

Medii virtuale distribuite

– Sabin Corneliu Buraga

Realitatea virtuală reprezintă o simulare generată de calculator a unui mediu tridimensional în care utilizatorul este capabil să vizualizeze și să manipuleze conținutul acestui mediu.

Dacă multimedia se referă la date preasamblate și preprogramate, incluzând o suită de informații din anumite medii, realitatea virtuală este *dinamică* și în *interacțiune* permanentă cu receptorul ei. Multimedia este la bază bidimensională, o serie de imagini prezentându-se, conform unui scenariu predefinit, pe ecran, pe când realitatea virtuală este *tridimensională*, mult mai maleabilă și intens interactivă, combinație avansată de hardware și software multimedia. Utilizatorul unui sistem virtual are libertatea de a explora lumea creată de calculator și de a interacționa direct cu ea.

Termenul de realitate virtuală se confundă deseori cu *cyberspațiul*, cuvânt inventat de scriitorul SF *William Gibson* în celebrul roman „*Neuromancer*”, publicat în premieră în anul 1984.

Un *mediu virtual distribuit* reprezintă un sistem software care permite interacțiunea în timp-real, de la distanță, a mai multor utilizatori, încorporând grafică 3D și sunet stereo.

Caracterizare

Un mediu virtual distribuit se bucură de următoarele caracteristici principale:

(1) *Iluzia spațiului comun*: toți participanții au iluzia localizării în același spațiu tridimensional (aceeași cameră sau clădire ori același areal). De cele mai multe ori, spațiul este fictiv, generat electronic, dar trebuie să prezinte aceleași proprietăți pentru toți utilizatorii (aspect meteorologic, acustică, textură etc.).

(2) *iluzia prezenței comune*: Fiecare dintre participanți ia forma unei persoane virtuale, numită avatar, care are, printre altele, asociate următoarele:

- o reprezentare grafică (pe cât posibil, cât mai realistă);
- un model al structurii corpului (prezența membrelor, antenelor etc.);
- un model al deplasării (mulțimea mișcărilor și gesturilor pe care le poate executa);
- un model fizic (e.g. greutate, înălțime etc.).

Un avatar nu trebuie să posede formă umanoidă și un utilizator poate avea asociate mai multe reprezentări de tip avatar. Nu toți

participanții din cadrul mediului virtual trebuie să fie controlați de om, o parte dintre avatari putând fi creați de program, având sau nu inteligență artificială.

(3) *Iluzia timpului comun*: mediul virtual distribuit permite interacțiunea în timp-real dintre utilizatori.

(4) *Posibilitatea comunicării*: posibilitățile comunicării includ comunicarea prin gesturi, prin text introdus de la un dispozitiv de intrare sau prin voce.

(5) *Partajarea informațiilor*: în afara faptului de a facilita comunicarea dintre utilizatori, sistemul oferă posibilitatea de a interacționa cu mediul virtual (de exemplu, participanții la o simulare virtuală pot selecta, muta, transforma obiecte care există în mediu și pot să le dea altor utilizatori). Un proiectant de mediu virtual distribuit poate oferi utilizatorilor libertatea de a construi edificii, de a desena pe o tablă sau chiar de a distruge mediul.



Înainte de a intra în mediu, utilizatorul trebuie să-și aleagă tipul de avatar dorit

Conectarea mai multor utilizatori la sistem diferențiază mediile virtuale distribuite de realitatea virtuală obișnuită. Abilitatea de a partaja diverse obiecte ale mediului îi conferă o nouă dimensiune, față de serviciile conversaționale clasice (*chat*-uri, sisteme de teleconferințe). Interactivitatea în timp-real este o altă caracteristică suplimentară, care nu apare la navigatoarele Web sau la serviciile de poșta electronică.

Mediile virtuale distribuite sunt cele mai indicate pentru aplicații necesitând crearea *tele-prezenței*.

Structura

Un mediu virtual distribuit prezintă următoarea structură:

- motoare și display-ere grafice (stații de lucru grafice, deseori suportând OpenGL, căști de vizualizare, ecrane retinale etc.);
- dispozitive de comunicare și control (tastatură, mouse, joystick, mână senzorială, detectoare de mișcare, microfoane, boxe audio și altele);
- sisteme de procesare distribuită;
- rețele (rapide, locale: Ethernet, Token Ring sau mondiale: *ISDN* (*Integrated Services Distribution Network*), *DSI* (*Defense Simulation Internet*), comunicarea realizându-se printr-un protocol special: *VRTP* (*Virtual Reality Transfer Protocol*) sau folosindu-se standardul *Living Worlds*).

Problemele care pot surveni în implementarea și funcționarea unui mediu virtual distribuit sunt, în principal, cele legate de managementul în timp-real al resurselor, pierderea de date, lărgimea de bandă, eterogenitatea și scalabilitatea echipamentelor, configurarea și exploatarea software-ului.

Mediile virtuale distribuite sunt, concomitent, *sisteme distribuite*, *aplicații grafice* și *aplicații interactive*, integrând sisteme de baze de date (utile pentru memorarea datelor persistente care generează mediul: forme și localizări de obiecte, texturi, informații despre avatari etc.), interacționând cu sisteme tranzacționale (de comerț electronic, de exemplu) și trebuind să asigure autentificarea utilizatorilor și jurnalizarea activităților.

Origini

Istoria mediilor virtuale distribuite începe cu ... **Mediile virtuale militare.** Unul dintre cele mai cunoscute este *SIMNET* (*Simulator Networking*), dezvoltat pentru DARPA începând cu 1983 și dat în folosință abia în anul 1990, jucând un rol destul de important și în operațiunea „*Furtună în Deșert*” de peste câțiva ani. Scopul proiectului a fost dezvoltarea unui mediu virtual distribuit ieftin pentru antrenarea unor unități militare cu efectiv restrâns. Din ideile și succesul lui SIMNET ia ființă un protocol denumit *Distributed Interactive Simulation* (*DIS*), standardizat în 1993 (IEEE 1278), având un ecou răsunător în domeniul militar, dar prezentând unele inconveniențe ca numărul redus de participanți (maxim 300 de

utilizatori concomitent), mărirea pachetelor de date și necesități hardware destul de însemnate (pentru simulări cu un grad mare de realism se folosesc numai stații SGI). SIMNET și ulterior DIS folosesc o tehnică specială numită *dead-reckoning* pentru evitarea inundării rețelei cu pachete de date.

Jocurile în rețea. Una dintre primele încercări de implementare a unui simulator realist o constituie *Flight*, conceput inițial de Gary Tarolli de la Silicon Graphics Inc. (SGI), simulator de zbor disponibil în premieră în vara anului 1983 și inclus în software-ul oricărei stații grafice comercializate de SGI în perioada 1984-1992. Partea de rețea a fost adăugată începând cu 1984, dar utilizatorii conectați la simulator nu puteau interacționa unul cu altul. Acest lucru este însă posibil la programul demonstrativ *Dogfight*, limitat inițial la 10 utilizatori din rațiuni de evitare a congestiei rețelei. Aceste două aplicații au inspirat, peste ani, dezvoltarea mediilor virtuale distribuite, mai ales prin faptul că SGI a făcut sursele programelor publice (fragmente din aceste surse au fost folosite pentru proiectul NPSNET pe care-l vom descrie mai târziu).

O altă sursă de inspirație a constituit-o *Doom* (idSoftware), apărut pe piață în decembrie 1993 ca aplicație *shareware*, punct de cotitură în industria jocurilor în rețea, oferind un mediu 3D realist, zgomotos și populat cu monștri. Succesorul lui, *Doom II*, a fost disponibil din octombrie 1994 și s-a vândut în peste 1,6 milioane de exemplare. A fost portat și pe stații de jocuri precum Sega 32X, Super Nintendo, Sony PlayStation sau Nintendo 64.

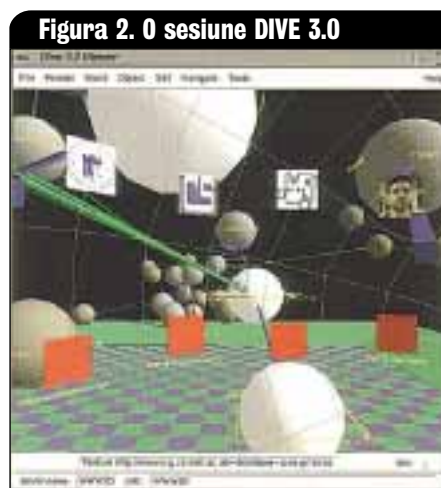
Pentru Macintosh, se poate menționa un joc cu grafică impresionantă și sunet spațial, denumit *Marathon*, apărut în 1994, care oferea, ca și *Doom*, utilitate pentru editarea și crearea de către utilizator a scenelor 3D.

Mediile virtuale academice. Unul dintre eforturile timpurii ale comunității academice în crearea de medii virtuale distribuite este concretizat în grupul de cercetare NPSNET, având la bază câteva proiecte studențești ca *FOG-M* (*Fiber-Optically Guided Missile System*), *VEH* (*Vehicle Simulator*) și *MPS* (*Moving Platform Simulator*), dezvoltate pe stații Unix în perioada 1986-1988.

NPSNET (*Naval Postgraduate School Network*) a avut mai multe stadii de dezvoltare. NPSNET-1, a cărui demonstrație publică a avut loc la Conferința SIGGRAPH'91, folosea un protocol propriu de comunicare și putea rula într-o rețea locală. Au urmat NPSNET-2, NPSNET-3 și NPSNET-Stealth, cel din urmă, operațional din 1993, fiind compatibil cu sistemele SIMNET. Ultima versiune, NPSNET-IV, a continuat să fie dezvoltată până în decembrie 1996, oferind marea majoritate a facilităților mediilor virtuale distribuite actuale.

Un alt proiect, *PARADISE* (*Performance Architecture for Advanced Distributed Interactive Simulation Environments*), a fost inițiat în 1993 la Universitatea Stanford, focalizat în principal pe problemele de comunicare în rețea, având ca punct de plecare programul *Dogfight* menționat anterior. Astfel, *PARADISE* utilizează tehnici de multicast, algoritmi performanți *dead-reckoning*, posedând o arhitectură orientată-obiect (C++), diverse module de interfață fiind scrise în Tcl. Sistemul este operațional pe stații IBM RS/6000 cu capabilități OpenGL.

Institutul Suedez de Informatică dezvoltă un mediu compatibil cu SIMNET și DIS, denumit *Distributed Interactive Virtual Environment* (*DIVE*). Totul a pornit în 1991, de la editorul de grafică bidimensională *Multidraw*, avându-l ca autor pe *Olaf Hagsand*. Acest program ulterior s-a dovedit a fi catalizatorul proiectului *Telepresence*, care a fost redenumit



ca *DIVE* în 1992. Dacă inițial sistemul rula pe IBM/RS 6000, permițând conectarea simultană a numai doi utilizatori, ulterior a fost portat pe stații Sun, ultima versiune, *DIVE 3.0*, folosind o interfață grafică utilizator concepută complet în Tcl/Tk.

Alt proiect academic este *BrickNet*, inițiat la Universitatea Națională din Singapore, rulând pe stații Sun și SGI Indigo, apoi pe PC-uri, fiind creat în 1991 de *Gurminder Singh*.

Medii virtuale distribuite bazate pe VRML

Datorită limitărilor hardware ale mașinilor conectate la Internet și lipsei de investiții de amploare în tehnologia VRML, relativ puține organizații au realizat experimente majore în domeniul mediilor virtuale distribuite. Sistemele proiectate de obicei suportă un număr redus de participanți (sub 20 de utilizatori). Problemele puse în discuție în ceea ce privește interoperabilitatea mediilor virtuale pe Web pot fi următoarele:

(1) Ce tipuri de informații trebuie transferate între sistemele care compun mediile virtuale?

(2) Ce protocol trebuie ales pentru realizarea transferului?

(3) Care este arhitectura software de rețea pe care poate să ruleze în condiții optime un astfel de sistem?

Pentru primele două întrebări, putem răspunde că tipurile de date și, respectiv, protocoalele folosite sunt:

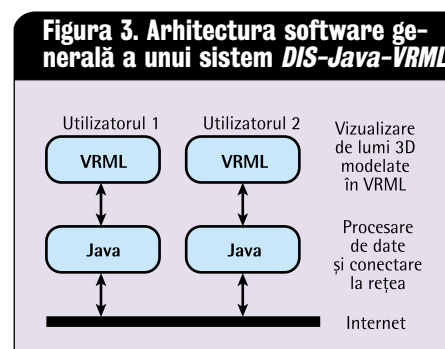
- schimbările de stare și interacțiunile între entități (transferate prin protocoale punct la punct);
- elementele care compun mediul (obiecte, avatari,...) disponibile prin cereri client-server via HTTP - HyperText Transfer Protocol sau VRTP - Virtual Reality Transfer Protocol;
- pointerii și referințele de rețea (reprezentate prin URI-uri);
- fluxurile de date multimedia în timp-real (transmise în maniera multicast, prin protocoale ca RTP - Real-Time Protocol).

Pentru cea de-a treia problemă, soluțiile se dovedesc a fi multiple. Astfel, vom da în continuare câteva exemple de medii virtuale distribuite, fiecare cu propria sa arhitectură.

DIS-Java-VRML

Dezvoltat la Naval Postgraduate School (Statele Unite ale Americii), proiectul este considerat de autorii lui drept model pentru mediile virtuale distribuite bazate pe VRML. Eforturile proiectanților s-au focalizat asupra transferului informațiilor despre schimbările de stare și interacțiunile dintre entitățile care compun mediul, dezvoltându-se o bibliotecă de clase Java și o arhitectură pentru inter-schimbul de pachete de date DIS în Internet.

Arhitectura software de rețea, la nivel general, este prezentată în următoarea ilustrație.



O metodă de implementare ar fi aceea în care browserul VRML realizează atât vizualizarea lumilor 3D, cât și procesarea codului Java. O altă abordare este cea în care sistemul constă dintr-o aplicație Java de sine stătătoare sau dintr-un applet Java, fișierele VRML fiind prelucrate de un vizualizator VRML auxiliar.

Experimentele practice efectuate au arătat că un mediu DIS-Java-VRML poate suporta până la 40 de utilizatori conectați simultan, în condiții acceptabile de viteză de transfer.

Living Worlds

Acest proiect este conceput de grupul de cercetare al *Consortiului Web 3D* (fost Consortiul VRML), scopul lui fiind definirea unui set de convenții VRML 2.0 pentru realizarea interoperabilității mediilor virtuale distribuite. *Living Worlds* nu reprezintă, așadar, o arhitectură completă a unui mediu virtual efectiv, ci mai mult oferă o serie de standarde privind utilizarea VRML-ului în acest context: suport pentru prezența virtuală a mai multor participanți, pentru interacțiunea participant-participant sau participant-sistem, pentru asamblarea dinamică a mediului din diverse componente precum avatari, modele partajate, camere virtuale și altele. Astfel, sunt disponibile biblioteci (abstracte) conținând scene/noduri VRML care pot fi folosite de proiectanții și programatorii de lumi 3D.

Sunt definite următoarele interfețe pentru:

- (1) coordonarea poziției și stării obiectelor partajate (inclusiv avatari);
- (2) schimbul de informații între obiectele unei scene VRML;
- (3) asigurarea securității aplicațiilor VRML (la nivel de sistem și de utilizator);
- (4) dezvoltarea unei biblioteci de utilitare și extensii VRML 2.0;
- (5) identificarea și integrarea în timpul rulării a scripturilor VRML.

Pentru asigurarea interoperabilității și independenței de platformă, *Living Worlds* impune ca limbajul de programare a sistemului să fie Java.

Aplicațiile bazate pe specificațiile *Living Worlds* (încă în stadiu de cercetare) sunt:

- *blaxxun Interactive* - compus din clienții *blaxxun Community Client pro* și serverele *blaxxun Community Server objects*, posedă propriul browser VRML 2.0 oferind suport pentru applet-uri Java externe;
- *Sony Community Place* - are ca scop asigurarea unor condiții bune de vizualizare a lumilor 3D virtuale chiar și pentru clienții conectați la Internet prin modem, furnizând servicii conversaționale de tip *chat* (text sau grafic), interacțiunea cu obiecte animate etc. Serverul și clienții folosesc un protocol special, denumit *VSCP (Virtual Society Client Protocol)*, bazat pe TCP/IP;
- *Open Community* - mediu virtual distribuit dezvoltat de Mitsubishi Electric Research Lab (MERL), reprezintă și o bibliotecă software oferind servicii precum comunicațiile în rețea, transportul datelor audio și obiectelor VRML în timp-real. Protocolul folosit este *ISTP (Interactive Sharing Transfer Protocol)*. Sistemul este conceput în limbajul C, dar în viitor va fi rescris în Java.

Unelte de dezvoltare

Pentru a asigura modularizarea, portabilitatea și adaptarea mediului la lumea dinamică a Internetului, s-au imaginat diverse aplicații pentru asistarea programatorilor și designerilor de sisteme virtuale distribuite. Majoritatea uneltilor de dezvoltare (*toolkit*-uri) sunt disponibile gratuit pe Internet. Deja există o serie de aplicații și biblioteci care facilitează munca de construire a unui mediu virtual distribuit (bazat sau nu pe VRML) dintre care pot fi amintite:

Bamboo este un mediu de programare a sistemelor virtuale distribuite, ideea de bază fiind asigurarea în manieră dinamică a scalabilității acestora. Modular, preluând filosofia Adobe sau Netscape de a utiliza *plug-in*-uri, Bamboo poate fi adaptat conform dorințelor utilizatorilor, fiind independent de platformă (se poate încărca mașina virtuală Java ca modul, deși aplicația este concepută în C++). Partea de rețea este inspirată din *ACE (Adaptive Communication Environment)*, pe baza căruia a fost construit.

High Level Architecture (HLA) inițial a fost dezvoltat în cadrul Departamentului de Apărare SUA și nu a reprezentat un standard deschis, public. În prezent, HLA se află în adopția organizațiilor IEEE și OMG (Object Management Group). Arhitectura este una obiectuală, fiecare simulator de lumi virtuale 3D reprezentând o componentă, denumită *federate*, constituită dintr-o colecție de obiecte, posedând diferite atribute, capabile de a iniția și răspunde la evenimente. Un *federate* își înregistrează obiectele prin intermediul unei componente *middleware* denumită *Run-Time Infrastructure (RTI)*. RTI colaborează cu instanțele RTI aflate pe alte calculatoare pentru a obține informații despre ceilalți participanți și a le trimite date. Colecția tuturor componentelor *federate* împreună cu instanțele RTI asociate formează așa-numita *federație (federation)*. RTI oferă suport pentru managementul federației, managementul obiectelor dintr-un *federate*, managementul datelor vehiculate în rețea, managementul proprietarilor obiectelor și managementul timpului. Specificația HTL pune la dispoziția programatorilor interfețe spre limbajele C++, Java și Ada, implementările RTI deja existând pe platforme precum Sun Solaris, SGI IRIX, Linux și Windows NT.

Java Shared Data Toolkit (JSDT) este pus la dispoziție de Sun și oferă un cadru de dezvoltare a aplicațiilor Java colaborative (e.g. suport pentru sincronizarea automată a zonelor de memorie partajată și definirea de canale abstracte pentru trimiterea și recepționarea evenimentelor partajate). Utilizând JSDT, se poate implementa complet HLA RTI.

Shared Data Objects (SDO) reprezintă oferta gratuită a laboratorului AlphaWorks de la IBM care pune la dispoziție un *toolkit* Java, util pentru crearea mediilor virtuale distribuite, asemănător cu JSDT, dar furnizând mai multe facilități pentru programatori.

Domnul Sabin-Corneliu Buraga este doctorand în Computer Science la Universitatea „Al.I.Cuza” din Iași și poate fi contactat la adresa busaco@infoiasi.ro sau pe Web la <http://www.infoiasi.ro/~busaco>. ■ 87

Bibliografie

- ▶ S.Singhal, M.Zyda - „Networked Virtual Environments”, Addison-Wesley, New York, 1999
- ▶ N.Teroshima - „Telesensation - Distributed Interactive Virtual Reality - Overview and Prospects”, IFIP, 1994
- ▶ Q.Wang - „Networked Virtual Reality”, Master Thesis, University of Alberta, 1994
- ▶ *** - Bamboo: <http://www.npsnet.nps.navy.mil/Bamboo>
- ▶ *** - DIVE: <http://www.sics.se/dce/dive/dive.html>
- ▶ *** - HLA: <http://hla.dmsomil>
- ▶ *** - NPSNET: <http://www.npsnet.nps.navy.mil/npsnet>
- ▶ *** - OpenGL: <http://www.sgi.com/Technology/OpenGL/glspec1.1/glspec.html>
- ▶ *** - PARADISE: <http://www.dsg.stanford.edu/paradise.html>
- ▶ *** - „The Virtual Reality Modeling Language”, International Standard ISO/IEC 14772-1:1997, VRML Consortium, 1997:
<http://www.vrml.org/Specifications/VRML97/index.html>
- ▶ *** - Virtual Reality Universe: <http://www.vruniverse.com>