

„Platforma virtuală de e-learning bazată pe aplicații 3D utilizabilă în protetica dentară”- Acronim VIR-PRO

Etapa 4 – Elaborare documentație de analiză tehnico-economică, definitivare specificație tehnică, elaborarea documentației tehnice pentru platformă

REZUMAT

Tehnologia haptică a creat o nouă eră în lumea virtuală prin redarea capacității de a atinge și de a simți în mediul virtual. Efectul integrării tehnologiei haptice în domeniul medical a revoluționat abordările privind tehnologiile educaționale. Aplicațiile haptice sunt complementare abordărilor clasice, în special în domeniile în care se desfășoară instruirea practică, cum ar fi medicina dentară.

După integrarea tehnologiei haptice în simulări, tendința de utilizare a acestora s-a răspândit în domeniul medical. Simulările dentare susținute de haptic feedback a câștigat superioritate față de metodele tradiționale. În evaluarea performanței tehnologiei de realitate virtuală, raportul dintre cost și rentabilitatea simulărilor oferă avantaje. Printre acestea se enumeră unele dintre avantajele față de metodele tradiționale de instruire, evaluarea automată a performanței, repetabilitatea aplicației, utilizarea datelor, abilitatea de a crea scenarii și utilizarea simultană a aceluiași scenariu, etc.

Actual, în universități de prestigiu, sunt disponibile foarte puține platforme de e-learning care includ și tehnologiile realității virtuale.

Proiectare și elaborare documentație de analiză tehnico-economică pentru platformă

Teoria dezvoltării simulatorului haptic în literatura de specialitate pornește de la descrierea arhitecturii aplicațiilor haptice pe bază de realitate virtuală, după cum urmează:

1. organe senzoriale umane: ochii, urechile utilizatorului și mâinile;
2. algoritmi de redare vizuală, auditivă și haptică: acești algoritmi calculează și produc diferite răspunsuri senzoriale;
3. traductoare: aceste dispozitive electronice convertesc răspunsurile de la algoritmi la semnale inteligibile de către calculator și apoi și în semnalele de feedback pe care operatorul le poate percepe;
4. motor de simulare: acesta calculează comportamentul mediului virtual.

Redarea haptică se face la rate de actualizare ridicate de 1 KHz, în timp ce actualizarea vizuală este un proces lent, de obicei ~ 50Hz. Algoritmii de simulare ajută la reducerea acestui decalaj și la creșterea vizualizării în aplicațiile haptice.

Module simulator dentar.

1. Aparatura – stație grafică
2. Haptic
3. Baza de lucru – modele scanate cu laser
 - dinții – proprietăți
4. Instrumentar – freze

5. Interfața grafică – librăria haptică

6. Soft simulare – redarea grafică și redarea haptică

- vibrații
- efect audio
- feedback tactil

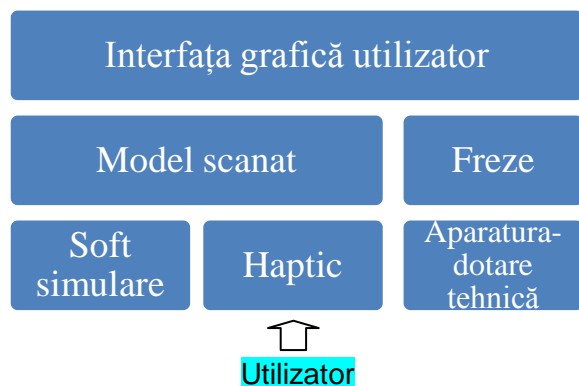


Fig. 1. Utilizator- module simulator dentar

Mediul de dezvoltare ales este platforma Unity care permite portarea aplicațiilor de tip stand-alone în format web compatibil cu platforma de e-learning implementată în proiect.

În cadrul proiectului de cercetare au fost achiziționate două stații grafice și două dispozitive haptice, creându-se două unități de lucru în mediul virtual.

Au fost create modelele 3D prin metoda de digitizare - scanarea laser. Calitatea modelelor 3D este esențială pentru simularea dentară.

Factorii care condiționează simularea sunt: datele și structura dintelui, proprietățile biomecanice, modelul utilizat pentru a evalua forțele pentru feedback.

Metoda de modelare a obiectelor virtuale este o problemă fundamentală pentru redarea haptică. Pe lângă, metoda de modelare în grafica computerizată, trebuie să fie luate în considerare proprietățile geometrice și fizice în modelul haptic. Structura datelor ar trebui să aibă o eficiență ridicată pentru a se potrivi cu rata de actualizare a redării haptice.

Instrumentarul dentar constă în freze de turbină, specifice fiecărei preparații.

Există două tipuri de instrumentar dentar: unele care sunt folosite pentru a prepara dintele și altele pentru palpare. Instrumentarul de preparație (freze) este folosit pentru a atinge și a modifica dintele. Pentru instrumentar există două criterii principale: reprezentare grafică și reprezentarea haptică.

Pentru interfața grafică sunt concludente biblioteca haptică și limbajul de programare.

Bibliotecile utilizate sunt: OpenHaptics pentru redarea haptică și OpenGL pentru redare grafică 3D. Modelarea 3D realistă prin proprietăți fizice (culori, dimensiuni etc.) și vizualizare clară.

Tehnici de redare: HLAPI / HDAPI - bibliotecă OpenHaptics; OpenGL - bibliotecă de redare grafică, GLUT – bibliotecă auxiliară pentru windows, mișcarea mouse-lui, buton și funcții de tastatură, setări de apeluri etc.

Limbaj de programare: C , C ++

Cerințele simulării haptice în protetica dentară

Redarea haptică în simulările dentare ar trebui să reflecte realist forța de interacțiune dintre freza dentară și dinți.

Funcțiile sistemului de pregătire în protetica dentară sunt rezumate după cum urmează:

- simularea manoperelor tipice, prepararea dinților, percepția proprietăților fizice a țesuturilor de smalț și dentină.
- furnizarea feedback-ului haptic realist: sistemul trebuie să asigure un sentiment haptic al caracteristicilor geometrice de-a lungul suprafeței dintelui, cum ar fi forma cuspidului și a fosetelor pe suprafața ocluzală. În plus, este necesar feedback-ul haptic în pregătirea lăcașurilor dentare sau în procesul de preparare / șlefuire.
- furnizarea unui afișaj haptic cu mai multe rezoluții: sistemul de antrenament nu trebuie să furnizeze numai o interacțiune haptică rapidă cu dinții, ci și interacțiunea haptică în scena locală, cum ar fi o fosetă marginală a dintelui.

În plus, reconstrucția în timp real a obiectului cauzată de manopera de preparare, (cum ar fi frezajul și obiectul deformabil) reprezintă o provocare pentru simularea pregătirii dinților.

Redarea haptică se bazează în mod obișnuit pe grafica computerizată convențională, care utilizează poligoanele pentru a reprezenta obiectele virtuale. Redarea haptică este compusă din două procese: detecția coliziunii și răspunsul la coliziune. Deoarece creionul dispozitivului haptic este manipulat, sunt detectate coliziuni cu obiectul virtual. Aceste coliziuni sunt calculate și transmise înapoi ca răspuns la coliziune.

Metoda uzuală, "proxy based method" or "virtual tool method" numită „metoda obiectului virtual,, permite forțe stabile în funcție de adâncimea preparăției unui instrument pe o suprafață, fără efecte vizuale ale instrumentului care penetrează suprafața obiectelor din scenă. Poziția proxy, denumită și poziția de interfață haptică indică punctul de contact dintre instrument și obiectul vizual din mediul virtual. În cazul obiectelor rigide, proxy-ul este restrâns la suprafața obiectului virtual. Proprietățile volumetrice, cum ar fi rigiditatea, frecare și permeabilitatea la suprafață, pot fi implementate prin utilizarea unui poziții proxy.

Algoritmul pentru redare haptică este o metodă de constrângere care permite contactelor să fie determinate între orice punct de pe suprafața frezei și între orice punct de pe suprafața unui obiect virtual din scenă.

Detectarea coliziunii

Toolkit-ul hapticului Geomagic Touch are un driver / bibliotecă pentru detectarea coliziunii utilă în interacțiunea cu obiectele.

Algoritmul de coliziune în procesul de preparare dentară este usual descris pentru freza sferică. Freza sferică se utilizează mai mult în aplicațiile virtuale, pentru că e construită dintr-un poligon sub formă de sferă și are o rază specifică pentru simularea de tăiere / preparare dentară.

Algoritmul detectării coliziunii presupune etapele următoare:

- a). nu există coliziune între obiectul virtual și suprafața dentară
- b). intersecția între obiectul virtual și suprafața dentară
- c). după intersecție, deformarea vertexurilor (vârfulor) de pe suprafața dentară la suprafața obiectului virtual
- d). după preparare, forma finală a dintelui.

Principalele caracteristici ale algoritmului includ:

- procesul de tăiere este considerat ca fiind un proces de contact în porțiuni; astfel se evită problema modelării dinamicii de tăiere.
- procedeul de îndepărtare a materialului se realizează prin deformarea locală și reconstrucția mesh-ului triunghiular, permițând astfel schimbarea topologiei pentru procesul de preparare a dinților.
- arhitectura de redare haptică cu mai multe rate, bazată pe modele locale, care urmărește să rezolve contradicția dintre fidelitate și eficiența calculului.

Dintele este modelat utilizând un mesh triunghiular și instrumentarul este modelat folosind un model implicit, inclusiv formele sferice și cilindrice.

Prepararea dintelui este un proces dinamic complex care implica dinamica elastică, plastică, dinamica fracturilor și fenomenele de frecare etc

Algoritmul de redare haptică

În general, aplicațiile grafice în mediul virtual, în timp real, necesită actualizarea afișajului între 20 și 30 de cadre pe secundă. Dar, pentru simțul tactil, rata de actualizare a simulărilor haptice trebuie să fie la fel de mare ca frecvența de 1 kHz pentru a menține un sistem stabil de feedback haptic.

Premiza de la care se pleacă în conceperea algoritmului haptic este interpretarea legii lui Hooke, referitoare la deformarea elastică a materialelor sub acțiunea unei forțe. Principiul este următorul: dacă o forță de deformare acționează pe un corp, se produce o deformare și apare o forță de reacție, proporțională cu deformarea și care se opune. Această forță se numește forță de reacție sau forță elastică.

Legea lui Hooke: $F = k \cdot \Delta d$

Unde – F = forță elastică

k = constantă de elasticitate

Δd = alungirea (deformarea elastică sau comprimarea), adică deplasarea din poziția inițială în cea finală.

Elaborare /definitivare specificație tehnică

În această etapă s-a dezvoltat un sistem de training bazat pe realitatea virtuală (RV) și pe utilizarea dispozitivelor haptice într-un ansamblu care permite acumularea de abilități practice. Sistemul este compus dintr-o stație grafică cu display 3D, un dispozitiv haptic Geomagic touch și un soft dezvoltat în cadrul proiectului dedicat proteticii dentare.

Pentru dezvoltarea aplicației s-a ales platforma Unity, aceasta oferă o serie de avantaje cum ar fi compatibilitatea cu o gama largă de dispozitive haptice și portabilitatea pe o serie de sisteme de vizualizare cum ar fi OculusRift sau HTC VIVE.

Realizarea mediului virtual presupune modelarea 3D a geometrie obiectelor, crearea texturilor pentru acestea și aplicarea lor pe geometria 3D. În aplicație se utilizează două tipuri de obiecte, obiecte statice de decor care au rolul de a îmbunătăți aspectul vizual al mediului virtual și obiecte interactive cu diferite funcții. În fig. 2 sunt prezentate aspecte din timpul modelării lumii virtuale utilizate în cadrul simulării.

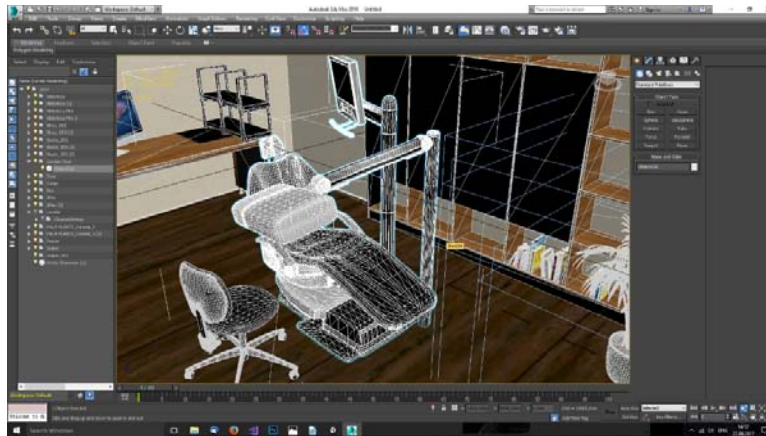


Fig. 2. Lumea virtuala

Realizarea obiectelor statice de decor presupune modelarea obiectelor 3D ce au un rol static în timpul simulării, dar care contribuie la aspectul vizual plăcut al lumi virtuale.

Dezvoltarea obiectelor interactive presupune parcurgerea mai multor etape, principalele obiecte interactive în cadrul simulării sunt dinții și instrumentarul de lucru. Pentru realizarea dinților se utilizează modele scanate cu un număr foarte mare de poligoane, acestea au fost optimizate utilizând diverse instrumente. Cel mai complicat model 3D interactiv sunt dinții care trebuie prelucrați aceștia sunt alcătuiți din straturi diferite, astfel încât atunci când se îndepărtează material, straturile care rămân să aibă culoarea și densitatea cât mai aproape de real. Prin utilizarea dispozitivelor haptice pentru mânărirea instrumentarului medical s-a programat forța de răspuns a dispozitivului astfel încât să se poată simula cât mai realist desitatea straturilor care alcătuiesc dintele.

Cele două tipuri de obiecte sunt asamblate și formează lumea virtuală în care se vor desfășura scenariile de training, este prezentat mediul virtual asamblat în Unity.

Aplicația permite realizarea unei operații specifice protectiei dentare utilizând două modalități de vizualizare. La prima dintre ele este disponibilă doar zona de interes ca și model 3D care poate fi rotită și mișcată în orice poziție, la a doua variantă se simulează situația pe care cel instruit o întâlnește în cazul în care lucrează cu un pacient (fig. 3).

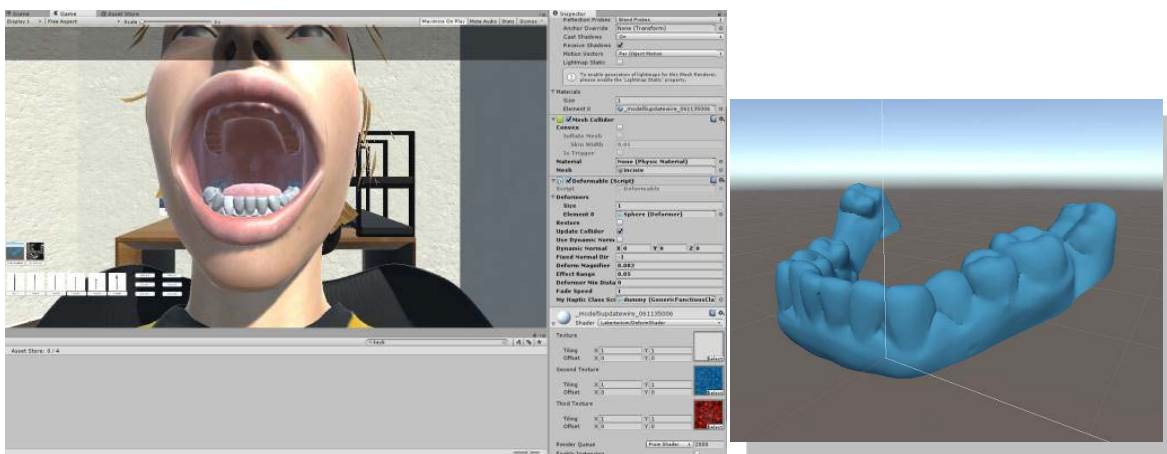


Fig. 3. Modurile de lucru

.Pentru ambele cazuri s-au creat geometrii care permit detectarea coliziunii dintre instrumentul de lucru și geometria considerată punct de interes, coliziunile sunt utilizate pentru punerea în evidență a eventualelor greșeli. În cazul în care se utilizează pacientul virtual, punctul de observație poate fi modificat într-un mod similar cu situația reală și posibilitățile pe care le are un medic cu un pacient real așezat într-un scaun stomatologic.

Fiecare instrument de lucru s-a modelat independent și a fost „înzestrat” cu proprietăți care să permită utilizarea lui în mediu virtual similar cu mediul real și să ofere și senzații similare, de exemplu atunci când se lucrează cu freza se imită vibrațiile transmise de micromotor. Pentru operațiile specifice au fost modelate și 6 tipuri de freze.

Pentru fiecare instrument s-a dezvoltat cod sub forma de scripturi care să permită utilizarea lor în combinație cu un dispozitiv haptic, acestea pot fi schimbate utilizând butonul nr.1 al dispozitivului haptic.Pentru fiecare dinte se pot modifica culorile celor trei straturi prin modificarea shaderului.

Pentru simularea operației de frezare și îndepărtare a materialului în cazul unui dinte s-a creat un script special Deformable.cs care controlează comportamentul obiectului deformat. Pentru a realiza deformarea meshului 3D și simularea operației de îndepărtare de material este nevoie de un al doilea script Deformer.cs.

Pentru a asocia diversele efecte create pentru instrumentele stomatologice s-au modificat efectele standard din OpenHaptics (CustomForceEffect).

În continuare sunt prezentate aspecte din tipul testării aplicației (fig.4.).

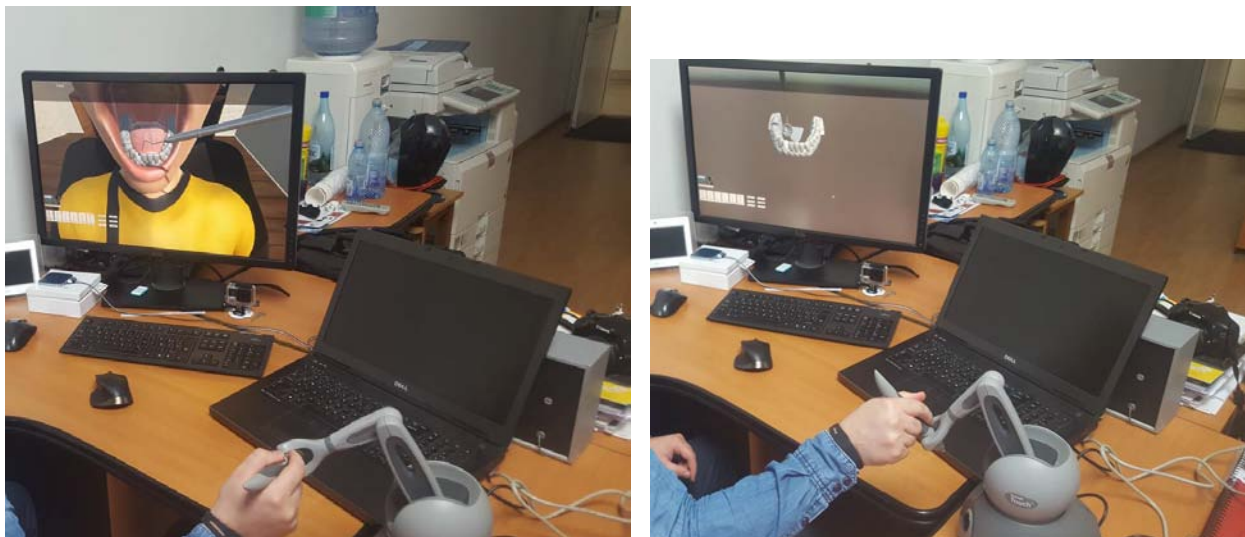


Fig. 4. Testarea aplicației a). b).

Cererea de brevet de invenție denumit „Metodă și dispozitiv experimental pentru protetica dentară”, s-a publicat în Buletinul Oficial de Proprietate Industrială nr 5/2017 – Secțiunea Brevete de Invenție