

Il Metaverso Open Source: Strumento Didattico per Facoltà Umanistiche

Giovanni De Gasperis¹, Lorenzo Di Maio, Tania Di Mascio¹, Niva Florio²

¹*Dipartimento di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione,
Università degli Studi dell'Aquila,
Via G. Gronchi 1, 67100 L'Aquila
giovanni.degasperis@univaq.it
tania.dimascio@univaq.it*

²*Dipartimento di Informatica, Università degli Studi dell'Aquila,
Via Vetoio 1, 67100 L'Aquila
florioniva@gmail.com*

L'uso del metaverso come strumento di apprendimento delle materie scientifiche di base, all'interno di un percorso di studi di tipo umanistico, è occasione di familiarizzazione degli studenti con le tecniche di informatica grafica e realtà virtuale che poi possono essere approfondite nei corsi professionalizzanti avanzati. Allo scopo viene illustrata una metodologia e uno strumento didattico virtuale, il simulatore di macchina di Turing, che permette agli studenti di interagire con un modello di per sé astratto e difficilmente realizzabile a basso costo nel mondo reale.

1. Introduzione

La parola **metaverso** è composta da meta (oltre) e universo, termine coniato da Neal Stephenson nel 1992 nel suo romanzo Snow Crash [Stephenson, 1992], dove il metaverso è descritto come una realtà virtuale condivisa sulla rete mondiale a fibre ottiche popolata da **avatar** e **agenti software** che interagiscono tra loro in uno spazio tridimensionale immersivo che usa le metafore del mondo reale.

Nel 1993 viene creato **The Metaverse** [Metaverse, 2011], un sistema di realtà virtuale basato su testo dove gli utenti, connessi contemporaneamente, possono scambiarsi messaggi e caricare file da condividere. Nel 1998 compare **There** [There, 2011], il primo vero mondo virtuale tridimensionale, dove gli utenti socializzano sottoforma di avatar e possono acquistare oggetti e servizi utilizzando una moneta virtuale. Nel 2003 la Linden Lab implementa **SecondLife** (SL) [Second Life, 2011] (cfr. §3), il primo mondo virtuale ad avere un enorme consenso tra gli utenti della rete di tutto il mondo; nel 2007 viene introdotto anche OpenSimulator (OS) [OpenSimulator, 2011] (cfr. §3), un metaverso open source [Open source, 2011] il cui protocollo di comunicazione è derivato e compatibile con quello di SL.

I mondi virtuali simulano la realtà, ma ad oggi sono soltanto delle esperienze per lo più visive e sonore; per diventare veri e propri metaversi devono ancora

raggiungere un livello di realismo tale da rendere indistinguibile l'ambiente simulato da quello reale.

Negli ultimi anni la realtà virtuale viene usata con obiettivi educativi e formativi e sulle principali piattaforme sono comparse delle aree speciali dedicate all'apprendimento [Second Life, 2011; OpenSimulator, 2011; Active Worlds, 2011; Flore, 2010]. I mondi virtuali possono essere utilizzati per veicolare processi cognitivi complessi [Morganti e Riva, 2006; Qiping et al, 2010] e modificare le modalità con cui avvengono i processi conoscitivi umani; offrono nuove opportunità per l'acquisizione di conoscenza legata all'azione e all'interazione con il contesto [Morganti e Riva, 2006; Zhao et al, 2010]. In un ambiente di virtual learning (dove le modalità di apprendimento e insegnamento utilizzano i mondi virtuali) viene riprodotta quell'interazione essenziale per l'apprendimento [Morganti e Riva, 2006] che esiste nelle classi del mondo reale [Qiping et al, 2010]. È un ottimo luogo dove mettere in pratica le teorie sull'apprendimento collaborativo [Sturgeon et al, 2009; Zhao et al, 2010; Qiping et al, 2010], perché in questi scenari i concetti di cooperazione e interazione sono enfatizzati [Sturgeon et al, 2009; Zhao et al, 2010] e perché gli studenti hanno opportunità di collaborare anche se separati fisicamente. In [Perera et al, 2010] il virtual learning è visto come uno strumento di apprendimento complementare all'e-learning e all'apprendimento tradizionale. L'e-learning è un tipo di apprendimento supportato dalle moderne tecnologie informatiche e di comunicazione, cui però mancano la collaborazione e il coinvolgimento fisico dell'utente, tipici ed essenziali per l'apprendimento tradizionale; il virtual learning può colmare tali mancanze dell'e-learning grazie alle simulazioni 3D. Tali simulazioni sono utili anche all'apprendimento tradizionale perché aumentano il coinvolgimento dell'utente, e possono essere utilizzate come allenamento per gli studenti prima di fare esperimenti in un vero laboratorio.

Nel paragrafo 2 vengono riportati degli esempi di applicazione didattica degli ambienti di sviluppo per i mondi virtuali in diversi settori disciplinari; nel paragrafo 3 sono analizzati i principali ambienti di sviluppo per mondi virtuali e in particolare viene fatto un confronto tra OS e SL; nei paragrafi 4 e 5 si illustra come un metaverso open source è diventato uno strumento didattico per l'insegnamento di una materia scientifica nella Facoltà di Lettere e Filosofia dell'Università degli Studi dell'Aquila e viene presentato un esempio pratico di applicazione.

2. I metaversi usati per scopi didattici

I metaversi sono utilizzati nella didattica di diverse discipline [Bainbridge, 2009], scientifiche e non. Nei vari mondi virtuali che popolano la rete, sono nati corsi di e-learning, seminari con supporto audio-video, sistemi in tempo reale per l'apprendimento collaborativo e laboratori virtuali.

MetaRezzer [De Gasperis e Salvi, 2009] è un esperimento nell'ambito dell'insegnamento dell'informatica di base, dei sistemi di elaborazione delle informazioni e dei fondamenti dei linguaggi di programmazione procedurale. È un sistema web-metaverso che consente di definire oggetti manipolabili in un ambiente tridimensionale tramite un'interfaccia web, la quale interagisce con il server del metaverso al fine di generare gli oggetti definiti dall'utente. Come

server per MetaRezzer si può utilizzare quello fornito in noleggio da Linden Lab oppure realizzarlo in proprio con OS.

In [Getchell et al, 2010] viene mostrato come i metaversi aiutino lo studio dell'archeologia, riproducendo in SL un sito di interesse archeologico (che esiste nel mondo reale) dove gli studenti possono eseguire degli scavi; grazie all'ambientazione 3D gli studenti possono esplorare in prima persona il sito, mettendo in pratica le nozioni apprese precedentemente in aula.

AVALON [Avalon, 2011] è un progetto finanziato dalla Commissione Europea che utilizza un mondo virtuale 2D (chat testuali) e 3D (ambienti virtuali) realizzato in SL per l'apprendimento delle lingue straniere. Il progetto mirava a creare casi di studio che comprendessero scenari comunicativi e indicazioni su come utilizzarli, e a fornire ai professionisti delle lingue le competenze necessarie a lavorare nei nuovi ambienti online. In SIMILLE Project [SIMILLE Project, 2011], sulla piattaforma Open Wonderland [Open Wonderland, 2011] (cfr. §3), è stato realizzato un ambiente virtuale immersivo per l'apprendimento di una lingua straniera, partendo dal presupposto che è difficile per gli studenti calarsi nella realtà culturale e sociale di un paese straniero se non lo si visita.

Tabella 1: Esempi di utilizzo del metaverso nella didattica

Sistema	Ambienti di sviluppo	Ambito di insegnamento	Facoltà
MetaRezzer [De Gasperis e Salvi, 2009]	SecondLife, Open Sim	Fondamenti di informatica, Sistemi di elaborazione delle informazioni	Facoltà scientifica
Laboratorio di archeologia [Getchell et al, 2010]	SecondLife	Archeologia	Facoltà umanistica
Avalon [Avalon, 2011]	SecondLife	Lingue straniere	Tutte le facoltà
SIMILLE Project [SIMILLE Project, 2011]	Open Wonderland	Lingue straniere	Tutte le facoltà
WiFiVL [Sturgeon et al, 2009]	SecondLife	Computer Networks	Facoltà scientifica
Preview [Preview Project, 2011]	Pivote	Medicina	Facoltà scientifica
Laboratorio di elettromagnetismo [Thomas e Mead, 2008]	SecondLife	Elettromagnetismo	Facoltà scientifica

In [Sturgeon et al, 2009] SL viene utilizzato in un corso di Computer Networking in curricula di Informatica e Information Technology. Gli studenti (da soli o in gruppo) e/o gli insegnanti creano nell'ambiente virtuale delle reti wireless selezionandone i componenti dall'inventario e collegandoli fra di loro; una volta configurata la rete, simulando uno scambio di informazioni fra i vari nodi, gli studenti devono monitorare il traffico wireless.

Preview (Problem-Based Learning in Virtual Interactive Educations Worlds) Project [Preview Project, 2011] si concentra sulla realizzazione di scenari virtuali che rappresentano situazioni problematiche per i futuri paramedici utilizzando PIVOTE [Pivote, 2011] (cfr. §3). I paramedici trascorrono molto tempo sul posto di lavoro e poco in aula, dove invece potrebbero svolgere tali

attività; utilizzando questi scenari 3D gli studenti possono esercitarsi nel loro tempo libero da soli o in gruppo.

In [Thomas e Mead, 2008] SL viene utilizzato per aiutare gli studenti del corso di elettromagnetismo della Norfolk State University, ricreando un laboratorio dove è possibile realizzare un oggetto elettromagnetico dalle dimensioni variabili e analizzarlo, basandosi su quanto appreso in aula e con lo studio individuale.

Osservando la Tabella1 si può notare che l'ambiente di sviluppo più utilizzato è SL e che, fatta esclusione per la didattica delle lingue, i metaversi vengono utilizzati maggiormente per l'insegnamento di materie scientifiche in facoltà scientifiche.

3. Ambienti di sviluppo

Gli ambienti di sviluppo open source e proprietari per i metaversi sono numerosi; oltre ad OS e SL, molti sono coinvolti anche in numerosi progetti educativi.

In Active Worlds (AW) [Active Worlds, 2011] gli utenti possono visitare e creare ambienti virtuali 3D e comunicare con gli altri utenti. Le potenzialità nell'ambito dell'educazione sono state esplorate dall'Active Worlds Educational Universe, una comunità che mette a disposizione di educatori, studenti, istituti di istruzione e singoli, programmi con la tecnologia AW. Qui gli educatori possono trovare nuove idee, teorie sull'apprendimento, metodi di insegnamento e scoprire nuovi paradigmi dell'apprendimento sociale. Inoltre, AW mette a disposizione dei server che permettono alle istituzioni di far girare il loro mondo nella rete interna della scuola.

Open Wonderland [Open Wonderland, 2011] è una piattaforma open source realizzata in Java, dove gli utenti possono comunicare grazie ad un audio immersivo ad alta fedeltà e condividere sullo schermo del proprio computer applicazioni e documenti; è totalmente espandibile e si possono estendere le sue funzionalità per creare mondi interamente nuovi e aggiungere nuove caratteristiche a quelli già esistenti.

PIVOTE [Pivote, 2011] è un sistema open source che permette la realizzazione di mondi virtuali per l'apprendimento. La particolarità di PIVOTE è che il contenuto della struttura e le informazioni su un esercizio sono memorizzati sul web e non nel mondo virtuale; in questo modo è più facile creare, modificare e mantenere il mondo virtuale indipendentemente dal corso.

SL e OS sono stati analizzati in maniera più approfondita e messi a confronto perché il primo è il mondo virtuale più conosciuto e presumibilmente gli studenti hanno già familiarità con questo mondo, mentre il secondo è il metaverso open source con il più alto grado di compatibilità con SL [Morganti e Riva, 2006].

In SL, grazie al programma client gratuito SecondLife Viewer (SLW), gli utenti, detti **residenti**, possono interagire tra loro sottoforma di avatar; possono socializzare, incontrare altri residenti, teletrasportarsi attraverso le isole e le terre che formano il mondo virtuale, i cui dati digitali sono immagazzinati in una griglia di server fisicamente localizzata a San Francisco. Gli avatar comunicano tra di loro tramite chat locali, chat di gruppo, un sistema di global instant messaging (IM) e la voce. Il sistema fornisce agli utenti un software integrato in

SL per la modellazione 3D che permette agli utenti di costruire oggetti virtuali; può essere usato in combinazione con Linden Script Language (LSL) [LSL, 2011] per aggiungere funzionalità interattive agli oggetti.

OS [OpenSimulator, 2011] è una piattaforma applicativa open source che consente di creare ambienti 3D interattivi in stile SL; utilizza il protocollo di SL per la comunicazione client-server, consentendo ai mondi virtuali di OS di essere accessibili tramite il SLV o suoi derivati compatibili. Grazie alla sua natura open source e modulare, chiunque può estendere OS attraverso moduli plugin per adattarlo alle proprie applicazioni. OS funziona in modalità **stand alone** oppure **grid**: nella prima si utilizza un solo server e un singolo processo gestisce tutta la simulazione; nella seconda i vari aspetti della simulazione sono separati in diversi processi che possono esistere su più macchine, e i dati digitali del mondo virtuale sono immagazzinati in una griglia di server. Gli strumenti di modellazione e il linguaggio di scripting sono gli stessi di SL, ma creare o importare oggetti in OS è gratuito perché ogni utente ha una sua land privata dove può creare tutto quello che vuole senza nessuna restrizione.

Alla luce delle analisi svolte su metaversi open source e proprietari descritte in [Allison et al, 2010] e in [Dafli et al, 2009], e dopo aver studiato e utilizzato direttamente e SL, si è in grado di confrontare i due ambienti per la realizzazione di metaversi (vedi Tab.2).

SL è un ambiente di sviluppo commerciale e di conseguenza il codice sorgente non è disponibile. Creare un account, chattare con gli altri, viaggiare è gratis, ma per creare oggetti permanenti e costruzioni bisogna **acquistare** (noleggiare) una **land** (terreno virtuale) dalla Linden Lab o da altri utenti proprietari virtuali. Il numero di oggetti che gli studenti possono creare e la dimensione degli script sono limitati dalla grandezza dell'area acquistata dall'istituto di istruzione. Dopo che gli studenti hanno creato degli oggetti, ne diventano proprietari, ma non c'è alcuna possibilità immediata di fare un back up delle proprie creazioni; lo stesso vale per tutto il materiale messo online dai docenti e dagli istituti educativi, a meno di non usare l'applicazione esterna a pagamento Second Inventory. In SL maggiorenni e minorenni non possono trovarsi nella stessa area; in questo modo gli studenti minorenni non vengono così distratti dai contenuti per adulti, ma docenti e studenti non possono interagire. Il sistema di permessi che regola l'uso di oggetti e script spesso non permette il corretto upload dei compiti svolti dagli studenti e non consente ai docenti di visionarli. L'alta qualità del servizio fornito si scontra spesso con la limitatezza di banda della connessione degli utenti e questo porta a un utilizzo non ottimale dei contenuti didattici. SL costringe gli utenti ad aggiornamento forzato e frequente del viewer e spesso è bloccato dal firewall degli istituti di istruzione. Il linguaggio di scripting LSL presenta notevoli limitazioni nelle possibilità di interazione con il mondo esterno.

Tabella 2: Confronto tra SecondLife e OpenSim

Caratteristica	SecondLife	OpenSim
Costi commerciali	Si	No
Spazio a disposizione	Dipende da quanto si paga	Dipende dalla capacità del server locale

Numero di oggetti da creare	Dipende dall'area virtuale acquistata	Dipende dall'area virtuale supportata dal server
Backup delle creazioni	Consentito tramite una applicazione a pagamento	Consentito
Upload e visione materiale	Problematico per il modello dei permessi. Solo oggetti personali	Non problematico se si assegnano i giusti privilegi
Difficoltà di fruizione	Problemi di banda	Nessuna se il server funziona correttamente in rete locale
Aggiornamento viewer	Obbligatorio e frequente	Quando si vuole
Linguaggio di programmazione	LSL	LSL, C#, OSSSL
Creazione plugin	Non consentito	Consentito
Problemi con firewall	Si	No
Restrizioni legate all'età	Over 18	Nessuna
Privacy del proprio lavoro	Opzioni di protezione intrinseche	Opzioni di protezione con limitazioni
Distrazioni	Si, dall'ampio contesto sociale	No, può essere ristretto al solo utilizzo per uso educativo

OS può girare come applicazione stand alone e questo permette di installarlo su un proprio server e configurarlo a seconda dei propri bisogni, evitando così anche molti problemi riscontrati in SL. È possibile fare un backup del mondo creato e aggiornare il viewer quando si vuole. Lo spazio a disposizione per costruire oggetti e script dipende soltanto dalla capacità del server, OS non è bloccato da firewall perché il server si trova all'interno della rete dell'istituto educativo e la qualità dell'utilizzo dei contenuti didattici dipende solo dal corretto funzionamento del server. L'upload del materiale e la sua visione non sono un problema se sono configurati i giusti permessi per ogni utente; non ci sono limitazioni legate all'età e gli studenti non vengono distratti da contenuto esterno e dalla chat globale perché il server su cui gira OS è connesso solo sulla rete locale dell'istituto di istruzione. LSL è il linguaggio di default di OS, ma si può utilizzare anche C# ed è possibile estendere le funzionalità con dei plugin creati ad hoc in base alle proprie esigenze. Un problema riscontrato nell'uso di OS riguarda la proprietà intellettuale del proprio lavoro, che invece è accuratamente protetta in SL, supportata dal TOS, Terms Of Services.

4.Il metaverso open source presso la Facoltà di Lettere e Filosofia dell'Università dell'Aquila

A partire dall'A.A. 2007-2008, presso la Facoltà di Lettere e Filosofia dell'Università degli Studi dell'Aquila, nell'ambito dei corsi di studi in Culture per la Comunicazione, laurea triennale e specialistica (ex DM509), sono stati introdotti insegnamenti orientati all'informatica grafica, Tecniche del Linguaggio

Multimediale I e II, oltre a quelli già presenti nei settori INF/01 e ING-INF/05, totalizzando un totale di 30 CFU. L'obiettivo comune degli insegnamenti era quello di formare gli studenti al lavoro cooperativo in equipe multidisciplinare allo scopo di approfondire abilità e conoscenze nell'uso di strumenti multimediali di base per la comunicazione e renderne professionalizzanti i contenuti. La valutazione avveniva tramite la progettazione e la realizzazione di creazioni multimediali.

Nel primo modulo venivano trattati nello specifico: grafica 2D, raster e vettoriale, manipolazione audio e video tramite strumenti software open source, linguaggi di sincronizzazione multimediale SMIL (Synchronized Multimedia Integration Language) [SMIL, 2011].

Nel secondo modulo si estendevano i concetti acquisiti al 3D e si introduceva il concetto e l'uso del metaverso, rendendo familiare l'utilizzo degli strumenti forniti dai mondi virtuali per la generazione del contenuto.

Nell'attuale offerta formativa (DM 270), il totale dei CFU dedicati al solo settore ING-INF/05 si sono ridotti a 18 CFU, ma è stato possibile mantenere i contenuti professionalizzanti, anche introducendo strumenti complessi fin dal corso di base di Fondamenti di Informatica. All'interno del corso di laurea magistrale sono stati contratti in un unico insegnamento i fondamenti dell'informatica grafica (2D e 3D), pur mantenendo il metodo di valutazione tramite creazione multimediale nel metaverso.

Il metaverso viene già introdotto all'interno dell'insegnamento di Fondamenti di Informatica della laurea triennale, sfruttandone la potenzialità di agevolazione dell'apprendimento sugli argomenti di informatica di base che tipicamente richiederebbero più tempo da parte di studenti dei corsi di laurea umanistica. Qui viene presentato l'esempio della lezione sulla Macchina di Turing che utilizza un simulatore virtuale e interattivo con il quale lo studente può interagire tramite il suo avatar.

5.Applicazione del metaverso: la Macchina di Turing

In OS è stata realizzato un simulatore di Macchina di Turing virtuale semplificata. La simulazione 3D può essere utilizzata per illustrare il funzionamento della macchina a stati finiti nell'ambito del corso di Fondamenti di Informatica e per rendere familiari gli strumenti dei mondi virtuali gli studenti della Facoltà di Lettere e Filosofia. Il sistema è stato realizzato in LSL [LSL, 2011] e simula una macchina a stati finiti, con unica testina di lettura e unico nastro, dal quale i bit vengono letti in sequenza uno per volta. L'input del sistema è contenuto in una **notecard** (file di testo) in cui devono essere

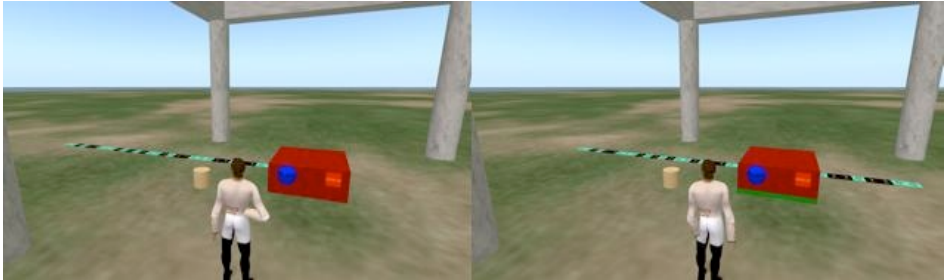


Figura 1: Ingresso del nastro e esecuzione in modalità run

scritte nella prima riga i bit del nastro separati da uno spazio e nelle righe successive la tabella di transizione degli stati; quest'ultima ha tre colonne: la prima con lo stato attuale, la seconda con l'input e la terza con lo stato prossimo. Il programma di simulazione è contenuto in un oggetto del mondo virtuale cui occorre consegnare la notecard (vedi Fig.1). Successivamente si può avviare l'esecuzione in modalità **run** o **debug**; nel primo caso (vedi Fig.1) la macchina esegue automaticamente tutti i passi necessari all'esecuzione; nel secondo caso l'esecuzione bisogna cliccare ad ogni passo per andare avanti con l'esecuzione e si possono analizzare i valori degli stati intermedi.

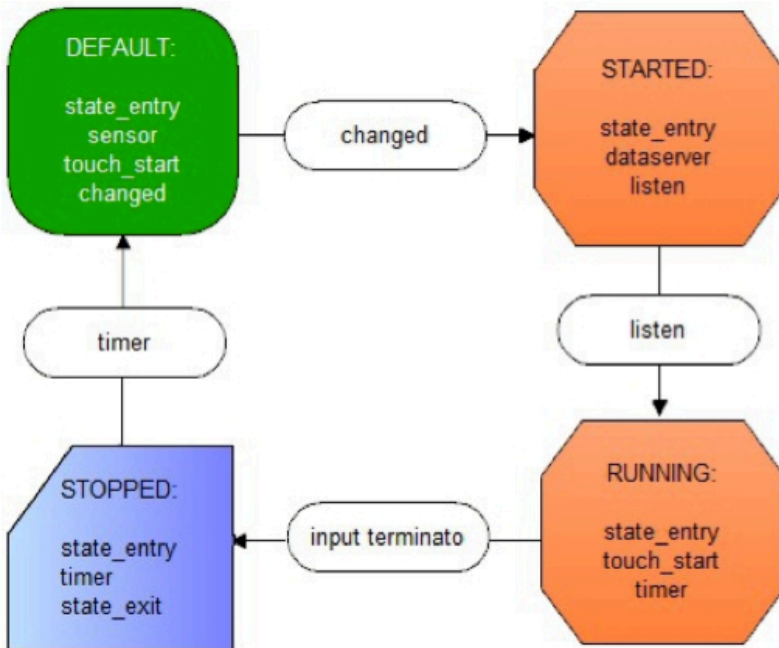


Figura 2: Gli stati attraversati dal simulatore

Internamente il simulatore è anch'esso una macchina a stati finiti che prevede 4 stati (Fig.2) e degli eventi che causano il passaggio da uno stato all'altro. All'inizio della simulazione la macchina si trova in uno stato di **default**; se l'avatar fornisce la **notecard** alla macchina, il simulatore intercetta l'evento **changed** e passa nello stato di **start**; in questo stato viene comunicato in chat locale che la macchina è partita e si procede a rilevare la **notecard** con le istruzioni nell'inventario. A questo punto l'oggetto macchina di Turing è posto in ascolto sul canale di controllo in attesa di un segnale da uno dei due oggetti bottone **run** e **debug**. All'arrivo del segnale il simulatore entra nello stato **running** e inizia l'esecuzione. Quando il simulatore termina la lettura del nastro di input, entra nello stato di **stop**, che viene mantenuto per un certo intervallo in modo da permettere all'utente di leggere lo stato finale della simulazione, allo scadere del quale il simulatore intercetta l'evento **timer** e torna nello stato di **default** iniziale.

6. Conclusioni e lavori futuri

L'uso del metaverso nei processi di apprendimento può fornire nuovi mezzi per una didattica più incisiva e che riesca a motivare gli studenti nelle materie scientifiche, anche quando esse non rappresentino lo scopo principale della propria formazione. In futuro potranno essere esplorate realizzazioni tramite metaversi di laboratori virtuali nei campi dei beni culturali, dell'archeologia, della medicina e della biologia ad uso delle rispettive Facoltà e Scuole di formazione e come strumenti di orientamento per la scelta universitaria per gli studenti in ingresso.

Bibliografia

[Active Worlds, 2011] Active Worlds, <http://www.activeworlds.com/>, 2011.

[Avalon, 2011] Avalon, <http://www.avalonlearning.eu/>, 2011.

[Allison et al, 2010] Allison, C., Miller, A., Sturgeon, T., Nicoll, J. R., Perera, I., Educationally enhanced virtual worlds, in Frontiers in Education Conference, FIE '10. 39th IEEE, Washington, DC, 2010, T4F-1-T4F-6.

[Bainbridge, 2007] Bainbridge, W. S., The Scientific research Potential of Virtual Worlds, Science 27, 317, 5837, 2007, 472-476.

[Dafli et al, 2009] Dafli, E. L., Vegoudakis, K. I., Pappas, C., Bamidis, P. D., Re-use and exchange of an Opensim platform based learning environment among different medical specialties for clinical scenarios, in 9th International Conference on Information Technology and Applications in Biomedicine, ITAB 2009, Larnaca, 2009, 1-5.

[De Gasperis e Salvi] De Gasperis, G., Salvi, A., Uso e strumenti basati su Metaversi 3D per l'insegnamento dell'Informatica e dei Sistemi di Elaborazione delle Informazioni, in Didamatica 2009, Trento, 2009.

[Flore, 2010] Flore G., "OpenSim, un simulatore a codice aperto per mondi virtuali " in Un Viaggio dai Mondi Virtuali alla Realtà Aumentata nel Segno dell'Open Source, a cura di Gianpiero Moiolim, Franco Angeli, Milano, 2010.

[Getchell et al, 2010] Getchell, K., Oliver, I., Miller, A., Allison, C., Metaverses as a Platform for Game Based Learning, AINA, in 2010 24th IEEE International Conference

on Advanced Information Networking and Applications, Perth, Australia, 2010, 1195-1202.

[LSL, 2011] LSL, http://wiki.secondlife.com/wiki/LSL_Portal, 2011.

[Morganti e Riva, 2006] Morganti F.; Riva G., Conoscenza, comunicazione e tecnologia: aspetti cognitivi della realtà virtuale, LED, 2006.

[Metaverse, 2011] The Metaverse, <http://web.archive.org/web/19961226202638/www.io.com/io/metaverse/>, 2011.

[OpenSimulator, 2011] OpenSimulator, http://opensimulator.org/wiki/Main_Page, 2011.

[Open source, 2011] Open source, <http://www.opensource.org/docs/osd> , 2011.

[Open Wonderland, 2011] Open Wonderland, <http://openwonderland.org/>, 2011.

[Pivote, 2011] Pivote, <http://www.pivote.info/>, 2011.

[Perera et al, 2010] Perera, I., Allison, C., Miller, A., A Use Case Analysis for Learning in 3D MUVE: A Model Based on Key e-Learning Activities, in Proceedings of the 5th International Conference on Virtual Learning, Targu-Mures, Romania, 2010.

[Preview Project, 2011] Preview Project, <http://www.elu.sgul.ac.uk/preview/blog/>, 2011.

[Qiping et al, 2010] Qiping, Z.; Marksbury, N., Heim, S., A Case Study of Communication and Social Interactions in Learning in Second Life, in 43rd Hawaii International Conference on System Sciences, HICSS 2010, Honolulu, Hawaii, 2010, 1-9.

[Second Life, 2011] Second Life, <http://secondlife.com/>, 2011.

[SIMiLLE Project, 2011] SIMiLLE Project, http://chimera69.essex.ac.uk/SIMiLLE_Project, 2011.

[Stephenson, 1999] Stephenson N., Snow crash, Bantam Books, 1992.

[Sturgeon et al, 2009] Sturgeon, T., Allison, C., Miller, A., Exploring 802.11: real learning in a virtual world, in Frontiers in Education Conference, FIE '09. 39th IEEE , San Antonio, Texas, 2009, 1-6.

[There, 2011] There, <http://www.there.com/info/homepage>, 2011.

[Thomas e Mead, 2008] Thomas, L. D., Mead, P., Work in progress - implementation of Second Life in electromagnetic theory course, in Frontiers in Education Conference, FIE '08. 38th IEEE, Saratoga Springs, New York, 2008, F3D-3-F3D-4.

[Zhao et al, 2010] Zhao, H., Sun, B., Wu, H., Hu, X., Study on building a 3D interactive virtual learning environment based on OpenSim platform, in International Conference on Audio Language and Image Processing (ICALIP), Shanghai, 2010, 1407-1411.