

## IMMERSIVE, INTEROPERABLE, INTUITIVE, INTERACTIVE VIRTUAL ENVIRONMENT FOR DEVELOPING AND DELIVERING TRAINING BY SIMULATION TO OPERATORS IN DANGEROUS AREAS & ACTIVITIES

Agostino G. Bruzzone (1), Marina Massei (2), Kirill Sinelshikov<sup>1</sup> (1), Antonio Giovannetti (1), Francesco Longo (4), Claudia Giliberti (5), Raffaele Mariconte (5), Maurizio Diano (6)

1) Simulation Team, Università di Genova, E-mail {agostino.bruzzone, kirill, antonio.giovannetti}@simulationteam.com

2) DIME, University of Genova, E-mail massei@itim.unige.it

3) Simulation Team, MSC-LES, UNICAL, Email: francesco.longo@unical.it

4) Simulation team, DICA, Università di Cagliari, Email: fancello@unica.it

5) Inail, DIT, Roma, Email: {c.giliberti, r.mariconte}@inail.it

6) Inail, Direzione Regionale Calabria-Unità Operativa Territoriale, Catanzaro, m.diano@inail.it

### SOMMARIO

Si propone il caso del progetto I4D3A2 che mira a creare soluzioni innovative attraverso l'utilizzo di Extended reality (XR) e Simulazione al fine di creare un ambiente lavorativo ad alto rischio. In particolare gli autori dell'articolo creano un ambiente virtuale immersivo e interoperabile per addestrare gli operatori ai temi della sicurezza e qui si propone una verifica di come l'aggiunta della componente sonora tridimensionale migliori la percezione dei rischi.

### 1. Introduzione

Il Progetto I4D3A2 (Immersive, Interoperable, Intuitive, Interactive virtual environment for Developing and Delivering training by simulation to operators in Dangerous Areas & Activities) utilizza le nuove tecnologie di M&S (Modeling and Simulation), XR (eXtended Reality) e IA (Artificial Intelligence) per aumentare la sicurezza in ambienti e in operatività lavorative ad alto rischio. L'idea fortemente innovativa proposta è legata allo sviluppo di modelli e soluzioni efficaci che permettano di rendere intuitivo e immediato l'uso dei mondi virtuali ove sviluppare programmi formativi per aumentare la sicurezza e ridurre i rischi migliorando al contempo le prestazioni operative. In questo progetto si è deciso di focalizzare l'attenzione sul contesto degli Operatori Portuali che si trovano esposti, in un ambiente esterno operativo 24/7, a grossi carichi e grandi macchinari in moto e a elevati ritmi. Lo scenario prescelto per la sperimentazione è focalizzato sulle attività degli addetti durante le operazioni sul piazzale di Terminal Container con attenzione all'area merci pericolose anche in ragione delle criticità presenti in queste operazioni. Durante tali operazioni, l'esperienza multisensoriale dell'utente diventa di importanza fondamentale per avere una percezione ed un controllo completo della situazione circostante e dei rischi e questo articolo evidenzia come viene inserita la componente acustica e gli effetti di percezione per valutarne l'efficacia.

### 2. Ambienti Virtuali Multisensoriali

Gli ambienti Sintetici che fungono da supporto per la realtà virtuale non sono caratterizzati dal fornire ai fruitori un'esperienza esclusivamente visiva. Per essere efficace questo mondo virtuale deve essere immersivo e quindi multisensoriale, ma bisogna comprendere quali dei sensi siano utili per l'impiego previsto del simulatore; Ovviamente nella simulazione la chiave è definire quali elementi della realtà vadano inclusi e con che livello di fidelity per soddisfare le esigenze del caso specifico. Infatti, aggiungere elementi non utili, magari con l'esigenza di acquisire dati difficili da reperire porterebbe a complicare i modelli senza vantaggi, mentre trascurare aspetti fondamentali potrebbe risultare critico comportando, nei casi di addestramento, il rischio di negative training: e.g. apprendere un comportamento efficace basato su una percezione simulata che è diversa da quella real). Questo articolo si focalizza sulla sperimentazione legata a valutare come la riproduzione più precisa della parte uditiva migliori

la prestazione ottenuta in una missione simulata. In effetti, la componente sonora rappresenta una parte molto importante di questo ambiente virtuale multisensoriale: fornisce informazioni su cosa accade al di fuori del campo visivo compensando alcuni suoi limiti, suggerisce in quale luogo accadano determinati eventi e fornisce informazioni, dettagliate o sfumate, sulla natura di tali eventi. Questo aggiunge ulteriori informazioni sensoriali che confermano gli eventi e le azioni che vengono eseguite nell'ambiente virtuale, rendendolo più plausibile, realistico, tanto che alcuni sostengono che maggiore è il grado di presenza (intesa come consciousness), maggiore risulta la possibilità che i partecipanti si comportino nell'ambiente virtuale in modo simile al loro comportamento in circostanze simili nella realtà quotidiana [2].

### 3. Simulazione Immersiva Portuale

In relazione al caso di studio proposto si è sviluppato un ambiente di simulazione tridimensionale immersivo nel quale si sono modellizzate le componenti legate alla percezione visiva e uditiva e si è condotta una sperimentazione circa la loro criticità sui temi della sicurezza. Infatti, alcuni dei parametri oggetto dello studio I4D3A2 sono l'effetto della percezione fisica acustica e sonora degli operatori, ma anche la loro esperienza con il caso operativo (e.g. impatto dell'inesperienza o dell'eccesso di confidenza). Per fare questo nel mondo virtuale si sono inclusi non solo gli elementi del Porto, ma anche tutti le entità dinamiche presenti con i loro comportamenti, inclusi altri operatori, automezzi e gru di diversi tipo controllati da AI. In questo modo diventa possibile ricreare la loro spazialità tridimensionale e la dinamicità delle operazioni sul campo nel mondo virtuale. Per ciascun oggetto (e.g. gru gommate e su rotaia, straddle carrier, mezzi di servizio, camion interni ed esterni) viene creato un oggetto con i suoi attributi e caratteristiche non solo geometriche, ma acustiche, logiche e comportamentali che permette di arrivare a creare Digital Twins capaci di interoperare per riprodurre il modus operandi e le criticità [5]. Per quanto riguarda l'acustica, i suoni vengono attribuiti agli oggetti in funzione del loro stato operativo (e.g. spento, acceso, regime), dei loro attributi (e.g. giri del motore) e/o di eventi (e.g. frenata, collisione); detti suoni sono quindi posizionati nel mondo tridimensionale in relazione alla sorgente che si muove e genera i relativi effetti (e.g. variazioni di volume, effetto doppler) in relazione alla posizione e al moto dell'osservatore. Il modello contiene quindi gli algoritmi

relativi: attenuazione, schermatura e frequenza percepita; questo con la dinamicità della simulazione permette di riprodurre la percezione auditiva[1]. Si è deciso di sperimentare quanto le variazioni delle caratteristiche uditive della realtà virtuale possano risultare significative sulla presenza percepita dei rischi come accaduto in altri casi[4]. In questa ricerca si vuole valutare anche come la presenza di più o meno componenti acustiche possano arricchire la percezione dei pericoli e ridurre il rischio. Nel caso presente si sono impiegati suoni da librerie disponibili, tuttavia è possibile inserire suoni registrati ad hoc. Sebbene si possa pensare che l'uso di registrazioni audio ad alta fedeltà possa aumentare il realismo della simulazione questo non è garantito in primis perché questo elemento potrebbe non essere significativo, in secundis perché la risoluzione riproducibile dipende dalla piattaforma impiegata[6]. In effetti, I4D3A2 si basa sul nuovo paradigma MS2G (Modellazione, simulazione, interoperabile e serious games) che prevede di creare simulatori flessibili capaci di operare su una molteplicità di piattaforme dal computer allo caschetto virtuale, dal CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) allo smartphone, eventualmente con funzionalità differenti [5]; qui si prevede di operare anche su smartphones per consentire agli operatori portuali di poter fruire facilmente della formazione con la formula di mobile training ad integrazione dei programmi esistenti, quindi sulla componente audio sussistono vincoli sia in termini di riproduzione che di capacità computazionale. Questo progetto permette quindi di sperimentare come diverse modalità di simulazione dell'audio possano impattare in questo contesto.

#### 4. Materiali e metodi

Il simulatore I4D3A2 è un simulatore virtuale di tipo stocastico diretto da Agenti Intelligenti (IA) che usa la XR per garantire il coinvolgimento degli utenti e l'interoperabilità tra più modelli secondo il paradigma MS2G. Sono definiti dei KPI di esposizione al rischio medio e massimo che vengono registrati e possono essere proposte o meno con l'Augmented Reality (AR) all'utente e/o all'istruttore (fig.1a & 1b). Il task assegnato per questa sperimentazione è quello di condurre ispezioni su una serie di contenitori, cercandoli nel piazzale nell'area prevista e verificandone l'integrità in presenza di altri mezzi, gru e operatori che lavorano nella stessa area. I suoni riguardano sia i rumori dai mezzi virtuali ed i loro segnali di allerta, che indicazioni e avvertimenti forniti dalle persone virtuali. Tutte queste entità sono controllate dagli IA ed interagiscono con il corso delle operazioni, reagendo alle situazioni e al comportamento del player. Talvolta gli operatori virtuali possono fornire delle indicazioni al player, ma possono anche creare distrazioni legate ad altre attività presenti nella stessa area, ma non inerenti[5]. Il mondo virtuale permette di misurare la percezione delle presenze e del pericolo nell'utente. Infatti, attraverso la spazialità si dovrebbe capire dove è collocato un pericolo, ma la rumorosità ambientale può anche portare ad un disorientamento spaziale e confusione, aumentando il rischio. Si propone quindi una sperimentazione preliminare condotta su missioni virtuali rispetto ad alcune variabili di input mirate a valutare importanza dei suoni, ovvero, l'attivazione/smorzamento dei suoni relativi ai mezzi pesanti, attivazione della componente spaziale del suono e la taratura dell'effetto doppler. In effetti, il simulatore I4D3A2 offre una più vasta gamma di variabili controllabili sul suono come lo Smorzamento dovuto agli ostacoli, le zone di riverbero definite come Tempo di decadimento, Riflessione, Diffusione, Densità, ma anche la possibilità di variare il suono con l'azimut e l'elevazione, l'angolo di diffusione al suono stereo 3D o multicanale nello

spazio degli altoparlanti e modificare la curva di roll off. Per poter calcolare invece angoli e tempi di ritardo a causa delle riflessioni, il simulatore deve considerare ovviamente i materiali presenti; dalle figure 2a e 2b si evince che si ottiene un miglioramento nella riduzione del rischio medio e massimo con una più pronunciata immersività sonora secondo gli input citate. Come detto lo scenario di test è stocastico e la prova pur nella sua equivalenza può essere identica o diversa cambiando container, integrità, risorse ed operazioni attive nell'area con specifiche contingenze e potenziali rischi creati dagli IA [3]. Rispetto ai test iniziali, gli esperti della percezione audio rispetto alla sicurezza hanno evidenziato la necessità di poter tarare gli effetti doppler, di spazialità e di riproduzione del suono.

#### 5. Conclusioni

La ricerca valuta l'influenza, in questo scenario operativo, di diversi modi di riprodurre l'audio e della loro influenza sulla percezione dei rischi. Il simulatore ha finalizzato una prima sperimentazione sullo scenario virtuale fornendo KPI di prestazione circa efficienza ed esposizione al rischio, inoltre è stato possibile rendere dinamicamente visibili indicatori che permettono di meglio percepire la situazione grazie a XR e quindi di apprendere meglio. Il confronto tra simulazioni condotte con differenti settaggi dell'audio, a misurato quanto questi apportino miglioramenti alla consapevolezza dei rischi e a migliorare la sicurezza. Attualmente gli autori stanno finalizzando la taratura dei modelli e viene impostata la parte di sperimentazione e analisi dati.



Fig.1a 1b - Operatore cerca un container da ispezionare con mezzi pericolosi in moto e AR su sua esposizione a rischio

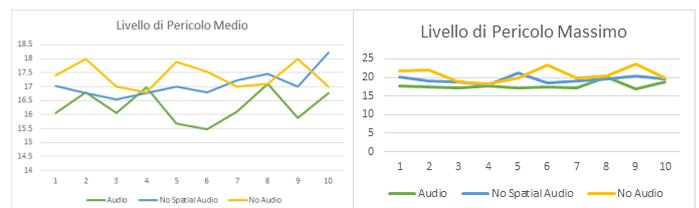


Fig.2a, 2b - Prestazione di esposizione al rischio medio e massimo tra test replicati con le diverse modalità audio

#### 6. Ringraziamenti

Si ringrazia INAIL che ha finanziato I4D3A2 in ambito Bric

#### 7. Bibliografia

- [1] Larsson, P., Våljamäe, A., Västfjäll, D., Tajadura-Jiménez, A., Kleiner, M., *Auditory-Induced Presence in Mixed Reality Environments and Related Technology*, (2010), Engineering of Mixed Reality Systems, pp. 143-163
- [2] Slater, M., & Wilbur, S. (1997). A framework for immersive virtual environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6(6), 603-616.
- [3] Kern, A.C., Ellermeier, W. (2018), *Influence of hearing your steps and environmental sounds in VR while walking*, IEEE 4<sup>th</sup> Workshop on SIVE
- [4] Larsson, P., Våljamäe, A., Västfjäll, D., Olsson, P., A., Kleiner, M. (2007), *When What you Hear is What You See: Presence and Auditory-Visual Integration in Virtual Environments*, Psychology
- [5] Bruzzone, A., G., Massei, M., Sinelshchikov, K., Fadda, P., Fancello, G., Fabbri G., Gotelli, M. (2019). XR, IA and Simulation to Improve Efficiency, Safety and Security in Harbors and Ports Plants (I3M)
- [6] Serafin, S., Geronazzo, M., Erkut, C., Nilsson, N. C., & Nordahl, R. (2018). Sonic interactions in virtual reality: state of the art, current challenges, and future directions. *IEEE computer graphics and applications*, 38(2), 31-43.