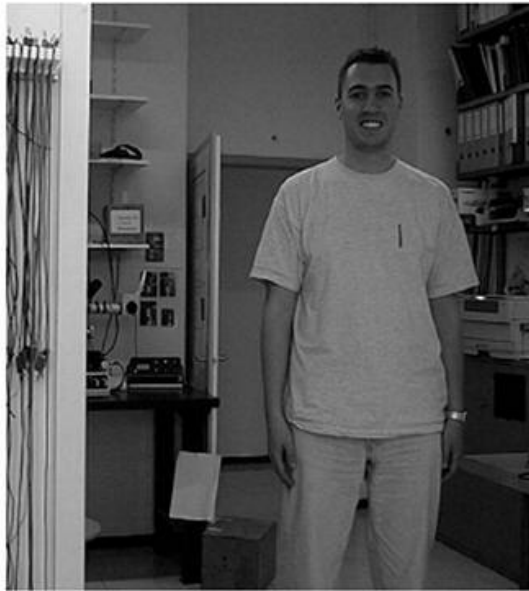


Depth Map

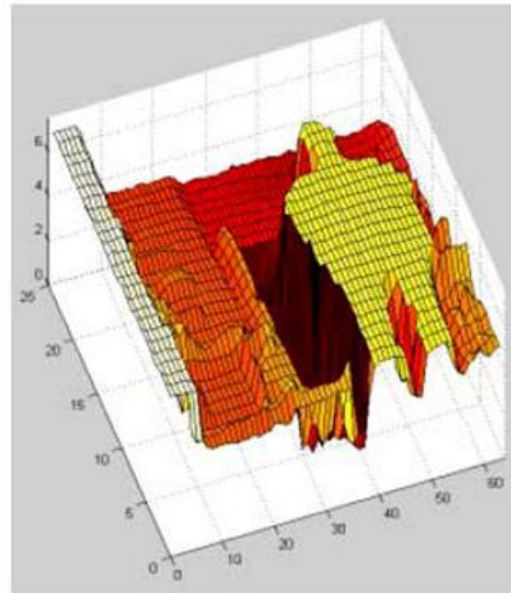
- [2] R. Lange. 3D time-of-flight distance measurement with custom solid-state image sensors in CMOS/CCD-technology. Diss., University of Siegen, 2000
- [4] V. Ganapathi, C. Plagemann, D. Koller, S. Thrun: Real-time motion capture using a single Time-of-flight camera. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2010

Time-of-Flight (ToF)

- Calculeaza adancimea prin cuantificarea schimbarilor pe care un semnal luminos emis le suporta cand se reflecta de pe obiectele dintr-o scena



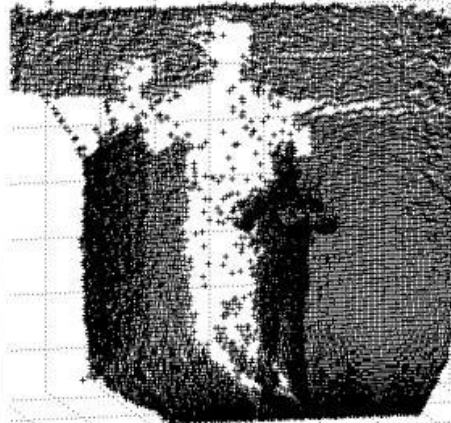
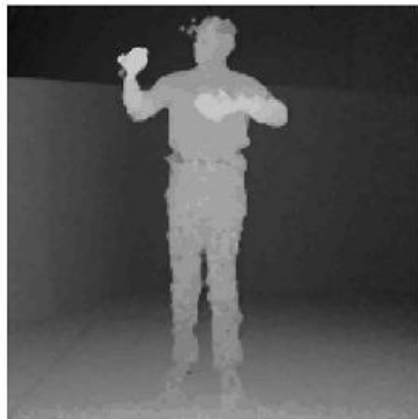
Regular Camera Image



ToF Camera Depth Image

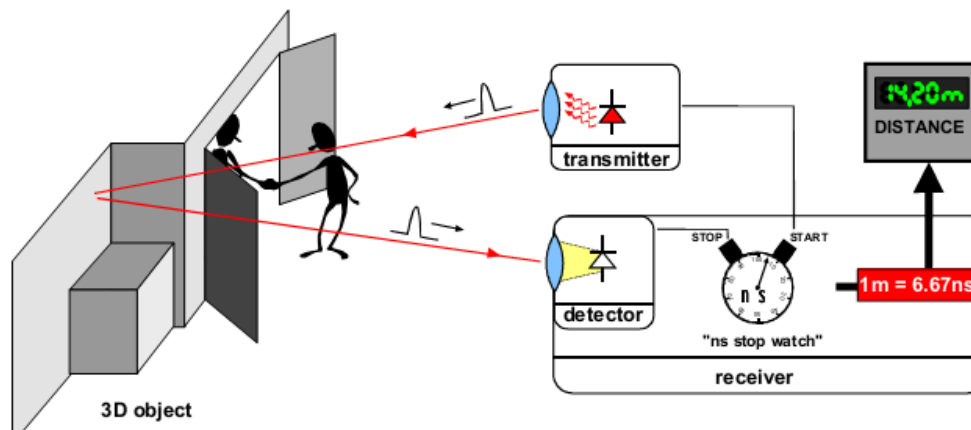
Time-of-Flight (ToF)

- Avantaje
 - O singura camera necesara
 - Achizitionarea geometriei scenei 3D in timp real
 - Reduce dependenta pe iluminarea scenei
 - Foarte putin dependent de textura suprafetei



Principiile ToF

- **ToF: cu impulsuri luminoase**
- Masoara distanta la un obiect 3D prin masurarea timpului absolut necesar unui impuls luminos sa ajunga de la sursa la scena 3D si inapoi, dupa reflexie
- problematica măsurări unor intervale de timp foarte scurte pentru a obține rezoluții de adâncime de ordinul centimetrilor



Principiile ToF

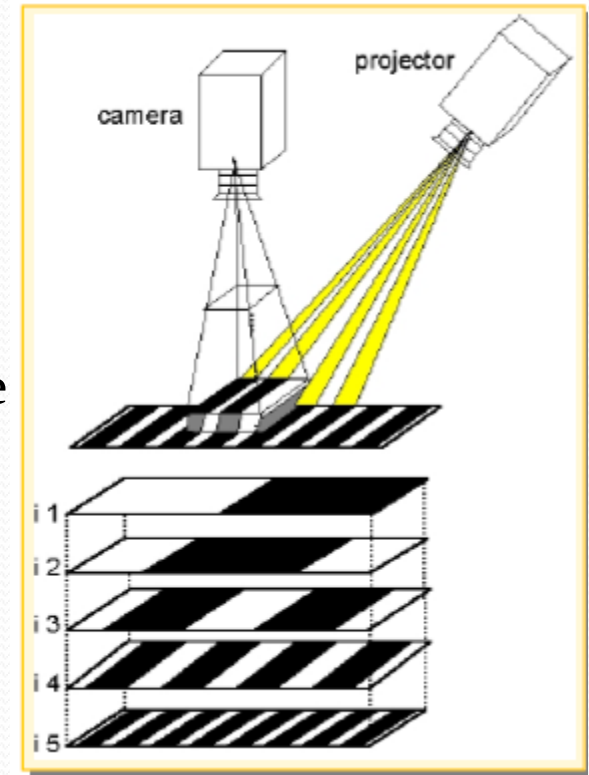
- ToF: *cu modulația în amplitudine a undelor de lumină (continue)*
- măsoară deplasarea de fază dintre raza de lumină modulată emisă și cea recepționată, ceea ce corespunde cu timpul de propagare (ToF) și implicit cu adâncimea punctului respectiv.
- Totuși și în acest caz pot apare ambiguități de ordinul multiplilor lungimii de undă modulate.

ToF

- *Dezavantaje* - rezoluția scăzută (200x200 pixeli pentru camerele existente pe piață, senzori cu rezoluția de 352x288 fiind încă în faza de dezvoltare) și sensibilitatea scăzută (implicit nivel ridicat de zgomot).
- *Avantaje* (fața de camerele de adâncime bazate pe lumina structurată) - acuratețea mai bună a reconstrucției 3D [Langmann2012].
- *Domeniul de utilizare* - scenarii indoor și distanțe limitate (de ordinul metrilor). Există și dezvoltări de metode care să suprimă influența luminii ambientale (ex. *Suppression of Background Illumination* - SBI).

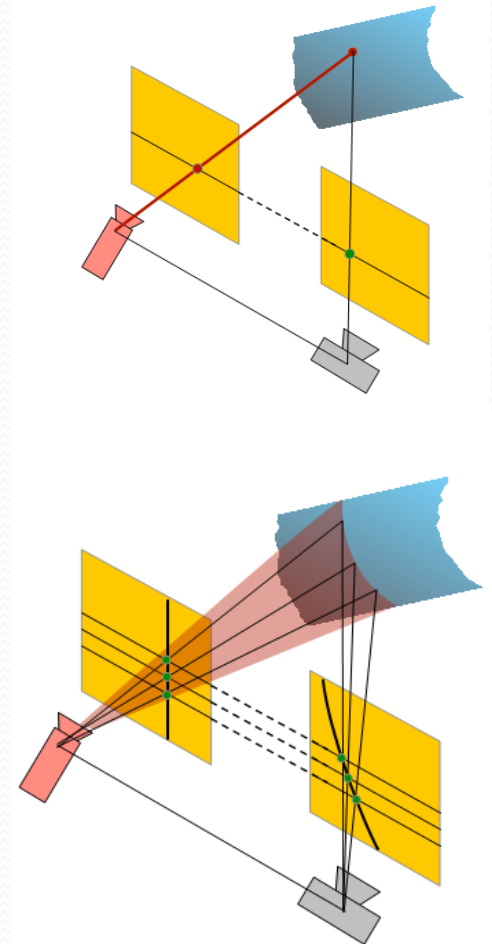
Lumina Structurata

- Modele de lumina sunt proiectate pe un obiect
 - Fileu (grids)
 - Dungii (stripes)
 - modele eliptice
- Formele suprafetei sunt deduse din distorsiunile modelelor care sunt produse pe suprafata obiectului
- Avand cunoscute locul camerei si geometria proiectorului, adancimea poate fi calculata prin triangulatie
- Provocarea in triangulatie optica o reprezinta obtinerea corespondentei intre punctele din modelele proiectate si pixelii din imagine



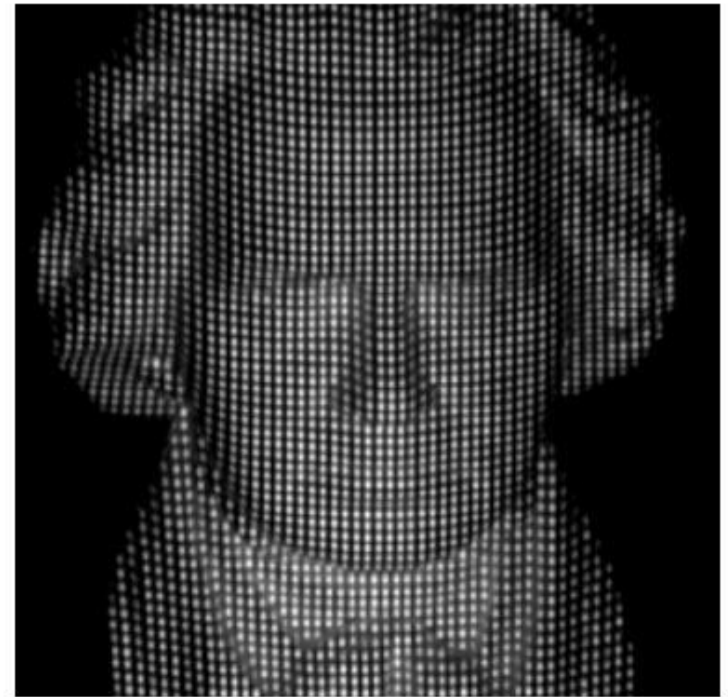
Principiul de baza al triangulatiei

- Proiectarea luminii
 - Daca proiectam un singur punct potrivirea este unica
 - Mai multe imagini necesare pentru a acoperi un obiect
- Extensii
 - Pentru un sistem proiector-camera calibrate, geometria epipolara este cunoscuta
 - Poate proiecta o linie in locul unui punct
 - Mai putine imaginii necesare (una pentru fiecare punct de pe linie)
 - Un punct trebuie sa se afle pe linia epipolara corespunzatoare
 - Potrivirea este inca unica
 - Adancimea depinde doar de locatia imaginii punctului



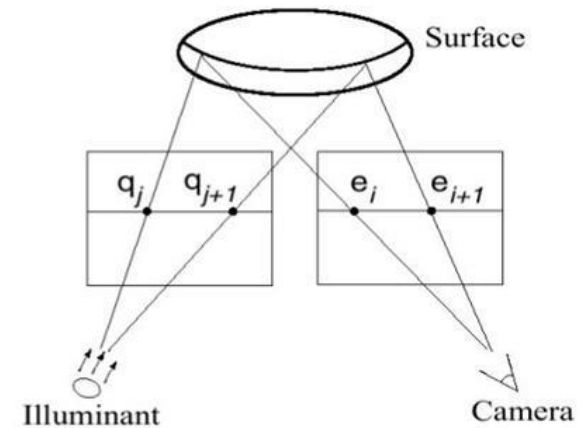
Proiectarea modelului (pattern projection)

- Proiecteaza un model in locul unui punct sau a unei linii
- Necesara o singura imagine (one-shot recording)
- Corespondenta dintre varfurile observate si imaginea proiectata nu este direct masurabila
 - Potrivirea nu este unica



Cum sa calculam imaginea de adancime?

- Pentru un sistem calibrat proiector-camera, corespondenta 2D este redusa la o potrivire orizontala (unidimensionala)
 - Determinarea corespondentei dintre fiecare rand al modelului proiectat si un rand al imaginii rectificate a camerei
 - Distanța relativă dintre un punct din modelul de iluminare și poziția sa în imaginea capturată este invers proporțională cu adâncimea



Proiectarea modelului: Problema?

- Problema : Proiectarea mai multor stripes sau a unui grid de puncte nu este unica
 - Care stripes se potrivesc cu care?
- O strategie generala: folosirea unui model de iluminare special pentru a simplifica potrivirea si a garanta o acoperire densa

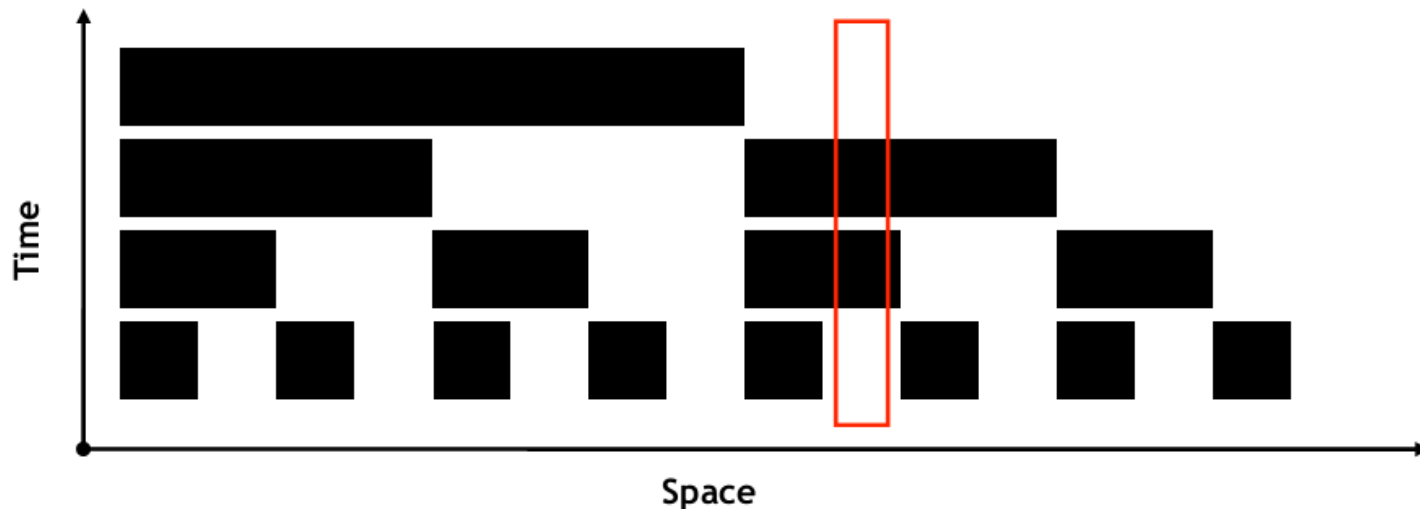
⇒ Lumina structurata

- Probabil cea mai robusta metoda
- Folosita foarte des
 - Industrial
 - Entertainment
- Cunoscuta deasemenea ca :
 - Active stereo
 - Scanare cu lumina alba

Proiectarea modelului

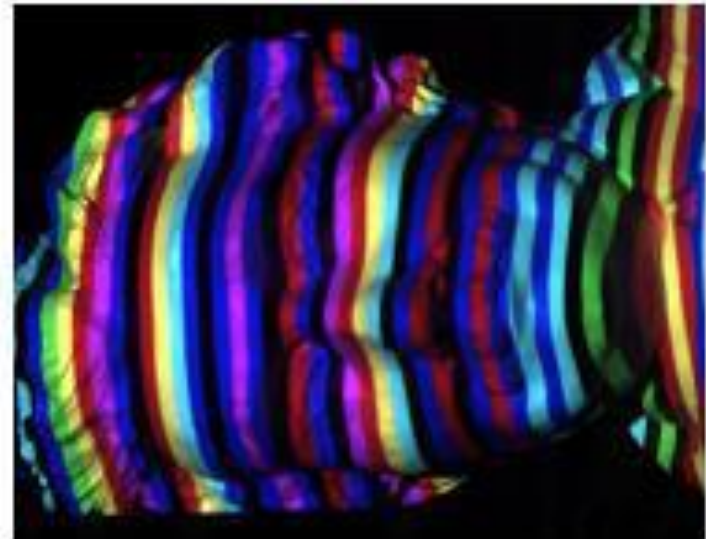
Proiectoare multi-stripe

- Modele de lumina bazate pe codificarea timpului
 - Cel mai bun compromis intre dunga unica si modelul stripe
 - Foloseste o secventa de modele binare -> $\log(\text{images_width})$



Proiectarea modelelor: Dungi colorate (coloured stripes)

- Pot fi folosite astfel incat modelele locale sa fie neambigue
- Greu de folosit cu suprafetele colorate

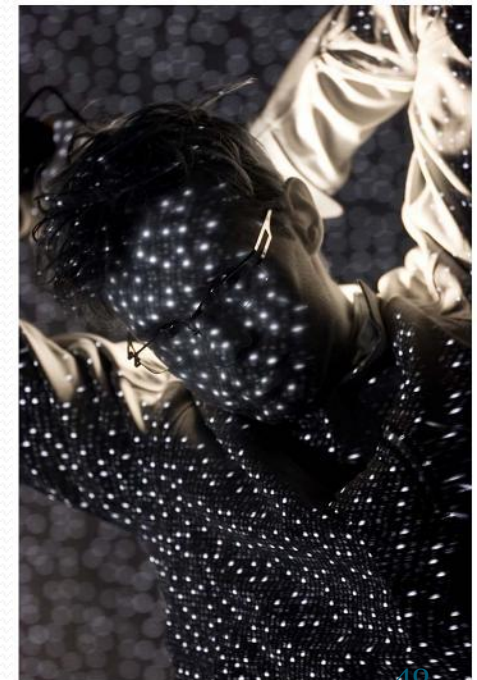


Proiectarea modelelor

Modelul pseudo-aleator

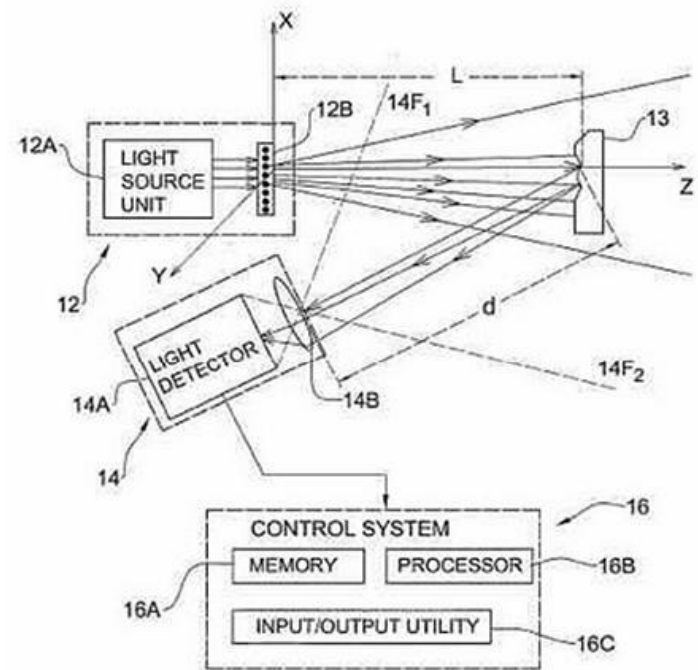
- Spatial Neighborhood : Cuvantul-cod care eticheteaza fiecare pixel este obtinut dintr-o vecinatate a pixelilor din jurul sau
 - Aceasta codificare trebuie sa fie unica pe pozitie pentru a putea recunoaste fiecare punct din model
 - Procesul de decodificare este mai dificil deoarece intreaga vecinatate nu poate fi tot timpul recuperata din cauza umbrelor sau obsacolelor
 - Folosit in sistemul Kinect

<http://www.youtube.com/watch?v=uq9SEJxZiUg>



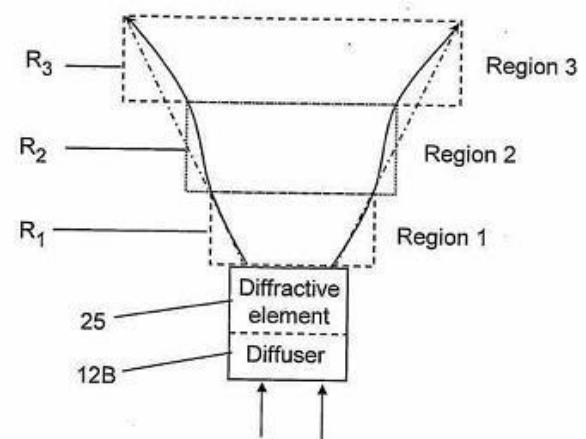
Principiile Kinectului (1)

- Proiectează un model (Speckles) în lumina infraroșie de apropiere
- Camera IR de tip CMOS observă scena
- Calibrarea între proiector și camera trebuie cunoscută
- Triangulația fiecărui punct (speckle – pistrui) între imaginea virtuală (modelul) și modelul observat



Principiile Kinectului (2)

- Kinect foloseste 3 tipuri diferite de speckles (pistrui, puncte) pentru 3 regiuni diferite de distanta
 - Prima regiune: Permite obtinerea unei suprafete de adancime de inalta precizie pentru obiectele apropiate (aproximativ 0.4-1.2 m)
 - A doua regiune: Permite obtinerea unei suprafete de adancime de precizie medie pentru obiectele aflate la 1.20-2 m
 - A treia regiune : Permite obtinerea unei suprafete de adancime de precizie scazuta pentru obiectele aflate la 2.0-4.5 m.



Reconstructie Kinect v1 vs. v2

<http://www.youtube.com/watch?v=eNIP9nFogn4>

<https://www.youtube.com/watch?v=Zx2E19IV2zs>

Detectia skeletonului

Articole de referinta (studiu individual facultativ):

<http://research.microsoft.com/apps/pubs/default.aspx?id=145347>

- [1] Real-time Human Pose Recognition in Parts from Single Depth Images. Jamie Shotton, et.al, CVPR 2011.

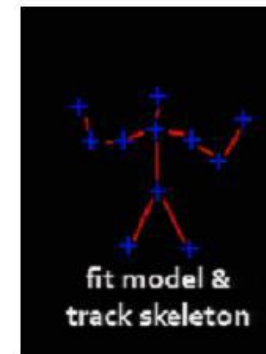
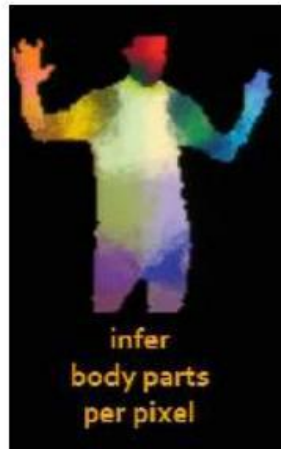
<http://research.microsoft.com/pubs/145347/BodyPartRecognition.pdf>

- [2] Efficient Regression of General-Activity Human Poses from Depth Images, Ross Girshick, Jamie Shotton, Pushmeet Kohli, Antonio Criminisi, and Andrew Fitzgibbon October 2011

<http://research.microsoft.com/pubs/154457/offsets.pdf>

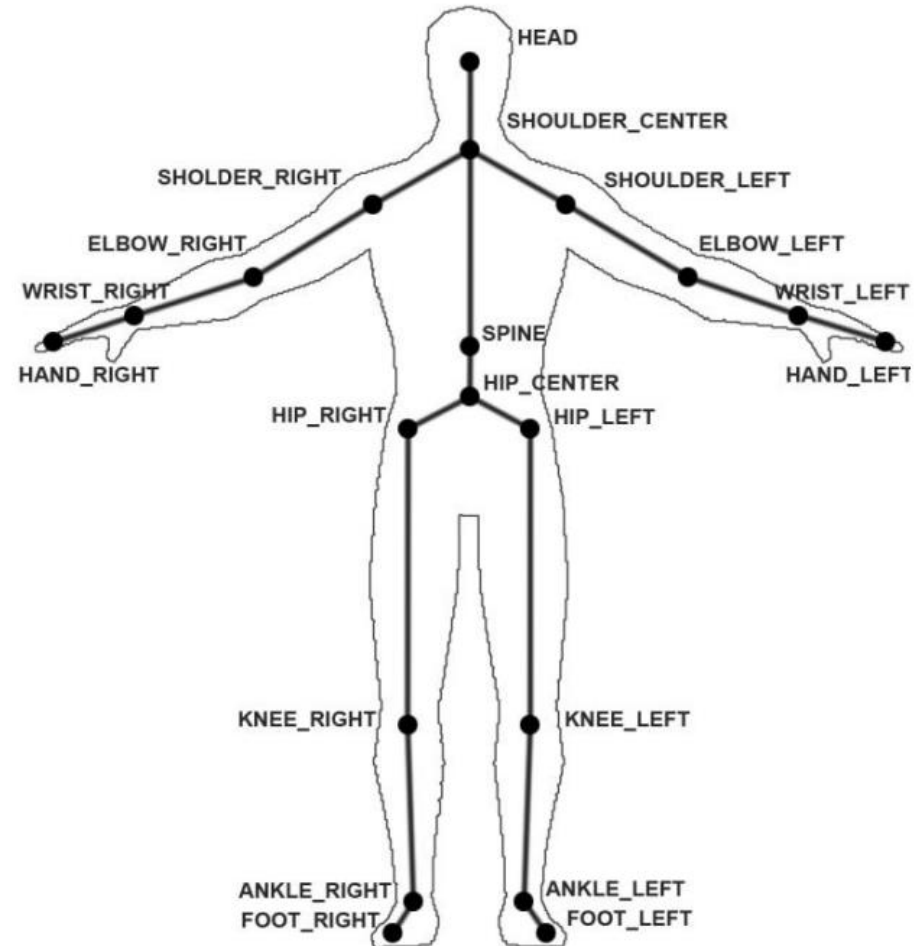
Detectia si urmarirea skeletonului

- Prezicerea pozitiei 3D a fiecarei incheieturi a corpului dintr-o singura imagine de adancime
- Fara informatie legata de timp
- Foloseste o abordare bazata pe recunoastere de obiecte
 - Clasificare unica a fiecarui pixel
 - Antrenarea foarte mare si variata



Modelul scheletului

- **Skeletonul** este modelat ca si o lista de puncte 3D (X, Y, Z) corespunzatoare la 20 de tipuri de incheieturi („joints”) [5]:
JointType.HandLeft,
JointType.WristLeft,
JointType.ElbowLeft etc.
- <http://www.youtube.com/watch?v=YTBvjLGDluY>
- <https://www.youtube.com/watch?v=JjXZAnBzE3Y>



Detectia de gesturi - skeleton

Mod de detectie:

- Seated (aseszat) + near (adancime)
- Normal (in picioare) + far (adancime)

Metode de detectie a gesturilor:

- Gesturi dinamice: DTW (Dynamic Time Warping) [9]
- Gesturi statice: un clasificator (Naive Bayes [6]) folosind unealta WEKA [7].

Extensii

- Abordarea se poate extinde pentru recunoasterea gesturilor realizate cu mana (degetele) sau faciale (statice sau dinamice)

Detectia de gesturi - skeleton

Input: coordonate **3D centrate** (fata de un punct de referinta – ex. mijlocul segmentului care unește cei doi umeri) si **normalizate** față de o caracteristică antropomorfică specifică persoanei (ex. distanța euclidiană dintre încheieturile umerilor)

- Se alege un set de puncte de control / încheieturi (joints) specific categoriei de gesturi care se dorește a fi recunoscut
- Se alege un punct de referință (mijlocul segmentului care unește cei doi umeri) $\Rightarrow (U_p, V_p, Z_p)$
- Se centrează coordonatele (U_i, V_i, Z_i) ($i = 1 .. J / J$ - numărul de puncte de control) ale încheieturilor alese față de punctul de referință:

$$U_i^c = U_i - U_r$$

$$V_i^c = V_i - V_r$$

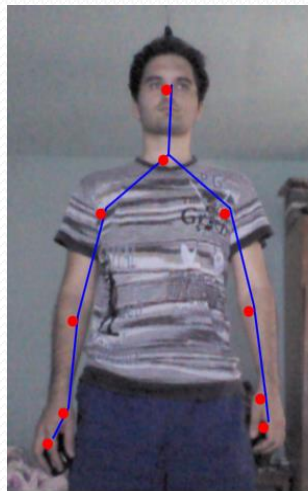
$$Z_i^c = Z_i - Z_r$$

i	U_i^N	V_i^N	Z_i^N
1 - HandLeft	-0,8115095467971	0,76509962541820	-1,0184617322390
2 - WristLeft	-0,83346899225044	0,55132286420475	-0,9685865898909
3 - ElbowLeft	-0,95456558370226	-0,0633539243305	-0,6606921065685
4 - ElbowRight	0,545383953584578	-0,8731627336406	-0,1662174573874
5 - WristRight	0,608084590373526	-1,4554127018135	-0,5075000844907
6 - HandRight	0,642824381675729	-1,7058843790186	-0,6661649722653

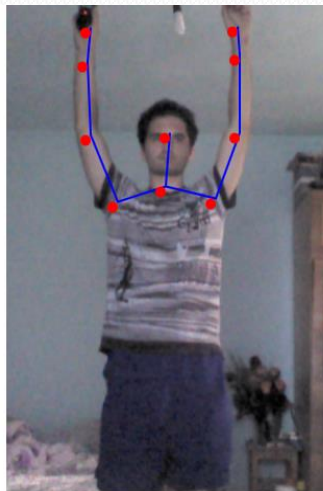
- Se normalizează coordonatele centrate față de o caracteristică antropomorfică specifică persoanei (distanța euclidiană dintre încheieturile umerilor) \Rightarrow set de puncte centrate și normalizate $(U_i^n, V_i^n, Z_i^n) \Rightarrow$ setul/vectorul de trăsături pentru o instanță temporală :

$$\mathbf{V}_{3D-skeleton} = \{(U_i^n, V_i^n, Z_i^n), i = 1 .. J\}$$

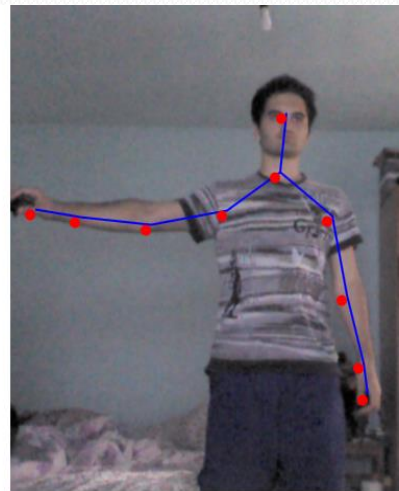
Recunoastere de gesturi dinamice (DTW)



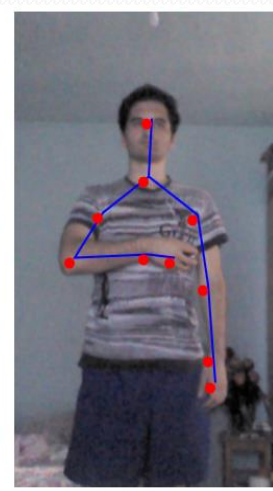
@Both_Hands_Down



@Both_Hands_Up



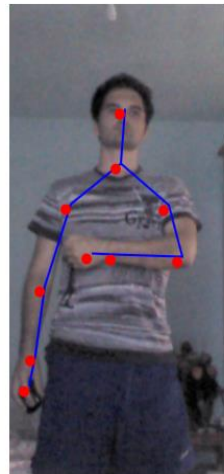
@Right_hand_To_The_Right



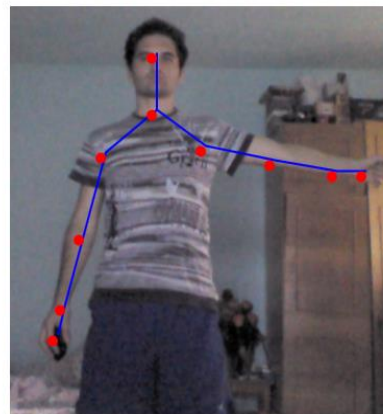
@Right_Hand_To_The_Left



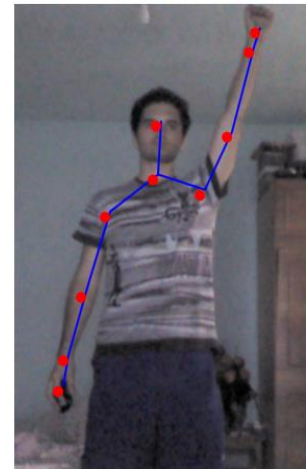
@Right_Hand_Up



@Left_Hand_To_The_Right



@Left_Hand_To_The_Right



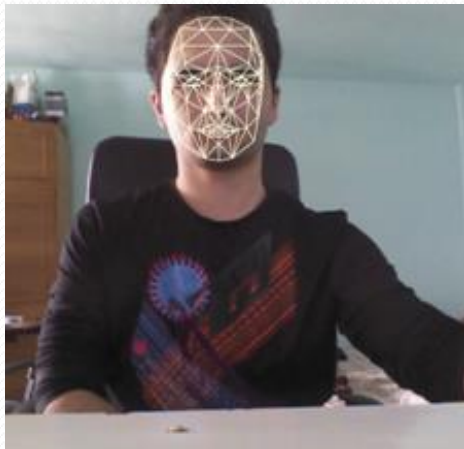
@Left_Hand_Up

Detectia si urmarirea fetei.

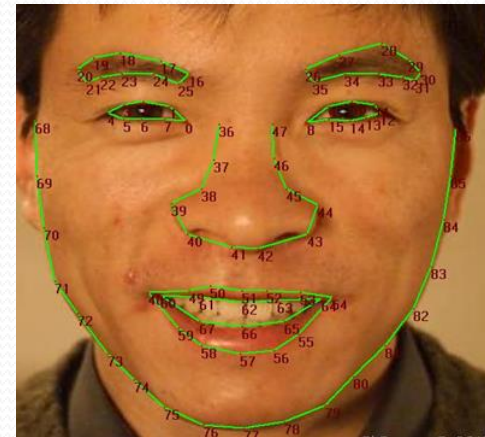
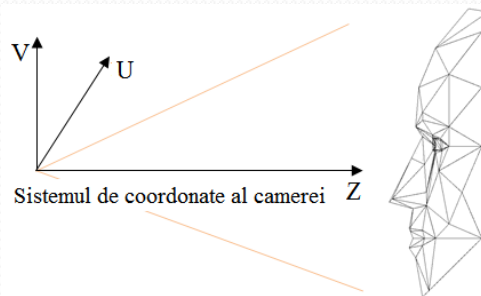
Kinect SDK 1.5 ... \Rightarrow framework pentru **detectia si urmarirea fetei** \Rightarrow Microsoft.Kinect.Toolkit + libraria derivata

FaceTracking [10]:

- „masca parametrizata $3D$ ” in jurul fetei pe baza modelului CANDIDE-3 [11]
- vector de puncte $2D$ (proiectia de tip front-view a punctelor $3D$): **87 puncte** de pe fata + **13 puncte** (inferate din cele existente: centrul ochiului, centrul nasului ...)



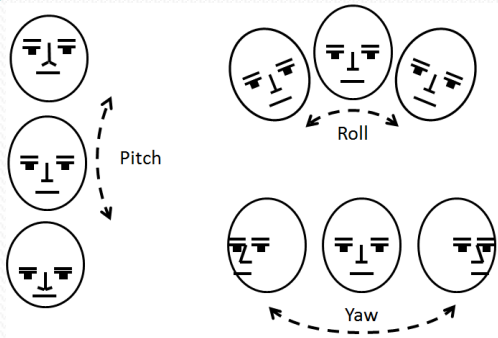
a.



b.

Fig. X.3. Punctele de pe fata detectate prin unealta FaceTracking (Kinect Toolkit):
a. „masca parametrizata $3D$ ” in jurul fetei; b. proiectia de tip front-view a punctelor $3D$.

Microsoft.Kinect.Toolkit + FaceTracking



Estimarea orientarii capului relativa la sistemul de coordonate al senzorului [10].

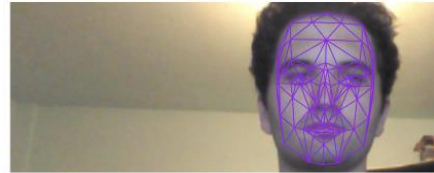
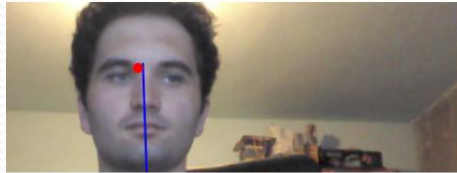
Index [10], [11]	Feature type	Tip trasatura
SU-0	Head height	Inaltime capului
SU-1	Eyebrows vertical position	Pozitia verticala a sprancenelor
SU-2	Eyes vertical position	Pozitia verticala a ochilor
SU-3	Eyes, width	Latimea ochilor
SU-4	Eyes, height	Inaltimea ochilor
SU-5	Eye separation distance	Distanta dintre ochi
SU-8	Nose vertical position	Pozitia verticala a nasului
SU-10	Mouth vertical position	Pozitia verticala a gurii
SU-11	Mouth width	Latimea gurii

Unitatile de forma (SU) - forma particulara a aparentei faciale: pozitia, intr-o stare neutra, a gurii, sprancenelor, ochilor etc.

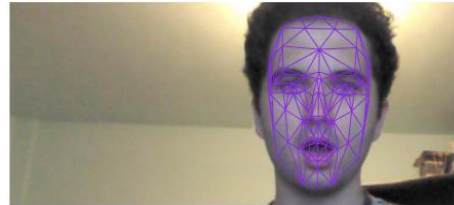
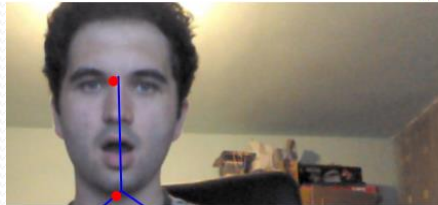
AU [10]	AU [11]	Semnificatie	Ilustrare	Interpretare valori AU
		Fata neutra		$AU_i=0, i=0..5$
AU0	AU10	Pozitie buze superioara (Upper Lip Raiser)		0 = neutra, dinti acoperiti 1 = descoperire totala dantura -1 = buze comprimate (maxim)
AU1	AU26 AU27	Coborare mandibula (Jaw Lowerer)		0 = inchisa 1 = deschisa total -1 = inchisa (≈ 0)
AU2	AU20	Forma buze/gura (Lip Stretcher)		0 = neutra 1 = latire maxima (joker's smile) -0.5= rotunjite (pout) -1 = rotunjite la maxim (kissing mouth)
AU3	AU4	Pozitie sprancene (Brow Lowerer)		0 = neutra -1 = ridicate aproape in totalitate +1= coborate la maxim (la limita ochilor)
AU4	AU13 AU15	Curvura buze (Lip Corner Depressor)		0 = neutra -1 = zambet fericit +1= trista
AU5	AU2	Ridicare exterior sprancene (Outer Brow Raiser)		0 = neutra -1 = coborate (fata trista) +1= ridicate (surprindere)

Unitatile de animatie (AU) - abaterile SU de la pozitia neutra. Marimile AU - valori normalizate in intervalul -1 ... +1

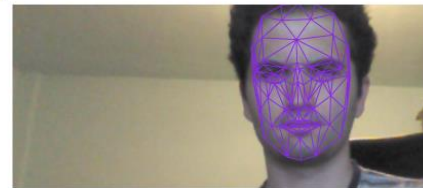
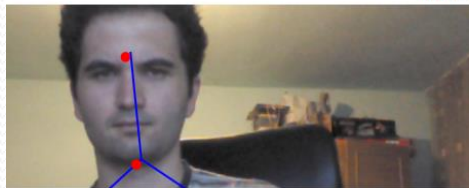
Recunoastere de gesturi faciale dinamice (DTW)



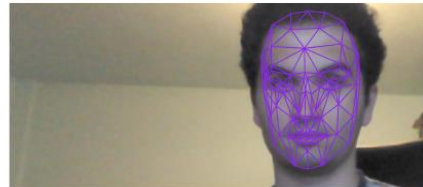
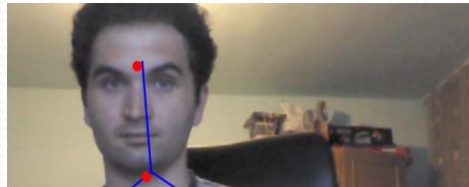
@Normal



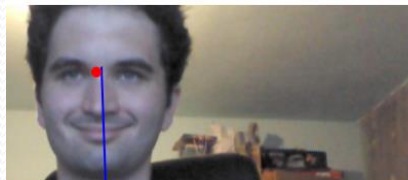
@Yawn



@Frowny_Face



@Raise_Eyebrows



@Happy

Referinte

- [1] Real-time Human Pose Recognition in Parts from Single Depth Images. Jamie Shotton, et.al, CVPR 2011.
- [2] R. Lange. 3D time-of-flight distance measurement with custom solid-state image sensors in CMOS/CCD-technology.
Diss., University of Siegen, 2000
- [3] Microsoft Kinect. <http://www.xbox.com/de-de/kinect>
- [4] V. Ganapathi, C. Plagemann, D. Koller, S. Thrun: Real-time motion capture using a single Time-of-flight camera. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2010
- [5] Creation of 3D Human Avatar using Kinect, Asian Transactions on Fundamentals of Electronics, Communication & Multimedia (ATFECM) (ATFECM ISSN: 2221-4305), Vol. 1, Issue 5, Jan. 2012.
- [6] Naïve Bayes Classifier,
http://www.cs.ucr.edu/~eamonn/CE/Bayesian%20Classification%20withInsect_examples.pdf
- [7] WEKA, Weka 3: Data Mining Software in Java, <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>
- [8] Marius-Cristian GIUROIU, Unealtă de recunoaștere a gesturilor folosind un senzor kinect, Lucrare de licență, Catedra de Calculatoare, UTCN, 2013.
- [9] P. Senin, [Dynamic Time Warping Algorithm Review](#), Information and Computer Science Department, University of Hawaii at Manoa, Honolulu, USA, December 2008
- [10] Face Tracking, <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/jj130970.aspx>
- [11] CANDIDE-3 - A parameterized face, <http://www.icg.isy.liu.se/candide/>
- [12] T. Marita, Modelarea si recunoasterea gesturilor corporale si faciale cu un senzor Kinect ([C9-10.pdf](#)), Note de curs, Interfete Om-Calculator, an 2 Master – IC.