

GENERAREA ȘI SIMULAREA FIINȚELOR VIRTUALE AUTONOME

ing. Ruxandra Cojocar
analist Carmen Călin

Institutul pentru Cercetări în Informatică

Rezumat: Articolul de față se axează pe generarea și simularea ființelor virtuale autonome în contextul aplicațiilor sistemelor de realitate virtuală, punând în evidență evoluții ale tehnologiilor din acest domeniu, precum și probleme specifice lumii virtuale.

Cuvinte cheie: realitate virtuală, imersiune, ființă virtuală, metaball, DataGlove, "force feedback device", HMD, ecran lenticular, mediu virtual de proiectare, telesenzație.

1. Introducere

Aplicațiile realizate până în prezent în domeniul realității virtuale presupun generarea unor lumi artificiale și imersiunea utilizatorului în interiorul acestora, pentru a le investiga și transforma în funcție de cerințele concrete. Evoluția acestor sisteme presupune, în primul rând, creșterea performanțelor în domeniul hardware (calculatoare și dispozitive specializate) pentru a asigura o imersiune completă a omului în lumea virtuală și o comunicare directă, în timp real cu aceasta. O idee foarte nouă este aceea de a genera "viață" artificială în cadrul sistemelor de realitate virtuală, prin crearea unor ființe autonome, dotate cu comportamente specifice, care să reacționeze la mediile înconjurătoare existente și care să ia decizii pe baza sistemelor de percepție, a memoriei și a raționamentului. Comportamentul este definit în conformitate cu modul de viață al omului și, de obicei, este descris în termenii unui limbaj natural cu semnificație socială, psihologică și fiziologică. Obiectivul principal în modelarea comportamentelor este construirea de ființe virtuale inteligente și autonome, dotate cu adaptare, percepție și memorie. Aceste ființe virtuale trebuie să poată să acționeze liber și emoțional, să fie conștiente și mobile pentru a întări conceptul de prezență în lumea virtuală, fiind astfel necesară posibilitatea de a reprezenta pe calculator conceptele de comportament, inteligență, autonomie, adaptare, percepție, memorie, libertate, conștiință, mobilitate și prezență ale acestor ființe virtuale. Percepția este definită ca o cunoaștere a elementelor mediului înconjurător prin intermediul senzației fizice, pentru implementare fiind necesară echiparea ființelor virtuale cu senzori vizuali, tactili și auditivi. Acești senzori trebuie să fie folosiți ca o bază pentru implementarea elementelor de comportament zilnic al ființelor virtuale, precum locomoția direcționată vizual, manipularea obiectelor și reacția la sunete. Comunicarea

umană în lumea virtuală implică două tipuri de interacțiuni: interacțiunea dintre ființele virtuale și interacțiunea dintre ființele virtuale și cele reale. Aceste două tipuri de interacțiuni sunt diferite și necesită soluții tehnice diferite.

O pereche de ființe virtuale aflate în interacțiune constituie un sistem închis care poate fi dezvoltat prin înzestrarea ființelor virtuale cu abilitatea de a recunoaște alte ființe virtuale și de a percepe expresia fețelor, gesturile și atitudinile acestora, prin transferul direct de informații din structurile de date care definesc aceste comportamente între ființele virtuale.

Pentru o interacțiune dintre o ființă virtuală și una reală nu există nici o posibilitate a transferării structurilor de date, fiind necesare metode de înțelegere a imaginii pentru a înzestra ființa virtuală cu perceperea comportamentului ființei reale. Adevărata interacțiune dintre ființele virtuale și cele umane necesită o comunicare pe trei nivele:

- **la nivel geometric:** dispozitivele în 3D, precum DataGlove, permit ființei reale să comunice ființei virtuale orice informație geometrică
- **la nivel fizic:** folosind un traductor, o forță sau un cuplu de torsiune pot fi transmise unei ființe virtuale, care la rândul ei poate aplica o forță, simțită de către ființa reală prin folosirea dispozitivului de tip "force feedback device" (dispozitiv de reacție la forță), simulându-se astfel scene de realitate virtuală (de exemplu, scena în care animatorul și ființa virtuală trag de capetele unei sfori)
- **la nivel comportamental:** se consideră că între ființa virtuală și cea reală există o comunicare emoțională.

Investigarea și prototipizarea modelelor corpului omenesc sunt foarte importante pentru realizarea feedback-ului vizual și presupun autoreprezentarea în lumea virtuală. Un "frame" al ființei virtuale poate fi construit în lumea virtuală chiar și cu informații senzor limitate, care reflectă activitățile unui corp real. Un astfel de corp, chiar și nefinisat, intensifică sensul prezenței. Ființa virtuală trebuie să reflecte activitățile corpului real, preconizându-se generarea unor figuri foarte apropiate de realitatea umană, care să permită o autoreprezentare perfectă. Crearea, animarea și simularea scenelor 3D în timp real, implicând existența ființelor virtuale în mediul sintetic presupune realizarea unui sistem în timp real pentru simularea ființelor virtuale, care să beneficieze de un hardware puternic și să aibă la bază modelarea ființelor virtuale. Crearea formei

corpului unei ființe virtuale este primul pas al modelării formei, mișcării și deformării unei ființe virtuale. O metodă de abordare interactivă a modelării folosește un SpaceBall în 6D pentru a examina și pentru a se mișca în jurul obiectului de modelat, în timp ce un mouse realizează selectarea și deformarea pe imagine pentru ca cele mai mici detalii să poată fi vizibile în timp real. Mișcarea corpului trebuie realizată cu ajutorul unui sistem general de control al mișcării care să integreze metode ca cinematica inversă, dinamica directă/inversă, biomecanica ce se bazează pe facilitatea de mișcare prin pași sau prin metode de animație bazate pe secvențe de cadre de imagine. Pentru modelarea și deformarea pielii ființelor virtuale, fiecare parte a corpului se definește ca o mulțime de semnale de corecție în reprezentare B-spline. Pentru simularea mușchilor se folosesc metaball-uri bazate pe teoria distribuției densității. Personalitatea unei ființe virtuale fiind definită de modificările subtile ale expresiei faciale și de gesturi, al doilea pas al modelării unei ființe virtuale este deformarea facială, pentru realizarea căreia se folosește metoda RFFD - Rational Free-Form Deformations, care corespunde deformărilor de încărcare aplicate unui paralelipiped imaginar din plastic flexibil, ce încadrează obiectele de deformat. Deformările independente de formă corespund unui nivel inferior aferent unui sistem multi-nivel în care, la fiecare nivel, gradul de abstractizare crește. Fiecare nivel succesiv definește entitățile dintr-un punct de vedere mai abstract, începând cu deformările mușchilor, și până la fenomene, cuvinte, propoziții, expresii și emoții, asociindu-se un limbaj pentru vorbire sincronizată, emoții și mișcări ale ochilor. Cel mai important subsistem de percepție uman este sistemul de vedere artificială. De aceea, vederea artificială sintetică poate constitui canalul principal de informații dintre mediul de lucru și ființa virtuală, aceasta constituind o abordare ideală pentru modelarea unei animații comportamentale în problemele generate de navigarea în lumile virtuale și de jocurile interactive. Creierul ființei virtuale este dotat cu memorie vizuală și cu un sistem limitat de raționamente, care permit ființei virtuale să decidă mișcarea pe baza informațiilor primite. Abordarea propusă este bazată pe un sistem DLA (deplasare locală automată), similar cu scenariile pentru prelucrarea limbajului natural, acesta fiind o cutie neagră care conține cunoștințe ce permit ființei virtuale să se deplaseze în mediul său. Controller-ul este partea sistemului care gândește, ia decizii și realizează acțiuni de nivel înalt. Dacă mediul este necunoscut, acesta îl analizează și activează DLA-ul. Dacă este cunoscut, controller-ul activează direct locația din DLA existentă pe durata etapei de învățare. Cu informațiile primite de la controller, navigatorul construiește, pas cu pas, o hartă logică a mediului. Probleme mai complexe apar atunci când ființa virtuală cunoaște

mediul, ceea ce presupune introducerea memoriei ființei virtuale. Folosind sistemul său de vedere artificială, ființa virtuală vede obiectele și le memorează într-o reprezentare octree, această memorie constituind baza unui proces de raționamente. De exemplu, un algoritm recursiv permite ființei virtuale, pe baza memorie sale, să găsească o cale, în orice poziție s-ar afla, evitând obstacolele. De asemenea, ființa virtuală trebuie să știe dacă nu există nici o cale sau dacă există bucle ca într-un labirint. Dacă ființa virtuală a găsit cel puțin o cale bună, ea își folosește memoria/raționamentul pentru a alege o anumită cale. Totuși, cum pe drum ar putea să fie adăugate obstacolele noi, ființa virtuală are la dispoziție vederea sa artificială sintetică pentru a decide calea, reacționând la noile obstacole.

Se pune problema existenței unui sistem de comunicare emoțională între ființele virtuale și cele reale, în care imaginea feței ființei reale să fie înregistrată în timp real prin folosirea unui digitizer video activ și emoția să fie detectată prin folosirea unui program de prelucrare a imaginii, coordonatorul dialogului hotărând ce emoție să fie generată ca răspuns la emoția primită. Această emoție trebuie tradusă în expresii ale feței care urmează să fie generate de către sistemul de animație facială. În stadiul actual al cercetărilor există posibilitatea analizei imaginilor mici, dar cu o prelucrare oarecum limitată de hardware-ul existent. Această situație face ca detectarea unor subtilități ale feței să nu fie încă posibilă.

2. Aplicații ale sistemelor de realitate virtuală care implică existența ființelor virtuale autonome

Aplicațiile existente și potențiale ale sistemelor de realitate virtuală care implică existența ființelor virtuale autonome se bazează pe activități omenești care pot fi o parte a acestor sisteme:

- simulare pentru învățare și școlarizare (în medicină, transporturi, construcții civile)
- pacient virtual pentru chirurgie și chirurgie plastică
- ortopedie și psihoterapie virtuală
- proiectare de automobile și construcții
- simulare arhitecturală incluzând oameni, peisaje și lumini
- realizarea de filme cu actori virtuali
- jocuri pe calculator cu oameni și cu lumi virtuale
- simulări de jocuri sportive.

Facilitatea simulării oamenilor va extinde gama utilizărilor animației grafice în 3D, antrenarea utilizatorului într-o situație creată de comportamentul simulat al unei ființe virtuale adăugând o nouă dimensiune produselor bazate pe simulare în domeniul educației și pentru piețele axate pe livrarea de jocuri.

Toate aceste aplicații cer:

- modelarea realistă a comportamentului oamenilor, incluzând interacțiunile dintre aceștia și cu utilizatorul
- modelarea realistă a aparenței vizuale a oamenilor, incluzând hainele și părul.

Până acum, cercetarea experimentală și instruirea în domeniul medicinei s-a bazat în special pe disecție și pe studiul modelelor plastice. Modelele umane computerizate în 3D oferă o nouă abordare în activitățile de cercetare și de instruire în domeniul medicinei. Cercetarea medicală experimentală cu pacienți virtuali va deveni realitate. Cercetătorii își propun atât crearea unor pacienți virtuali cât mai apropiați de realitate, cât și simularea unei întregi fiziologii a corpului omenesc, făcând posibilă vizualizarea efectelor diferitelor boli sau înlocuirea organelor. Ființele virtuale asociate cu realitatea virtuală vor deveni cu siguranță unul din instrumentele medicale ale secolului următor.

Chirurgia reprezintă una din cele mai promițătoare aplicații din acest domeniu. Chirurgul, folosind un display și o mânășă DataGlove, poate avea o vedere complet simulată a operației chirurgicale, incluzând propriile sale mâini. Pacientul trebuie să fie în întregime reconstruit în lumea virtuală, fapt care necesită o bază de date grafică umană foarte completă. Studenților mediciști care învață cum să opereze li se va oferi posibilitatea de a exersa pe pacienți virtuali în 3D și de a explora, din punct de vedere virtual, toate facilitățile oferite de chirurgie. De asemenea, prin modelarea deformării mușchilor omenesți și a pielii, cercetătorii vor ajunge să intuiască perfect toate mecanismele fundamentale, dintr-un punct de vedere strict geometric.

Tehnologia realității virtuale va deveni o componentă determinantă a procesului de învățământ medical și a antrenamentului chirurgical în oftalmologie. Ochiul este dificil de examinat din câteva motive:

- structura ochiului este foarte mică și detaliile minuscule, se ar putea furniza informația necesară punerii unui diagnostic, sunt greu de examinat

- instrumentele curente pentru examinarea ochiului în timpul unui examen fizic de rutină sunt dificil de utilizat datorită impreciziei mâinii examinatorului și a tendinței naturale a pacientului de a-și mișca ochiul din calea luminii.

De aceea, examinarea ochiului și aprecierea corespunzătoare a anatomiei sunt adesea incorecte. Folosind realitatea virtuală, este posibilă vizualizarea și manipularea elementelor structurale majore care compun ochiul. Tehnologia de realitate virtuală ține seama de modelarea structurilor anatomice cheie din ochi, care includ vasele de sânge, cristalinul, corneea, retina și fluidele conținute în ochi, simulând aceste structuri cheie, precum și schimbările care însoțesc procesele de boală. Ochiul virtual a fost realizat cu ajutorul lui Teleos care reprezintă 81 de sisteme de modelare, procesul implicând următorii pași:

- generarea modelelor 3D, folosind structuri anatomice relevante, care înfățișează ochiul din diferite perspective
- redarea formelor 3D complexe cu o rată de 1/120 pe secundă pentru ca ochiul utilizatorului să poată combina imaginile atât de rapid încât mișcarea structurilor anatomice să apară continuă, creând mișcarea "în timp real"
- scanarea imaginilor fotografiate ale ochiului și transferarea lor printr-o rețea Ethernet pe o stație de lucru Silicon Graphics în scopul incorporării într-un simulator
- maparea imaginilor fotografice pe suprafața modelelor, cu ajutorul procesului de "mapare de texturi", proces intensiv din punct de vedere computațional. Pentru îndeplinirea acestui task este necesar un hardware grafic specializat care să permită generarea rapidă de imagini 3D
- atribuirea de culori și de niveluri de transparență corespunzătoare fiecăreia dintre structurile cheie
- punerea la dispoziția utilizatorului a unui control software constând în instrumente complexe, care să-i permită acestuia examinarea anatomiei din toate unghiurile de vizualizare posibile și secționarea transversală a

oricărei structuri, foarte importantă în domeniu radiologic.

O altă aplicație medicală importantă a ființelor virtuale este ortopedia. Pe lângă proiectarea mișcării unei ființe virtuale, există și posibilitatea transformării și a modificării unei articulații. Cea mai bună abordare constă în folosirea unui model funcțional bazat pe biomecanică. Astfel, a fost elaborat un model uman de mers pe jos, care permite definirea unei acțiuni individualizate de mers pe jos, într-un context interactiv în timp real. Pentru un ortoped acesta ar putea constitui un instrument de lucru cu posibilitatea modificărilor interactive ale parametrilor. La nivelul animației, ortopedul trebuie să specifice traiectoria clară a unei mișcări caracteristice pentru a putea vedea efectul limitării într-o articulație a genunchiului sau impactul unei proteze, în timpul acțiunii. Tot la nivelul animației, pe lângă mersul pe jos, o altă sarcină interesantă specificată de ortoped este și acțiunea de a "apuca", acțiune în care sistemul de simulare uman va permite studiul deficiențelor capacității de "apucare" pentru o articulație, fiind necesară elaborarea unui model complex pentru articulații. Următorul pas în realizarea pacienților virtuali îl reprezintă elaborarea unui model bazat pe nivele de oase, mușchi, vase și piele pentru deformarea reală a corpului omenesc. Acesta este un model complex pentru aplicațiile realității virtuale, deoarece procesul deformării este dependent de timp, putând fi rezolvat în câțiva ani de către mașinile paralele.

Aplicațiile virtuale pentru surzi permit crearea unui dialog bazat pe gesturi ale mâinii: dialogul dintre un om real surd și o ființă virtuală surdă are la bază un limbaj de semne. Folosind mănușa DataGlove, omul din lumea reală va face semne, iar coordonatele vor fi transmise calculatorului. Un program de recunoaștere a limbajului semnelor va interpreta aceste coordonate pentru a recunoaște gesturile, iar un program de coordonare a dialogului va genera un răspuns care va fi tradus în semne ale mâinii și transmis unui program de animație, care va genera pozițiile adecvate ale mâinii.

În **chirurgia plastică** este necesară o evaluare a modificărilor estetice. Mușchii și oasele nefiind incluse, problema poate fi rezolvată prin folosirea deformărilor locale, acest lucru explicând experiențele deja făcute în acest domeniu. Pentru a evalua rezultatul unei chirurgii simulate, este necesară generarea expresiilor feței și a secvențelor de animație. Una din aplicații va fi patologia refacerii pielii după ardere, după un accident grav sau după o boală, pentru a inspecta leziunile și impactul lor pe mișcarea feței.

O altă abordare este aceea a folosirii

realității virtuale și a ființelor virtuale în psihoterapie. Prin apariția ființelor virtuale va fi posibilă recrearea unor situații din lumea reală, prin imersiunea pacientului real în scene virtuale (întâlnirea cu o rudă decedată sau simularea retrăirii copilăriei sau a unor situații din mediul familial și cel apropiat). Tehnicile de realitate virtuală pot juca un rol important în deficiențele de memorie sau de atenție, îmbunătățind situația unor pacienți bolnavi psihic.

Folosind un mediu virtual de proiectare, proiectanții de automobile de la Coventry School of Art & Design construiesc prototipuri virtuale pe baza schițelor noului automobil, chiar de la începutul procesului de proiectare. Schițele realizate pe hârtie sunt scanate într-un calculator și apoi, folosind tehnici de proiectare 3D, stratificate pe un frame simplu al scheletului mașinii, rezultând un prototip 3D la dimensiuni reale în realitatea virtuală. Proiectanții pot vedea proiectul în contextul natural (într-o sală de expoziție sau pe un drum de țară) sau pot sta pe locul șoferului. Realitatea virtuală permite construirea unui prototip sau a unui model de simulare chiar de la începutul procesului de proiectare, defectele fundamentale, trăsăturile nedorite putând fi identificate și corectate înainte ca proiectul să fie realizat. Deoarece prototipul virtual poate fi reconstruit în orice etapă a procesului de proiectare, în final se va obține o proiectare de înaltă calitate.

Matsushita Electric Works (Japonia), care conduce o companie de construcții arhitecturale, folosește realitatea virtuală pentru vizualizarea proiectelor arhitecturale, creând un mediu ambiental avansat și simulând toate elementele unei case, inclusiv iluminarea, încălzirea și acustica. Cu o cască și cu un mouse în 3D, utilizatorii pot intra în camere și pot urca pe scări la etaj, testând direct un număr de caracteristici ale proiectului, cum ar fi tapetul pereților, culorile, spațiile volumetrice, poziția și intensitatea luminii, ventilarea și dispozitivele de încălzire, răcire ale camerelor. Pornind de la proiectele lor, experimentându-le direct, inginerii pot genera rapid modele virtuale complete, la scară reală. Avantajul suplimentar al acestor modele este dat de faptul că, înainte de a cumpăra o clădire, clienții pot vedea ei înșiși proiectul aflat într-o fază incipientă, pot propune modificări și adaptări într-o modalitate folositoare.

Realitatea virtuală este ideală pentru mediile și situațiile de simulare a lumii reale. Imersiunea în realitatea virtuală oferă o lume reală cu o interacțiune cât se poate de naturală și realizabilă și care este folosită pentru școlarizare în diferite domenii de aplicații. Firma VOLVO (Anglia) folosește realitatea virtuală pentru a simula accidente, șoferul virtual putând studia trăsăturile de siguranță ale vehiculului. Înureaga

experiență virtuală oferă utilizatorului o simulare reală completă, având loc în interiorul frame-ului unei mașini reale, completat cu scaunul șoferului, cu un volan de direcție și cu uși, toate pe o platformă în mișcare. Realitatea virtuală oferă o cale eficientă de școlarizare mono și multiutilizator, cu un grad înalt de realism și în cadrul simulatoarelor militare existente. TNO-FEL a construit un sistem de realitate virtuală pentru școlarizarea astronautilor în vederea manevrării navelor spațiale în timpul călătoriilor spațiale, dificultățile fiind determinate de forța de gravitație zero, de costumele spațiale voluminoase și de controlul mișcării complexe.

Realitatea virtuală poate fi folosită în analiza rapidă și eficientă a datelor științifice (de exemplu cu privire la structurile geologice complexe ale subsolului), a modelelor de calcul (de exemplu pentru fluide dinamice) sau a structurilor chimice (oferind chimiștilor posibilitatea de manipulare 3D a moleculelor virtuale prin interacțiunea naturală, de tip "hand-on").

Pentru comercializarea unui concept sau a unui produs (de exemplu o locuință), realitatea virtuală a devenit un instrument de bază în prezentare. Actorii virtuali oferă o nouă dimensiune filmelor 3D animate pe calculator, până acum nepopulate cu caractere umane, permițând atât crearea de scenarii noi cu personaje umane, cât și reconstituirea unor staruri de cinema sau a unor personalități istorice și politice. Astfel, în curând, va fi posibilă recrearea oricărui film, cu orice actor, indiferent de epoca în care acesta a trăit, prin realizarea de filme care au ca protagoniști personalități de formații artistice diferite, din epoci diferite. Primul pas, în crearea unui film de animație pe calculator, este selectarea unui scenariu. În proiectarea unui scenariu pentru un film animat pe calculator sunt posibile două abordări:

- scenariul este creat fără a se ține cont de modul în care acesta trebuie să fie animat pe calculator, programele pe calculator fiind apoi dezvoltate sau modificate pentru a produce filmul
- scenariul este creat pe baza facilităților calculatorului și a software-ului utilizat.

Prima abordare poate să determine apariția unor dificultăți de nerezolvat și să forțeze chiar proiectantul la reconsiderarea scenariului inițial. A doua abordare, deși mult mai sigură, poate totuși să conducă la un produs pur tehnic, care să limiteze aspectele artistice. O abordare mai bună este aceea care constă în proiectarea unui

scenariu simplificat și care nu ia în considerație toate facilitățile calculatorului, scenariu care trebuie apoi redefinit și adaptat, conform facilităților calculatorului și a software-ului utilizat. Următorul pas în realizarea filmului este crearea de obiecte care reprezintă fie actori, fie decoruri, considerate cele două elemente cheie ale unui film generat pe calculator, deși există și alte aspecte, precum camerele de luat vederi și luminile. Atât actorii, cât și decorurile, sunt obiecte grafice, singura diferență fiind aceea că actorii sunt obiecte dinamice, în timp ce decorurile sunt colecții de obiecte statice. Rolul fiecărui obiect grafic trebuie decis într-o fază anterioară creării sale, preferabil în timpul regizării scenariului. În particular, toate mișcările trebuie să fie planificate înainte de crearea obiectului. Mișcarea unui actor trebuie definită complet, pentru orice schimbare a vreunei caracteristici a actorului. Caracteristicile unui actor, precum poziția, orientarea, mărimea, forma, culoarea, transparența și reflexia, pot fi generale sau pot fi asociate cu anumite părți ale actorului. Astfel, mișcarea unui actor se poate defini formal aplicând caracteristicilor acestuia câteva legi de evoluție, legi care pot fi liniare, de mișcare circulară sau armonică. Un actor este caracterizat de un set de variabile de stare care definesc mișcarea acestuia. Modalitatea de definire a mișcării determină următoarele tipuri de animație:

- animație bazată pe secvențe de cadre de imagine, actorii fiind reprezentați prin fațete și mișcarea fiind specificată prin secvențe de cadre date. Imaginile intermediare sunt calculate prin aplicarea unei legi de interpolare fiecăreia dintre fațetele corespunzătoare imaginilor secvențelor de cadre. Un algoritm de interpolare liniară poate produce efecte nedorite, precum lipsa netezimii în mișcare, a discontinuității în viteza de mișcare, distorsiuni în rotații.

Mișcarea este definită astfel:

- variabilele de stare sunt fațete
- legea de evoluție este o funcție de interpolare
- animație parametrică a secvenței de cadre, actorii fiind caracterizați prin parametri și mișcarea fiind specificată prin valorile acestor parametri. Secvențele de cadre se obțin prin specificarea unui set corespunzător de valori de parametri. Imaginile intermediare sunt construite individual pe baza valorilor intermediare ale

parametrilor, valori calculate prin folosirea unei legi de interpolare. Deci interpolarea este aplicată parametrilor unui model și nu obiectului însuși.

Mișcarea este definită astfel:

- variabilele de stare sunt parametri
- legea de evoluție este o funcție de interpolare
- **animație algoritmică**, actorii fiind considerați obiecte cu o mișcare definită printr-o listă asociată de transformări (rotații, translații etc.). Fiecare transformare este definită cu ajutorul unor parametri care, în timpul animației, pot varia conform oricărei legi fizice.

Mișcarea este definită astfel:

- variabilele de stare sunt parametri de transformări
- legea de evoluție este orice lege fizică.

O scenă poate fi înțeleasă numai atunci când este vizualizată, modalitățile de vizualizare depinzând de poziția celui care privește (ochiul), de punctul de interes și de unghiul de vizualizare. Astfel de caracteristici definesc o entitate numită **cameră virtuală sau artificială** și pot varia în timp, conform unei legi de evoluție. Caracteristicile luminilor virtuale sau artificiale sunt și ele dependente de timp, intensitățile și pozițiile surselor de lumină modificându-se conform legilor de evoluție. Mișcarea luminii este animată cu ajutorul secvențelor cadre sau algoritmic. După definirea decorurilor, a actorilor, a camerelor și a luminilor și după planificarea mișcărilor se generează imaginile, prin activarea diferitelor entități, la momentul potrivit. Această activitate finală, numită **coregrafie**, este foarte importantă pentru coordonarea unei scene complete. Scena este apoi vizualizată în timp real pentru înregistrarea imaginii.

3. Evoluții ale tehnologiei din domeniul sistemelor de realitate virtuală

În prezent evoluțiile sistemelor de realitate virtuală se manifestă în cadrul unui concept nou, **telesenzația**, care combină vederea

artificială, grafica pe calculator, realitatea virtuală și telecomunicațiile. Aplicațiile de telesenzație acoperă o arie mare, precum sistemul educațional, medicina, arhitectura, construcțiile, serviciile de tip televiziune, serviciile interactive, teleconferința. **Serviciile de tip televiziune** transmit imagini din locuri îndepărtate prin intermediul unei tehnologii de telecomunicații și le afișează 3D cu ajutorul unei tehnologii de realitate virtuală (teatre video 3D, simulare de spoturi istorice și scenice, parade ale modei). **Serviciile interactive** transmit imagini video (de exemplu, informații privind articolele dintr-un magazin) cu ajutorul telecomunicațiilor și afișează imaginile prin intermediul realității virtuale, permițând consumatorilor să selecteze sau să opereze asupra articolelor pe care intenționează să le cumpere (teleshopping, teleexistența). **Serviciul de teleconferință** transmite, prin intermediul tehnologiei telecomunicațiilor, imagini ale participanților aflați la distanță, de la unul la altul, în aceeași lume virtuală, permițându-le să participe la discuții și chiar să realizeze activități comune (colaborare). Sistemul de teleconferință cu **senzație reală** este un concept introdus de ATR Communications Systems Research Laboratories. Imaginile participanților la o conferință aflați la distanță sunt transmise (de la un participant la altul) într-o sală de conferințe, folosind o linie de telecomunicații de mare viteză. Sistemul afișează aceste imagini pe un ecran, ca pe niște informații 3D, modificându-le în funcție de pozițiile observatorilor, permițând participanților să se contacteze unul pe altul și chiar să opereze asupra obiectelor virtuale. Un sistem convențional de teleconferință afișează pe un ecran imaginile video ale participanților. Percepția 3D este dificilă și observatorii nu pot manipula obiectele afișate pe ecran. Necesitatea rezolvării acestor probleme a condus la conceperea și dezvoltarea unui sistem de teleconferință care să comunice o senzație de realism și la aplicarea de tehnologii avansate, în vederea implementării conceptului de telesenzație, pornind de la tehnologiile folosite pentru **manipularea sistemelor de teleconferință**.

În prezent, pentru percepția 3D se folosesc HMD-uri sau ochelari cu cristale lichide, dar este preferabilă crearea unui ecran care să permită percepția 3D cu ochiul liber, cu ajutorul ecranelor lenticulare sau a tehnicilor holografice. Ecranul lenticular este un plastic plat, semicilindric, de aproximativ 3mm, care afișează două seturi de imagini, una pentru ochiul drept și una pentru ochiul stâng. În vederea depășirii neajunsului de limitare a câmpului vizual în percepția 3D, sistemul de afișare stereoscopic detectează punctele de vizualizare și încarcă informațiile în sistem. Acesta generează și afișează imaginile, expandând câmpul vizual.

Pentru ca oamenii aflați la distanță să participe la o conferință într-o sală virtuală și

pentru ca aceștia să poată realiza activități comune, este necesară atât o tehnologie de recunoaștere a mișcărilor mâinilor (și ale corpurilor), cât și un mecanism de lucru în colaborare care să permită utilizatorilor operarea asupra obiectelor virtuale. Sistemul conceput în acest scop detectează în fiecare amplasament aflat la distanță punctele de interes ale participanților, precum și pozițiile și configurațiile mâinilor lor, informațiile fiind transmise către amplasamentul "master". Fiecare punct de acces al sistemului este dotat cu câte o bază de date de forme 3D și cu o bază de date a lumii virtuale, în timp ce punctul "master" conține o bază de date necesară recunoașterii mișcărilor mâinilor și baza de date "master". Sistemul este controlat de către un program "monitor", care are grijă să nu se producă acțiuni contradictorii, cum ar fi cele apărute în cazul în care mai mulți participanți vor să opereze simultan asupra aceluiași obiect virtual.

Pentru implementarea unei mișcări de paralaxă în timp real este necesară memorarea în sistem a unui model "wire frame" pentru imaginea personală a fiecărui participant la conferință. Aceste imagini se modifică și modelele lor trebuie să fie actualizate permanent pe baza informațiilor legate de mișcările gurii, ale ochilor, ale altor elemente ale feței și ale corpului fiecărui participant la conferință, precum și de deplasarea obiectelor. Informațiile sunt transmise la distanță prin linii de mare viteză către stațiile de lucru, unde imaginile participanților sunt generate și afișate pe un ecran instalat în sala de conferințe (recunoașterea în timp real și generarea de imagini personale).

De asemenea, este necesar și un mecanism de detectare a direcției privirii și a poziției ochilor fiecărui participant la conferință, în scopul generării de obiecte virtuale în funcție de aceste informații și pentru a permite participanților angajați în conversație să se poată privi.

4. Probleme specifice lumii virtuale

Mediile virtuale sunt partajate pe comunități de utilizatori și, de aceea, telecomunicațiile constituie o resursă determinantă. Pentru proiecte de realitate virtuală distribuită (cum ar fi teleconferințele), printre problemele care se pun din punctul de vedere al performanțelor suporturilor fizice

eterogene (linii telefonice, resurse Internet, tehnologii fără fir) este și aceea relativă la coerența lumii virtuale. Toate funcțiile de creare și de modificare a acestei lumi și toate datele cu privire la aceasta trebuie să fie disponibile în orice punct de acces al resursei, în timp ce un punct particular al resursei trebuie să servească drept supervisor. Utilizatorii vor putea să se autotransforme sau să efectueze transformări asupra obiectelor din aceasta lume iar sistemul trebuie să garanteze un timp imperceptibil pentru actualizarea informațiilor în lumea virtuală partajată, fiind necesare de asemenea sisteme de salvare a fișierelor de manipulare pentru obiecte.

Cultura, știința, precum și comerțul, educația și industria sunt direct implicate în aplicarea tehnicilor virtuale. În plan tehnic și cultural realitatea virtuală implică trei aspecte fundamentale. În primul rând, persoanele care trăiesc în universul comunicațiilor electronice, al bazelor de date, al simulărilor multiutilizator și al realității virtuale își formează o "cultură cibernetică", putându-și modifica personalitatea, modalitățile de comunicare și raporturile în societate. În al doilea rând, pe lângă evocarea de situații familiare prin analogie cu lumea fizică reală, ar putea fi alese spații sau perioade de timp din trecut sau din viitor, cum a fost opțiunea celor doi tineri a căror nuntă virtuală a avut loc la 20 August 1994 în Atlantis, aceștia aflându-se totuși în San Francisco. În al treilea rând, intrarea în acest spațiu virtual (care nu este altceva decât o foarte mare bancă de date) și apoi dezvoltarea lui necesită folosirea unor interfețe om-mașină cât mai naturale: ghizi sau agenți virtuali care populează aceste spații și le împart cu utilizatorii (ființe virtuale).

Bibliografie

1. MERRIL, J. MILLMAN, A., RAJU, R. ROY, R.: A High-Tech Look into the Eye. In: *The Magazine for Virtual Reality Development and Utilization*, Vol.3, Nr. 1, 1995, pp.51-53.
2. ASTHEIMER, P., DAI, F.: Dynamic Object in Virtual Worlds Integrating Simulation in a Virtual Reality Toolkit. In: *Proceedings of 1993 European Simulation Symposium*, pp.299-304.
3. BERROGLI, E., GIAMPERO, G., WALLANCE, W.A., WIEDMER, M., ZUMSTEG, M.B.: Assessing Human Machine Control Models using Simulation in Multimedia: In: *Proceedings of 1993 European Simulation Symposium*, pp.271-276.
4. FOLEY, J.D., Van DAM, A., FEINER, S.K., HUGHES, J.F.: *Computers Graphics. Principles and Practice*, Addison Wesley, 1992.
5. KUHN, V., MULLER, W.: Advanced Object Oriented Methods and Concepts for Simulations of Multi-body Systems. In: *The Journal of Visualization and Computer Animation*, Vol.4, Nr.2, 1993, pp.95-111.
6. PIMENTEL, K., TEIXEIRA, K.: *Virtual Reality-Through the New Looking Glass*, Intel/Windcrest/Mc.Graw Hill, 1993.
7. duPONT, P.: Overview of Current Virtual Reality Applications. In: *13th World Computer Congress*, Vol.3, 1994.
8. NOBUYOSHI, T.: Telesensation-Distributed Interactive Virtual Reality-Overview and Prospects. In: *13th World Computer Congress*, Vol. 1, 1994.
9. NOBUYOSHI, T.: Cooperative Work in a Teleconferencing System with Realistic Sensation. In: *Hypermedia'92 Bepu Bay Conference*, 1992.
10. HARUO, T.: Cooperative Work Environment Using Virtual Workspace. In: *Proc. of Virtual Computing*, 1992.
11. NOBUYOSHI, T.: VR and Communication with a Sensation of Reality. In: *IEEE Denshi Tokyo*, Nr.32, 1993.
12. MAGNENAT-THALMANN, N., THALMANN, D.: *Synthetic Actors in Computer Generated 3D Films*, Springer-Verlag, Berlin, 1990.
13. REYNOLDS, C.W.: Computer Animation with Scripts and Actors. In: *Proc. SIGGRAPH*, 1982, pp.289-296.
14. MAGNENAT-THALMANN, N., THALMANN, D.: *Image Synthesis. Theory and Practice*, Springer-Verlag, Berlin, 1987.