

**EST: Environment Sensor for Telepresence-Presence
Un Prototipo di Telecamera 3D**

A. SemeranoAntonella *& J.G.M. Gonçalves**

*ROBOSFT - SA
Technopole d'Izarbel
F-64210 Bidart
Tel.: +33-5-59 41 53 60
Fax: +33-5-59 41 53 79
E.M.: antonella@robosoft.fr

**Joint Research Centre of the European Commission
Institute for Systems, Informatics and Safety (ISIS)
I-21020 Ispra (VA)
Tel.: +39-332-78 94 16
Fax: 39-332-78 91 85
E.M.: joao.goncalves@jrc.it

Parole Chiave:

Rappresentazione 3D della Realta', Laser Range Finder, Mappa di Tessitura

EST: Environment Sensor for Tele-Presence: Un Prototipo di Telecamera 3D

Antonella Semerano, Vítor Sequeira^β and João G.M. Gonçalves^β

ROBOSFT - SA
Technopole d'Izarbel
F-64210 Bidart
Tel.: +33-5-59 41 53 60
Fax: +33-5-59 41 53 79
Email: antonella@robosoft.fr

^β Joint Research Centre of the European Commission
Institute for Systems, Informatics and Safety (ISIS)
I-21020 Ispra (VA)
Tel.: +39-332-789 416
Fax: +39-332-789 185
Email: [joao.goncalves | vitor.sequeira]@jrc.it

Riassunto

Il presente articolo introduce le tecniche di ricostruzione 3D della realtà, così come si sono evolute fino ai nostri giorni. La tecnologia RESOLV ed il suo paradigma di ricostruzione 3D sono presentati in qualche dettaglio. Seguono le applicazioni, le più ricorrenti, delle tecniche di rappresentazione tridimensionale della realtà, ed in modo particolare della tecnologia RESOLV.

1. La Tecnologia della Ricostruzione 3D

1.1. Registrazione e Trasmissione della Realtà

È intrinseco nella natura umana il bisogno di «fare memoria» del momento presente e «trasmetterlo». L'esperienza umana è ricca di esempi di tecnologie, divenute di grande successo, per il solo fatto di aver consentito il catturamento e la possibilità di trasmettere il momento presente a persone care distanti. Tra gli esempi più celebri annoveriamo: il primo strumento di stampa di Gutenberg, il telegrafo, la fotografia, il fonografo di Edison, il telefono di Bell, il cinema, la televisione, ecc. Questi esempi sono comprensivi del catturamento e della trasmissione di testo, suono, ed immagini statiche e/o in movimento. Quantunque perfette, queste rappresentazioni risultano sempre parziali, nel senso che esse non riproducono soddisfacentemente le relazioni spaziali tra gli oggetti in causa, e pertanto, mancano l'obiettivo di comunicare, a chi le riceve, la 'sensazione di essere effettivamente presenti'.

1.2. Diversi Tentativi di Rappresentazioni Tridimensionali della Realtà

A partire dalla seconda metà di questo secolo, fino ad oggi, si sono susseguiti svariati tentativi di catturare e conservare le informazioni salienti, di ambienti in cui si svolge del vissuto, preservandone la complessità volumetrica ed i colori caratteristici. La maggior parte di questi tentativi consiste nel derivare, innanzitutto, una rappresentazione tridimensionale dell'ambiente, e poi, una rifinitura 'pittorica' di quest'ultima, di modo che la rappresentazione finale abbia le caratteristiche più fedeli possibili alla realtà. Approcci alternativi forniscono rappresentazioni tridimensionali della realtà, attarverso il vincolo di ben precisi punti di vista (olografie, visione artificiale stereografica ecc). In entrambi questi casi, si é lontani dal dotare il destinatario di queste rappresentazioni, di un efficace 'senso di presenza' ('feeling of being there'), a meno che non si accettino le condizioni, per altri versi restrittive, di maneggiare un enorme quantità di dati, utili a creare una rappresentazione grafica realistica della realtà per un verso, o di costringere a usare punti di vista' predefiniti, dall'altra.

2. La Tecnologia RESOLV

Il progetto RESOLV ha lo scopo di derivare una rappresentazione realistica tridimensionale di ambienti reali. Merita di essere sottolineato il fatto che il metodo sottinteso da questo progetto é differente da quello oggi più correntemente in uso di costruire modelli di Realtà Virtuale. La differenza consiste nel fatto che nel metodo proposto dal progetto RESOLV, i modelli della realtà in gioco sono estratti dalla realtà in quanto tale, piuttosto che essere derivati da sistemi di rappresentazioni grafiche di tipo CAD. A questo nuovo metodo di rappresentazione tridimensionale della realtà é stato assegnato il neologismo di '**Realtà Virtualizzata**'. Per ottenere queste rappresentazioni realistiche, é stata concepita una **telecamera tridimensionale** avente lo scopo di di estrarre informazioni dell'ambiente circostante, concernenti allo stesso tempo, le relazioni spaziali in gioco e la loro parvenza naturale. Infatti é proprio la percezione delle relazioni spaziali intercorrenti tra gli oggetti in un ambiente, combinata con la rappresentazione delle tessiture reali in gioco, che é cruciale, per donare un effettivo ed efficace 'senso di presenza' nella realtà attarverso una sua rappresentazione. La telecamera tridimensionale é nota con l'acronimo, EST, della dicitura inglese: Environment Sensor for Tele-presence (cfr. Annex « Virtual Reality Builder »), ed include sensori ed attuatori, in particolare, un laser range finder ed una normale video camera.

2.1. Il Paradigma di RESOLV per la Ricostruzione 3D

La Figura 1 illustra il paradigma della Ricostruzione 3D assunto dalla tecnologia RESOLV. Questo segue il seguente schema procedurale :

- Passo 0: Inizio: procedura di acquisizione di dati*
- Passo 1: Derivazione del modello 3Dbasato su proprietà geometriche.*
- Passo 2: Analisi dell'immagine e derivazione delle occlusioni.*
- Passo 3: Computazione del successivo punto di ripresa utile per superare le occlusioni rilevate*
- Passo4: Trasferimento di istruzioni al veicolo (carello o base mobile) portante l'EST per portarsi nella posizione desiderata per il nuovo rilevamento dati.*
- Passo 5 : Seconda procedura di acquisizione dati.*
- Passo 6 : Registrazione dei dati grezzi acquisiti da questa vista sui dati grezzi di acquisizione della vista precedente.*
- Passo 7 Derivazione del modello geometrico per questa nuova vista*

- Passo 8: Fusione del nuovo modello estratto con quello già esistente.*
- Passo 9: Analisi dell'immagine. In caso di rilevamento di nuove o ancora vecchie occlusioni irrisolte, per rispondere al bisogno di una ulteriore procedura di acquisizione ripetere i passi da 2 a 8. I passi da 2 a 8 sono ripetuti iterativamente tante volte quante si stimerà necessario affinché il modello risulti soddisfacentemente completo.*
- Passo 10: Triangolazione (i.e. partizione in triangoli) del modello completo*
- Passo 11: Tessituramento di ogni triangolo della partizione con i dati provenienti dalla video camera.*
- Passo 12 Fine : Modello tridimensionale completo*

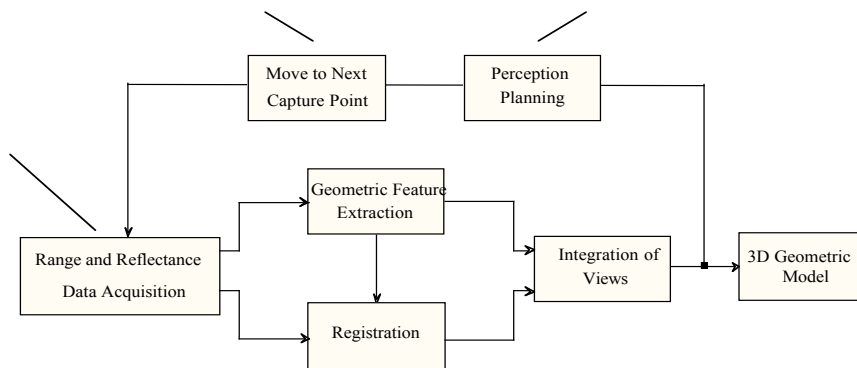


Figura1 RESOLV 3D Reconstruction Paradigm

2.2. Miglioramento di un Modello Esistente

La procedura descritta non è da intendersi completamente automatica. Ci sono circostanze, infatti, in cui l'intervento umano è particolarmente desiderabile. Ad esempio, per la discriminazione delle parti dell'ambiente che richiedono una modellizzazione a maggiore risoluzione, sia in termini di dettagli tridimensionali che visivi. Grazie a questo intervento, l'EST può essere abilitato all'uso di differenti livelli di zoom) e risoluzione d'immagine. Il tutto, per ottenere rappresentazioni dell'ambiente più efficaci e iterativamente aggiornate.

3. Possibili Applicazioni di RESOLV

La tecnica di ricostruzione 3D è destinata a soddisfare due tipi di bisogni principalmente:

- I) Bisogni complementari a quelli correntemente soddisfatti dalla Realta' Virtuale basati su sistemi CAD/CAM.
- II) Bisogni peculiari, precedentemente insoddisfatti.

Separare gli uni dagli altri non è immediato. Al contrario, la complementarietà delle tecniche è promettente per il grado di prestazioni possibili.

A questo preciso proposito, sul numero 7 di Luglio/Agosto 1997 di Automazione e Strumentazione si legge, infatti:

« ..un gruppo di aziende, in cui compaiono Silicon Graphics e Electronic Data Systems, pensano che la tecnologia VR (Virtual Reality) possa essere usata per modellare prodotti nelle aree della costruzione del manufacturing e dell'engineering a costi inferiori e con gradi di « reality » superiori rispetto a quelli basati su approcci CAD/CAM ».

Questo dato e' del tutto compatibile con quelli a disposizione del consorzio RESOLV. Infatti, il consorzio, attualmente nella fase di sfruttamento dei risultati, annovera sollecitazioni in differenti settori. Tra questi, solo i piu' rappresentativi saranno elencati di seguito per ragioni di brevit .

I due settori di applicazione, rispettivamente del Training e della Sorveglianza, verranno trattati in qualche maggiore dettaglio. Gli altri saranno solo brevemente accennati.

Training.

Alcuni settori sono particolarmente di interesse. L'addestramento per le squadre di soccorso e la riabilitazione medica ai primi posti.

L'addestramento di squadre di soccorso e' destinato a trovare nelle tecnologie di ricostruzione 3D delle opportunit  mai conosciute prima. Infatti, fatto salvo il caso in cui dei prototipi di ambienti in scala 1-1 (aerei, navi, etc.) sono appositamente messi a disposizione a scopi formativi, ci sono situazioni in cui l'addestramento e' oggettivamente difficilmente realizzabile, incluso per ragioni di sicurezza.

Si pensi, ad esempio alle squadre di polizia che devono fare una irruzione in un appartamento in pieno centro abitato. In questi ed altri casi simili, avere l'opportunit  di ricostruire la realt , (per esempio a partire da rilevazioni fatte su appartamenti identici) ed addestrare il personale per il tempo e nelle condizioni desiderate costituisce un vantaggio impareggiabile.

Vantaggio residente essenzialmente nel fatto che le squadre trovano l'opportunit  di essere formate su dati reali e non su disegni della realt , sebbene tridimensionali, come nel caso della Realta' Virtuale.

*Nell'ambito della **rieducazione medica**, le sfide sono ancora piu' lusinghiere. Infatti, la ricostruzione 3D costituisce una opportunit  completamente alternativa a quelle tradizionalmente offerta dalla « robotica medica » alle persone svantaggiate, soprattutto sul piano motorio.*

Le riflessioni piu' avanzate di robotica medica per sopperire a mancanze motorie con protesi intelligenti e dispositivi simili, datano primi anni 1960. I risultati spesso ottimali sul piano delle performance non hanno praticamente mai corrisposto ad una soluzione economicamente vantaggiosa per le persone a cui queste soluzioni erano destinate.

Le tecniche basate sul principio della ricostruzione 3D invertono completamente la strategia di aiuto prevista dalle tecniche tradizionali. Piuttosto che sforzarsi di abilitare le persone con difficoltà motorie ad « uscire », propongono un ingresso della « realtà » presso le persone.

Infatti, il principio sottostante queste tecniche è quello di creare intorno ai potenziali utenti delle condizioni di realtà immersiva.

Fortunatamente, queste enumerate non sono solo delle ipotesi ma dei bisogni che cominciano ad essere concretamente sollevati e soddisfatti.

ROBOSOFT, ad esempio, ha ricevuto espressa sollecitazione da un centro di riabilitazione per handicappati in Danimarca, al finanziamento di un progetto su questo preciso bisogno: la reiducazione attraverso tecniche di ricostruzione 3D.

Dati disponibili provano che questo della riabilitazione basata su tecniche di ricostruzione 3D è un bisogno diffuso su un dominio mondiale. USA e Giappone ai primi posti (<http://itri.loyola.edu/hci/toc.htm>).

Sorveglianza.

Gli scopi di sorveglianza sono altrettanto promettenti. La tecnologia RESOLV risulta particolarmente favorevole, ad esempio, nell'abbattimento di dati in trasmissione tra il luogo sorvegliato e la centrale di sorveglianza.

Prevedendo procedure separate di ricostruzione e di tessituramento dell'immagine, la tecnologia RESOLV è particolarmente conveniente per la fusione a-posteriori di dati, recuperati, rispettivamente, da laser e telecamera. Questa procedura, oggi comunemente referenziata come quella della generazione di « avatar », ha il vantaggio maggiore di liberare larghezza di banda nella trasmissione dei dati, a nessuno scapito delle informazioni recuperate, né alla qualità della ricostruzione 3D finale.

Generalmente parlando, e per le applicazioni a venire, le tecniche della ricostruzione 3D sono molto promettenti nel campo della sorveglianza perché mettono a disposizione l'operatore di un « senso supplementare », su cui fare affidamento: quello cinestetico.

In quanto esseri umani, nella vita quotidiana facciamo un uso continuo di questo tipo di percezione. Percezione che a volte è del tutto separata da quella fornita dagli altri sensi e pertanto fondamentale. Si pensi, ad esempio alla circostanza di un cinema in cui si è seduti, al buio a vedere un film.

La vista è concentrata sullo schermo ed è buio. Tuttavia, pur in questa condizione, noi non siamo più particolarmente esposti al pericolo di fatti che si possono verificare intorno a noi. Infatti, grazie al nostro senso cinestetico (il nostro corpo presente nella sala), noi riusciamo ad avere una percezione unitaria di quello che si svolge intorno a noi.

Tecniche di ricostruzione della realtà, miranti a fornire questo senso supplementare, risultano chiaramente vantaggiose in situazioni in cui ogni minimo segnale deve costituire una allerta, come, nella sorveglianza.

Considerando che un robot di sorveglianza munito di una o piu' telecamere (ad infrarossi) non ha bisogno delle luci accese, per restituire alle centrali una visione « chiara » della realta', nella misura in cui il robot e' anche conveniente per restituire un senso cinestetico (cioe' e' munito di laser per la ricostruzione 3D), i vantaggi risultano veramente spettacolari. Si pensi semplicemente all'aspetto della sicurezza indotta al personale attualmente coinvolte in situazioni di sorveglianza a rischio.

Questo della sorveglianza e' un tipo di bisogno che annoveriamo tra quelli soddisfatti in modo peculiare dalle tecniche di ricostruzione 3D e precedentemente insoddisfatto.

Mercato immobiliare.

Nell'era delle comunicazioni a distanza, questa e' un servizio concreto, ed allo stesso tempo una opportunita' commerciale, offerto al mercato della compravendita e/o locazione a distanza.

Disponibili non piu' solo disegni, o fotografie dell'immobile di interesse, ma, l'opportunita' di « sentircisi dentro » apre opportunita' di mercato senza frontiere

Il mercato immobiliare e' un mercato di fiorenti aspettative, specialmente negli USA, dove si assiste ad una diffusione di servizi informatizzati, nella vita quotidiana, veramente impressionante.

Solo per offrire un criterio di percezione del vantaggio Americano solleviamo il dato che la Security First Network Bank e' la prima banca che opera esclusivamente su Internet ed in un anno ha gia' raccolto sette mila correntisti.

Virtual Studio.

Con questo termine e' solitamente indicata la tecnica di produzione cinematografica, mirante a ottenere scene reali, provenienti dalla intersezione di ambienti e/o personaggi totalmente dislocati uno dall'altro.

Da un punto di vista di tecnica cinematografica, indietro a questa tecnica sono i famosi « studios » americani. Dove si e' cominciato a riprodurre le infrastrutture che permettono tutt'oggi agli attori di apparire dentro una scena dislocata migliaia di Km piu' lontano, o addirittura del tutto immaginaria.

Grazie a tecniche basate sulla ricostruzione 3D e, naturalmente, tecnologie avanzate della comunicazione, c'e' una nuova frontiera che si dispiega ai produttori cinematografici oggi. Quella di poter costruire scene reali in tutte le loro componenti, sebbene in gioco siano ambienti e personaggi mutualmente dislocati tra di loro.

Pertanto persone (attori) potranno girare il loro copione in uno studio, dove, gli sara' permesso di « sentire l'immersione visiva e cinestetica tridimensionale » dei vari posti in cui saranno inseriti. Il tutto, senza una maggiore infrastruttura uno o piu' moduli di ricostruzione 3D, dipendendo dalla complessita' della scena desiderata, un PC collegato in rete e qualche altro accessorio dei piu' sofisticati, ed al tempo stessi usuali, in uso presso gli appassionati di « video-games ».

Attività ricreative

Annoveriamo tra queste il turismo e tutta la gamma dei giochi tridimensionali, attualmente basati su ricostruzioni disegnate. Avere l'opportunità di vedere non il disegno di un museo ma il museo. Avere l'opportunità di immergersi non nel disegno di un castello medievale, ma nella ricostruzione 3D di un vero castello medievale. Sono tutte opportunità che oltre ad essere lusinghiere per l'utente offrono concrete opportunità di mercato per chi ne saprà cogliere l'opportunità commerciale.

Bibliografia

"Application of 3D Models to Training and Design Information Verification in Safeguards"

Gonçalves J.G.M., V. Sequeira, F. Sorel

Proc. of the 38th Annual Meeting of the Institute of Nuclear Materials Management, Phoenix, Arizona, USA, 20-24 July, 1997.

"Active Range Sensing for Three-Dimensional Environment Reconstruction"

Sequeira V.

Ph.D. Thesis, Department of Computers and Electrical Engineering, IST-Technical University of Lisbon, Lisbon, December 1996.

"Construction of a 3D Model of an Unknown Environment using Range Data"

Sequeira V., Gonçalves J.G.M., Ribeiro M.I.

in *"Modelling and Graphics in Science and Technology"*, edited by Teixeira J.C. and Rix J., pp.164-172, Springer Verlag, 1996.

"From Distance Measurements To Tele-Presence And Virtual Reality Applications In Safeguards"

Gonçalves J.G.M., V. Sequeira, F. Sorel

Proc. of the ESARDA-INMM Workshop on "Science and Modern Technology for Safeguards", pp. 151-157, Arona, Italy, October 28-31, 1996.

"3D Reconstruction of Indoor Environments"

Sequeira V., Gonçalves J.G.M., Ribeiro M.I.

Proc. ICIP'96 - IEEE International Conference on Image Processing: Special Session on Range Image Analysis, pp. 405-408, Lausanne, Switzerland, September 16-19, 1996.

"Active View Selection for Efficient 3D Scene Reconstruction"

Sequeira V., Gonçalves J.G.M., Ribeiro M.I.

Proc. ICPR'96 - 13th International Conference on Pattern Recognition - Track1: Computer Vision, pp. 815-819, Vienna, Austria - August 25-30, 1996.

"3D Environment Modelling Using Laser Range Sensing"

Sequeira V., Gonçalves J.G.M., Ribeiro M.I.

Robotics and Autonomous Systems, vol. 16, No. 1, pp. 81-91, November 1995.

"High-Level Surface Descriptions from Composite Range Images"

Sequeira V., Gonçalves J.G.M., Ribeiro M.I.

Proc. IEEE International Symposium on Computer Vision, pp. 163-168, Coral Gables - Florida, 19-21 November 1995.

“3D Scene Modelling from Multiple Range Views”

Sequeira V., Gonçalves J.G.M., Ribeiro M.I.

Proc. SPIE Conference Videometrics IV (part of Photonics East'95), vol. 2598, pp.114-127, Philadelphia, 22-26 October, 1995.

“3D Scene Representation Using a Deformable Surface”

Hilton A., Gonçalves J.G.M.

Proc. IEEE Workshop on Physics-Based Modeling in Computer Vision (in conjunction with ICCV-95), IEEE Computer Society Press, pp. 24-30, Cambridge- Massachussets (USA) June 18-19, 1995.

“3D Scene Representation Using a Deformable Surface”

Hilton A., Gonçalves J.G.M.J

JRC Technical Note No. I.95.30, March 1995.

Acknowledgments

Il presente contributo ad ANIPLA'97, preparato da due dei partners coinvolti nel progetto in RESOLV, Robosoft e JRC-ISIS, riflette il lavoro di ricerca e sviluppo, condotto dall'intero consorzio del progetto RESOLV, inserito nel Programma Europeo ACTS, Advanced Communication Technologies and Services, grazie al quale i sopradescritti risultati sono stati soddisfacentemente raggiunti.

Il consorzio RESOLV si compone dei seguenti partners: BICC (GB), Robosoft (F), JRC-ISIS (I), IST (P), Università di Leeds (GB), INESC (P).