

STRATEGIE ROBOTICHE ED INFORMATICHE PER LA FRUIZIONE MUSEALE

Michela Cigola, Arturo Gallozzi*, Marco Ceccarelli*, Giuseppe Carbone*,
Claudio De Stefano**, Alessandra Scotto di Freca***

*Dipartimento di Ingegneria Civile e Meccanica, Università di Cassino e del Lazio meridionale.

**Dipartimento di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione "Maurizio Scarano", Università di Cassino e del Lazio meridionale.

Abstract

L'articolo intende presentare una ricerca multidisciplinare in corso presso l'Università di Cassino. Il progetto si incentra sull'uso di robot per effettuare una visita ad un museo durante l'orario di chiusura, permettendo al visitatore, connesso al robot attraverso il proprio computer di casa o il proprio tablet o smartphone, di controllare e "guidare" il dispositivo attraverso le sale del museo, inquadrando e guardando le varie opere, ottenendone o una semplice visione oppure una esplorazione ampliata dell'opera che si sta osservando, attraverso un database multimediale appositamente predisposto.

Keywords

Nuove tecnologie per I BBCC; Musei; Robotica; Pattern Recognition; Visione artificiale, Realtà aumentata

1. Introduzione

Le interazioni tra Patrimonio Culturale ed informatica sono ormai innumerevoli e unanimemente riconosciute ed utilizzate; infatti oggi è molto frequente la possibilità di effettuare una visita multimediale con una navigazione a video delle sale di un museo da remoto, collegandosi al web dal proprio computer.

Al contrario lo stato dell'arte del connubio tra Robotica e BBCC è estremamente sintetico, difatti possono essere portati pochi esempi, che prevedono la presenza in sito del robot e il visitatore collegato in remoto.

Un primo esempio è il Robot mobile per la fruizione e la ricostruzione 3D di una caverna paleolitica, sviluppato dall'Istituto di Studi sui Sistemi Intelligenti per l'Automazione CNR - ISSIA, Bari. Si tratta di un robot mobile autonomo per la fruizione remota di una grotta ricca di pitture e reperti preistorici. Il robot è in grado di esplorare l'ambiente e di assumere posizioni determinate. Il prototipo è costituito da una piattaforma robotica mobile equipaggiata con un sensore laser, sensori a ultrasuoni, inclinometri, una telecamera, una bussola ed un'antenna per la comunicazione wireless fra il robot ed un computer remoto. La piattaforma robotica è costituita da quattro ruote da fuoristrada per affrontare le pendenze. Ci sono, inoltre, sedici sensori sonar posizionati davanti e dietro il robot,

capaci di individuare ostacoli. La piattaforma robotica contiene quattro motori, un processore locale e le batterie. Sulla piattaforma è stato installato un sensore laser capace di individuare oggetti, un sistema di illuminazione e la telecamera.

Altro prototipo è Cicerobot, robot museale realizzato dal Dipartimento di Ingegneria informatica e dall'Icar-CNR di Palermo, permette di programmare la visita a seconda delle esigenze e riesce a guidare i turisti nel museo evitando ostacoli e file. E' dotato di una tastiera, un monitor, una telecamera e dei sensori che lo collegano ad un nodo Internet al quale può collegarsi anche chi si trova fuori dal museo per una visita virtuale. Lo stesso nodo permette di teleguidarlo (Cicerobot, 2006).

Si segnala in ultimo il progetto di ricerca "After Dark" che ha appena conquistato la prima edizione dell'IK Prize, il premio istituito da quest'anno che ricompensa le idee capaci di sfruttare la tecnica digitale e creare un ponte di collegamento tra la Tate Britain, la galleria d'arte di Londra e il grande pubblico (After Dark, 2013). Il progetto riesce a sfruttare gli orari di chiusura del museo, grazie a dei dispositivi robotici telecomandati che sono le componenti principali del progetto. Da una parte, quattro androidi più uno di riserva, alti circa un metro e venti centimetri, dotati di telecamere e faretto orientabili che saranno le gambe e gli occhi degli

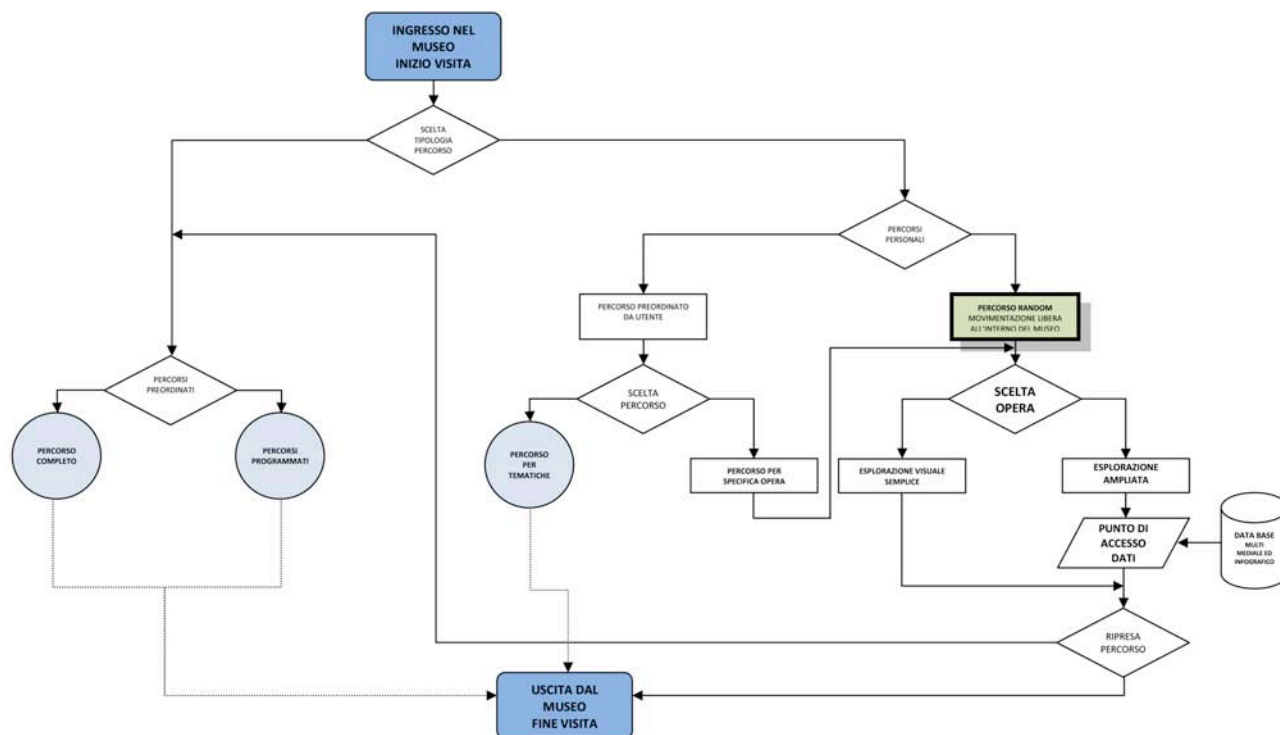


Fig. 1: Schema per percorsi di visita

internauti notturni per poi scomparire di giorno, quando il museo sarà aperto ai turisti in carne e controllare a turno i robot, creando il proprio percorso di visita e vedere il video in tempo reale sul proprio computer. Ogni visitatore potrà mettersi alla guida per un tempo limitato, mentre la fila sarà gestita da un sistema automatico.

2. Il progetto MuseBot.

Il progetto MuseBot prende le mosse dall'esperienza inglese "After Dark", con il proposito di andare avanti, ampliando e rendendo più ricca l'esperienza di visita museale.

Sono già presenti in alcuni musei delle guide che, sotto forma di smartphone, e utilizzando una connessione wifi, si collegano automaticamente ad una banca dati appositamente approntata che mette a disposizione del visitatore un notevole approfondimento su ciò che si sta osservando.

Il nostro progetto si propone di unire le due esperienze sopra descritte mediante un percorso di ricerca incentrato sull'uso di robot per effettuare una visita ad un museo durante l'orario di chiusura. Ciò permetterà ad un visitatore, connesso al robot attraverso il proprio computer di casa o il proprio tablet o smartphone, di controllare e "guidare" il dispositivo attraverso le sale del museo inquadrando e guardando le varie

opere, ottenendone una visione semplice alla quale poter associare molteplici contenuti multimediali.

La visita potrà essere effettuata in vari modi a seconda che si scelgano i percorsi preordinati dall'allestimento museografico oppure se si privilegia la scelta individuale (Fig. 1):

1. intero percorso di visita predefinito;
2. percorsi tematici predefiniti in funzione del museo: per epoche, per temi, per opere/autori, per singole opere;
3. percorso preordinato dal visitatore/utente (scelte individuali);
4. percorso random del tutto libero che prevede quella che può essere definita una esperienza "serendipica", cioè l'emozione della scoperta che si prova nel trovare una cosa non cercata e imprevedibile mentre se ne stava cercando un'altra¹.

¹ Il termine serendipità (usato anche nella ricerca scientifica) indica la fortuna di fare scoperte per puro caso; esso deriva da Serendip, l'antico nome persiano dello Sri Lanka, e fu coniato dallo scrittore H. Walpole nel 1734 ispirandosi alla fiaba persiana "Tre principi di Serendip" che descrive le scoperte dei tre principi come intuizioni dovute al caso, ma anche alla loro intelligenza .

La predisposizione dei contenuti multimediali da associare alla visione di alcune o di tutte le opere del museo in cui si stia operando dipenderà naturalmente dalla natura del museo e di ciò che in esso è esposto.

2.1 Progetto Multimediale/Museografico

La prima parte del progetto sarà dedicata alla scelta di un museo il cui allestimento museale possa ospitare la presenza e le movimentazioni del/dei robot.

Effettuata la scelta sarà necessaria una verifica e nel caso una riorganizzazione degli spazi museali e della posizione delle singole opere che saranno oggetto della visione remota attraverso la veicolazione del robot nelle sale, chiuse durante l'orario notturno. Tale movimentazione dovrà garantire facilità d'uso e soprattutto sicurezza per le opere esposte². Sarà quindi oggetto di questa fase una attenta analisi ed organizzazione dei percorsi del robot in termini di:

1. movimentazione nelle singole sale e tra le sale;
2. interferenza robot - strutture espositive ed opere esposte;
3. superamento di eventuali barriere architettoniche;
4. verifiche dimensionali: definizione degli spazi di operatività dei robot; definizione dei margini di sicurezza per le opere; gestione delle interferenze degli ostacoli presenti ecc.; scelta dei punti di posizionamento del robot per offrire la migliore visione delle opere.

Dopo la fase dedicata alla verifica degli spazi e dei percorsi sarà necessario predisporre una puntuale organizzazione dei contenuti multimediali da affiancare alla visione delle opere esposte.

Il primo passo di questa fase avverrà attraverso una selezione ed elaborazione dei contenuti multimediali ed infografici relativi alle opere esposte nel museo oltre che sullo stesso museo nella sua interezza e sul territorio su cui esso insiste.

Successivamente alla collazione di materiale documentario, si passerà alla produzione di nuovo materiale come: scansioni 3D di opere

tridimensionali esposte (sculture, lacerti architettonici ecc.) e modellazione ed elaborazione digitale di tali scansioni; ricostruzioni virtuali delle opere lacunose sulla base di documenti iconografici e ricostruzioni di ambienti ed ambiti delle opere esposte; analisi grafiche di scene, interni, inquadrature urbane, paesaggi da materiale iconografico esposto.

In linea di massima sarà possibile per il visitatore:

1. fruire di un'opera nella sua interezza nel caso essa sia smembrata o lacunosa (es. un polittico di cui sia esposta solo una parte o una scultura priva di alcune parti ecc.);
2. osservare l'opera da punti di vista particolari accedendo al suo modello 3D virtuale (es. una scultura o un lacerto architettonico);
3. vedere l'opera nel suo ambiente originale perduto e/o trasformato.... ecc.;
4. accedere ad un database documentario e iconografico specifico per ogni singola opera che chiarisca il percorso della sua ideazione ed il suo inquadramento storico.

Oltre alla predisposizione dei contenuti multimediali da associare al percorso vero e proprio, sarà approntato un portale che, dovrà gestire le prenotazioni e l'abbinamento tra visitatore in attesa e robot da guidare, e fornirà informazioni generali sul museo e sulla sua collezione al visitatore in attesa del proprio turno.

2.2 Progetto Robotico

Da diversi anni è attiva una collaborazione tra il laboratorio DART (Documentazione, Analisi, Rilievo dell'Architettura e del Territorio) ed il Laboratorio LARM (Laboratorio di Robotica e Meccatronica). Nell'ambito di tale collaborazione sono stati sviluppati studi ed applicazioni, in cui sono presenti forti interrelazioni tra il rilevamento architettonico e la robotica. Studi e soluzioni tecniche sono state, ad esempio, rivolte all'analisi e conservazione del patrimonio architettonico (Ceccarelli & Cigola, 2012), anche facendo riferimento ad una specifica applicazione presso l'Abbazia di Montecassino (Cigola & Ceccarelli, 2008).

Prendendo spunto dalle precedenti esperienze, il gruppo di ricerca integrato del DART e del LARM si è proposto di individuare soluzioni innovative per la fruizione al pubblico di allestimenti museali. In una prima fase sono stati individuate le caratteristiche tecniche di sistemi

² La sicurezza per le opere sarà anche garantita da specifiche caratteristiche inserite nel robot in fase di progetto.

di rilevamento, che potessero essere operati da remoto e opportunamente integrati in una piattaforma robotica. Sono state prese in considerazione varie possibilità, spaziando dalle webcam ai laser scanner.

A seguito di una attenta analisi, si è scelto di ricorrere, in prima istanza, a telecamere wireless ad alta risoluzione. Tale soluzione, infatti, si presenta facilmente integrabile e gestibile da remoto, con costi di acquisto e gestione contenuti. In una successiva fase si potrà valutare l'impiego di soluzioni più complesse, mantenendo ingombri e pesi analoghi.

La percezione dei dati rilevati da parte di un utente è fortemente legata ai gradi di libertà e ai campi di mobilità che è possibile gestire da remoto. Ampia versatilità può essere ottenuta, ad esempio, ricorrendo a piattaforme robotiche esapodi di tipo ibrido (gambe+ruote), come quelle sviluppate presso il laboratorio LARM. Ad esempio, in Fig. 2 è possibile vedere un prototipo del Cassino Hexapod, versione II, progettato e realizzato presso il LARM.

Il Cassino Hexapod dispone di un numero elevato di gradi di libertà, e può essere opportunamente modificato per ospitare un'asta telescopica e la sensoristica richiesta dal presente progetto MuseBot (tra cui sensori e illuminazione per identificare e localizzare gli oggetti).



Fig. 2: Un prototipo del Cassino Hexapod II progettato e realizzato presso il LARM

Inoltre, il prototipo Cassino Hexapod II è provvisto di una scheda di controllo e di una connessione wireless (Fig. 3) che ne permettono la gestione ed il controllo da remoto, mediante una semplice interfaccia Java attraverso la quale è

possibile selezionare il tipo di movimento (gambe o ruote) e la direzione (avanti, dietro, destra, sinistra).

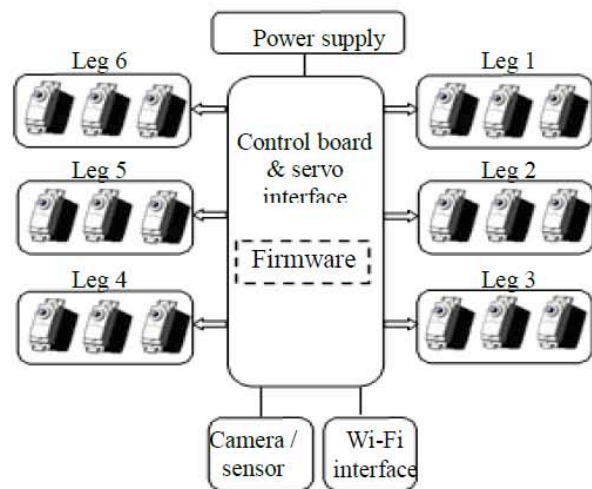


Fig. 3: Schema di gestione e controllo da remoto del Cassino Hexapod

Il Cassino Hexapod può essere anche programmato per seguire traiettorie predeterminate mediante bande colorate, come nell'esempio mostrato in Fig. 4. L'uso di traiettorie predeterminate può essere considerata una valida soluzione per ridurre i rischi connessi a movimenti indesiderati/pericolosi del robot, erroneamente richiesti dall'utente.

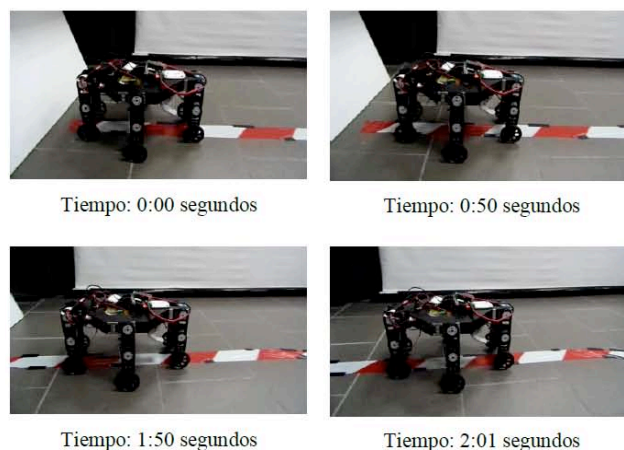


Fig. 4: Il Cassino Hexapod II in un esperimento di inseguimento di traiettorie

Il Cassino Hexapod presenta la capacità di evitare piccoli ostacoli oltre alla possibilità di variare l'altezza e l'orientazione della piattaforma. L'inclinazione della piattaforma e le accelerazioni sono costantemente monitorate, mediante un giroscopio e accelerometri triassiali. Altri sensori

possono essere previsti per esigenze specifiche dell'applicazione museale.

Si noti che il Cassino Hexapod presenta ampia versatilità e costi relativamente contenuti. Tuttavia, in una prima fase del progetto, può essere opportuno prendere in considerazione soluzioni basate su piattaforme robotiche mobili di tipo commerciale, opportunamente modificate come mostrato nello schema di Fig. 5. Tali soluzioni presentano capacità di movimentazione su superfici piane (pavimento di un museo) sufficienti per le esigenze del presente progetto. Inoltre, pur presentando una minore versatilità, i robot a ruote commerciali sono di costo contenuto, sono facilmente gestibili da remoto e dispongono di numerose librerie di controllo, ampiamente sviluppate e collaudate.

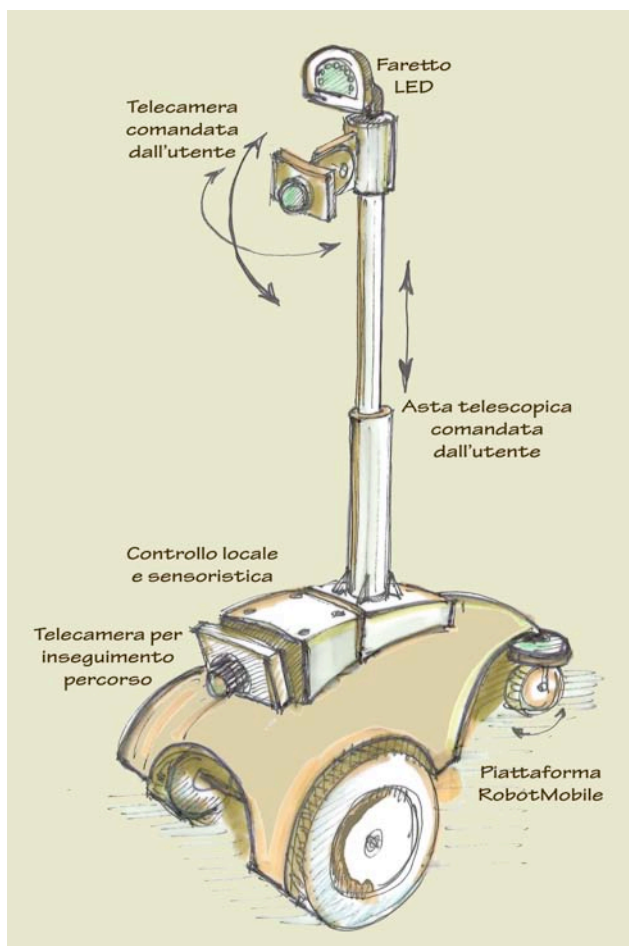


Fig. 5: Schema di integrazione di una piattaforma robotica mobile (a ruote) con un'asta telescopica e relativa sensoristica

2.3 Progetto Informatico

Il gruppo di lavoro di Sistemi di Elaborazione delle Informazioni all'interno dell'Università di

Cassino e Lazio Meridionale, rappresenta la parte informatica del laboratorio LIT. Il gruppo si occupa prevalentemente di attività relative all'elaborazione delle informazioni che derivano dall'analisi di immagini e di Pattern Recognition. In questo ambito il gruppo costituisce una realtà con la quale si confronta la letteratura internazionale ormai da diversi anni³.

I passi necessari per elaborare un'immagine, come quella che può essere acquisita dal sistema di visione del robot, vengono identificati nelle fasi di preprocessing, estrazione delle feature e classificazione. Eventualmente per migliorare le performance di riconoscimento possono essere effettuate operazioni di ottimizzazione delle varie fasi. Nell'articolo De Stefano, Fontanella, Maniaci and Scotto di Freca (2011) sono descritte le tre fasi applicate alle immagini acquisite da un manoscritto antico. Il lavoro svolto ha avuto lo scopo di identificare i diversi copisti che hanno collaborato alla stesura dell'opera, nella fattispecie la bibbia atlantica di Avila. Riconoscere un oggetto in una scena o lo stile di scrittura di un copista in un testo richiede una caratterizzazione appropriata del pattern da riconoscere. Nell'articolo su citato tale caratterizzazione veniva fatta grazie all'aiuto di un esperto del testo antico, mentre nell'articolo De Stefano, D'Elia, Marcelli and Scotto di Freca (2007) la segmentazione del manoscritto corsivo contemporaneo risultava caratterizzare stabilmente la scrittura di mani molto diverse perché il modello utilizzato veniva fatto derivare dallo studio approfondito del modello che c'è alla base del processo di generazione della scrittura.

La conoscenza del contesto nel quale costruire un sistema di classificazione è fondamentale perché può guidarne la progettazione e renderne affidabili i risultati, nonché aumentare le percentuali di riconoscimento. Quando c'è, questa conoscenza ci consente di costruire sistemi di classificazione ad hoc altamente performanti per la specifica applicazione. Spesso però, data l'alta complessità degli oggetti da riconoscere, o la non completa conoscenza da parte degli esperti del pattern da riconoscere ci si affida a modelli statistici per valutare la bontà delle features (caratteristiche) individuate o della regola di classificazione scelta. In quest'ambito vengono

³ Per un elenco dettagliato delle pubblicazioni del gruppo di Sistemi di elaborazione delle informazioni dell'Università di Cassino: <http://webuser.unicas.it/fontanella/pubbs.html>.

adoperate tecniche statistiche per la scelta delle caratteristiche migliori come mostrato in De Stefano, Fontanella, Marrocco and Scotto di Freca (2014) o se si vuole ottimizzare il passo di classificazione, tecniche di combinazione di

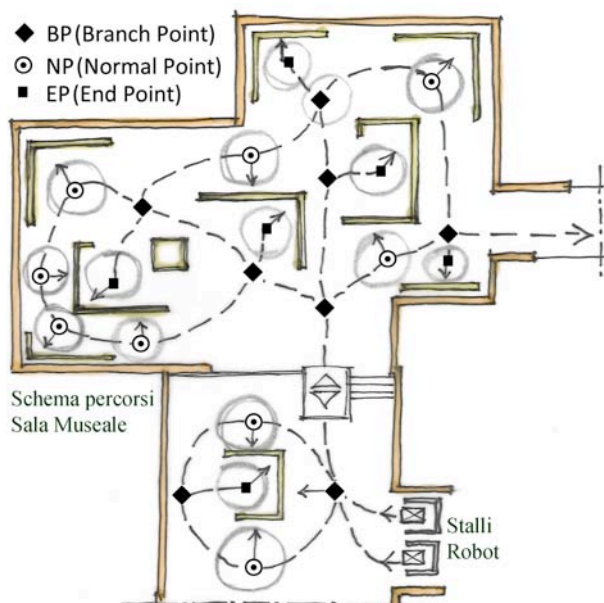


Fig. 6: Schematizzazione di un percorso di visita

di classificatori vengono usate per migliorare le prestazioni dell'intero sistema De Stefano, Folino, Fontanella, Scotto di Freca (2014). Una volta individuata l'opera d'arte nel museo, attraverso la visualizzazione dell'opera o di un codice identificativo della stessa, un interessante punto che si intende sviluppare grazie a questa collaborazione tra gli esperti di pattern recognition e quelli del laboratorio DART è la creazione di una realtà aumentata a corredo delle opere sulle quali l'attenzione del visitatore si ferma. Per ogni opera del museo si immagina poter raccogliere materiali riguardanti aspetti storici, documenti, curiosità, immagini relative a rifacimenti passati, che possano aver comportato un cambio di forma dell'opera. Tali contenuti verranno elaborati sotto forma di filmati sovrapponibili alla visualizzazione dell'opera o come detto, attraverso elaborazioni grafiche digitali e modelli virtuali 3D.

Architetturalmente possiamo immaginare che tali contenuti siano conservati in un database che potrebbe trovarsi su un server web, e che la connessione tra client ossia pc o smartphone dell'utente e server web del museo avvenga tramite http. La comunicazione sarà bidirezionale in modo da consentire all'utente,

non solo la registrazione al servizio di visita del museo e visualizzazione delle visite standard, (funzionalità già gestibili tramite un server web ed DBMS tradizionali), ma anche la guida del robot. Tale guida consentirà la scelta del percorso da visitare a partire dai "branch point" lungo il percorso di visita e la visualizzazione individuale dell'opera che ha scelto di osservare con più attenzione.

Mentre nel front-end l'interfaccia descritta può essere considerata indipendente dal museo sul quale testeremo il progetto, la gestione del back-end deve essere personalizzata sul museo che si intende visitare. Lato museo avremo uno o più robot assemblati con Arduino4 (Arduino, 2014) per la comunicazione wireless e uno o più access point per collegare i robot al sistema di controllo e visualizzazione. Ipotizzando lo scenario di funzionamento più semplice in cui il museo potrà essere visitato con un unico robot e l'area di copertura wireless su gestibile con un unico access point: dal dispositivo master arriveranno i comandi di movimentazione verso il robot e dalle schede video del robot dovranno essere mandati i fotogrammi della visualizzazione dell'opera d'arte e di possibili codici identificativi dell'opera o del "branch point" lungo i percorsi del museo. I codici identificativi dell'opera potranno dare la possibilità all'utente esterno di reperire le informazioni aggiuntive relative all'opera grazie ad un accesso alla banca dati. Il riconoscimento del "branch point" lungo il percorso potrà servire all'utente esterno per scegliere lungo che direzione proseguire la visita.

Questa informazione di preferenza dei percorsi oltre a donare libertà di visita all'utente, potrà essere memorizzata insieme alle preferenze di altri visitatori anche per fare statistiche utili per i museografi.

La scelta del protocollo di comunicazione back-end sarà concordata con i robotici in seguito alla valutazione dei consumi dei dispositivi a bordo del robot, tenendo presente le dimensioni dei segnali di controllo inviati al robot e dei segnali video che dal robot devono essere trasmessi.

Un'architettura di massima del sistema potrebbe essere quella di figura 7. Nel caso ci fosse un'area di visita più ampia del footprint di

⁴ Arduino è una piattaforma elettronica open-source basata su hardware e software easy-to-use.

un unico access point bisognerebbe introdurre di nuovi e quindi studiare lo handoff ossia il comportamento del sistema ricetrasmittente a bordo del robot nel passaggio tra un'area di copertura e l'altra. Se ci fosse la necessità di gestire più visite insieme si dovranno studiare i

in varie attività come: rilievo diretto e strumentale di elementi architettonici ed edilizi oltre che di ambiti territoriali, urbani ed architettonici, l'elaborazione informatica dei rilievi così ottenuti, l'acquisizione, gestione e catalogazione di materiale documentario e

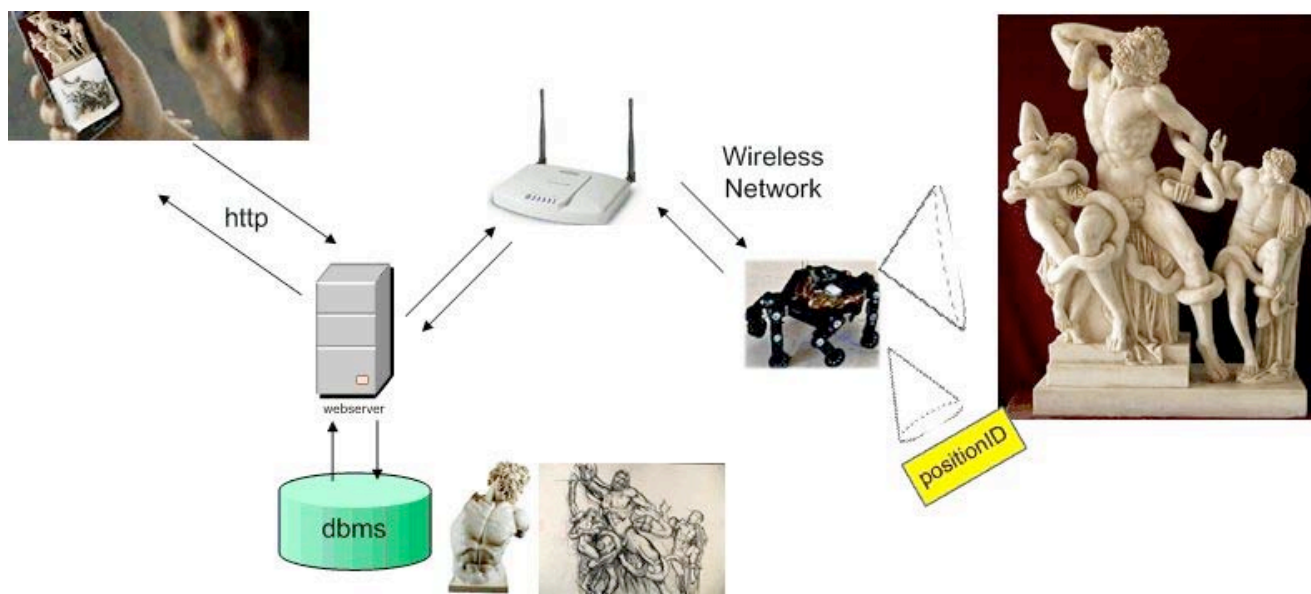


Fig. 7: Architettura del sistema, schema di funzionamento con un unico robot ed un unico access point

comportamenti cooperativi di più robot.

3. La compagine progettuale

Per iniziare questo percorso di ricerca era necessario comporre una compagine progettuale di respiro, che vedesse impegnate a collaborare delle competenze che, nonostante le apparenti diversità e gli ambiti di ricerca non affini, hanno trovato momenti e motivi di confronto e di contiguità culturale in questo progetto, avviando fatiche e fruttuose collaborazioni.

Gli attori principali sono i laboratori DART e LARM (afferenti al Dipartimento di Ingegneria Civile e Meccanica) ed il LIT (affidente al Dipartimento di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione "Maurizio Scarano").

Il DART (Laboratorio di Documentazione, Analisi, Rilievo dell'Architettura e del Territorio) è istituito nel 1999 e da allora l'attività di ricerca si svolge principalmente nell'ambito dell'analisi, rilievo, conservazione del Patrimonio culturale. In particolare, l'attività è focalizzata sullo spettro più ampio dell'analisi e rilievo per l'approfondimento della conoscenza del Patrimonio urbano, architettonico ed archeologico concretizzandosi

cartografico; l'analisi critica di elaborati storici di rilievo, di progetto e di cartografia, la redazione di schede dello stato di conservazione e della natura dei materiali impiegati, la formazione di un repertorio di immagini fotografiche, la predisposizione di una biblioteca di dati utile per ulteriori sviluppi oltre alla trascrizione automatica dei dati di archivio reperiti, la ripresa, riproduzione ed elaborazione numerica di fotografie, metriche e non metriche ed inoltre l'elaborazione e creazione di Sistemi Informativi Territoriali alla scala urbana e non⁵.

Il LARM (Laboratorio di Robotica e Meccatronica) è stato istituito nel 1990 con finalità delle attività relative allo sviluppo di esperienze e conoscenze per la formazione, la ricerca e la consulenza tecnico-scientifica nei settori dell'Automazione e della Robotica nell'ambito della Ingegneria Meccanica. Le attività del LARM sono anche orientate e disponibili per collaborazioni in ambito industriale e

⁵ Maggiori informazioni sul Laboratorio DART si possono trovare nei siti: <http://webuser.unicas.it/cigola/index.htm> e <http://www.dart.unicas.it/>

professionale al fine di studiare, progettare, e migliorare sistemi meccanici e meccatronici tradizionali ed innovativi. La formazione con sviluppo di tesi su tematiche e prototipi innovativi è orientata a formare ingegneri in grado di affrontare l'innovazione e problemi di nuova individuazione, senza tralasciare l'interesse per le tecniche tradizionali dell'Ingegneria Meccanica⁶.

Il LIT (Laboratorio di Informatica e Telecomunicazioni) è stato istituito nel 1996 con la finalità di gestire attività relative allo sviluppo di esperienze e conoscenze per la formazione, la ricerca e la consulenza tecnico-scientifica nei settori dell'Informatica e delle Telecomunicazioni. Le attività del LIT sono orientate alla didattica ed alla collaborazione con l'ICT di aziende locali e non. Negli anni di attività del LIT sono state prodotte tesi e collaborazioni aziendali volte all'elaborazione di immagini con lo scopo di classificazione dei loro contenuti e gestione di reti di telecomunicazioni⁷.

4. Conclusioni

Al di là dei risultati attesi in termini di sviluppo di una nuova metodologia di fruizione delle opere esposte in un Museo, ci si aspetta anche l'avvio di una nuova visione e di nuove prospettive in questo ambito: inoltre insieme allo sviluppo di una nuova cultura che coinvolga nell'ambito dei BBCC oltre alle metodologie informatiche, di cui si fa già ampiamente uso, anche il settore sottoutilizzato della Robotica, che molte ed importanti possibilità ha da offrire.

⁶ Maggiori informazioni sul LARM si possono trovare nel sito <http://webuser.unicas.it/weblarm/larmindex.htm>.

⁷ Maggiori informazioni sul LIT si possono trovare nel sito: <http://lit.ing.unicas.it>.

REFERENCES

After Dark (2013). <http://afterdark.tate.org.uk>

Apollonio F.I., Gaiani, M., & Sun, Z. (2013). 3D modeling and data enrichment in digital reconstruction of Architectural heritage. In *Proceedings of XXIV International CIPA Symposium* (pp. 43-48). Strasbourg:FR.

Arduino (2014). <http://www.arduino.cc>

Carbone, G. & Ceccarelli, M. (2004). A Mechanical Design of a Low-Cost Easy-Operation Anthropomorphic Wheeled Leg for Walking Machines. *The International Journal Robotic & Management*, 9 (2), 3-8.

Carbone, G., Cigola, M. & Tedeschi, F. (2014). The challenge of architectonic survey and restoration of Historical Sites for service robotics. In *Proceedings of IARP International Workshop on Human Robot Interaction* (pp. 132-137). Frascati, IT: Enea.

Ceccarelli, M. & Cigola, M. (2012). Service robots for restoration of goods of cultural heritage. In *Service Robots and Robotics: Design and Application* (pp. 213-228). Hershey, PEN: IGI Global.

Cicerobot (2006). <http://roboticslab.dinfo.unipa.it/index.php/Research/CiceRobot>

Cigola, M. & Ceccarelli, M. (2008). A robot application for analysis, survey and conservation of historical architectures. In *Robotics and Automation in Construction* (pp. 328-354). Vienna: I-Tech Educational and Publishing.

Cigola, M. (2012). Technologies applied to Cultural Heritage. A robot application in architectural survey. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, 9 (6), 1109-1116.

Cigola, M. & Gallozzi, A. (2014). Nuove tecnologie per l'analisi e la conservazione del patrimonio architettonico. In *Italian Survey & International Experience* (pp. 795-802). Roma, IT: Gangemi.

De Stefano, C., D'Elia, C., Marcelli, A., & Scotto di Freca, A. (2007). Incorporating a wavelet transform into a saliency-based method for on-line handwriting segmentation. *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 21 (1), 43-59.

De Stefano, C., Fontanella, F., Maniaci, M., & Scotto di Freca, A. (2011). A method for scribe distinction in Medieval Manuscript using page layout features. In *Image Analysis and Processing. ICIAP 2011 Proceedings Part II (Lecture Notes in Computer Science)* (pp. 393-402). Berlin, GE: Springer-Verlag.

De Stefano, C., Fontanella, F., Marrocco, C., & Scotto di Freca, A. (2014). GA-based feature selection approach with an application to handwritten character recognition. *Pattern Recognition Letters*, 35 (14), 130-141.

De Stefano, C., Folino, G., Fontanella, F., & Scotto di Freca, A. (2014). Using Bayesian networks for selecting classifiers in GP ensembles. *Information sciences*, 258 (14), 200-216.

Gaiani, M., Benedetti, B., & Apollonio, F.I. (2011). Teorie per rappresentare e comunicare i siti archeologici attraverso modelli critici. *Scires-it*, 2 (1), 33-70.

Tedeschi, F., Carbone, G. & Cafolla, D. (2013). Design and operation of Cassino Hexapod. In *Proceeding of RAAD'2013, 22th International Workshop on Robotics in Alpe-Adria-Aanube Region* (pp. 3-12). Portoroz, SL.

Tedeschi, F. & Carbone, G. (2014). Design Issues for Hexapod Walking Robots. *Robotics*, 3(2), 181-206.

