

Percorso Autonomo Autorizzato

Titolo	ACQUISIZIONE, ANALISI ED ELABORAZIONE DI IMMAGINI E SEGNALI MULTIMEDIALI
Referenti responsabili	(DEIB, PoliMi): prof. Stefano Tubaro, ing. Giacomo Langfelder
Collaborazioni scientifiche nazionali ed internazionali	<ul style="list-style-type: none"> • (DEIB, PoliMi): prof. Augusto Sarti, D.R. Marco Marcon, D.R. Marco Tagliasacchi, prof. Fabio Rocca, prof. Claudio Prati, prof. Umberto Spagnolini • (DMEC, PoliMi): prof. Alfredo Cigada, D.R. Remo Sala • (Dip. Elettronica, PoliTo): prof. Gabriella Olmo, prof. Enrico Magli • (Dip. Elettronica, UniBs): prof. Riccardo Leonardi • (Dip. Elettronica, UniUd): prof. Roberto Rinaldo • (Dip. Elettronica, UniSi): prof. Mauro Barni • (Queen Mary University, London): prof. Andrea Cavallaro • (Imperial College of London): prof. Patrick Naylor, prof. Pier Luigi Dragotti • (Istituto Superior Tecnico, Lisbon): prof. Fernando Pereira • (Humboldt University Berlin): prof. Peter Eisert • (EPFL, Lausanne): prof. Martin Vetterli • (Nuremberg-Erlangen University): prof. Walter Kellermann, prof. Rudolf Rabenstein • (Uni Télécom ParisTech): Béatrice Pesquet-Popescu • (Dept. of EE-Systems, USC, L.A.): prof. Antonio Ortega • (Mississippi State University): prof. James E. Fowler • (Boston University): prof. Janusz Konrad • (New Jersey Inst. of Tech., NJ): prof. O.Simeone, A.Haimovich • (U.C. Berkeley): prof. Kannan Ramchandran • (Canon Development, San Josè, CA): dr. Francisco Imai • (Stanford Electrical Engineering Dept, CA): prof. Peter B. Catrysse • (Stanford Electrical Engineering Dept, CA): prof. Joyce Farrell • (University of Granada): prof. Eva Valero • (HP Lab, CA): dr. Tom Malzbender
Descrizione ed obiettivi	<p>I sensori di immagine sono sempre più diffusi nei dispositivi consumer tra cui gli smart-phone, nelle apparecchiature dedicate alla fotografia digitale e in ambito industriale (ad esempio nel controllo dimensionale, nel controllo qualità, e per il controllo di sistemi robotizzati). Da un lato è richiesto lo sviluppo di sensori di piccole dimensioni, alta qualità, con costi e consumi ridotti. Dall'altro quello di sensori con elevata qualità di immagine, in grado di operare anche in condizioni di illuminazione estreme. Queste necessità del mercato stimolano la ricerca scientifica da un lato allo sviluppo di sensori e metodi di acquisizione innovativi, e dall'altro alla definizione di tecniche di elaborazione dei segnali che si appoggiano alle più avanzate metodologie di elaborazione statistica dei segnali. Nella comunità internazionale si assiste ad un fermento straordinario, con una notevole produzione brevettuale oltre che scientifica.</p> <p>Una moderna linea di sviluppo è quella di sensori "intelligenti", riconfigurabili, che integrino un'opportuna elettronica e siano in grado di svolgere molte funzioni ed eventualmente adattarsi alla scena. La piena digitalizzazione dell'intera catena di produzione-elaborazione-trasmissione-fruizione dei contenuti multimediali ha avuto da poco il suo totale compimento. Audio, immagini, video, testo vengono ora trattati in modo completamente digitale dalla loro creazione (sia in ambiente "consumer" sia professionale) alla loro elaborazione, trasmissione (anche la distribuzione televisiva avviene ormai in forma digitale, DVBT) e fruizione (ad esempio i moderni televisori sono più simili ad un computer che allo schermo catodico presente fino a poco tempo fa nelle nostre case; ed i moderni schermi cinematografici 3D sono possibili solo grazie alla completa digitalizzazione della proiezione). Ciò permette da una parte la nascita di fenomeni completamente nuovi, si pensi ad esempio a YouTube (che ha generato una modalità creazione-fruizione dei contenuti video completamente nuova) o al file-sharing basato su reti peer-to-peer (che</p>

	<p>sta forzando una completa ridefinizione delle modalità per gestire il diritto d'autore), ma dall'altra cambia completamente gli oggetti quotidiani: si pensi a tablet e smart-phones dotati di tele/foto-camera che hanno praticamente sostituito le macchine fotografiche. Nel frattempo stanno nascendo nuovi servizi come la ricerca all'interno di archivi fotografici fatta attraverso ricerche visuali (cerca tutte le immagini connesse ad una di riferimento, cerca tutte le immagini in cui è presente il volto della nonna, ...) e nuove domande di tipo etico: quanto posso credere alla realtà e veridicità di una fotografia o di un video quando essi possono essere manipolati in maniera completamente realistica? Al tempo stesso questa rivoluzione ha creato una serie completamente nuova di applicazioni, ambiti di ricerca/lavoro, professionalità. Da una parte la produzione di programmi televisivi e cinematografici combina in modo "seamless" contenuti reali e virtuali, in questo le competenze di analisi ed elaborazione delle immagini sono essenziali. Applicazioni quali Boujou, realizzato da esperti di elaborazione di immagini (http://www.vicon.com/boujou), hanno completamente cambiato la postproduzione cinematografica. Lo stesso può dirsi per i sistemi di "motion capture", che catturano i movimenti attraverso l'uso combinato di più telecamere e sono alla base delle moderne tecniche di riabilitazione medica e di animazione di attori virtuali. Anche in ambito industriale il controllo della produzione è sempre più affidato a sistemi di visione in grado di valutare con tecniche sofisticate la qualità e perfezione di ogni singolo manufatto attraverso l'analisi delle immagini acquisite lungo la catena produttiva. La valutazione della qualità della produzione di banconote, piastrelle, tessuti, ma anche il grado di maturazione della frutta, la qualità della carne sono oggi affidati a sistemi di visione ed elaborazione statistica delle immagini.</p> <p>I sistemi di guida automatica (o assistita) di veicoli utilizzano in modo massiccio informazioni ottenute dall'analisi delle immagini da telecamere multiple poste sulla parte frontale dell'autoveicolo. Anche in ambito ludico le applicazioni di acquisizione ed elaborazione delle immagini si stanno sempre allargando, Microsoft con i sistemi kinect ad esempio propone una modalità di interazione con i videogiochi senza l'uso di joystick basato proprio sull'utilizzo di telecamere per catturare i gesti del giocatore.</p> <p>Immagini da satelliti multipli, o immagini del sottosuolo rappresentano domini applicativi dove i sensori di immagine sono rappresentati da antenne a microonde su un satellite a bassa-quota oppure una sorgente sismica sul terreno. Le tecniche di elaborazione per le immagini si arricchiscono di una conoscenza approfondita della propagazione delle onde per arrivare a focalizzare immagini con estrema precisione, specie se si pensa alle incertezze dell'esperimento (p.e., errore di alcuni millimetri da un satellite).</p> <p>Una simile evoluzione si riscontra nel settore audio, dove l'analisi dei segnali sta progressivamente rivoluzionando le applicazioni disponibili su dispositivi mobili (smartphone). Sono sempre più diffuse le applicazioni che prevedono un'interazione basata sul linguaggio naturale (ad es. SIRI su piattaforma IOS, oppure in "Google Now"), e cominciano a diffondersi applicazioni che inferiscono lo stato emotivo dell'utente dalla voce e dal movimento, oppure che modellano le preferenze musicali dai contenuti stessi del proprio archivio. Sono disponibili nel mercato dispositivi che consentono di localizzare il parlatore e focalizzare l'attenzione sulla sua voce, per meglio riconoscere e interpretare quanto dice. Un ambito particolarmente promettente dell'elaborazione di segnali audio è quello del <i>music information retrieval</i>, che utilizza tecniche di elaborazione statistica dei segnali per ricavare descrittori a vario livello di astrazione (semantica), che consentono di navigare più agevolmente nel mare di contenuti musicali oggi disponibile sulla rete. Sempre in questo ambito sono disponibili tecnologie per la generazione di stream audio personalizzati (ad es. LastFM, StereoMood, Spotify).</p> <p>Va infine osservato come negli ambiti legati alla produzione video e musicale s'incontrino sempre più frequentemente personalità che coniugano capacità artistiche e competenze legate all'elaborazione dei segnali.</p>
Piano di studi	<p>Il Piano di Studi è quello del PSPA di "Statistica" con l'obbligo di alcuni esami caratterizzanti le tematiche dell'acquisizione ed elaborazione di segnali ed immagini:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 088741 – <i>Optoelectronic systems and digital imaging</i> (10 CFU, obbligatorio): è un corso della LM di Ing. Elettronica, da selezionare "in effettivo" nella Tab. ING; 2) 093267 – <i>Digital signal processing</i> (10 CFU, obbligatorio): da selezionare "in

	<p>effettivo” nella Tab. STAT;</p> <p>3) 095978 – <i>Audio and video signals</i> (8 CFU, obbligatorio): da selezionare “in effettivo” nella Tab. SC.</p>
Alcune Tesi discusse	<ul style="list-style-type: none"> • Vittorio Tormolini (Ing. Eln.): <i>Sensori CMOS spettralmente accordabili: sperimentazione in tecnologia frontside e studio di fattibilità di strutture backside</i>, 2014 • Alessandro Camarda (Ing. Inf.): <i>Scene Classification for Mountain Landscape Recognition from User Generated Images</i>, 2014 • Lorenzo Gaborini (Ing. Mtm.): <i>Image tampering detection and localization</i>, 2014 • Francesca Raimondi (Ing. Mtm.): <i>Signal processing for passive seismic and application to Argentière glacier</i>, 2014 • Pier Francesco Piazza (Ing. Mtm.): <i>Analisi congiunta di flussi audio-video per l'estrazione di informazioni sulla volumetria delle scene riprese</i>, 2013 • Antonio Bolognino (Ing.Tlc.): <i>Consensus-based inference methods and cooperative wireless networks</i>, 2013 • Gloria Soatti (Ing.Tlc.): <i>Distributed estimation of multi-link channel in dense cooperative networks</i>, 2013 • Giorgio Sandrini (Ing. Mtm.): <i>Acoustic Imaging in the Ray Space: Application to Environment Inference</i>, 2012 • Simone Battaglia, (Ing. Inf.): <i>Individuazione della moto-interpolazione in sequenze video</i>, 2012 • Angelo Panichella (Ing. Inf.): <i>Identificazione del cambio di bitrate attraverso modelli di stima della qualità in modalità no-reference</i>, 2012 • Davide Totaro (Ing. Inf.): <i>Example-base definition of high-level descriptors of musical excerpts</i>, 2012 • Daniel Alberto Rodriguez Salgado (Ing. Inf.): <i>Music recommendation system based on audio segmentation and feature evolution</i>, 2012 • Luca Chiarandini (Ing. Tlc.): <i>Automatic audio compositing system based on music information retrieval</i>, 2012
Tesi disponibili	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Compressed sensing and sparse recovery</i> • <i>Statistical signal processing over sparse geometric graphs</i> • <i>Video tampering detection through compression history analysis, estrazione di parametri di compressione dal bitstream per cercare tracce di compressione multipla</i> • <i>Video tampering detection exploiting steganalitic methods, applicazione di metodi di steganalisi per la detection di modifiche video</i> • <i>Video splicing detection and localization using no reference quality metrics, uso di statistico di metriche no-reference nell'analisi video per riconoscere manipolazioni</i> • <i>Who's best? Image/video quality comparison, ordinare sequenze video o immagini in base alla loro qualità (blurring, logo insertion, crop, etc.)</i> • <i>Odometria visuale e ricostruzione di scena 3D da singola telecamera in moto</i> • <i>Stima diretta delle mappe di visibilità acustica basata su analisi di segnali audio acquisiti con schiere di microfoni</i> • <i>Feature-based on-the-fly genre classification of audio streams</i> • <i>Non-invasive affective browsing of audio content</i> • <i>Ottimizzazione delle sensitività spettrali in sensori CMOS multi-canale per imaging multi-banda</i> • <i>Sensori d'immagine CMOS filterless in tecnologia backside</i> • <i>Sensori RGB/IR per rivelazione di immagini 3D</i> • <i>Sensori riconfigurabili ad elevato range dinamico per acquisizione di immagini a colori in condizioni di illuminazione fortemente variabili</i> • <i>Simulazione microelettronica di sensori sensibili al colore basati sulla diffusione</i> • <i>Relazione tra sharpening dei filtri e progetto delle microlenti in sensori sensibili al colore</i> • <i>Studio ed ottimizzazione della intersezione tra lo spazio cromatico visibile e quello di un sensore di acquisizione di immagini con filtri accordabili</i>

Tirocini	Su richiesta degli studenti è possibile attivare tirocini presso enti industriali italiani ed esteri.
Sbocchi lavorativi	<p>Il piano di studi proposto offre una forte qualificazione legata agli ambiti connessi alla acquisizione, elaborazione e fruizione di contenuti multimediali. A valle del conseguimento della Laurea Magistrale gli sbocchi lavorativi sono molteplici sia in ambito nazionale sia internazionale. Essi spaziano dalla grande industria specializzata nella produzione di dispositivi elettronici, ad esempio ST Microelectronics che ha una forte produzione di telecamere per dispositivi mobili e di sistemi per l'elaborazione e miglioramento delle immagini, alle imprese impegnate nello sviluppo di sistemi di visione per i processi industriali. Vi sono inoltre opportunità legate a società impegnate nello sviluppo di applicazioni ad hoc per la post-produzione televisiva e cinematografica. Da non dimenticare inoltre gli ambiti connessi al mondo della sicurezza e videosorveglianza ove la necessità di sistemi automatici per l'analisi di immagini è in continua crescita. L'osservazione della terra ed il telerilevamento sono ambiti nei quali le conoscenze di elaborazione delle immagini hanno vasta possibilità di applicazione dalla ricerca di fonti energetiche alternative alla riduzione di emissioni e controllo dell'ambiente. Per ciò che riguarda l'elaborazione dei segnali audio le opportunità di lavoro spaziano dalla post-produzione musicale, al controllo attivo e passivo del rumore, alla pianificazione dell'impronta sonora di oggetti e beni di consumo (si pensi a quanto il giudizio che diamo di un'auto sia influenzato dal rumore dello scarico o della chiusura di una portiera!).</p>