

Editoriale

ing. Gianfranco **Barbieri**
Direttore di
"Elettronica e
Telecomunicazioni"

“La televisione muta pelle e torna al centro dello sviluppo”. Così scriveva Carlo Sartori (Media Duemila - n.216 - Maggio 2004) con riferimento alla “rivoluzione copernicana”, propiziata dall’avvento del digitale, che sta profondamente trasformando la struttura ideativa e distributiva di questo servizio. Grazie alla convergenza con le tecnologie digitali intelligenti ed alle potenzialità offerte dai nuovi servizi il telespettatore, da soggetto passivo, può trasformarsi in utente in grado di dialogare e interagire con il proprio teleschermo. La diffusione radiotelevisiva è stata fino ad oggi intesa come strumento per la distribuzione del materiale audiovisivo su vaste aree di servizio, in dicotomia con i servizi di telecomunicazione caratterizzati invece da connessioni bidirezionali “punto-a-punto”. I due comparti hanno tradizionalmente operato svolgendo funzioni complementari ma i nuovi standard digitali forniscono oggi al mezzo televisivo le risorse tecnologiche per entrare nel mondo della ricezione mobile e della bidirezionalità, consentendo

all’utente di fare le sue scelte in modo più ragionato e di navigare come in Internet (anche se con potenzialità più limitate). Gli scenari che si aprono sono alquanto variegati: dall’offerta dei convenzionali servizi di intrattenimento all’*e-commerce*, ai servizi per la mobilità o, infine, ai servizi per la Pubblica Amministrazione. Di notevole rilievo sarà, soprattutto, la possibilità di accedere attraverso il televisore, con interfacce di facile accesso anche ad utenti con limitata cultura informatica, ad una molteplicità di servizi oggi fruibili tramite Internet con particolare attenzione ai servizi di utilità sociale.

Il progetto “Piemonte On Air” su cui è incentrato il primo articolo di questo numero è inquadrato nelle attività di sviluppo della TV digitale terrestre (DTT) in Piemonte e si propone di realizzare un portale di servizi interattivi mediante il quale si intende sperimentare la possibilità di veicolare una parte dei contenuti informativi presenti sul sito della Regione Piemonte.

Un secondo aspetto della “rivoluzione copernicana” è costituito dalla moltiplicazione dei canali che avrà come conseguenza un vorticoso incremento dell’offerta, per numero e per tipologia, di programmi. La capacità di ottimizzazione dei metodi di produzione dei programmi rappresenterà una sfida alla quale i Radiodiffusori, operanti in una arena ove la concorrenza è agguerrita, si giocheranno la loro stessa sopravvivenza. In tale contesto, gli archivi dei materiali audiovisivi costituiranno un patrimonio sempre più prezioso e le metodologie di memorizzazione, ricerca e accesso alle risorse in essi contenute richiederanno una automatizzazione sempre più sofisticata. L’articolo su “*Image Analysis*” introduce la problematica della classificazione automatica dei contenuti; Le aree di interesse delle tecniche di *Image and Video Retrieval* sono di interesse non soltanto per la produzione televisiva, ma riguardano tutte quelle applicazioni che richiedono il veloce e preciso recupero dell’informazione visiva all’interno di grandi archivi multimediali: riconoscimento di volti ed impronte digitali, analisi di immagini riprese da satelliti, confronto di immagini per la diagnostica in ambito medico, telesorveglianza.

La rivoluzione digitale permette di offrire agli utenti disabili strumenti adatti a ridurre il gap che può rendere poco fruibili molti servizi. Durante il Forum della Pubblica Amministrazione, che si è tenuto a Roma dal 9 al 13 maggio 2005, Il Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica della Rai ha presentato un sistema innovativo che permette di realizzare un servizio di traduzione gestuale per non udenti per le piattaforme digitali. L’articolo “Descrizione mediante linguaggio dei segni sui canali DTT” si riferisce ad uno studio di fattibilità in cui viene dimostrato come la televisione digitale terrestre possa superare alcuni limiti insiti nel sistema di diffusione analogico e quindi, in prospettiva, consentire un ampliamento dei servizi di descrizione mediante linguaggio dei segni, già offerto dalla Rai, ma attualmente limitato ad alcune edizioni del telegiornale.

Ultimo, ma non in ordine di importanza, un articolo che in chiave descrittiva, ed in parte piacevolmente ironica, ci offre una vivace panoramica sull’evoluzione del concetto di “Alta Definizione” dagli albori della televisione ai nostri giorni, con alcune interessanti proiezioni sul prossimo futuro. L’articolo riprende una serie di temi già trattati in precedenti numeri della rivista quali, in particolare, le tecnologie dei display. Nella catena della riproduzione delle immagini il display ha da sempre giocato un ruolo determinante e la sua evoluzione tecnologica ha condizionato in misura significativa l’ideazione dei nuovi servizi.

Il progetto POA (Piemonte On Air): un portale regionale di servizi sulla TV digitale terrestre



1. Introduzione

La Regione Piemonte, nell'ambito del "Progetto di sperimentazione, implementazione e sviluppo del digitale terrestre in Piemonte", ed in particolare nel sottoprogetto "P.O.A. – Piemonte On Air", ha stipulato nel Maggio 2004 una Convenzione con la Rai per la realizzazione di un portale di servizi interattivi in tecnologia DTT.

Obiettivo dell'iniziativa era quello di sperimentare la possibilità di veicolare una parte dei contenuti informativi presenti nel sito Internet della Regione Piemonte sui canali televisivi digitali terrestri, attraverso la realizzazione di una specifica applicazione interattiva, fruibile dai cittadini dotati di decoder DTT (o *Set Top Box*, STB) basati sulla tecnologia MHP [1] (*Multimedia Home Platform*).

Una prima versione del portale con alcuni servizi dimostrativi è stata messa in onda nel mese di Luglio 2004, nell'area coperta dal trasmettitore Rai di Torino-Eremo. Successivamente i servizi sono stati ampliati e nuovi servizi si sono aggiunti fino a completare la versione attualmente in onda da Febbraio 2005.

ing. Gino **Alberico**
ing. Michele **Visintin**
Rai
Centro Ricerche e
Innovazione Tecnologica

Sommario

A seguito del lancio della Televisione Digitale Terrestre nel 2004, sono state avviate una serie di iniziative per lo sviluppo di servizi interattivi sia legati alla programmazione televisiva, sia di utilità per il cittadino in collaborazione con la Pubblica Amministrazione e gli Enti locali. In questo ambito, ed in considerazione della possibilità di regionalizzare la diffusione del segnale DTT, il Centro Ricerche ha avviato con la Regione Piemonte lo sviluppo del primo portale regionale trasmesso sul canale digitale terrestre. Il portale, in onda dal Febbraio 2005, comprende servizi con contenuti informativi prelevati dal sito Internet della Regione Piemonte e adattati per la fruizione tramite decoder interattivo DTT-MHP.

2. Progettazione del portale

2.1 Considerazioni preliminari

Per effettuare con successo la “conversione” di un servizio dal mondo Web al mondo della TV interattiva, occorre tener presenti alcuni vincoli derivanti dalle diverse modalità di utilizzo:

- lo schermo TV ha una definizione inferiore a quella di un monitor per PC: di conseguenza, non tutte le pagine Internet sono visualizzabili per intero, senza modifiche, in modo leggibile sul TV (specialmente se i caratteri sono molto piccoli);
- poiché la navigazione tra le pagine in TV avviene utilizzando il normale telecomando e non il mouse, i “collegamenti ipertestuali” (*link*) e i menù delle pagine Internet devono essere “trasformati” in opzioni da selezionare attraverso i tasti del telecomando (freccie, numeri, colori) ed inoltre non devono essere presenti in numero eccessivo su ciascuna pagina;
- nel caso in cui le informazioni siano molto estese (ad esempio un testo molto lungo) la visualizzazione può essere “adattata” su più pagine TV, ma occorre tener presente che la lettura, attraverso lo scorrimento sullo schermo, di un testo articolato su molte pagine è piuttosto disagiata e dovrebbe essere evitata.

Altri vincoli derivano invece dal fatto che il decoder della TV interattiva, ha minori capacità di elaborazione (CPU, memoria) di quelle di un Personal Computer, è privo di supporti di memorizzazione di massa (hard-disk, CD) ed inoltre si basa su un diverso sistema operativo:

- talvolta le informazioni reperibili sulle pagine Internet sono collegate a documenti memorizzati in molteplici formati (Word, Excel, PDF, Powerpoint, etc.) e quindi sono accessibili solo in presenza del relativo programma (o di un visualizzatore). Quasi mai è possibile “installare” tali programmi a bordo di un decoder, quindi le informazioni devono essere “convertite” (laddove possibile) in un formato “leggibile” da un’applicazione interattiva.

2.2 Tipologie di servizi interattivi

Nella fase preliminare di definizione dei servizi da sviluppare e inserire nel portale sono state identificate varie categorie di servizi, ciascuna con diverse caratteristiche e implicazioni relativamente ai processi di gestione e aggiornamento del flusso informativo.

Servizi “statici”

Servizi il cui contenuto non varia nel tempo (prevalentemente statico nell’arco di qualche mese).

- Lato Utente: interattività locale sul decoder senza l’utilizzo del modem.
- Lato Centro Servizi: l’aggiornamento dei contenuti è ottenuto di solito modificando la versione del servizio interattivo in onda dopo l’intervento di una redazione.

Servizi “dinamici” con aggiornamento via Web

Si tratta di servizi in cui le informazioni messe in onda possono essere aggiornate dinamicamente dal fornitore dei contenuti automaticamente, ogni volta che ne viene effettuata la pubblicazione su un sito Web.

- Lato utente: Interattività locale sul decoder senza l'utilizzo del modem.
- Lato Centro Servizi: aggiornamento automatico delle informazioni in onda tramite accesso diretto al sito Web contenente le informazioni.

Esempio: pagine web che forniscono informazioni variabili ma uguali per tutti gli utenti, senza personalizzare la risposta in funzione della richiesta specifica dell'utente (manifestazioni nelle maggiori città della Regione)

Servizi "dinamici" con accesso a Database

Sono simili ai precedenti, tranne che l'accesso ai dati avviene alla fonte informativa (database) che alimenta il sito Web. Rispetto al caso precedente un'eventuale rifacimento "editoriale" del sito Web, fermo restando il contenuto dei dati nel database, non dovrebbe comportare variazioni nell'alimentazione del servizio interattivo DTT.

- Lato utente: Interattività locale sul decoder.
- Lato Centro Servizi: aggiornamento automatico delle informazioni in onda tramite accesso ai database.

Esempi: servizi con icone posizionate su mappe del territorio che presentano informazioni dinamiche (informazioni sulla viabilità, meteo, ...) in un formato editoriale adattato per l'utilizzo su televisore e diverso da quello pubblicato su Web.

Servizi "interattivi" (dinamici con interattività via modem)

Servizi in cui l'utente, attraverso una connessione modem su linea telefonica, può consultare database remoti oppure ottenere l'accesso ai suoi dati personali.

- Lato utente: Interattività tramite modem su linea telefonica (o altro tipo di canale di ritorno).
- Lato Centro Servizi: deve supportare la connessione via modem degli utenti inoltrando le richieste al fornitore del servizio e le relative risposte nuovamente all'utente tramite il canale di ritorno (via modem).

Esempi: servizi di consultazione generici (orario trasporti, informazioni sulla viabilità, farmacie di turno) o personalizzati (pagamenti, richiesta certificati, prenotazione visite).

2.3 Analisi preliminare dei servizi disponibili

Al fine di selezionare i contenuti del portale DTT, sono stati analizzati i servizi disponibili sui siti web della Regione [2], cercando di individuare quelli più idonei ad essere "convertiti" per la fruizione su decoder DTT senza richiedere un'edizione specifica del contenuto.

Per ognuno dei servizi oggetto dell'analisi preliminare sono stati analizzati in dettaglio i contenuti disponibili ed in particolare:

- quantità di dati: numero di pagine, lunghezza, utilizzabilità, collegamenti con altre pagine;
- frequenza di aggiornamento dei dati (statici, dinamici, ...);
- struttura dell'informazione: ipertesto, database, inserita nella grafica, ecc.

Tenendo presenti i vincoli precedentemente descritti, l'analisi preliminare dei servizi ha permesso di individuarne alcuni "trasferibili" e "adattabili" per l'utilizzo all'interno di un portale di TV interattiva. Altri servizi, seppur interessanti, sono purtroppo stati esclusi in quanto avrebbero richiesto una radicale revisione dell'impostazione edito-

riale, comportando quindi anche da parte dell'editore una lavorazione aggiuntiva, specifica per il DTT, i cui costi non erano coperti dall'iniziativa.

L'analisi preliminare ha inoltre consentito di evidenziare che, per alcuni servizi, la quantità di pagine o informazioni disponibili è eccessiva, sia rispetto alla capacità trasmissiva disponibile, sia rispetto alle possibilità di una agevole consultazione sul televisore da parte dell'utente.

3. I servizi sviluppati nel portale POA

3.1 Impostazione generale del portale

Struttura del portale POA

Particolare attenzione è stata posta nella fase di definizione della "logica di navigazione" tra le pagine e tra i diversi servizi all'interno del portale, nella scelta dei tasti utilizzati per la navigazione e nella definizione della grafica costituente l'interfaccia utente, con l'obiettivo di rendere l'applicazione facilmente utilizzabile e leggibile sullo schermo televisivo.

Il portale è organizzato in 4 sezioni, ciascuna accessibile direttamente da qualsiasi pagina tramite uno dei 4 tasti colorati presenti sul telecomando (Rosso, Verde, Giallo, Blu). Le sezioni comprendono al loro interno gruppi di servizi "omogenei" come riportato di seguito:

GOVERNO (tasto Rosso): servizio "statico" comprendente pagine con informa-

zioni "istituzionali" relative alla Regione (Presidenza, Vice-Presidenza, Assessorati, uffici, indirizzi, numeri di telefono);

NOTIZIE (tasto Verde): servizi "dinamici" comprendenti sia pagine con le notizie pubblicate sul sito della Regione, sia pagine con informazioni meteorologiche (fornite dall'Arpa);

SERVIZI (tasto Giallo): servizio "interattivo" legato al Progetto TeleAnziani, per la richiesta, attraverso un codice personale, di servizi e/o la prenotazione di visite mediante Call Center facenti capo alla ASL 1 ed a Centri di Volontariato.

PIEMONTE EMOZIONI (tasto Blu): servizi "dinamici" comprendenti pagine relative alle manifestazioni e agli itinerari turistici in Piemonte.

Nella figura 1 è riportata la pagina iniziale con cui si presenta l'applicazione interattiva una volta lanciata (a partire dal programma RaiTre).

Albero di navigazione

I servizi all'interno delle sezioni del portale sono tutti facilmente individuabili e sono tutti raggiungibili attraverso un percorso che richiede al massimo 3 selezioni, realizzate attraverso l'uso dei tasti numerici del telecomando (solo per i servizi di TeleAssistenza sono necessari 4 passaggi per l'accesso).

Una rappresentazione semplificata dell'albero di navigazione è riportata nella figura 2, in cui sono stati omessi i "rami" di dettaglio con i contenuti specifici di ciascun servizio.

Fig. 1 - Pagina iniziale del portale POA (Piemonte-on-air).

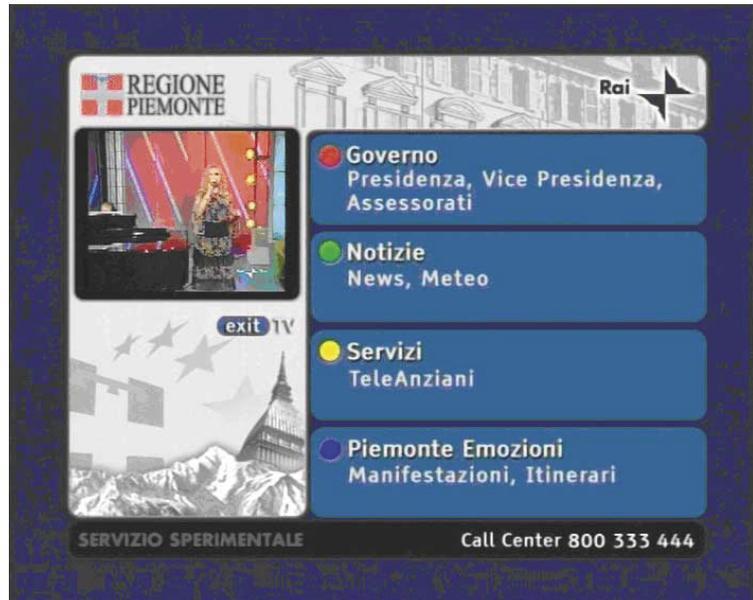
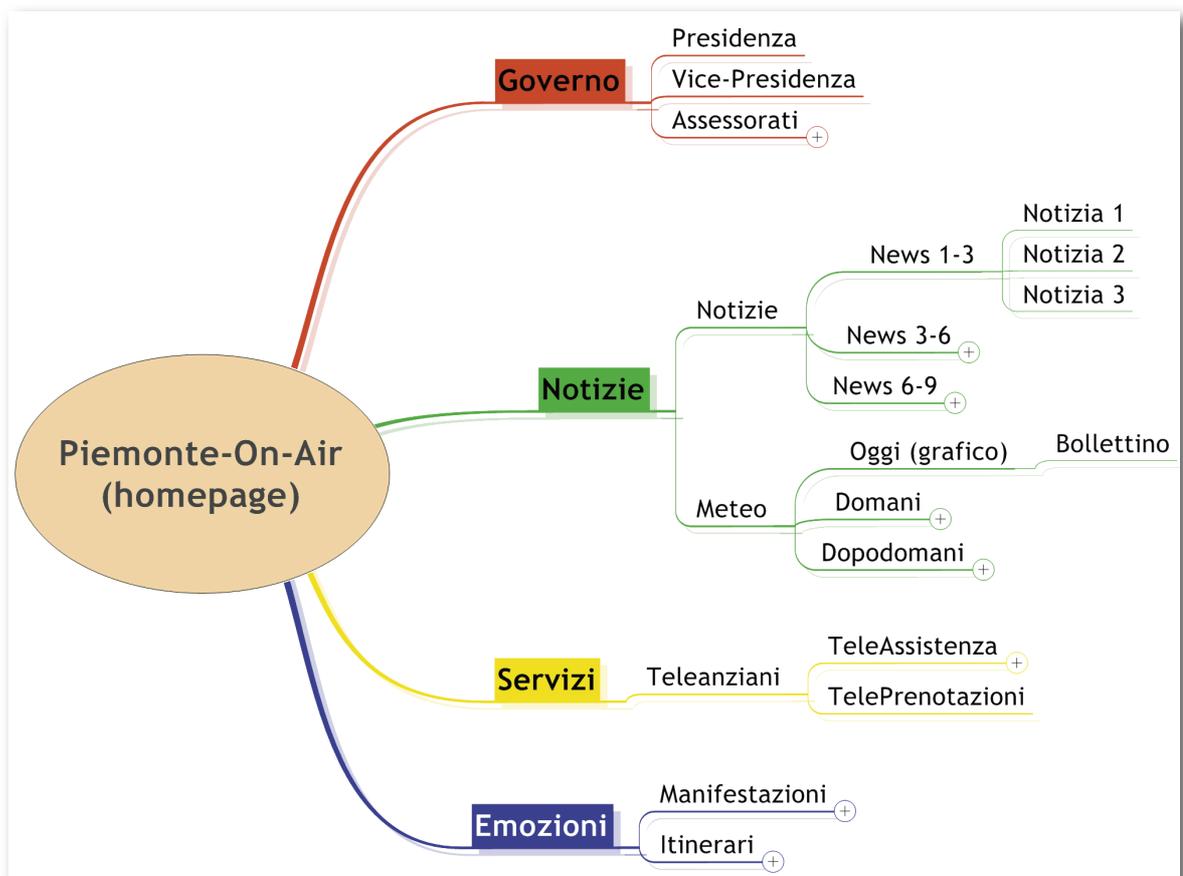


Fig. 2 - Albero di navigazione



Tab. 1 - Servizi sviluppati

Sezione (numero di pagine)	1° livello	2° livello
Governo Regionale (18)	Homepage	
	Presidenza	foto + testo
	Vice Presidenza	foto + testo
	Assessorati	foto + testo (1-13)
Notizie (90 - 95)	Notizie	News 1-9 (foto e titoli)
	Meteo	Oggi (grafica + testo)
		Domani (grafica + testo)
		Dopodomani (grafica + testo)
Servizi (20)	Tele Anziani	Tele-Assistenza
		Tele-Prenotazioni
Emozioni (130)	Manifestazioni	Cultura, Storia, Teatro, Musica, Arte, Folklore, Religione, Altro
	Itinerari	12 itinerari proposti a rotazione (3 alla settimana)

3.2 I servizi sviluppati

Sulla base delle considerazioni espresse precedentemente per la progettazione del portale, e a seguito degli accordi intercorsi con la Regione Piemonte, si è definito lo sviluppo dei servizi riportati nella tabella 1.

Il portale si articola complessivamente su oltre 250 pagine provenienti da diverse fonti e gestite con diverse modalità di aggiornamento come riportato nella tabella 2.

Tab. 2 - Tipologia servizi, fonti e aggiornamento

Sezione	1° livello	fonte	modalità aggiornamento	frequenza aggiornamento	applicazione
Governo Regionale	Presidenza	sito WEB regionale	manuale	nessuna	statica
	Vice Presidenza				
	Assessorati				
Notizie	Notizie	sito / CSI	automatica	oraria	dinamica (da DB)
	Meteo	ARPA			
Servizi	Tele Anziani	enti e associazioni locali	manuale	n.a.	interattiva
		ASL			
Emozioni	Manifestazioni	CSI	automatica	giornaliera	dinamica
	Itinerari			rotaz. settiman.	

4. Accesso al servizio e diffusione

4.1 Accesso al portale Piemonte-on-air

Per accedere alle applicazioni interattive sui canali Rai DTT è presente un'applicazione chiamata **Launcher** che si attiva automaticamente quando l'utente si sintonizza su un qualsiasi canale digitale Rai. Il **Launcher** è attivo in *background* e, normalmente, non si manifesta a video finché l'utente non preme il tasto Rosso del telecomando. Il **Launcher** permette la

navigazione tra i canali televisivi e contestualmente presenta all'utente i servizi interattivi disponibili in un dato momento su ogni canale.



Alcune schermate relative alle varie sezioni del portale. Dall'alto in basso: "Notizie", "Meteo", "Piemonte emozioni"

Il portale POA, è stato associato al canale televisivo RaiTre, ed è pertanto accessibile durante la visione del programma RaiTre. Premendo il tasto Rosso, nel *Launcher* vengono indicate le applicazioni interattive disponibili, come mostrato in figura 3, e, selezionando con le frecce "Piemonte On Air", si può avviare il portale POA premendo il tasto OK del telecomando.



Fig. 3 - Accesso al portale OA dal canale RaiTre

4.2 Copertura territoriale del segnale

Per la messa in onda delle applicazioni a carattere regionale, la Rai dispone, al momento, di una frequenza sul canale 66 (UHF) irradiato dal trasmettitore di Torino Eremo. Tale trasmettitore copre la città di Torino e una parte del territorio piemontese, come indicato dalla cartina in figura 4.

In Piemonte ci sono, oltre a quelle indicate nella cartina, altre aree coperte dal servizio DTT con diversi impianti trasmettenti, che però non possono, al momento, essere agganciati ai contenuti regionali in quanto il segnale da essi irradiato copre anche il territorio lombardo.

5. Dati sull'utilizzo del servizio (rilevati dal panel Rai)

La Rai, nell'ambito di un progetto di sperimentazione ha distribuito ad un panel di utenza amica, uno speciale decoder DTT che consente di "monitorare" l'utilizzo dei servizi TV ed interattivi allo scopo di valutare il gradimento dell'offerta interattiva.

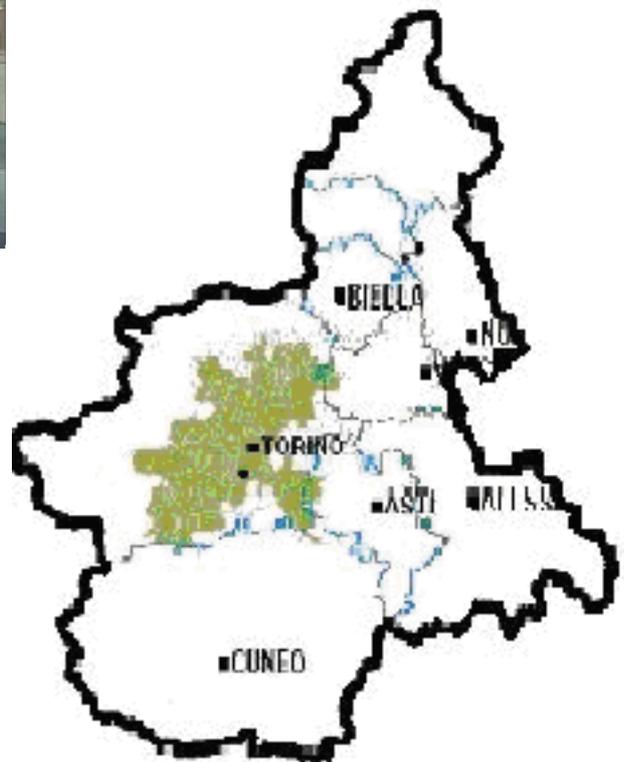


Fig. 4 - Area di copertura del servizio

Il portale di servizi POA è accessibile da tutti gli utenti dell'area torinese equipaggiati con decoder DTT. Il tracciamento dei dati è attivo dal mese di Gennaio 2005 ed ha, inizialmente, riguardato esclusivamente l'accesso all'applicazione interattiva del portale. Successivamente, dal mese di Aprile 2005, è stato introdotto anche il tracciamento della navigazione nelle 4 sezioni del portale contraddistinte dai tasti colorati (Governo, Notizie, Servizi, Emozioni).

Nel seguito vengono riportate alcune valutazioni dell'utilizzo del portale suddivise per periodi, per sezioni e complessive. I dati presentati sono estrapolati al bacino di utenza digitale piemontese, ipotizzando che rispetto al totale dei decoder venduti in Piemonte (dati riferiti a Giugno 2005) circa metà siano installati nell'area di copertura del segnale digitale del Mux-A. Si tratta di un'ipotesi piuttosto "conservativa", pertanto si può ritenere che i risultati riportati siano una stima approssimata per difetto.

5.1 Accesso al portale

I dati di accesso al portale Piemonte-on-air, espansi alla popolazione piemontese, sono riportati nelle tabelle e nei grafici seguenti.

Nelle colonne delle tabelle sono riportati:

- **Numero di visite al portale:** rappresenta il numero di accessi effettuati nel periodo da parte di singoli decoder;
- **Contatti netti:** rappresenta il numero di individui **diversi** che hanno effettuato un accesso al portale;
- **Contatti lordi:** rappresenta il numero totale di individui "esposti" al portale durante tutti gli accessi;
- **Tempo medio:** indica per quanto tempo (mediamente) gli utenti hanno navigato all'interno del portale;
- **Frequenza:** è il rapporto tra "Contatti lordi" e "Contatti netti" e indica quante volte (in media) ogni diverso individuo è tornato a utilizzare il portale.

Nella Tabella 3 è riportato il dato cumulativo relativo a tutto il periodo di disponibilità dei dati provenienti dal panel (Gennaio - Giugno 2005).

Il portale POA, è stato associato al canale televisivo RaiTre, ed è pertanto accessibile durante la visione del programma RaiTre. Premendo il tasto Rosso, nel *Launcher* vengono indicate le applicazioni interattive disponibili, come mostrato in Figura 3, e, selezionando con le frecce "Piemonte On Air", si può avviare il portale POA premendo il tasto OK del telecomando.

Tab. 3 - Accessi totali al portale POA

Periodo	Totale visite al portale	Contatti netti	Contatti lordi	Tempo medio (secondi)	Frequenza
1/1/2005 – 30/6/2005	56 000	26 000	75 500	160	2.9

L'analisi dei dati non può prescindere dalle considerazioni seguenti: il servizio DTT è ancora nella fase di avvio, la penetrazione dei decoder sul mercato è ancora piuttosto bassa (circa il 10% delle famiglie) ed inoltre l'abitudine all'utilizzo dei servizi interattivi e la conseguente alfabetizzazione degli utenti sono ancora in una fase di immaturità.

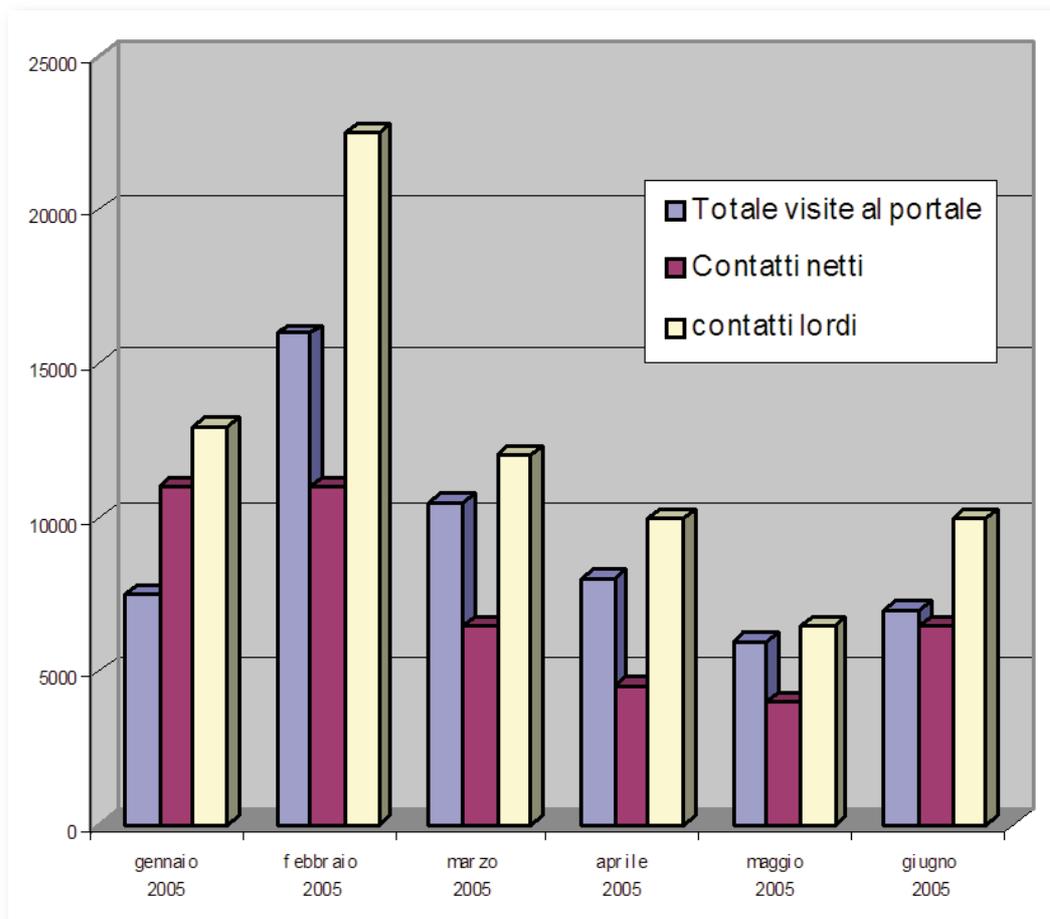
Con queste premesse, il numero di visite al portale (56 000) nell'arco dei 6 mesi di osservazione si può considerare piuttosto significativo, così pure il numero di individui diversi che hanno fatto accesso almeno una volta (26 000). E' interessante

anche osservare che il tempo di utilizzo si aggira fra i 2 e i 3 minuti e che, in media, gli utenti sono ritornati a utilizzare il servizio circa 3 volte.

5.2 Accesso al portale: dettaglio sui servizi

Per ricavare maggiori informazioni utili all'analisi del comportamento e del gradimento da parte degli utenti, sono stati successivamente inseriti nelle pagine dell'applicazione interattiva opportuni codici per il tracciamento dell'accesso non solo al portale ma anche alle diverse sezioni (Governo, Notizie, Servizi, Emozioni).

Fig. 5 - Grafico accessi al portale (su base mensile)



I dati di navigazione nelle quattro sezioni, disponibili a partire da aprile, sono riportati in tabella 4.

L'analisi specifica dei singoli servizi mostra come la sezione più visitata (sia in termini di numero di accessi, sia come contatti netti) è la sezione "Notizie", comprendente al suo interno sia le News (dal sito web della Regione) sia il servizio Meteo (a cura dell'ARPA) con le previsioni del tempo. Segue, per numero di accessi e contatti netti, la sezione relativa a "Piemonte Emozioni".

6. Evoluzione del portale

In un'ottica di evoluzione del portale, si potrebbe ipotizzare un ampliamento delle "aree informative" come quelle presenti nelle sezioni NOTIZIE ed EMOZIONI. Visto l'elevato interesse manifestato dagli utenti nei confronti dei servizi di **News** e **Meteo** quest'area potrebbe essere arricchita con nuovi servizi ad esempio costituiti da (ciascuno per il periodo stagionale di rilievo):

- bollettino Neve e/o situazione valanghe;

- situazione pollini;
- segnalazione "Rischio calore" (Protezione Civile);
- informazioni sui trasporti e traffico (rispristino di Viabilità).

Si potrebbero inoltre ipotizzare ulteriori evoluzioni del portale grazie allo sfruttamento di nuove infrastrutture e tecnologie, quali ad esempio la disponibilità di un Centro Servizi per l'interattività e l'introduzione di Carte Servizi Nazionali (CNS) e Regionali.

Il Centro Servizi, che Rai sta sviluppando e che sarà operativo dall'inizio del 2006, potrà gestire servizi interattivi con utilizzo del canale di ritorno (via modem) da parte di un numero anche molto elevato di utenti. Inoltre il Centro Servizi permetterà la creazione di nuovi servizi e modelli di business multi-piattaforma, per esempio integrando traffico dati DTT, SMS da e verso operatori mobili, o transazioni per il pagamento.

Un esempio tipico potrebbe essere quello in cui l'utente, che ha effettuato attraverso il portale DTT alcune operazioni (prenotazione di una visita, acquisto, ecc.), riceve una conferma del corretto completamen-

Tab. 4 - Accesso alle sezioni del portale

Periodo	Totale visite al portale	Contatti netti (individui)	Contatti lordi	Tempo medio (secondi)	Frequenza
complessivo (6/4/05 - 30/6/05)	18 500	8 500	22 500	161	2.6
Homepage	17 500	8 000	19 500	21	2.4
Governo	3 500	1 500	3 000	22	2.0
Notizie	15 000	5 000	15 500	88	3.1
Servizi	4 500	2 000	4 000	133	2.0
Emozioni	6 000	4 000	6 500	94	1.6

to della transazione attraverso un SMS (oppure email) e potrebbe inoltre ricevere (sempre via SMS) un promemoria alla scadenza (quando e dove presentarsi alla visita).

Un'altra tecnologia abilitante per una famiglia di nuovi servizi è la tecnologia delle carte elettroniche (*smart-card*) per i servizi al cittadino (Carta Nazionale Servizi, CNS o equivalenti Carte Regionali) già in distribuzione in alcune Regioni, come ad esempio in Lombardia. La *smart-card*, in abbinamento ai decoder interattivi DTT, apre la strada a tutta una serie di nuovi servizi oggi non disponibili neanche attraverso Internet (poiché sul PC di solito non esiste un lettore di *smart-card*).

A questo riguardo, sono già stati sviluppati diversi applicativi dimostrativi che mostrano le potenzialità di utilizzo di una Carta Servizi CNS (*smart-card*) utilizzata in un decoder DTT. Innanzitutto l'uso della carta semplifica le operazioni di immissione dei dati normalmente richiesti per l'accesso ad un servizio: invece di digitare il proprio nome con il telecomando è sufficiente inserire la carta nel decoder. Inoltre la carta (con la digitazione del PIN ad essa associato) permette di autenticare in modo univoco e sicuro l'utente e quindi di aprire l'accesso a servizi in cui si processano dati personali. Infine, grazie all'autenticazione supportata dalla carta CNS, il decoder DTT potrebbe diventare uno strumento per effettuare pagamenti (tasse, imposte, multe) in maniera più semplice e sicura rispetto ad Internet (non occorre inserire ad esempio il numero della propria carta di credito).

7. Conclusioni

Con la realizzazione del portale per la Regione Piemonte il Centro Ricerche, oltre a mettere a frutto le proprie conoscenze nello sviluppo di applicazioni interattive MHP, ha acquisito competenze nell'area dei servizi al cittadino erogabili dalle Amministrazioni Pubbliche locali. L'esperienza maturata ha facilitato la preparazione dei progetti per la partecipazione ai bandi FUB (Fondazione Ugo Bordoni) e CNIPA (Centro Nazionale per Informatica nella Pubblica Amministrazione) per lo sviluppo di servizi di T-government.

Lo sviluppo dell'interfaccia grafica e di alcune parti dell'applicazione interattiva è stato realizzato con la collaborazione di Lumiq Studios [3].

Gli autori desiderano ringraziare i colleghi del Centro Ricerche che hanno contribuito alla realizzazione del progetto, in particolare Andrea Vecchiattini per lo sviluppo dell'applicazione e Mauro Rossini, Luca Vignaroli per il prezioso supporto tecnico.

Riferimenti bibliografici

1. ETSI TS 101 812 - Digital Video Broadcasting (DVB); Multimedia Home Platform (MHP) specification 1.0.3 – v.1.3.1 (2003-06)
2. Sito della Regione Piemonte: www.regione.piemonte.it ; Sito di Piemonte Emozioni: www.piemonte-emozioni.it
3. www.lumiq.com

Descrizione mediante linguaggio dei segni sui canali DTT

Dimostrazione presentata al Forum P.A. 2005

Andrea Falletto
Mauro Rossini
Rai
Centro Ricerche e
Innovazione Tecnologica

1. Premessa

Mentre l'attenzione dei broadcaster si sta focalizzando con sempre maggiore efficacia sui servizi digitali, in particolar modo su quelli offerti attraverso il canale digitale terrestre, si consolida, parallelamente, l'esigenza di garantire l'accessibilità di tali servizi e, più in generale, dei programmi televisivi, anche alle persone disabili.

Il Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica è da sempre impegnato nello studio di tecnologie rivolte a migliorare l'accessi-

Sommario

Il Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica, nell'ambito delle iniziative della Direzione Strategie Tecnologiche Rai e del Segretariato Sociale della Rai, ha presentato al Forum P.A. edizione 2005, un sistema che tramite il canale digitale terrestre, permette di offrire un servizio elettivo, attivabile dall'utente, di descrizione mediante L.I.S. (Lingua Italiana dei Segni). La finestra video con l'immagine dell'interprete, sovrapposta al programma televisivo, può essere riposizionata all'interno dello schermo e dimensionata a piacere per adattarsi al televisore dell'utente e alla distanza di visione.



Lo stand della Rai al Forum della Pubblica Amministrazione tenuto a Roma dal 9 al 13 maggio 2005. Nella foto in alto Mario Landolfi, Ministro delle Comunicazioni, con Flavio Cattaneo, Direttore Generale della Rai.



bilità dei programmi offerti dalla Rai.

La rivoluzione digitale, di cui siamo protagonisti in questi anni, permette di offrire ai cittadini disabili strumenti adatti a ridurre il gap che può rendere poco fruibili molti servizi.

Durante il Forum della Pubblica Amministrazione, che si è tenuto a Roma dal 9 al 13 maggio 2005, Il Centro Ricerche ha presentato un sistema innovativo che permette di realizzare un servizio di traduzione gestuale per non udenti per le piattaforme digitali.

2. Che cosa è il forum P.A.?

Il Forum P.A. si tiene annualmente a Roma e costituisce un'occasione di incontro tra pubbliche amministrazioni, imprese e cittadini. La Manifestazione è patrocinata dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Funzione Pubblica e Dipartimento per l'Innovazione e le tecnologie, dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome.

3. I vantaggi del canale digitale nella veicolazione delle informazioni di accesso

I sistemi digitali presentano caratteristiche eccezionali, sia in termini economici che di flessibilità. Dopo aver convertito una informazione analogica in dati digitali, le possibilità di elaborazione e manipolazione degli stessi sono molteplici.

Nel caso specifico, il servizio di interpretazione nella L.I.S (lingua italiana dei segni), offerto dai canali analogici, è legato ad alcune edizioni del telegiornale o di pro-

grammi dedicati. Infatti, per le caratteristiche del canale e dei ricevitori (televisore domestico), l'unica soluzione attuabile per offrire il servizio di interpretazione è realizzare un'edizione dedicata del telegiornale o del programma, con la presenza di un conduttore e di un interprete. Lo schermo viene, in pratica, diviso in due ed ospita in una finestra il conduttore, nell'altra l'interprete. Queste edizioni risultano poco fruibili dal pubblico udente perché la finestra con l'interprete occupa una porzione significativa del video. Ne consegue una difficoltà oggettiva di inserire il servizio di interpretazione nelle fasce principali del palinsesto.

Le caratteristiche del canale digitale terrestre permettono di inviare un video con l'interprete della L.I.S., fornendo un servizio elettivo, quindi attivabile a discrezione dell'utente.

Questa caratteristica permette, potenzialmente, dal punto di vista tecnico, di attivare il servizio e trasmettere i dati per la visualizzazione dell'interprete su qualsiasi programma del palinsesto.

4. La dimostrazione presentata al Forum P.A.

Le specifiche di progetto del sistema, prevedevano tre caratteristiche principali:

- **La finestra deve essere attivabile, in sovrapposizione al programma principale;**

Il servizio deve essere offerto utilizzando dati che vengono trasportati in parallelo al programma principale e deve essere attivabile dagli utenti non udenti interessati. Il servizio, quando è disabilitato, non deve influire sul programma principale.

- **La finestra deve essere riposizionabile all'interno dello schermo**

Spesso le scelte editoriali portano ad utilizzare una parte dello schermo per riportare dati, simboli o sottotitoli, pertanto la finestra L.I.S deve essere riposizionabile dall'utente all'interno dello schermo.

- **La finestra deve essere ridimensionabile dall'utente**

La lettura del linguaggio dei segni è molto impegnativa. E'una lingua ricca di sfumature, in cui i dettagli dell'espressione del volto e dei movimenti sono importanti. Ne consegue che l'intelligibilità del video con l'interprete deve essere garantita in ogni condizione. La possibilità di scalare a piacere la finestra, garantisce all'utente di disporre di una interprete L.I.S. di dimensioni adatte al suo televisore e alla distanza di visione.

La dimostrazione al Forum P.A. è stata organizzata in modo da funzionare completamente in locale: Il sistema simulava la parte di generazione dei contenuti, la parte di trasmissione e quella di ricezione.

Tutte le apparecchiature necessarie alla generazione e gestione del flusso dati sono state rese operative presso lo Stand Rai al Forum PA, la ricezione del servizio si è potuta garantire trasmettendo un canale DTT locale che trasportava i contenuti audio e video del programma televisivo (nel caso specifico TG2) con l'aggiunta, a livello di codifica digitale, dei contenuti a supporto degli utenti "non Udenti", che nella fattispecie era il video relativo all'interprete L.I.S.



La finestra, attivata, è sovrapposta al programma principale ed è riposizionabile e ridimensionabile dall'utente.



Il sistema digitale terrestre ha potenzialità molto interessanti per lo sviluppo di nuovi servizi interattivi e rivolti a specifici gruppi di utenti. Gino Alberico e Andrea Falletto, del Centro Ricerche Rai, illustrano alcune delle presenti e future applicazioni nel corso di un programma di Rai Utile realizzato e diffuso durante il Forum P.A.:

5. Descrizione del sistema presentato al Forum P.A.

Nota 1 - Il sistema DVB-T è basato sulla codifica video MPEG-2. Nuovi standard di compressione del video, AVC e VC-1, consentiranno di fornire una qualità video analoga con un flusso binario inferiore (anche del 50%). Nella fase di sperimentazione è stato utilizzato un sistema di codifica proprietario (WM9) che ha prestazioni simili a tali nuovi standard.

5.1 Parte Trasmissione

Il segnale video contenente una edizione del telegiornale, viene generato da un DVD player. Il video viene codificato in MPEG-2 ed in uscita il codificatore presenta un transport stream DVB, reso disponibile al sistema tramite interfaccia ASI.

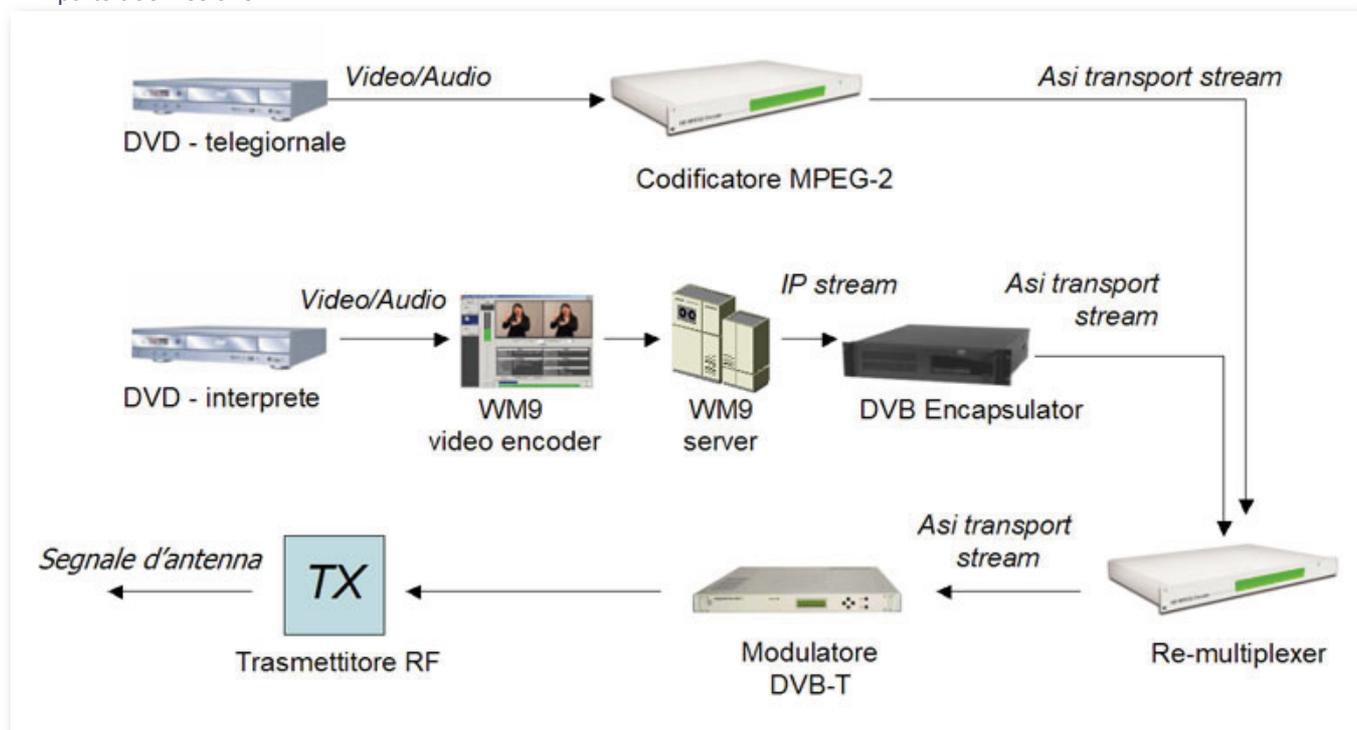
Il video che esprime l'audio nel linguaggio dei segni è stato precedentemente registrato riprendendo un interprete che ha tradotto in tempo reale l'audio del telegiornale. Anche questo segnale proviene da

un DVD player. Tale contenuto video viene codificato con un codificatore WM9^{Nota 1}, ad un bit rate di 200 kbps. Lo stream video ottenuto viene pubblicato tramite una piattaforma WM Server, ed inviato ad un DVB encapsulator che si occupa di generare un flusso di dati IP over DVB, nel formato DVB MPE.

Tale flusso DVB contiene i pacchetti IP ricevuti in ingresso all'incapsulatore.

Tramite un re-multiplexer questo flusso viene sommato al transport stream relativo al video del telegiornale ed inviato al modulatore DVB-T. Il segnale modulato è pronto per essere inviato al trasmettitore in radiofrequenza.

Servizio elettivo di descrizione mediante L.I.S. su TV digitale terrestre:
parte trasmissione.



5.2 Parte Ricezione

La parte di ricezione è costituita da un sistema in grado di effettuare la sovrapposizione di due sorgenti video: il programma principale e il video con l'interprete.

Dopo uno studio approfondito sulle caratteristiche dei set top box, si è concluso che per ricevere il video principale venga utilizzato un decoder DTT convenzionale. Invece la ricezione dei dati IP over DVB per realizzare la finestra con l'interprete e la successiva somma dei due video, non può essere effettuata tramite un decoder DTT commerciale. La soluzione più efficace è utilizzare un PC opportunamente configurato.

La parte di ricezione quindi è costituita da un set top box commerciale e da un PC standard.

Il segnale di antenna, ricevuto dal decoder DTT, viene demodolato e decodificato. Il decoder presenta, tramite l'uscita SCART il video del telegiornale. Lo stesso segnale di antenna, tramite un distributore passivo, viene inviato ad una scheda di ricezione DTT, installata sul PC. Tale dispositivo permette di demodulare e decodificare i dati DVB che contengono i pacchetti IP relativi allo stream dell'interprete, in modo che il PC possa gestirli come un normale stream video tramite un applicativo di visualizzazione.

Servizio elettivo di descrizione mediante L.I.S. su TV digitale terrestre: parte ricezione.



Acronimi e sigle

ASI	Asynchronous Serial Interface
AVC	Advanced Video Coding codifica video oggetto della Parte 10 dello standard MPEG-4
DVB	Digital Video Broadcasting (www.dvb.org)
DVD	Digital Versatile Disk
DTT	Digital Terrestrial Television, la televisione digitale terrestre è basata sullo standard DVB-T
IEC	International Electrotechnical Commission www.iec.org
ISO	International Organisation for Standardisation (www.iso.org)
MPE	Multi Protocol Encapsulation
MPEG	Motion Picture Expert Group: gruppo di lavoro congiunto ISO/IEC
MPEG-2	standard ISO/IEC 13818
MPEG-4	standard ISO/IEC 14496
IP	Internet Protocol
PC	Personal Computer
SMPTE	Society of Motion Picture and Television Engineers (www.smpete.org)
STB	Set-Top-Box

La somma del video principale e della finestra con l'interprete, si ottiene tramite l'impiego di una scheda di acquisizione video. Tramite l'uscita della scheda video del PC, si può alimentare un monitor VGA o, se la scheda lo permette, un normale televisore.

6. Conclusioni

Al Forum P.A. è stata dimostrato uno dei possibili servizi innovativi realizzabili nell'ambito dei futuri sviluppi della televisione digitale terrestre.

Il Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica, nell'ambito delle attività promosse dalla Direzione Strategie Tecnologiche della Rai, collabora con il Segretariato Sociale Rai per identificare e, dopo studi di fattibilità, sperimentare nuovi servizi rivolti ai cittadini che hanno difficoltà a fruire del servizio pubblico televisivo.

Questo studio di fattibilità dimostra che la televisione digitale terrestre può superare alcuni limiti insiti nel sistema di diffusione analogico e quindi, in prospettiva, consentire un ampliamento dei servizi di descrizione mediante linguaggio dei segni, già offerto dalla Rai, ma attualmente limitato ad alcune edizioni del telegiornale.

Introduzione alle tecniche di Image Analysis per la classificazione automatica degli archivi audiovisivi

ing. Maurizio **Montagnuolo**
(montagnuolo@eurix.it)

L'articolo sintetizza parte della tesi "Strumenti per la Classificazione Automatica di Contenuti Audiovisivi", Tesi di Laurea **Politecnico di Torino**, 2004, sviluppata presso **Centro Ricerche della Rai**
Relatore: ing. Gianfranco **Barbieri**
Tutor Rai: ing. Alberto **Messina**

1. Inquadramento storico

L'uso delle immagini quali strumenti di comunicazione è antico quanto la storia dell'uomo; molto tempo prima dell'introduzione della scrittura sono, infatti, le immagini che hanno permesso di imprimere, e tramandare, i momenti più significativi della storia dell'umanità. Nel corso dei secoli il mondo dell'arte figurativa si è quindi sviluppato di pari passo con l'evoluzione dell'uomo e della tecnologia, assumendo un ruolo di primaria importanza nella civiltà moderna. Soffermandoci a riflettere, è facile, infatti, verificare come la vita odierna sia costituita da un enorme quantitativo di immagini, rappresentanti uno strumento indispensabile in ogni ambito applicativo, dal campo medico a quello editoriale, dall'intrattenimento all'educazione.

L'invenzione della fotografia in primis, e della cinematografia e della televisione in seguito, sono stati i grandi elementi trainanti per l'evoluzione delle arti figurative nei secoli scorsi. Nel corso degli ultimi 40 anni, inoltre, si è venuta a costituire una stretta collaborazione tra le discipline figurative ed il mondo informatico, tanto che

Sommario

Il reperimento di spezzoni video soddisfacenti determinati criteri descrittivi è una delle operazioni più importanti, ma al contempo onerose, nell'ambito della produzione televisiva. In tale ambito infatti risulta spesso fondamentale poter reperire velocemente materiale di archivio, quali contributi giornalistici e documentari storici; d'altra parte queste operazioni costringono l'operatore a diverse ore di consultazione manuale degli archivi stessi, rivelandosi inefficienti e costose.

Per i motivi sopracitati il Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica della Rai ha da sempre dimostrato un notevole interesse per le tecniche di *Image & Content Analysis*, occupandosi, fin dai primi anni '90, della progettazione e realizzazione di sistemi per l'analisi e la navigazione automatica dei propri archivi multimediali. In tale ambito un esempio è rappresentato dal Catalogo Multimediale, che, sebbene necessiti ancora dell'annotazione manuale delle sequenze video da parte di un operatore, permette di semplificare le operazioni di accesso, navigazione e ricerca del materiale contenuto nell'archivio audiovisivo Rai grazie a tecniche automatiche di *Shot Detection*.

Questo articolo, che rappresenta il primo di una serie, introduce il lettore alle tecniche dell'*Image & Content Analysis*, fornendo una panoramica sulle modalità di descrizione del contenuto di un'immagine e sulla struttura dei sistemi informatici preposti al recupero automatico di immagini e sequenze video all'interno di *DataBase* multimediali.

a tutt'oggi, grazie alla tecnologia digitale, essi sono intrinsecamente connessi. Ivan Sutherland^{Nota 1} può essere considerato il pioniere di tale rivoluzione, dimostrando, nei primi anni '60, la possibilità della creazione, manipolazione e memorizzazione elettronica delle immagini [1], sebbene l'alto costo computazionale, e dell'hardware ne limitò l'uso fino alla metà degli anni '80. Da allora, grazie al veloce e continuo incremento di prestazioni dei calcolatori, ed alla contemporanea diminuzione dei costi di produzione, possesso e gestione degli stessi, il *Digital Imaging* ha assunto un ruolo di primaria importanza a supporto dello sviluppo delle aree direttamente connesse alle arti figurative, quali l'ingegneria, la medicina e l'architettura. A tutt'oggi anche le istituzioni quali gallerie d'arte, musei, ospedali e broadcaster televisivi, hanno compreso l'importanza ed i vantaggi derivanti dalla digitalizzazione dei propri archivi multimediali, mentre l'introduzione sul mercato consumer di fotocamere/videocamere digitali e schede di acquisizione, ne stanno permettendo la diffusione di massa.

2. Analisi del contenuto di un'immagine

Le operazioni di classificazione ed indicizzazione degli archivi audiovisivi sono basate sull'analisi automatica del contenuto dell'immagine, costituente il principale ambito applicativo dell'*Image Analysis*. Quali sono i criteri che permettono ad una "macchina" di analizzare il contenuto di un'immagine? A questa domanda, che può essere sorta spontanea nel lettore, diamo risposta nel seguito di questo paragrafo.

L'obiettivo di un sistema di classificazione automatica delle immagini (che da ora chiameremo *CBIR – Content Based Image Retrieval System*^{Nota 2}) consiste nella descrizione, mediante modelli matematici e implementazioni informatiche, del contenuto di un'immagine, cercando, per quanto possibile, di rispettare i principi del sistema visivo umano. A tal fine l'informazione contenuta in un'immagine viene rappresentata secondo tre livelli di astrazione, seguendo un approccio di tipo *bottom-up*. Una descrizione dettagliata è reperibile in [16, 17].

Il primo livello comprende la rappresentazione delle caratteristiche primitive, costituite dal colore, la trama e le forme geometriche elementari. Un esempio di ricerca sulla base di queste caratteristiche potrebbe essere: *"Trova tutte le immagini con dominante di colore rosso"*.

Il secondo livello si propone di fornire una descrizione più dettagliata degli elementi menzionati precedentemente, fornendo la rappresentazione di oggetti più complessi mediante la loro aggregazione e le loro disposizioni spaziali (caratteristiche logiche). Rientrano in tale categorie le ricerche quali, ad esempio, *"Trova le immagini contenenti stelle arancioni"*.

Il terzo livello, infine, comprende la descrizione delle caratteristiche astratte, quali il significato delle scene rappresentate e le sensazioni indotte in un osservatore. Allo stato attuale, molti studi sono stati fatti sui primi due livelli, mentre il terzo risulta ancora un territorio tutto da esplorare, ed è per questo che gli studi più recenti si sono orientati su tale ambito [3, 4]. Appartengono a questa categoria le *query* del tipo *"Trova i contributi in studio del TG1"*, o *"Trova le scene della discesa libera dei Mondiali di Bormio"*.

Nota 1 - Ivan Sutherland è considerato da molti come il padre della Computer Graphics ed è stato l'ideatore dei concetti relativi alla modellazione grafica 3D, all'uso della progettazione CAD e alla realtà virtuale.

Nota 2 - CBIR, termine coniato da Toshikazu Kato nell'ambito della sua ricerca sul recupero automatico delle immagini [2].

Il seguito del paragrafo è suddiviso in quattro parti: nelle prime tre presentiamo una breve rassegna delle caratteristiche di primo livello, che saranno dettagliatamente analizzate negli articoli di prossima pubblicazione, mentre nell'ultima vengono discusse le problematiche legate all'analisi di medio/alto livello.

2.1 Il colore

La percezione del colore da parte del sistema visivo umano è legata ad aspetti fisici, effetti neuro-fisiologici e comportamenti psicologici.

Dal punto di vista fisico, la percezione del colore deriva dalla quantità e tipologia dell'energia spettrale che colpisce la retina. L'occhio si comporta quindi come l'obiettivo di macchina fotografica o una telecamera, raccogliendo l'informazione luminosa presente nel campo visivo e demandando al cervello la sua interpretazione secondo l'esperienza cognitiva dell'individuo.

Dal punto di vista fisico, l'energia luminosa è espressa analiticamente da una funzione della lunghezza d'onda $E(\lambda)$, mediante la quale è possibile riconoscere le diverse tonalità cromatiche appartenenti alla banda visibile. Questa operazione è resa possibile grazie a tre diversi tipi di cellule fotorecettive della retina, i cosiddetti coni L (*long*), M (*medium*), S (*short*), aventi ciascuno sensibilità $S(\lambda)$ rispettivamente alle lunghezze d'onda lunghe (colore rosso), medie (colore verde) e corte (colore blu). Sebbene il numero esatto di tali cellule non sia conosciuto, si può stimare che esse siano approssimativamente tra i 5 e i 7 milioni; il 60% di esse sono coni L, il 30% coni M ed il restante 10% coni S. L'energia spettrale della luce visibile, denominata $C(\lambda)$ in quanto facente riferimento alla luce colorata, percepita dai coni, produce dei

segnali elettrici α_i , descritti dalla equazione seguente, mediante i quali viene prodotta nel cervello la sensazione del colore percepito.

$$\alpha_i(C) = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} S_i(\lambda) C(\lambda) d\lambda \quad [1]$$

Dal punto di vista psicologico, la percezione del colore è relazionata a diversi aspetti, comprendenti attributi quantitativi, descrittivi le caratteristiche colorimetriche del colore percepito (brillanza, chiarezza, tinta, saturazione), ed attributi soggettivi, dipendenti unicamente dalle esperienze personali dell'osservatore. Le caratteristiche colorimetriche della radiazione luminosa sono descritte da modelli geometrici, approssimanti la sensazione cromatica indotta nel cervello, mentre gli attributi personali, per la loro natura soggettiva ed individuale, non sono precisamente definibili, né tantomeno misurabili analiticamente.

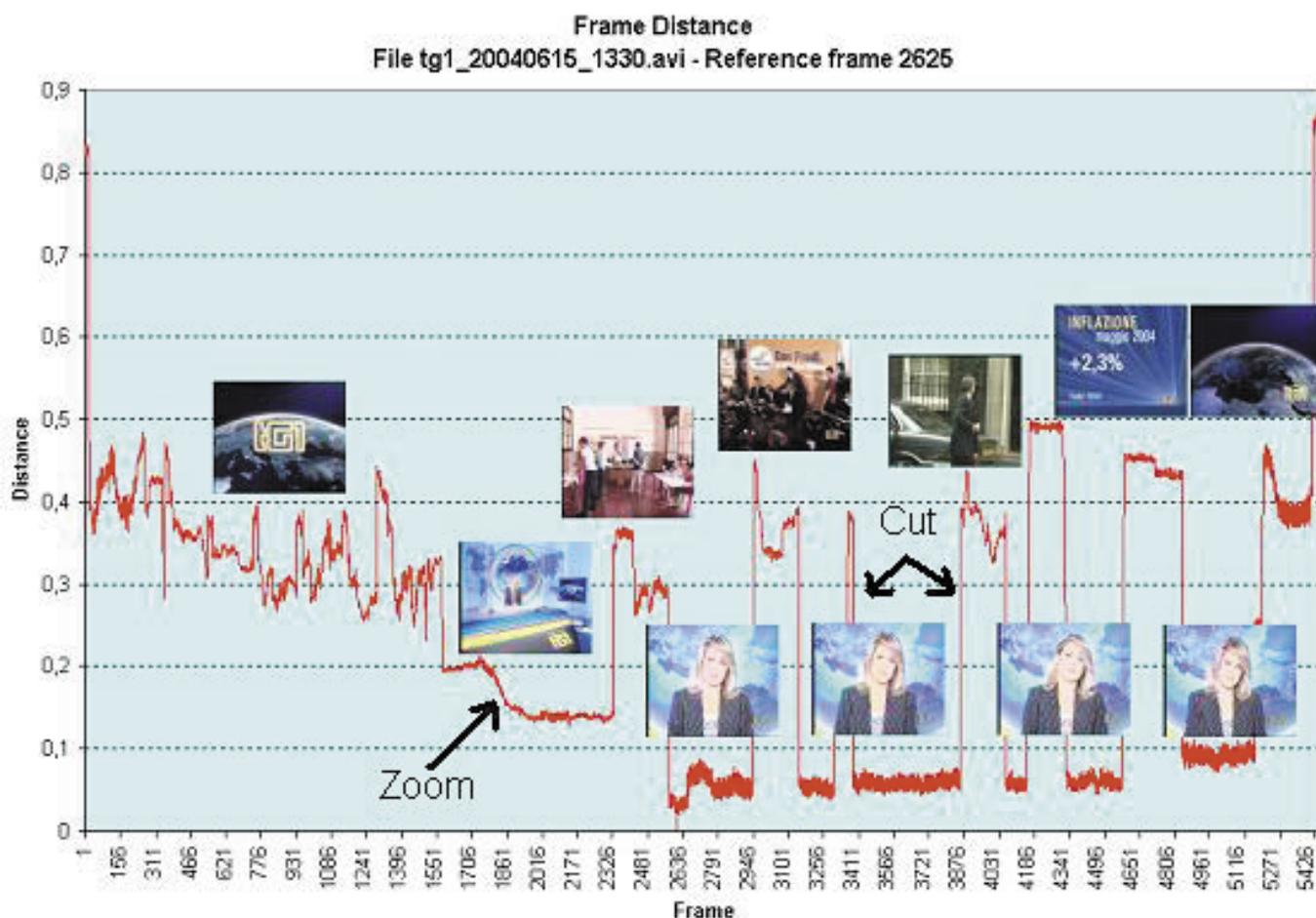
I sistemi CBIR utilizzano i modelli matematici menzionati precedentemente per la rappresentazione del colore. I diversi colori sono pertanto trattati come vettori appartenenti ad uno spazio n -dimensionale (tipicamente $n = 3$): lo spazio *RGB* (*Red, Green, Blue*) utilizzato nei monitor e lo spazio *CMY* (*Cyan, Magenta, Yellow*) utilizzato nelle stampanti sono due esempi di spazi colorimetrici ben conosciuti. Le differenze tra due colori sono valutate misurando la "distanza" tra i loro punti rappresentativi [5, 6].

Nella rappresentazione delle caratteristiche di colore di un'immagine, il metodo tradizionalmente più utilizzato è rappresentato dall'istogramma di colore. Mediante esso è possibile, a diversi livelli di precisione, rappresentare graficamente la distribuzione del colore contenuta nel-

l'immagine calcolando il numero di pixel appartenenti ad una specifica tonalità. Durante la fase di ricerca, all'utente è quindi permesso di specificare la proporzione di ogni colore che si desidera sia presente nell'immagine da ricercare (per esempio "il 70% di colore blu ed il 15% di colore arancione"), oppure fornire una immagine campione, e, calcolandone il relativo istogramma di colore, ricercare le immagini del database aventi una distribuzione cromatica simile. Questa tecnica, nota con il termine di *Histogram Intersection*, presenta il pregio di essere facilmente

implementabile (anche i comuni software di fotoritocco e catalogazione personale prevedono funzioni di rappresentazione degli istogrammi), ma da sola non è in grado di garantire, per utilizzi professionali, affidabilità e precisione dei risultati. Inoltre essa si rivela poco intuitiva, essendo difficile, per un utente umano, stabilire la "quantità" di un determinato colore presente in un'immagine, in particolar modo se in essa non è possibile individuare uno specifico colore dominante. Alla luce di ciò, questa tecnica si rivela utile nelle applicazioni di *filtering*, e *shot detection*,

Fig. 1 - Andamento dell'indice di similitudine tra *frame* (quadri video), valutato mediante confronto tra gli istogrammi di colore dei fotogrammi di una sequenza video tratta dal TG1.



al fine di ridurre anticipatamente il dominio di ricerca [18, 19]. Questi metodi permettono di individuare, data una generica sequenza video, i gruppi di sottosequenze visivamente similari, valutando il grado di somiglianza tra i fotogrammi della sequenza stessa. Data una sequenza video V , tale misura è rappresentata dalla funzione $S_F = 1 - d(n, n+k)$, dove $d(n, n+k)$ denota la distanza tra l' n -esimo e l' $(n+k)$ -esimo fotogramma di V . L'andamento di S_F dipende dalla modalità con cui i fotogrammi sono tra loro collegati, e quindi dall'andamento temporale di V : in corrispondenza di tagli si avrà quindi una brusca variazione di S_F tra *frame* (quadri video) adiacenti, mentre in corrispondenza di effetti quali zoom e dissolvenze, la sua variazione sarà più graduale e proporzionale al grado di intensità dell'effetto stesso. La figura 1 mostra un esempio del calcolo della distanza tra frame tratti da una sequenza video del TG1. Si noti come, fissando un valore di soglia α ed un frame di riferimento f_R si ottiene una buona probabilità che i quadri appartenenti ad una sottosequenza di V siano simili ad f_R se è verificata la condizione $S_F(f_R, f_{R+k}) \leq \alpha$.

2.2 La trama

Il termine "trama", derivante dall'inglese *texture* (tessitura), viene utilizzato nelle tecniche di *Pattern Recognition* per l'individuazione delle zone dell'immagine caratterizzate da specifici "disegni"; esempi sono rappresentati dalle foglie di un albero, i fili d'erba di un prato, o il terreno sabbioso di una spiaggia [7].

Il calcolo della somiglianza tra *texture* permette una migliore discriminazione tra oggetti, o regioni delle immagini, cromaticamente simili, ma semanticamente differenti, quali ad esempio il cielo ed il mare, o le foglie e l'erba.

Nell'ambito della *Computer Vision* la *texture* è definita valutando le variazioni di luminosità tra gruppi di pixel, rappresentate mediante modelli fisio-psicologici, o statistici. Nel primo caso esse sono rappresentate mediante descrittori propri del sistema percettivo umano, quali ad esempio granulosità, direzionalità, ripetitività, periodicità e contrasto [8, 9], mentre nel secondo caso sono descritte da vettori numerici ottenuti applicando all'immagine metodi matematici e statistici quali la trasformata *wavelet*, la trasformata di Fourier, o le matrici di co-occorrenza [10 - 13].

2.3 La forma

La forma di un oggetto viene tradizionalmente rappresentata mediante un insieme di caratteristiche globali, quali l'area, l'allungamento, la compattezza, la direzione degli assi, o locali, quali angoli, punti e segmenti caratteristici. Come per il colore e la trama, la forma viene quindi comunemente rappresentata da un vettore n -dimensionale, appartenente allo spazio delle caratteristiche considerato. In questo modo è possibile calcolare il grado di somiglianza tra due forme, applicando gli stessi principi delle distanze tra vettori. Questi metodi presentano lo svantaggio della non-intuitività già discusso nel caso del colore e della trama.

Un altro approccio, più intuitivo, per il calcolo della similarità tra forme, consiste nel calcolare la complessità della trasformazione $T: A \rightarrow B$ che permette di ottenere la forma B dalla forma A . Sfruttando questo concetto, uno dei metodi di *query* più comuni consiste nella somministrazione da parte dell'utente, di una bozza (*sketch*) rappresentativa della forma dell'oggetto desiderato, e nel confronto di quest'ultima con le forme degli oggetti estratte dal database di immagini. Questo approccio si rivela molto preciso, ma per contro, pre-

senta un costo computazionale elevato se le forme sono molto differenti.

Un ultimo metodo consiste, infine, nella rappresentazione delle forme mediante semplici proprietà geometriche, quali l'area, le proiezioni ortogonali, l'elongazione e la compattezza. Questi descrittori presentano il problema di permettere una buona discriminazione delle sole forme dai contorni significativamente differenti.

Per una forma dal profilo particolarmente complesso è conveniente effettuarne la scomposizione in regioni più piccole, definite da forme geometriche standardizzate (quadrati, cerchi, ellissi, ecc.), cui applicare successivamente i descrittori citati precedentemente.

Per specifiche applicazioni, quali le tecniche di riconoscimento di loghi ed OCR (*Optical Character Recognition*), è importante che sia rispettata la proprietà di invarianza, ovverosia l'invariabilità delle forme alle trasformazioni dello spazio, quali rotazione, traslazione e scalamento.

2.4 Il livello semantico

La maggior parte dei sistemi CBIR correnti sono stati progettati per implementare il recupero delle informazioni di basso livello; tuttavia, già in passato, alcuni ricercatori hanno tentato di colmare la grande lacuna esistente tra il primo livello e quelli superiori. In tal senso, gli studi più recenti si sono concentrati su due problemi principali: l'interpretazione delle scene ed il riconoscimento degli oggetti [20, 21].

Il primo punto è giustificato dalla grande importanza che ricopre l'identificazione dell'intera scena rappresentata nell'immagine, sia perché tale informazione può essere utilizzata come filtro nella fase di ricerca, sia perché può essere d'aiuto nel recupero di specifici oggetti. Un sistema

di questo tipo è IRIS [14], che utilizza il colore, la trama, le forme, e le loro informazioni spaziali locali e globali, al fine di ottenere la precisa interpretazione delle scene, e generarne dei descrittori testuali, successivamente utilizzabili come *query* in qualsiasi sistema di retrieval testuale.

Il secondo punto si basa sull'idea di sviluppare un modello descrittivo per ognuno degli oggetti di interesse, individuando le regioni dell'immagine in cui tali oggetti potrebbero essere contenuti, e costruendo delle regole descrittive della regione stessa. Nell'ambito del *Video Retrieval*, questa tecnica, nota con il termine di *Object Tracking*, permette di individuare un oggetto (o una regione di interesse) all'interno di un frame appartenente ad una sequenza video, e di seguirne la sua evoluzione temporale nella sequenza stessa [22].

Il terzo livello, infine, rappresenta un campo ancora parzialmente da esplorare, ed è su di esso che si sono rivolte le attenzioni dei ricercatori negli anni più recenti. Sebbene esso rappresenti un campo altamente soggettivo, e quindi difficilmente descrivibile analiticamente, sono stati fatti molti miglioramenti nell'ambito dell'interpretazione e classificazione semantica delle sequenze video. Le prime ricerche, storicamente collocabili nella seconda metà degli anni '90, erano rivolte all'individuazione delle sensazioni psicologiche indotte dai colori, come ad esempio, la sensazione di caldo o freddo, o l'effetto di contrasto e complementarità [15]. Ad oggi diversi autori hanno proposto tecniche per l'individuazione del genere cui la sequenza video appartiene (sport, pubblicità, news, film) e la definizione del suo significato (*Concept Detection for Broadcast Video*). Queste tecniche si basano sull'analisi congiunta delle caratteristiche di basso livello, della struttura temporale della sequenza

video e dalle relazioni tra il testo e l'audio in essa contenuti [23].

3. Sviluppo di un sistema CBIR

Lo sviluppo di un sistema CBIR comprende diverse aree di interesse, ognuna delle quali connesse con le principali problematiche dell'*Image Processing* e dell'*Information Retrieval*. Essendo tali discipline estremamente ampie, è opportuno che, ai fini della realizzazione di un buon progetto, ne siano individuati i punti chiave. Sebbene ogni scelta implementativa dipenda dallo scopo prefissato e dalle specifiche esigenze in termini di complessità, velocità ed affidabilità del sistema, è possibile identificare le seguenti linee guida:

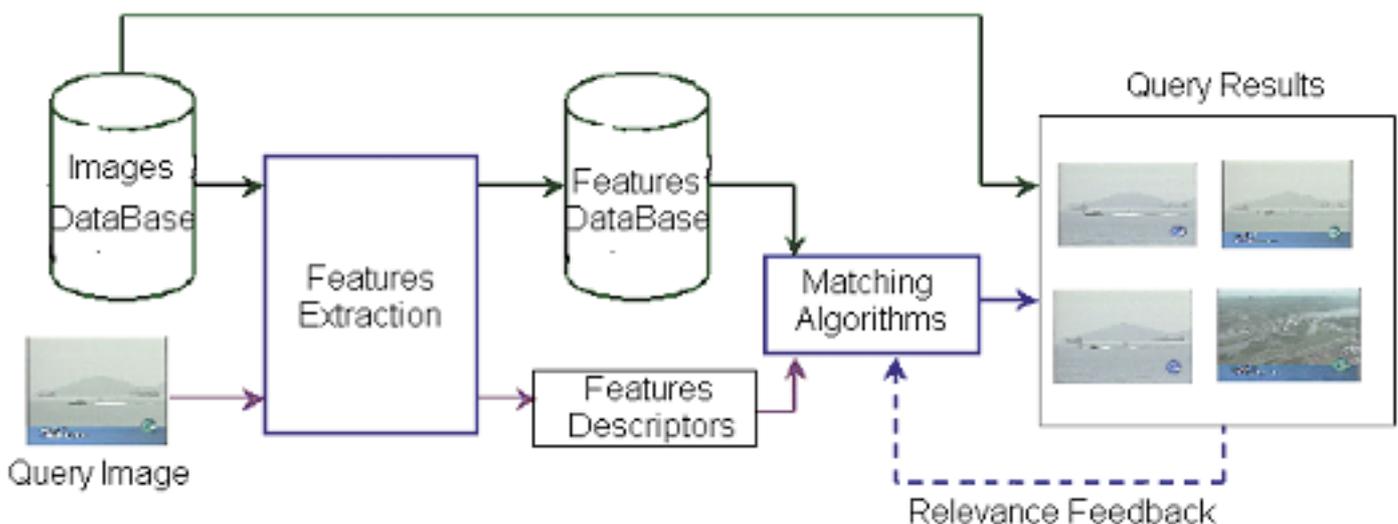
- Identificazione delle modalità più adatte alla descrizione del contenuto dell'immagine. Per alcune semplici applicazioni potrebbe essere sufficiente l'analisi della sola distribuzione del colore, mentre applicazioni più complesse potrebbero richiedere l'uso congiunto di più descrittori.
- Scelta dei metodi di estrazione delle

caratteristiche precedentemente individuate.

- Determinazione dei metodi più appropriati per la memorizzazione compatta di grandi collezioni di immagini e delle caratteristiche da esse estratte. In questo ambito la letteratura è molto ampia, e comprende diverse soluzioni, tipicamente ad albero, per l'indicizzazione di spazi multidimensionali e l'accesso efficiente a database di grandi dimensioni.
- Ricerca di metodi di confronto modellanti le metriche di giudizio comunemente utilizzate dall'uomo. Questo è un aspetto molto importante ai fini della comprensibilità ed utilizzabilità dei risultati ottenuti, in quanto permette di adottare nel sistema tecniche di analisi percettive, ovvero simili a quelle che sarebbero fornite da un utente umano.
- Sviluppo di interfacce *user-friendly* per l'interazione tra uomo e macchina, in modo tale da rendere l'utilizzo del sistema il più semplice ed intuitivo possibile, anche da parte di un utente poco esperto.

Inoltre, un sistema di *Video Retrieval* dovrebbe prevedere l'implementazione di

Fig. 2 - Architettura di un sistema CBIR



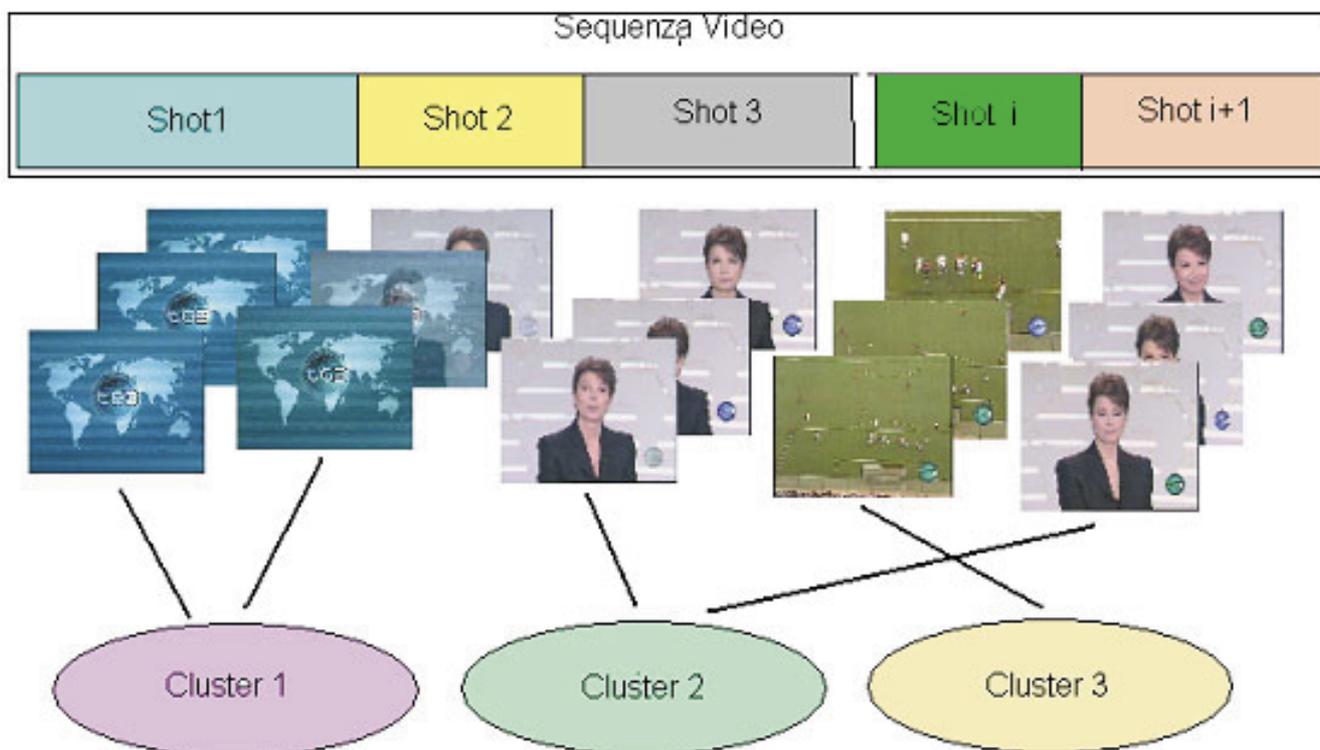
un modulo per la rilevazione automatica dei cambi scena, in modo tale da ottenere un primo *screening* della sequenza analizzata.

4. Architettura di un sistema CBIR

In Figura 2 è riportato lo schema a blocchi di un sistema CBIR. Il processo di recupero dell'informazione è costituito da due fasi. La prima, tipicamente svolta *off-line*, comprende la creazione del catalogo di immagini (*Images DataBase*), l'estrazione delle loro caratteristiche (*Features Extraction*), e l'indicizzazione delle stesse (*Features DataBase*). La seconda, svolta *on-line*, comprende le operazioni di ricerca, confronto e visualizzazione dei risultati.

Il suo funzionamento è di seguito descritto. L'utente formula la sua *query* di ricerca, presentando al sistema un esempio del tipo di immagine desiderata. Il sistema ne estrae le caratteristiche e, rappresentandole mediante vettori numerici (*Features Descriptors*), si incarica, mediante appositi algoritmi di *matching*, di verificarne la somiglianza con le caratteristiche delle immagini presenti nel *database*. Si ottengono così una serie di immagini (*Result Visualization*) ordinate per grado di somiglianza rispetto alla immagine di query. Tipicamente il grado di somiglianza è rappresentato da un indice $i \in [0,1]$, in cui i valori prossimi a 1 identificano un alto grado di somiglianza. Al fine di limitare il numero di possibili *falsi-positivi*, ovvero sia i risultati giudicati, erroneamente, simili dal sistema, è possibile raffinare la ricerca sulla base del grado di soddisfazione dell'utente (meccanismo di *Relevance Feedback*).

Fig. 3 - Esempio di segmentazione e classificazione di una sequenza video.



5. Sistemi per il Video Retrieval

La ricerca di informazioni video richiede una pre-elaborazione dei dati per identificarne la struttura temporale-narrativa. L'informazione video infatti include, oltre al contenuto dei singoli fotogrammi, anche le modalità con cui essi sono tra loro collegati (mediante l'applicazione di effetti di editing, quali tagli, sovrapposizioni, dissolvenze, ecc.), e la loro correlazione semantica e temporale; ogni video inoltre possiede peculiarità diverse a seconda della tipologia in cui si inserisce (pubblicitario, di informazione, cinematografico, sportivo, ecc.). Ai fini delle applicazioni di *Video Retrieval*, è possibile individuare, in una generica sequenza, tre elementi fondamentali:

- Il **frame**, rappresentante l'unità base dell'informazione, e costituente una singola immagine della sequenza.
- Gli **shot**, costituiti dall'insieme dei frame compresi tra l'accensione e lo spegnimento della telecamera, o tra due diversi effetti di editing.
- Le **strutture**, che costituiscono un insieme di shot caratterizzanti una specifica situazione, o aventi un determinato significato semantico comune. Per esempio, considerando la sequenza video di un TG mostrata in figura 3, un possibile approccio potrebbe consistere nel considerare un primo raggruppamento contenente gli *shot* della sigla e dei titoli, un secondo contenente le scene della conduzione in studio ed un terzo comprendente i contributi giornalistici esterni.

La figura 4 mostra lo schema a blocchi di un sistema per il *Video Retrieval* (CBVR – *Content Based Video Retrieval*). A differenza delle immagini fisse, l'analisi di una sequenza video deve tenere in considera-

zione aspetti di natura diversa, ognuno dei quali descrivente una specifica peculiarità della sequenza stessa. Occorre ricordare che una sequenza video non può essere considerata come una successione di immagini indipendenti, ma tutti i fotogrammi della sequenza sono tra loro strettamente correlati. Le transizioni tra un frame ed il successivo, e le variazioni delle caratteristiche di colore, trama, e forma osservate analizzando gruppi di frame sono spesso più importanti dell'informazione contenuta in un singolo fotogramma. Inoltre ogni video ha sue caratteristiche diverse (velocità d'azione e di ripresa, linguaggio visivo, audio, ecc.) a seconda del genere cui appartiene.

Un sistema CBVR deve prevedere diversi sottosistemi cooperanti tra loro, ognuno dei quali designato all'analisi di uno specifico aspetto caratterizzante la sequenza video analizzata. La figura 4 mostra lo schema a blocchi di un sistema per il *Video Retrieval* in cui è possibile individuare quattro macroblocchi.

Il modulo denominato *Temporal Segmentation* è utilizzato per la suddivisione in shot della sequenza video. Dopo aver determinato, mediante tecniche di *Shot Detection*, gli shot costituenti la sequenza, ne vengono scelti i fotogrammi chiave (*key frame*), utilizzati quali descrittori delle sottosequenze individuate (tipicamente vengono scelti i fotogrammi di apertura, chiusura e centrali dello *shot*). Questa fase prevede inoltre la possibilità di inserimento di annotazioni manuali da parte di un operatore, al fine di completare la descrizione delle sottosequenze con descrittori non estraibili automaticamente.

Il modulo di segmentazione spaziale (*Spatial Segmentation*) è designato all'individuazione di specifiche aree di interesse

all'interno dei key frame. A tal fine, ogni fotogramma viene inizialmente suddiviso in blocchi dai quali si estraggono le caratteristiche di basso livello (*Image Splitting, Features Extraction*), quindi si procede, sulla base delle statistiche dominanti di ogni blocco di misura in cui il frame è stato suddiviso, all'aggregazione dei blocchi tra loro simili, determinando diverse regioni di interesse all'interno del frame stesso. Tali regioni sono infine descritte, sia dalle proprie caratteristiche di basso livello, sia

dalle caratteristiche geometriche della regione stessa, quali ad esempio l'area e la posizione del baricentro [17] (*Blocks Clustering, Region Descriptions*). Parallelamente a questa fase è possibile procedere all'aggregazione dei diversi shot individuati, secondo diverse semantiche scelte di volta in volta dall'operatore. (*Shots Clustering, Semantic Shots Representation*).

Ogni descrittore estratto viene quindi in-

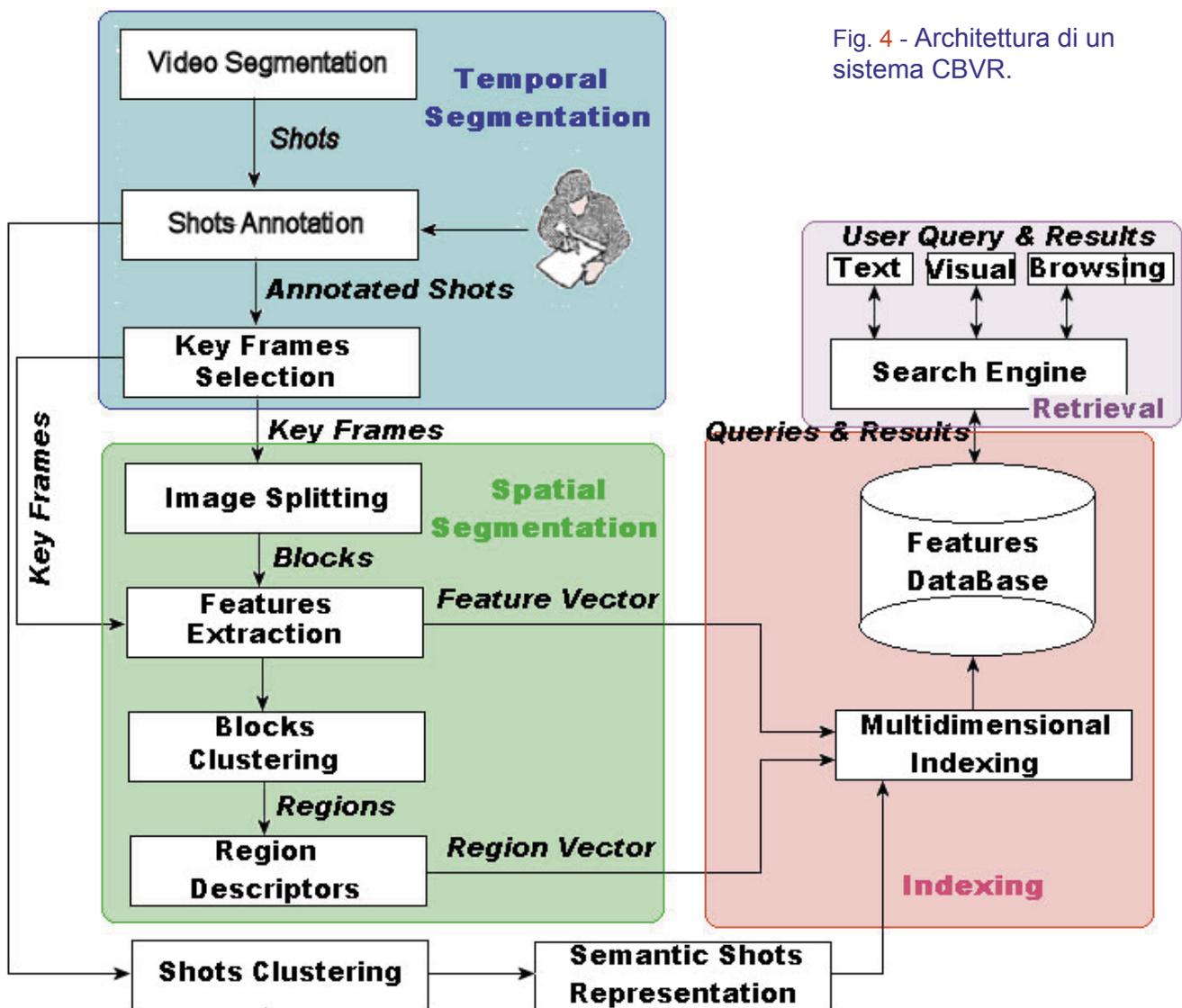


Fig. 4 - Architettura di un sistema CBVR.

dicizzato in apposite strutture dati multidimensionali e memorizzate nel DataBase delle caratteristiche (fase di *Indexing*).

All'utente è permesso effettuare operazioni di ricerca testuale, visuale o di navigazione all'interno del DataBase video.

6. Applicazioni pratiche

Le aree di interesse delle tecniche di *Image and Video Retrieval* riguardano tutte quelle applicazioni che richiedono il veloce e preciso recupero dell'informazione visiva all'interno di grandi archivi multimediali. Tra queste citiamo a titolo di esempio:

- Applicazioni per l'esplorazione di archivi audiovisivi, adottate dai broadcast televisivi per la classificazione automatica dei propri cataloghi multimediali. La videoteca Rai, che per quantità di materiali rappresenta una delle più importanti collezioni mondiali, è una fonte di grande valore per i Centri di Produzione Nazionali, che possono sfruttare questo archivio per la realizzazione di nuovi prodotti televisivi; da questo catalogo vengono inoltre regolarmente estratti i contenuti audiovisivi per il sito Rai Teche. Lo sviluppo di sistemi in grado di aumentare le capacità di descrizione e classificazione automatica dei contenuti apportano pertanto benefici di primaria importanza nell'ambito della produzione televisiva, i più importanti dei quali riconducibili all'abbassamento dei costi sostenuti per la produzione, ed al miglioramento della qualità dei servizi e dei programmi offerti.
- Applicazioni di *Face e Finger Recognition*, adottate dalle Forze di Polizia per il riconoscimento automatico dei volti e delle impronte.

- Applicazioni GIS (*Geographic Information System*), utilizzate in ambito civile e militare per l'analisi di immagini satellitari.
- Applicazioni di CAD (*Computer Aided Detection*) diagnostico in ambito medico, per la compilazione di diagnosi accurate, basate sul confronto tra immagini di casi simili.
- Applicazioni di telesorveglianza, per l'analisi automatica di immagini provenienti da telecamere di controllo dei sistemi di allarme.

7. Bibliografia

- [1] I.E. Sutherland, "SKETCHPAD: A Man-Machine Graphical Communication System", M.I.T. Lincoln Laboratory Technical Report 296, January 1963.
- [2] T. Kato, "Database architect in Image Storage and Retrieval Systems", in *Image Storage and Retrieval Systems* (Jambardino, A A and Niblack, W R, eds), Proc SPIE 1662, 112-123.
- [3] L. Wang, B.S. Manjunath, "A Semantic Representation for Image Retrieval", IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), Barcelona, Spain, September 2003.
- [4] C. Jianyun, L. Yunhao, L. Songyang, W. Lingda, "A Unified Framework for Semantic Content Analysis in Sports Video", Proceedings of the 2nd International Conference on Information Technology for Application (ICITA 2004), HARBIN, CHINA, 9-11 January 2004.
- [5] R.C. Jain, S.N. Murthy, L. Tran, S. Chatterjee, "Similarity Measures for Image Databases", SPIE(2420), 1995, pp. 58-65.
- [6] J.P. Tarel, S. Boughorbel, "On the choice of similarity measures for image retrieval by example", Proceedings of

- the tenth ACM International Conference on Multimedia, Juan-les-Pins, France, 2002, pp. 446-455.
- [7] P. Brodatz, "Textures - a photographic album for artists and designers", Dover Publications, 1999.
- [8] H. Tamura, S. Mori, T. Yamawaki, "Texture Features corresponding to visual perception", IEEE Trans. On Systems, Man, and Cybernetics, 8(6):460-473, 1978.
- [9] F. Liu, R. Picard, "Periodicity, Directionality, and Randomness: Wold Features for Image Modeling and Retrieval", IEEE Trans. on PAMI, Vol. 18, n° 7, pp. 722-733, 1996.
- [10] Minh N. Do, M. Vetterli, "Wavelet-based texture retrieval using generalized Gaussian density and Kullback-Leibler distance", IEEE Trans. Image Processing, Vol. 11, n° 2, pp. 146-158, 2002.
- [11] S. Zhou, Y. V. Venkatesh, C. C. Ko, "Texture retrieval using tree-structured wavelet transform", International Conference on Computer Vision, Pattern Recognition, and Image Processing (CVPRIP), 2000.
- [12] J. Zhang, T. Tan, "Affine invariant texture signatures", Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), pp.618-621, 2001.
- [13] D. A. Clausi, "An analysis of co-occurrence texture statistics as a function of grey level quantization", Canadian Journal of Remote Sensing, Vol. 28, n° 1, pp. 45-62, 2002.
- [14] P. Alshuth, Th. Hermes, Ch. Klauck, J. Kreyß, M. Röper, "IRIS - a system for image and video retrieval", Proceedings of the 1996 conference of the Centre for Advanced Studies on Collaborative research, Toronto, Canada, 1996.
- [15] A. Del Bimbo, P. Pala, "Visual Querying by Color Perceptive Regions", ERCIM, 4° DELOS Workshop Image Indexing and Retrieval, pp. 3-7, 1997.
- [16] A. Del Bimbo, "Visual Information Retrieval", Morgan Kaufmann Publishers, 1999.
- [17] M. Montagnuolo, "Strumenti per la Classificazione Automatica di Contenuti Audiovisivi", Tesi di Laurea Politecnico di Torino, 2004.
- [18] J. Mas, G. Fernandez, "Video Shot Boundary Detection Based on Color Histogram", Digital Television Center (CeTDV), La Salle School of Engineering, Ramon Llull University, Barcelona, Spain, 2003.
- [19] W. Zhao, J. Wang, D. Bhat, K. Sakiewicz, N. Nandhakumar, W. Chang, "Improving Color Based Video Shot Detection", IEEE international Conference on Multimedia Computing and Systems, Volume 2, Florence, Italy, 1999.
- [20] E. Izquierdo, J.R. Casas, R. Leonardi, P. Migliorati, Noel E. O'Connor, I. Kompatsiaris, M.G. Strintzis, "Advanced Content-Based Semantic Scene Analysis and Information Retrieval: The SCHEMA project", Workshop on Image Analysis for Multimedia Interactive Services (WIAMIS 2003), London, 2003.
- [21] R. Visser, N. Sebe, E.M. Bakker, "Object Recognition for Video Retrieval", International Conference on Image and Video Retrieval (CIVR'02), pp. 262-270, London, UK, July 2002.
- [22] J. Sivic, F. Schaffalitzky, A. Zisserman, "Efficient Object Retrieval from Videos", Proceedings of the 12th European Signal Processing Conference (EUSIPCO '04), Vienna, Austria, 2004.
- [23] W. Boiler, F. Holler, A. Messina, D. Airola, P. Schallauer, M. Hausenblas, "State of the Art of Content Analysis Tools for Video, Audio and Speech (D15.3)", Presto Space Deliverable D15.3 MDS3, JRS, RAI, 2005.

Obiettivo 1000

Alta Definizione e schermi TV

ing. Marzio **Barbero**
ing. Natasha **Shpuza**

Questa è una panoramica, che adotta un linguaggio non eccessivamente "tecnico", su alcuni dei temi, in parte già trattati in precedenti numeri di Elettronica e Telecomunicazioni, legati alla definizione delle immagini televisive, con specifico riferimento all'evoluzione degli schermi, dalla nascita della televisione fino alla imminente Alta Definizione (HDTV).

Nel 1926, in un grande magazzino...

Al momento della nascita della televisione, due caratteristiche dell'immagine erano considerate fondamentali per il successo dell'invenzione: la definizione ed il colore.

E' il 1926 quando l'ingegnere scozzese John Logie Baird dimostra in un grande magazzino di Londra le prime immagini utilizzando due dischi di Nipkow, uno per la ripresa e l'altro per la riproduzione. La prima scena televisiva trasmessa nel suo laboratorio è il viso di una persona. Ogni immagine è costituita da 30 righe, e 5 sono le immagini ogni secondo.

E solo due anni più tardi, è sempre Baird ad effettuare un esperimento di televisione a colori, utilizzando dischi di Nipkow con tre spirali, una per ciascun colore primario.

Il sistema di scansione utilizzato per la prima dimostrazione della trasmissione di un'immagine in movimento, effettuata da Baird, era basato sul disco brevettato in Germania da Nipkow nel 1884. Baird usava un formato 3:7 con scansione verticale. Il 14 luglio del 1930 venne realizzata la prima rappresentazione teatrale in tv, la commedia di Pirandello "L'uomo dal fiore in bocca".

A metà del 1932 la BBC iniziò trasmissioni regolari basate sul sistema meccanico con scansione a 30 linee. Baird dimostrò il 12 settembre 1933 un telecine a 120 righe, 25 quadri al secondo e il 12 marzo dell'anno successivo un sistema a 180 righe con ricevitore basato su tubo a raggi catodici (CRT). Nel 1934 il telecine era in grado di fornire una definizione di 240 righe, 25 quadri al secondo.



La notte dell'8 Febbraio, un pupazzo, due uomini e una signora sono stati messi successivamente dinanzi a un «occhio elettrico» cioè a un apparecchio televisivo trasmettitore a Londra e le loro immagini sono comparse, più o meno nitidamente ma tuttavia riconoscibili, sullo schermo di un apparecchio televisivo ricevitore a Nuova York. L'esperimento è cominciato a mezzanotte, ora inglese. Il capitano Hutchinson, uno dei direttori dell'organizzazione per l'applicazione pratica della televisione si è recato a Nuova York appunto per l'esperimento. Egli ha così descritto all'*Evening Standard* questa prima visione attraverso l'Atlantico.

«Le immagini arrivano attraverso l'atmosfera sotto la forma di suoni, una sorta di ronzio di api. I suoni avevano una cadenza irregolare corrispondenti alle luci e alle ombre. Man mano avveniva la trasformazione dei ronzii ritmici nel televisore, le immagini si formavano gradualmente sopra lo schermo per mezzo di piccoli rettangoli luminosi. Subito dopo la mezzanotte, ora inglese, una figura è apparsa sullo schermo e sebbene si movesse ho riconosciuto immediatamente Stucky, il pupazzo da ventriloquo che Baird, inventore del televisore, tiene nel suo laboratorio londinese per dare il tono giusto alla televisione. Poco dopo un altro, viso è apparso sullo schermo e ho riconosciuto subito Baird, l'inventore. Poi l'immagine è svanita lasciando il posto a una faccia più scura: quella di Fox, un amico di Baird. Quest'ultima è stata la migliore trasmissione della nottata. Poi si è visto un volto di donna. Non l'avevo mai veduto prima e quindi non ho potuto identificarlo. Ho saputo poi che era quello della signora Howe moglie di un giornalista americano residente a Londra. Essa può vantare l'onore di essere stata la prima donna vista attraverso l'Atlantico. Gli esperimenti sono continuati fino alla mattina alle 6. Le immagini erano piuttosto grossolane, ma identificabili».



Trasmissioni di immagini da Londra, ricevute a New York, descritte nel n. 8 del 1928 di Radiorario (fonte: Teche Rai)

Il numero di righe cresce

Una delle limitazioni di tale sistema televisivo, basato sulla scansione meccanica dell'immagine, è proprio la definizione. D'altro canto i primi sistemi completamente elettronici non sono molto migliori: Il primo apparato elettronico, basato sull'iconoscopio proposto nel 1929 da un emigrato russo negli Stati Uniti, Vladimir Zworykin, è realizzato nel 1933 ed è caratterizzato da una scansione dell'immagine in 120 righe, 24 quadri al secondo.

Nel '32 la BBC comincia le trasmissioni a 30 righe. Nel gennaio '35, un rapporto della commissione insediata l'anno prima dal governo inglese stabilisce che il futuro sistema ad "alta definizione" dovrà avere un minimo di 240 righe e 25 quadri al secondo. Due sistemi, uno meccanico e l'altro elettronico, vengono diffusi alternativamente per sei mesi. L'11 settembre '35 la BBC chiude il servizio a "bassa definizione".

In Germania, i primi servizi di trasmissione televisiva usano il disco rotante, ma, già nel '36, le Olimpiadi di Berlino sono trasmesse utilizzando due sistemi elettronici, entrambi a 180 linee e 25 quadri al secondo.

Nel 1929 alcuni tecnici dell'EIAR (Ente Italiano per le Audizioni Radiofoniche), coordinati da Alessandro Banfi condussero negli studi radiofonici di Milano esperimenti di televisione e, sul finire di quello stesso anno, questa volta nella sede EIAR di Torino, in un locale detto "visorium", costruirono il primo impianto italiano di ripresa, trasmissione e ricezione televisiva. Nel '30 è costituito a Torino il Laboratorio Ricerche dell'EIAR, che diventerà successivamente il Centro Ricerche Rai.

I fratelli Bruno e Giovanni Fraccaro, abili costruttori di apparecchi interfono e radio, riuscirono a ricevere il segnale televisivo da Londra e Berlino e utilizzarono i dischi di Nipkow per realizzare i primi prototipi del televisore. Questo ricevitore, realizzato in Italia nel 1930, adotta lo standard a scansione orizzontale a 30 righe, formato 4:3, utilizzato al tempo in Germania. (fonte: www.earlytelevision.org).

L'alta definizione a "405 righe"

Nel novembre 1936 la BBC avvia le prime trasmissioni televisive: nel nuovo formato "alta definizione": 405 righe per quadro e 25 immagini interlacciate al secondo,

Nel '37 la Francia introduce un sistema a 455 righe. Germania e Italia adottano un sistema a 441 righe.

Nel 1939 a New York è inaugurato un sistema a 340 righe e 30 immagini al secondo, che diventa lo standard a 525 righe (60 Hz, interlacciato) due anni più tardi.

La seconda guerra mondiale causa l'interruzione delle trasmissioni televisive.

Alla fine della guerra, la battaglia televisiva riprende esattamente dal punto in cui si era interrotta, e permane la competizione per incrementare la definizione delle immagini, l'obiettivo è già allora "1000 righe". Nell'aprile 1949 in Francia si sperimenta un sistema a 819 righe.

Ma è difficile realizzare con la tecnologia del tempo il nuovo salto verso l'alta definizione.

Gli schermi televisivi, basati su tubi a raggi catodici, sono via via passati dalla forma circolare ad una forma sempre più rettangolare. Le dimensioni sono passate, nel '49, da 9" o 10" a 12" e vengono proposti i primi sistemi a proiezione.

Occorre attendere il 1952 perché venga introdotto un solo standard in tutta Europa: 625 righe e 25 quadri al secondo (50 Hz, interlacciato).

Nel '54 gli schermi sono cresciuti a 14" o 17" e vengono prodotti sistemi a proiezione frontale con schermi da 60".

Nel '57 arrivano i cinescopi da 21".

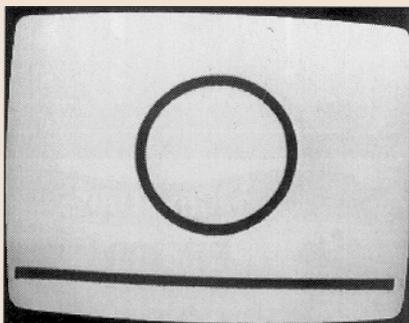
Il 22 luglio '39 entra in funzione il trasmettitore sperimentale di Monte Mario a Roma, che effettua per circa un anno trasmissioni regolari con il formato a 441 righe. Il 16 settembre entra in funzione un trasmettitore televisivo a Milano che effettua trasmissioni sperimentali in occasione della XI Mostra della Radio e dal 12 al 28 aprile '40, per tutta la durata della XXI Fiera di Milano, l'EIAR effettua un servizio di radiovisione dalle 18 alle 18:30 e dalle 21:30 alle 22:00. Si avvicina la guerra e il 31 maggio cessano le trasmissioni sperimentali televisive dell'Eiar sia a Roma sia a Milano, poiché la frequenza di trasmissione TV potrebbe interferire con le emissioni dell'impianto Telefunken di atterraggio teleguidato degli aerei negli aeroporti di Roma-Ciampino e Milano-Linate.



1939: Immagine sperimentale TV a Roma (fonte: www.radiomarconi.com).

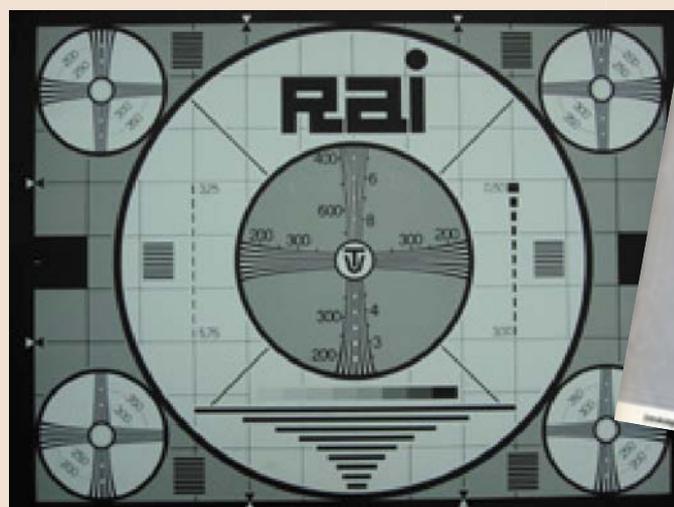


Tre cinescopi europei per televisione:
a) 1937
b) 1938
c) 1939 primo cinescopio rettangolare (Museo della Radio e Televisione Rai -Torino)



Il primo monoscopio, ovvero il grafico che serve per valutare le caratteristiche della catena di diffusione (dalla telecamera allo schermo), fu realizzato per le trasmissioni della BBC a 30 righe e consisteva in una semplice circonferenza e una linea retta.

Nel 1939 la RCA realizzò il monoscopio noto come testa d'indiano.



Alcune delle strutture grafiche che compongono il monoscopio consentono di stabilire la corretta riproduzione dell'intera gamma delle frequenze spaziali garantita dallo standard, cioè la definizione orizzontale e verticale con cui sono riprodotte le immagini. Sono qui riprodotti il monoscopio Rai utilizzato per la TV in bianco/nero e la copertina della rivista (n. 6 del 1975) che contiene la descrizione del monoscopio a colori.

L'immagine del monoscopio era un tempo familiare ai telespettatori, poiché veniva trasmesso nei periodi di sospensione della programmazione, oggi giorno compare raramente, perché i programmi sono presenti 24 ore al giorno.

E il colore?

Nel 1938 George Valensi propone in Francia il principio della compatibilità: i programmi a colori debbono essere riprodotti dai televisori in bianco e nero e i programmi trasmessi in bianco e nero debbono essere visualizzati, ovviamente in bianco/nero, anche dai televisori a colori.

Ma solo nel 1953, negli Stati Uniti, viene definito lo standard NTSC (*National Television Systems Committee*).

Nel 1961 in Francia viene definito il SECAM (*Sequentiel Couleur à Memoire*). Nel 1963 viene proposto il PAL (*Phase Alternation by Line*).

Servizi televisivi a colori vengono lanciati nel 1967 in Gran Bretagna, Germania e Francia.

Solo dieci anni dopo la Rai è autorizzata ad avviare il servizio di televisione a colori in Italia.

E l'obiettivo delle 1000 righe?

Nei laboratori la ricerca continua, soprattutto in Giappone, e negli anni '80 vengono sviluppati apparati per l'alta definizione; gli organismi di standardizzazione operano per definire uno standard HDTV (*High Definition Television*) comune.

Nonostante questi sforzi vi sono due sistemi, e formati, che si contrappongono: uno giapponese e l'altro europeo. Sono entrambi una evoluzione della televisione a definizione convenzionale, e sono analogici, ma gli apparati fanno ampio uso di tecniche e dispositivi digitali.

Arriva il digitale

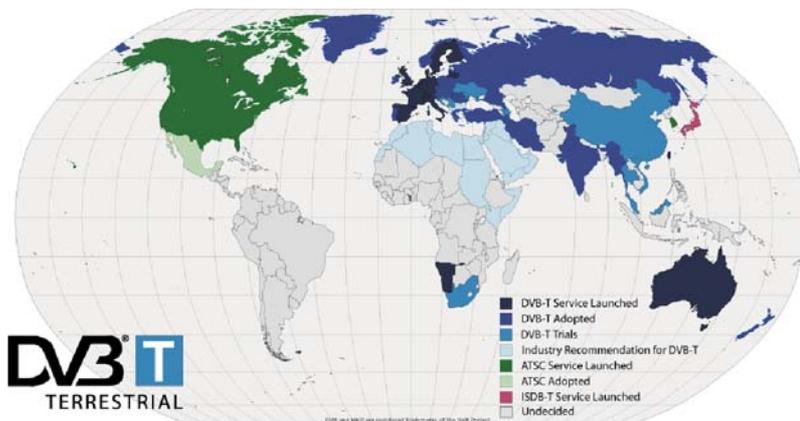
Nel 1990 un consorzio europeo italo-spagnolo, in cui la Rai, ed in particolare il Centro Ricerche, ha un ruolo determinante, dimostra la fattibilità di un sistema di trasmissione interamente digitale che consente la diffusione attraverso il satellite di programmi HDTV.

In occasione dei campionati mondiali di calcio Italia '90 diverse partite di calcio vengono riprese, codificate e trasmesse nei due formati HDTV allora proposti.

E' uno degli eventi fondamentali per l'avvio della trasformazione dei sistemi televisivi da analogici a digitali. A partire dal 1991



Sala di visione allestita a Palazzo Labia a Venezia per la visione delle partite di Italia '90 in alta definizione. Il proiettore, realizzato dalla Seleco, utilizzava tre tubi (CRT), uno per ciascun colore primario.



Il DVB è un consorzio di oltre 270 enti radiotelevisivi, industrie, operatori di rete e autorità di regolamentazione appartenenti a più di 35 paesi. Gli standard DVB sono utilizzati in tutti i continenti e sono più di 110 milioni i ricevitori installati. Gli standard comprendono il DVB-S e DVB-S2 (diffusione via satellite), DVB-C (distribuzione via cavo), DVB-T (diffusione terrestre), MHP (per le applicazioni interattive) e DVB-H (per i terminali *handheld*, cioè palmari e videotelefonini).

In figura è rappresentata la diffusione a livello mondiale del DVB-T (fonte: www.DVB.org)



1989 - monitor con tubo a raggi catodici da 38" in alta definizione 16:9, 1125 righe, dimensioni 1030 x 764 x 865 mm, peso 184 kg, 350 W (Sony HDM 3830)

L'Europa decide di sviluppare un sistema televisivo digitale, nel settembre '93 nasce ufficialmente il DVB (*Digital Video Broadcasting project*). E' il DVB che definisce e promuove la penetrazione degli standard di diffusione digitale, inizialmente da satellite e, più recentemente, terrestre.

E' il trionfo del digitale: migliore sfruttamento delle frequenze, più programmi, minor potenza per i trasmettitori, qualità migliore, multimedialità...

Ma l'alta definizione?

A metà degli anni '80 l'alta definizione appare a portata di mano, grazie al progresso nel campo dei circuiti digitali, in particolare le memorie, e si spera che uno dei componenti essenziali della catena, cioè lo schermo, possa evolvere per consentire la visione HD.

Purtroppo, negli anni '90 gli schermi sono ancora basati sull'evoluzione dei primi cinescopi: tubi a raggi catodici (CRT, *Cathode Ray Tube*).

Tale tecnologia è notevolmente progredita: miglior qualità delle immagini, minori consumi, prezzi ridottissimi. Anche le dimensioni sono cresciute (vi sono in commercio televisori con tubi superiori ai 30"), ma due sono le limitazioni: l'incremento di costo all'aumentare della definizione e l'incremento di ingombro, in particolare profondità e peso al crescere delle dimensioni dello schermo.

Occorre un salto tecnologico: il tubo è obsoleto.

Schermi al plasma

Gli schermi al plasma si possono considerare simili ai tubi, in quanto il funzionamento si basa sulla fluorescenza: l'emissione della luce da parte di fosfori.

Una tecnologia molto sofisticata, inventata nel 1964 in un laboratorio universitario dell'Illinois, che porta alla produzione industriale del primo schermo al plasma (da 42") in Giappone, nel 1995.

A partire da quel momento la tecnologia si è raffinata, i difetti iniziali sono stati eliminati o ridotti, i costi sono scesi ad un decimo di quelli iniziali, le dimensioni sono cresciute.

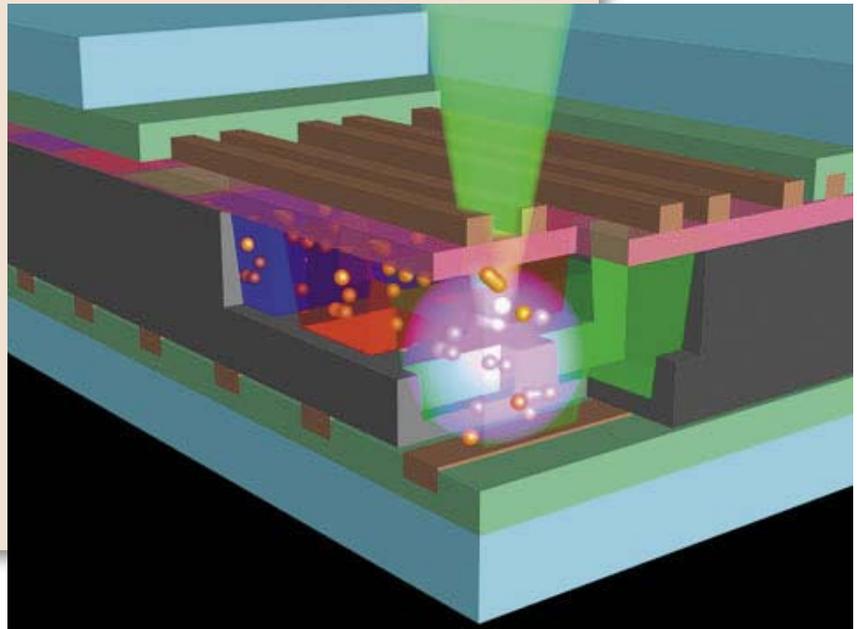
La crescita delle dimensioni dello schermo è legata all'aumento della definizione: le

singole celle sono piccole, ma il formato a più alta definizione oggi diffuso richiede di allineare 1920 triplette di celle (una per ciascun primario) su 1080 righe: la dimensione dello schermo raggiunge 80" ed il costo, che cresce con l'area, diventa improponibile per applicazioni domestiche.

Gli schermi al plasma commercialmente più diffusi, da 42" a 60", hanno quindi una definizione inferiore e, nel caso in cui debbano visualizzare un'immagine da 1000 righe, la filtrano e la ridimensionano per adattarla al loro numero di celle (ad esempio 1366 per 768 elementi di immagine per uno schermo al plasma da 60").

Se si desidera realizzare uno schermo di dimensioni più contenute, ma con risoluzione elevata, occorre ricorrere a celle più piccole.

Uno schermo al plasma è costituito da una matrice di piccoli tubi fluorescenti, le celle contenenti una miscela di gas, comprese fra due lastre di vetro e comandate da una serie di elettrodi. Il gas di ciascuna cella può essere ionizzato, mediante il passaggio di una scarica elettrica, diventare plasma, ed eccitare i fosfori, corrispondenti ai tre colori primari, che a loro volta emettono l'energia luminosa.



I cristalli liquidi

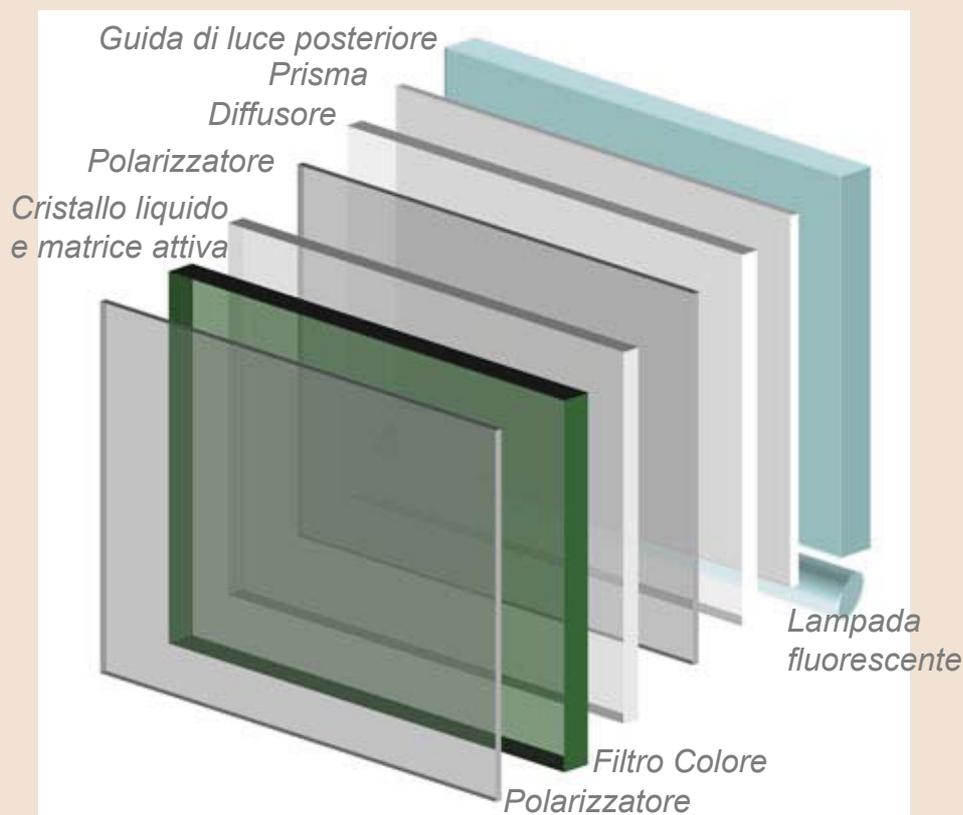
E' curioso il fatto che la scoperta delle proprietà dei cristalli liquidi, e il nome che fu loro assegnato, siano stati per la prima volta descritti da un fisico tedesco, Otto Lehmann, negli anni 1888-89, cioè nello stesso decennio in cui Paul Julius Gottlieb Nipkow brevettava il suo disco (1884).

Sta di fatto che oggi sono proprio gli LCD (*Liquid Crystal Display*) gli schermi più diffusi nei vari campi: dai telefoni cellulari, agli schermi per computer, strumenti e telecamere, e, infine i televisori. A partire dal 1968, anno in cui furono realizzati i primi display a cristalli liquidi, questa tecnologia ha avuto uno sviluppo esponenziale.

Oggi sono commercializzati LCD con definizione 1920 per 1080 e dimensioni da 45" o superiori, ridotto spessore e peso.

Quella LCD è una tecnologia tipo "a valvola di luce": la luce proveniente da una sorgente di luce bianca viene lasciata transitare, oppure viene bloccata, dalle molecole di cristallo liquido contenuto nella singola cella.

Lo schermo LCD è costituito da due superfici che comprendono dei filtri polarizzanti. La luce emessa da una lampada fluorescente viene diffusa attraverso il primo filtro polarizzante, e attraversa le molecole del cristallo liquido. Tali molecole variano il proprio orientamento in dipendenza del campo elettrico applicato alle celle mediante una matrice attiva, causando una rotazione della polarizzazione della luce. In funzione della polarizzazione così assunta, la luce passa, o viene parzialmente o totalmente bloccata, dal secondo filtro polarizzante. Opportuni filtri colorati (rosso, verde e blu) consentono la realizzazione di celle corrispondenti ai tre primari.



OLED

Spessori ancora inferiori sono possibili con una tecnologia che si sta rapidamente affermando, quella OLED (*Organic Light Emitting Diode*). In questo caso le celle sono basate su sostanze elettroluminescenti che, quando viene applicata una opportuna tensione, emettono luce (i colori sono ottenuti utilizzando sostanze diverse, che emettono radiazioni corrispondenti ai tre primari).

Grazie alle dimensioni degli elementi attivi costituenti uno schermo OLED, quest'ultimo può avere spessore minimo (da pochi millimetri a 2-3 centimetri) e sono stati realizzati schermi con definizione di 1920 per 1080 da 21" e 40".

La compressione

In fondo l'OLED non differisce molto dal *telectroscope* proposto nel 1875 dall'ame-

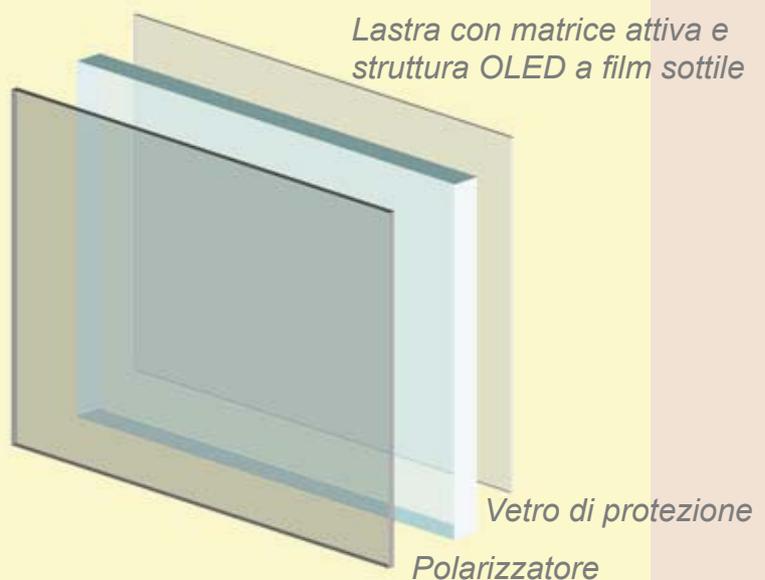
ricano George R. Carey, in cui ad ogni elemento di immagine corrispondeva una lampadina. Il problema, allora, era costituito dal numero di fili che dovevano collegare i singoli sensori della parte trasmittente con le corrispondenti lampadine della parte ricevente.

Fortunatamente già pochi anni dopo furono gettate le basi della scansione televisiva ed il canale divenne unico e oggi le informazioni per accendere i singoli elementi di immagine sono bit opportunamente allineati e organizzati.

Resta comunque un problema serio, quello di comprimere tutte le informazioni necessarie ad "accendere" i singoli elementi di immagine per farle transitare sull'unico canale trasmissivo. E nel caso di immagini ad alta definizione, il numero di elementi di immagine è circa cinque volte superiore a quello delle immagini a definizione convenzionale.

Nei display OLED, le celle sono basate su sostanze elettroluminescenti che, quando viene applicata una opportuna tensione mediante una matrice ad elementi attivi, emettono luce. I colori sono ottenuti utilizzando sostanze diverse, che emettono radiazioni corrispondenti ai tre primari.

Appare evidente che la realizzazione della struttura OLED è molto più semplice, e quindi in prospettiva meno costosa, di quella LCD.



Anche in questo ambito i progressi tecnologici, recepiti nel processo evolutivo degli standard, ci vengono incontro. Progressi avvenuti sia nel migliore sfruttamento della banda (come dimostra il recente standard DVB-S2 per la diffusione via satellite), sia nel miglioramento delle tecniche di compressione del segnale video (standard MPEG-4 AVC, *Advanced Video Coding*). In pratica, grazie a questi progressi, l'alta definizione richiede solo circa il doppio della capacità di canale fino ad ora richiesta per la definizione normale.

Proiettori e specchi

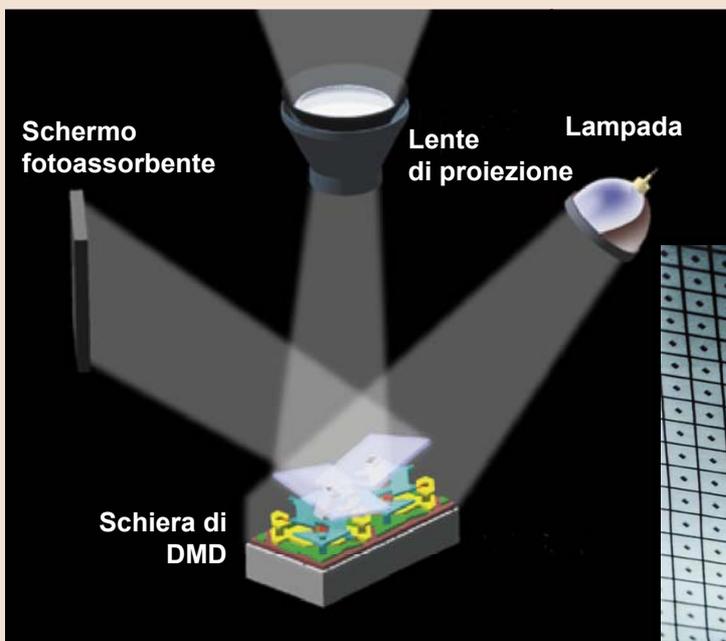
Abbiamo finora tralasciato di ricordare l'evoluzione dei sistemi a proiezione frontale, o a retroproiezione, nati, come

abbiamo visto negli anni '50 e allora basati su tubi a raggi catodici.

Anche in questo caso i dispositivi a cristalli liquidi hanno sostituito i tubi, ma esiste anche una tecnologia alternativa, sviluppata a partire dal 1987. Si tratta di un sistema elettromeccanico basato su minuscoli specchi.

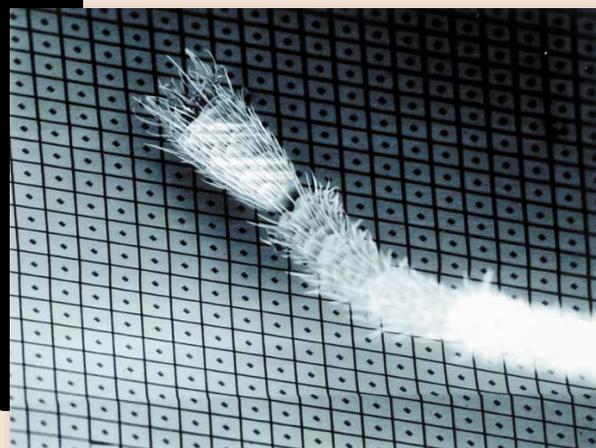
L'idea di utilizzare gli specchi per ricostruire l'immagine video è coeva del disco di Nipkow. Infatti nel 1889 Lazare Weiler (industriale, uomo politico e saggista della terza repubblica francese) propone un sistema completo, basato su due ruote dotate di 360 specchi argentati: una ruota per l'analisi e l'altra per la riproduzione dell'immagine. E Baird stesso, nel 1931,

I sistemi a proiezione DLP (*Digital Light Processing*) sono basati su schiere di microspecchi in alluminio (DMD, *Digital Micromirror Device*). Ciascuno specchio può assumere due posizioni. In una posizione la luce monocromatica generata da una lampada viene riflessa nella direzione della lente di proiezione, transitando attraverso una ruota che, filtrandola, trasmette solo le componenti corrispondenti ai colori primari, e raggiunge lo schermo. Nell'altra posizione la luce è riflessa verso uno schermo che la assorbe. Ciascun specchio, quadrato, ha un lato di 13,8 micron (l'immagine, ottenuta con il microscopio, mette a confronto la zampa di una formica con una schiera di specchi).



ottenuta con il microscopio, mette a confronto la zampa di una formica con una schiera di specchi).

DLP™ e DMD™ sono marchi della Texas Instruments (fonte: www.dlp.com)



dimostra un sistema basato su un tamburo a specchi.

Il dispositivo odierno, il DMD, proietta l'immagine su uno schermo, grazie ad una schiera di microscopici specchi quadrati in alluminio, in numero pari al numero di pixel che costituisce l'immagine (e quindi l'ultimo nato contiene 1920 x 1080, cioè più di 2 milioni, di specchi).

Oggi, nei grandi magazzini...

La storia della televisione, abbiamo visto, è iniziata in un grande magazzino, con il sistema meccanico di Baird. Oggi la tecnologia ha reso possibile praticamente tutte le idee che scaturivano dalla fantasia dei visionari e inventori nati nell'ottocento: troviamo, nei grandi magazzini e con costi relativamente contenuti, tutti i risultati di questo sviluppo, testimoniato dalle varie tipologie di display.

Il display non rappresenta più la limitazione alla rapida diffusione della televisione ad alta definizione: l'obiettivo delle mille righe, perseguito nel corso dell'ultimo secolo, è raggiunto.

Oggi si può abbandonare il tubo a raggi catodici, e con esso la scansione interlacciata delle immagini, di fatto la prima "tecnica di compressione". Si può scegliere tra un'insieme di tipologie di display, ma tutti intrinsecamente digitali (una cella per ogni pixel) e a scansione progressiva: ideali per gli standard televisivi digitali.

Per poterci godere nel nostro salotto immagini ad alta definizione occorre che anche la parte di ripresa e produzione (telecamere, sistemi di videoregistrazione, editing...) sia pronta a generare le immagini ad alta definizione. Anche se questi aspetti esulano dallo scopo di questa rapida scansione sullo sviluppo degli schermi, si può affermare che, anche da

questo punto di vista, le prospettive sono molto promettenti.

Nel tempo si sono anche ampliate le modalità di fruizione delle immagini televisive. Negli anni '50, si guardava la tv in compagnia, al bar, nel salotto di casa. Oggi nel salotto c'è l'*home theatre*, ma sempre più spesso si guarda la tv da soli, a volte seduti davanti ad uno schermo, che è ad alta definizione, ma dove la tv non è la sola protagonista perché si possono aprire molteplici finestre, grazie all'interattività, ad internet e al computer.

E sempre più alta è la risoluzione delle immagini che guardiamo, e a volte riprendiamo, con i dispositivi che stanno sul palmo della mano.

E domani...

E domani, forse, getteremo un occhio su immagini tv durante l'attività lavorativa o ci immergeremo, anche per divertirci, nella realtà virtuale, tridimensionale...

Esempio, a destra, di monocolo con schermo OLED RGB da 852x600 pixel (fonte www.liteye.com) ...



e, a sinistra, di visore (adatto anche per stereovisione) con due display OLED RGB da 800x600 pixel (fonte: www.emagin.com)

Anche la televisione tridimensionale faceva parte della "visione" dei nostri antenati, come ricordano le cronache del 1928: "John L. Baird ha dimostrato innanzi ad un gruppo di competenti e rappresentanti della stampa, l'ultima sua applicazione in materia di televisione, consistente nella trasmissione e ricezione di immagini mobili con l'apparenza del rilievo e quindi nelle tre dimensioni...."

Obiettivo 2000: il D-Cinema

Per un secolo si è lottato per superare le mille righe in verticale, e avvicinarsi ai 2000 pixel in orizzontale o, usando il gergo a cui ci ha abituato l'informatica, raggiungere i 2K.

E ora l'obiettivo di ricercatori e industria si sposta e diventa i 4K, ovvero immagini con una risoluzione orizzontale oltre i 4000 pixel e una verticale oltre le 2000 righe: un numero di pixel quattro volte superiore a quello delle immagini HDTV.

Questo è l'obiettivo per il D-Cinema: la possibilità di trasmettere e proiettare sullo schermo della sala cinematografica i film, con la qualità a cui fino ad oggi arrivava solo la pellicola, ma utilizzando canali e proiettori digitali.

Riferimenti Bibliografici

Numerose schede pubblicate in Elettronica e Telecomunicazioni hanno come oggetto la tecnologia dei display, le tecniche di compressione e codifica del segnale video, l'alta definizione: l'elenco di questi, e altri riferimenti bibliografici, è riportato nelle bibliografie della scheda "Verso l'alta definizione", nello scorso numero di aprile, e nell'articolo "Gli Standard DVB", nel numero di dicembre 2004.

Nel numero di agosto 2004 sono stati pubblicati diversi articoli relativi alla televisione tridimensionale ed ai display autostereoscopici.

Per quanto riguarda la storia della tecnologia della televisione, si rimanda alla bibliografia in "Dal Telettroscopio al Disco di Nipkow", nel numero di dicembre 2004. La storia della sperimentazione in Italia negli anni '30, anche dal punto di vista della tecnologia, è oggetto del libro "La TV di Mussolini" di Diego Verdegiglio, Ed. Cooper&Castelvecchi, 2003.



Proiettore Sony 4K SXRD

A partire dal 2001 sono stati sviluppati sistemi 4K per il D-Cinema. il 13 giugno 2001 è stato costituito lo *European Digital Cinema Forum* (www.edcf.org). In Giappone, dal 31 maggio 2004 è attivo il DCTF (*Digital Cinema Technology Forum*) e nel giugno 2004 è stato introdotto il primo proiettore commerciale 4K (4096 pixel per 2160 righe).