

# Dezvoltarea tehnicilor de interacțiune pentru aplicații de realitate îmbunătățită în domeniul educațional

**Levente-Lóránt Nagy**

Universitatea Tehnică Cluj-Napoca

Str. Memorandumului, Nr.28,

400114, Cluj-Napoca

nagy\_levente16@yahoo.com

**Dorian Gorgan**

Departamentul Calculatoare

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

Str. G. Baritiu, 28, 400027, Cluj-Napoca

dorian.gorgan@cs.utcluj.ro

## REZUMAT

În scenarii complexe din aplicații interactive de realitate augmentată utilizatorul trebuie să manipuleze atât obiecte reale cât și obiecte virtuale. Lucrarea prezintă experimente asupra dezvoltării unor tehnici de interacțiune utilizator cât mai naturale pentru selecția entităților virtuale, definirea și utilizarea butoanelor, meniurilor virtuale și invocarea unor operații. Sunt definite conceptual tehnicile de interacțiune, sunt exemplificate scenarii de manipulare și sunt evidențiate dificultățile teoretice și de implementare.

## Cuvinte cheie

Realitate augmentată, tehnici de interacțiune, tehnici de selecție, butoane virtuale, meniuri virtuale.

## Clasificare ACM

H5.2. Information interfaces and presentation (e.g., HCI): Miscellaneous.

## INTRODUCERE

### Contextul proiectului

În ultimul timp s-a evidențiat, atât datorită ideilor inovative oferite precum și al aplicațiilor posibile, domeniul realității augmentate, RA (engl. Augmented Reality). RA are în vedere augmentarea (completarea) unei scene reale prin adăugarea de elemente grafice generate pe calculator, virtuale cu scopul de a spori percepția utilizatorului asupra lumii reale.

Intenția RA nu este de a înlocui complet realitatea ci de a oferi prin augmentările sale informații pe care o persoană nu le poate conștientiza în condiții normale. RA poate fi văzută ca o variație a realității virtuale (engl. Virtual Reality) [1] sau dintr-un alt punct de vedere este considerată ca făcând parte din taxonomia realității mixte a lui Milgram (Milgram's Mixed Reality Continuum) [3].

Pentru ca o aplicație să fie încadrată în categoria aplicațiilor RA trebuie să aibă trei caracteristici importante [1]: 1. să combine realul și virtualul (ambele se pot vedea în același timp); 2. să fie interactivă în timp real (oferă posibilitatea interacțiunii cu conținutul virtual) și 3. obiectele reale și virtuale sunt corelate și prezentate în spațiul 3D.

Într-o aplicație RA există întotdeauna trei concepte care stau la baza construirii unui astfel de sistem: captarea mișcării (engl. tracking); înregistrarea (engl. registration) și afișarea rezultatelor (engl. display). Captarea mișcării se referă la procesul prin care se calculează poziția și orientarea unui obiect de interes relativ la poziția utilizatorului. Procesul de captare permite realizarea înregistrării și anume crearea iluziei că obiectele virtuale și reale aparțin aceluiași spațiu. În final un sistem RA trebuie să afișeze utilizatorului rezultatele obținute din cele două faze precedente pentru a le putea interpreta.

Există trei categorii mari de obstacole care limitează folosirea tehnologiei RA pe scară largă: limite tehnologice, limite ale interfeței utilizator manifestate prin lipsa unor tehnici de interacțiune pentru utilizatorul mediu și probleme de acceptare socială [2].

Tehnicile de interacțiune au existat în aplicațiile de realitate virtuală încă din anii trecuți, însă în domeniul RA aceste interfețe nu au atins încă maturitatea dorită. Puține sisteme oferă uneltele necesare pentru a interacționa cu obiectele virtuale într-un mod direct, eficient și în timp real [4]. O posibilă realizare a unor tehnici de interacțiune în cadrul aplicațiilor RA este oferită prin conceptul de IUT (Interfețe Utilizator Tangibile) în RA, numit RAT (Realitate Augmentată Tangibilă). RAT reprezintă o metaforă de interfață utilizator pentru proiectarea aplicațiilor RA. Interfețele tangibile posedă următoarele două caracteristici: fiecare obiect virtual este înregistrat, asociat unui obiect fizic și, utilizatorul interacționează cu obiectele virtuale prin manipularea obiectelor tangibile corespunzătoare [4].

## Motivația

Aplicațiile RA oferă un potențial uriaș al ideilor inovative în dezvoltarea aplicațiilor care vor schimba modul în care oamenii folosesc calculatoarele.

Există numeroase domenii cum ar fi arta, construcțiile, educația, divertismentul, medicina, navigația și turismul [1], în care sunt implementate sau planificate diferite aplicații având la bază realitatea augmentată.

RA sporește percepția și interacțiunea utilizatorului cu lumea reală; obiectele virtuale afișează informații pe care utilizatorul nu le poate detecta cu propriile simțuri și astfel există numeroase posibilități de implementare a unor aplicații interesante și utile [1].

## Obiective

Activitatea de cercetare raportată în această lucrare își propune să exploreze soluții pentru tehnici de interacțiune asupra unor obiecte virtuale 3D. Aceste metafore de interacțiune vor reprezenta tehnicile de bază necesare pentru crearea unor interacțiuni complexe asupra unor scene de obiecte 3D virtuale, în aplicații RA din domeniul educațional.

## Structura lucrării

Prima secțiune descrie pe scurt conceptele RA, IUT și RAT, motivația dezvoltării aplicațiilor interactive folosind tehnologia RA și obiectivele propuse. A doua secțiune cuprinde o prezentare succintă a unor referințe bibliografice care au tratat problema definirii unor tehnici de interacțiune în RA. A treia secțiune prezintă câteva tehnici de interacțiune relevante cum ar fi butoane virtuale, tehnici de selecție și tehnici de operare. A patra secțiune prezintă concluziile referitoare la ideea folosirii tehnicilor de interacțiune în RA precum și rolul lor în dezvoltarea aplicațiilor educative.

## ALTE REALIZĂRI

În literatura de specialitate se găsesc multe referințe bibliografice în care se analizează dezvoltarea tehnicilor de interacțiune în aplicații RA.

În articolul [5] autorii afirmă faptul că selectarea și manipularea obiectelor este unul dintre tipurile de interacțiune fundamentală care se poate utiliza în realitatea virtuală (engl. Virtual Reality) și care se poate transpune în contextul RA. În particular este descrisă folosirea markerilor fiduciar, convenționali, pentru a schimba atributele obiectelor virtuale, pentru a selecta noduri în cadrul obiectelor virtuale și de a schimba poziția nodurilor selectate. Sunt descrise trei categorii de tehnici de interacțiune:

- Schimbarea atributelor utilizând markeri fiduciar cum ar fi vectori de markeri, meniuri și comutatoare
- Selectarea în spațiul RA 3D. Utilizarea unui marker fiduciar ca și un instrument central de selecție
- Mutarea obiectelor virtuale în spațiul 3D

În articolul [6] este relatată dificultatea realizării unor tehnici de interacțiune cum ar fi apăsarea unui buton, schimbarea valorii unui slider sau selectarea unei opțiuni dintr-un meniu. Autorii articolului propun o nouă abordare pentru a realiza aceste tehnici de interacțiune și anume definirea unor interacțiuni bazate pe ocluzie (engl. occlusion) în care ocluzia vizuală a obiectelor fizice, markeri, este folosită pentru a furniza o interacțiune intuitivă. Ideea care stă la baza acestei implementări este că ocluzia vizuală a unui marker produce un eveniment detectabil pentru sistem. În funcție de configurarea markerilor și interpretarea ocluziunilor s-au realizat tehnicile de interacțiune menționate anterior. Aplicațiile realizate exemplifică butoane virtuale, cursor mouse 3D virtual, slider virtual, meniu virtual, tastatură numerică virtuală, calculator simplu și, jocul XO.

## TEHNICI DE INTERACȚIUNE ÎN RA

### Arhitectura sistemului experimental

Această secțiune prezintă sistemul realizat pe care s-au efectuat experimentele și diferitele scenarii de interacțiune. Aplicația are la baza funcționării două biblioteci software importante: OpenGL [7] pentru crearea și afișarea graficii generate pe calculator și, ARToolkit [8] pentru realizarea captării mișcării și redării conținutului video.

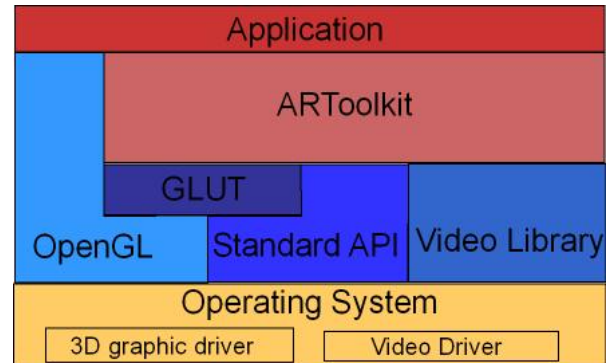


Figura 1. Arhitectura software a sistemului experimental

Arhitectura aplicației, prezentată în Figura 1, conține modulele principale care compun sistemul: logica aplicației, bibliotecile OpenGL, GLUT, ARToolkit, DSVL (Direct Show Video Library) și, sistemul de operare (driver-ul pentru grafica 3D și driverul pentru video). Pentru captarea video s-a folosit o cameră web Logitech modelul C615. Toate experimentele s-au efectuat la o rezoluție de 640 x 480 pe 30 de cadre/sec. Markerii fiduciar folosiți pentru realizarea experimentelor au dimensiunile 40 x 40 mm respectiv 80 x 80 mm (Figura 2.).



Figura 2. Standul de experimentare a tehnicilor de interacțiune

Pentru detectarea unui marker în ARToolkit se efectuează mai multe operații (Figura 3.) printre care se verifică formele pătratice din imaginea binarizată, se extrag punctele de colț, se caută o potrivire pentru șablonul de pe marker, se calculează poziția și orientarea markerului relativ la cameră, se generează conținutul

grafic și, se afișează imaginea finală. Aceste operații se execută pentru fiecare cadru video.

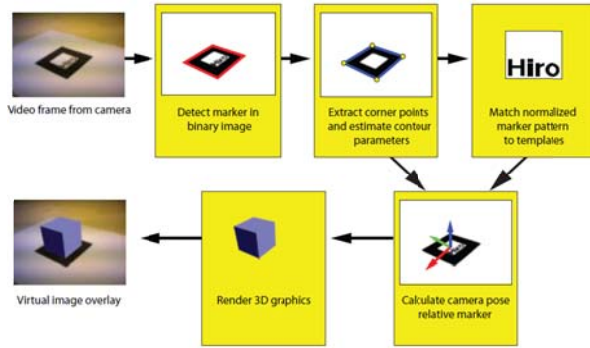


Figura 3. Detectarea unui marker în ARToolKit

### Butoane virtuale

Butonul reprezintă o tehnică de interacțiune clasică prin care un utilizator poate declanșa foarte ușor un eveniment prin apăsarea sa. Prin gruparea logică a mai multor butoane se pot implementa meniuri, care reprezintă o tehnică de interacțiune complexă. O dificultate în realizarea acestei tehnici de interacțiune cu obiecte virtuale este că dacă ne bazăm numai pe ocluziune, ca eveniment declanșator, atunci riscăm să avem interpretate greșit apăsările pe butoane. Ca să remediem problema trebuie să considerăm markeri multipli configurați relativ unul față de celălalt și, numai când toți markerii din setul precizat sunt vizibili, să considerăm ocluziunea unuia dintre markeri ca intenție de apăsare buton. Această soluție are dezavantajul că nu putem avea numai un singur marker pentru realizarea unui buton, dar are avantajul că permite interpretarea corectă a evenimentelor de apăsare.

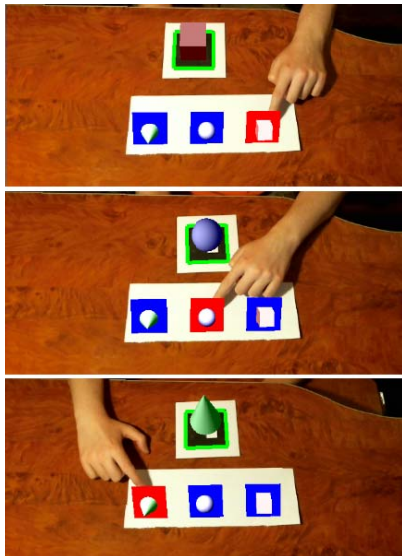


Figura 4. Butoane virtuale

Un exemplu de scenariu RA pentru tehnica de interacțiune cu butoane virtuale este prezentat în Figura 4, în care trei markeri au rolul de butoane virtuale grupate într-un meniu. În funcție de butonul apăsat se transpune pe un alt marker simbolul de pe buton, ca un obiect grafic 3D virtual.

Butoanele exemplificate în contextul aplicațiilor RA demonstrează posibilitatea implementării tehnicilor de interacțiune clasice și utilizării lor prin scenarii specifice asupra unor obiecte virtuale 3D.

### Tehnici de selecție

Operația de selecție este una dintre cele mai importante tehnici de interacțiune atât în aplicațiile clasice reale cât și în aplicațiile RA deoarece constituie baza pentru inițierea altor tehnici de interacțiune.

Selecția unei entități (ex. Obiect 3D) în aplicațiile grafice este o tehnică de interacțiune complexă care specifică un anumit context și precede efectuarea unei secvențe de operații asupra acelei entități.

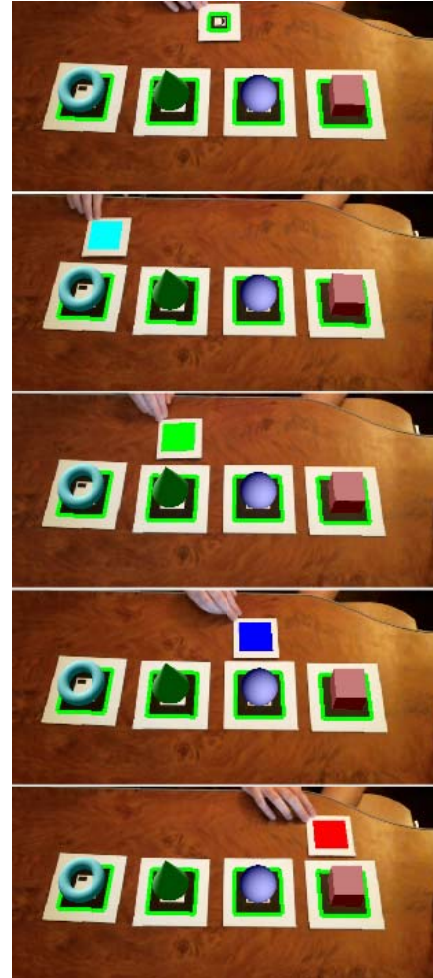


Figura 5. Tehnici de selecție în ARToolKit

Un exemplu de scenariu pentru tehnicile de selecție obiecte virtuale 3D este prezentat în Figura 5. În scenă avem un marker cu rolul de operator de selecție și patru markeri reprezentând obiecte virtuale. În funcție de distanța dintre selector și celelalte obiecte se detectează coliziunea acestora și sistemul răspunde operației de selecție prin schimbarea culorii selectorului la culoarea obiectului selectat. Astfel, utilizatorul sesizează care obiect a fost ales și poate interacționa cu acest obiect prin aplicarea de operații suplimentare cum ar fi schimbarea atributelor (tipul, culoarea, dimensiunea etc.) sau a poziției obiectului.

### Tehnici de operare

Un exemplu de scenariu pentru tehnicile de operare este arătat în Figura 6. Se utilizează doi markeri lipiți împreună care se comportă ca o casetă opțiune (engl. checkbox) sau comutator (operator boolean) și alți patru markeri pentru reprezentarea obiectelor virtuale. În funcție de starea curentă a casetei checkbox se afișează obiectele în modul wireframe sau solid.

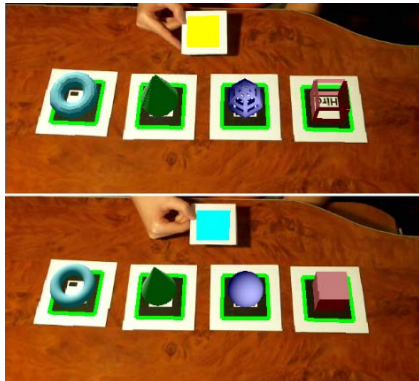


Figura 6. Tehnici de operare

Utilizarea tehnicilor de operare, de exemplu comutatoarele prezentate mai sus, constituie o modalitate sigură pentru schimbarea unor variabile de stare din aplicație.

### CONCLUZII

Tehnicile de interacțiune din aplicațiile RA sunt necesare pentru a face posibilă nu numai vizualizarea conținutului augmentat dar și interacționarea cu acesta într-un mod cât mai natural. Pentru a realiza acest obiectiv avem nevoie de metode care să permită construirea unor contexte și comenzi prin gesturi utilizator. Aici intervine conceptul RAT care cuplează afișarea augmentată la o interfață fizică tangibilă. Având un set de metafore de interacțiune implementate putem astfel considera că este posibilă dezvoltarea unor aplicații educaționale prin manipularea atât a obiectelor reale cât și a celor virtuale.

În continuare vor fi dezvoltate soluții și scenarii pentru alte tehnici de interacțiune cu obiecte virtuale. O altă direcție de explorare este evaluarea utilizabilității și definirea unor metrice de evaluare a performanței tehnicilor de interacțiune.

### REFERINȚE

1. Azuma, Ronald T. *A Survey of Augmented Reality*. Hughes Research Laboratories, Teleoperators and Virtual Environments 6. 4, 355-385, 1997.
2. Azuma, Ronald, et al. *Recent advances in augmented reality*. Computer Graphics and Applications, IEEE 21.6,34-47, 2001.
3. Milgram, Paul, and Fumio Kishino. *A taxonomy of mixed reality visual displays*. IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems 77.12, 1321-1329, 1994.
4. Mark Billinghurst, Hirokazu Kato, and Ivan Poupyrev. *Tangible augmented reality*. ACM SIGGRAPH ASIA: 1-10, 2008.
5. Hannah Slay, Bruce Thomas, and Rudi Vernik. *Tangible user interaction using augmented reality*. Australian Computer Science Communications. Vol. 24. No. 4. Australian Computer Society, Inc., 2002.
6. Gun A. Lee, Mark Billinghurst, and Gerard Jounghyun Kim. *Occlusion based interaction methods for tangible augmented reality environments*. Proceedings of the 2004 ACM SIGGRAPH international conference on Virtual Reality continuum and its applications in industry. ACM, 2004.
7. Biblioteca grafica OpenGL, <http://www.opengl.org/>, data ultimei vizități în 8 iunie 2014.
8. Biblioteca de captură ARToolKit, <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>, data ultimei vizități în 8 iunie 2014.