



- **Tecniche di marchiatura elettronica per la protezione dei diritti di proprietà intellettuale**
- **Marchiatura elettronica e le applicazioni in ambito televisivo**



- **Melevisione: dalla TV al web**
- **Il sito web "Opere del Novecento italiano"**
- **Un "mezzo" mobile per riprese radiofoniche**
- **Una nuova soluzione per la distribuzione dei segnali DVB negli impianti centralizzati d'antenna**





**telecomunicazioni**

Anno XLIX  
N°2 Agosto 2000

da pag. 1 a pag. 52

RIVISTA QUADRIMESTRALE  
A CURA DELLA RAI

**Direttore responsabile**  
Gianfranco Barbieri

**Comitato direttivo**  
Maurizio Ardito, Marzio Barbero,  
Mario Cominetti, Paolo D'Amato

**Redazione**  
Marzio Barbero, Gemma Bonino

**Rai Centro Ricerche  
e Innovazione Tecnologica**  
Corso Giambone, 68 - 10135  
Tonno, Tel. 011/8103271

**Gestione prodotto**  
Rai Editoria Periodica e Libreria  
Viale Mazzini, 14 - 00195 Roma

**Distribuzione in edicola**  
SODIP "Angelo Patuzzi" S.p.A.  
via Bettola 18 - 20092  
Crisello Balsamo, Milano  
Tel. 02/660301  
Fax 02/66030320

**Gestione abbonamenti  
e numeri arretrati**  
Licosa Via Duca di Calabria, 1/1  
50125 Firenze  
Tel. 055/645415  
Fax 055/6483201

Una copia £ 10.000  
estero £ 17.000  
Copia arretrata £ 20.000  
estero £ 27.000  
Abb. annuale £ 30.000  
estero £ 50.000

Versamenti Licosa - Firenze  
ccp.343509

Spedizione in abb. postale 45%  
Reg. alla cancelleria del tribunale  
c.p. di Torino al n.494 in data  
6-11 1951

Tutti i diritti riservati

La responsabilità degli scritti  
firmati spetta ai singoli autori

2000 © by Rai  
Radiotelevisione italiana

**Progetto grafico**  
Franco De Vecchis

**Stampa:**  
Stamperia Artistica Nazionale  
(Torino)



- 
- **Tecniche di marchiatura elettronica per la protezione dei diritti di proprietà intellettuale** 3  
di A. Piva, R. Caldelli

---

  - **La marchiatura elettronica e le applicazioni in ambito televisivo** 22  
di M. Barbero, N. Shpuza

---

  - **Melevisione: dalla TV al web** 31  
di M. Muratori

---

  - **Il sito web "Opere del Novecento italiano"** 39  
di M. Muratori

---

  - **Un "mezzo" mobile per riprese radiofoniche** 42  
di E. D'Eliso

---

  - **Una nuova soluzione per la distribuzione dei segnali DVB negli impianti centralizzati d'antenna** 46  
di M. Cominetti, A. Polo, V. Sardella
- 

Indice



# Tecniche di marchiatura elettronica per la protezione dei diritti di proprietà intellettuale

## 1. Perché la marchiatura elettronica?

I sistemi multimediali hanno conosciuto recentemente un rapido sviluppo, determinato principalmente dalla sempre maggiore quantità di informazione che viene memorizzata e trasmessa in formato digitale. Mentre l'industria di consumo sta sempre più investendo per trovare nuovi modi per distribuire i propri contenuti (siano essi di tipo audio, immagini o video), le aziende televisive, gli archivi fotografici e le compagnie cinematografiche stanno convertendo i loro beni dal formato analogico a quello digitale. La migrazione dal formato tradizionale (la carta, le registrazioni analogiche, i filmati su celluloidi) ai nuovi media digitali è dovuta a una serie di vantaggi offerti da questo genere di formato: la qualità del segnale digitale è indubbiamente superiore; i supporti tradizionali si degradano con il passare del tempo e per di più per ottenere copie di elevata qualità a partire da un originale servono dispositivi molto costosi. Al contrario, i dati digitali possono essere copiati facilmente e senza perdita di qualità ed inoltre possono essere trasmessi via rete (ad esempio su Internet). Questa diffusione aumenterà ulteriormente quando saranno disponibili servizi multimediali avanzati come la televisione interattiva,

il telelavoro, il teleconsulto, i giornali e i periodici elettronici.

Tuttavia, un fattore che sembra limitare lo sviluppo di nuovi servizi multimediali è rappresentato dal fatto che gli autori, gli editori e i produttori di contenuti digitali sono riluttanti a consentirne la distribuzione in rete aperta a causa della facilità con cui praticamente chiunque può intercettare, copiare e

ridistribuire tali dati nella loro forma originale. Risulta quindi evidente la necessità di sviluppare metodi efficienti per la protezione dei dati che consentano di evitare la distribuzione tramite rete di copie non autorizzate, in modo da garantire i diritti di proprietà intellettuale legati ai contenuti trasmessi.

La prima soluzione proposta per il problema della protezione del copyright è stata il ricorso a tecniche di crittografia con cui cifrare i documenti multimediali in modo da permettere l'accesso ai soli utenti autorizzati. Ma le tecniche di crittografia, come ad esempio l'algoritmo a chiave pubblica RSA, non risolvono completamente il problema della riproduzione non autorizzata, poiché una volta rimossa la cifratura, il documento è nuovamente accessibile e facilmente copiabile. L'uso di tecniche di marchiatura elettronica (digital

**D**IGITAL WATERMARKING TECHNIQUES FOR IPR PROTECTION - Multimedia distribution in open networks, one for all the Internet, is more and more asking attention for the Intellectual Property Rights (IPR) safeguard. So far the most interesting, suitable and satisfactory answer to this kind of request has appeared to be digital watermarking; with this technique an electronic code is embedded in the document to guarantee the IPR. In this paper the general concepts of digital watermarking are described; the most important requirements that have to be fulfilled by the watermarking schemes are described. Finally, some applications of digital watermarking techniques developed at the Image Processing & Communications Lab of the University of Florence are presented.

**Alessandro Piva, Roberto Caldelli\***

\*Ing. Alessandro Piva, ing. Roberto Caldelli, Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni, Università di Firenze. Dattiloscritto pervenuto alla Redazione il 29 novembre 2000

**L**a distribuzione di dati multimediali in rete aperta, come Internet, sta richiedendo una sempre maggiore attenzione verso il problema della protezione dei diritti di proprietà intellettuale (IPR). Sinora una delle più interessanti risposte a questo tipo di richiesta è stata la marchiatura elettronica; con questa tecnica, si introduce un codice elettronico all'interno del documento multimediale al fine di garantirne i diritti. In questo articolo vengono descritti i concetti generali che stanno alla base della marchiatura elettronica, con particolare riferimento ai principali requisiti che devono essere soddisfatti da un sistema di tale genere. Vengono inoltre presentate alcune applicazioni pratiche della marchiatura elettronica sviluppate presso il Laboratorio Comunicazioni e Immagini dell'Università di Firenze.

watermarking) è stato proposto finora come una possibile ed efficiente soluzione ai problemi menzionati: un marchio elettronico è un codice identificativo che può contenere informazioni sull'autore, il proprietario, il distributore o il consumatore autorizzato del documento multimediale (immagini digitali, registrazioni audio o video, testi), permanentemente impresso nel documento digitale con lo scopo di proteggere i diritti d'autore dell'opera.

Questa nuova tecnologia andrà a vantaggio di autori, editori e distributori di opere multimediali. Ad esempio, editori ed agenzie pubblicitarie potranno identificare facilmente il proprietario del copyright di un certo documento e contattarlo per ottenere i permessi di sfruttamento; qualsiasi violazione potrà essere perseguita penalmente, poiché il marchio potrà essere utilizzato quale prova in una eventuale disputa legale. L'opera multimediale può essere marchiata in modo da permettere di rintracciare la sua distribuzione partendo dal proprietario passando per il fornitore del servizio fino all'utente finale, sia attraverso una rete di computer che tramite altri media, come i compact disc; questo metodo consentirebbe di non porre un limite al numero di copie permesse, ma fornirebbe un modo per controllare l'operato del distributore originario dell'opera. Il watermark può inoltre essere utilizzato per calcolare i diritti di riproduzione che spettano all'autore, o per monitorare l'utilizzo dei dati in rete tramite agenti automatici di ricerca.

### 1.1 La steganografia

Le tecniche di marchiatura elettronica sono basate su concetti provenienti da diverse aree di ricerca, come la crittografia, la steganografia, la teoria delle comunicazioni e l'elaborazione dei segnali.

In particolare, queste tecniche derivano dalla steganografia, che significa "scrittura coperta" (dalle parole greche *stegano* "coperto" e

*graphos* o "scrittura"). La steganografia è la scienza che studia le modalità per effettuare una comunicazione nascondendo l'esistenza della comunicazione stessa. A differenza della crittografia, il cui scopo è quello di rendere un messaggio incomprensibile ad un eventuale estraneo che riuscisse ad intercettare la comunicazione, la steganografia studia il modo di nascondere un messaggio contenente informazioni sensibili all'interno di un altro messaggio che può apparire del tutto innocuo. In questo modo, non si vuole permettere nemmeno di accorgersi che sta avvenendo uno scambio di informazioni segrete.

Uno dei primi documenti che raccontano l'uso di tecniche steganografiche è il libro "Le storie" di Erodoto [1]. In una storia, si racconta di Demarato che, volendo avvertire Sparta delle intenzioni di invasione della Grecia da parte di Serse, trasmise il messaggio nascondendolo in modo opportuno nelle tavolette usate per scrivere: a quel tempo si usavano infatti delle tavolette di legno ricoperte di cera, su cui si poteva scrivere; Demarato tolse la cera dalla tavoletta e scrisse il messaggio direttamente sul legno. Ricoperse poi nuovamente con la cera la tavoletta che in quel modo apparve alle sentinelle nemiche come inutilizzata. In un'altra storia, si racconta del nobile persiano Istieo, che per inviare un messaggio utilizzò un suo schiavo. Dopo averne rasata la testa, vi scrisse il messaggio. Aspettato il tempo necessario alla ricrescita dei capelli, inviò lo schiavo a destinazione, con l'ordine di radersi i capelli una volta giunto. Altre forme di comunicazione nascosta sono state l'uso di inchiostri invisibili (se per scrivere un testo in un foglio di carta si usano alcuni liquidi come il succo di limone, quando il liquido si asciuga il testo è invisibile, ma se il foglio viene messo vicino a una fonte di calore, la scritta riappare), oppure la modifica della disposizione del testo in documenti scritti (un esempio è l'uso di diverse spaziature

delle parole, o delle linee di testo in un documento) come ampiamente descritto in [2].

Durante la seconda guerra mondiale i tedeschi inventarono una tecnologia chiamata "microdot". Un'informazione segreta veniva fotografata, la fotografia veniva ridotta alle dimensioni di un punto e poi nascosta in un documento scritto al posto del punto della lettera 'i' o di altri segni di punteggiatura. Questa tecnica permise la trasmissione di una grande quantità di informazioni, compresi disegni tecnici. L'uso così ampio della steganografia durante la guerra ha portato nel dopoguerra all'istituzione di molte restrizioni che oggi sembrano addirittura divertenti. Negli Stati Uniti, ad esempio, fu vietata la spedizione all'estero di ritagli di giornale, istruzioni di lavori a maglia, disegni di bambini e giochi degli scacchi.

Il progresso tecnologico ha reso obsolete tutte queste restrizioni. Oggi ognuno può utilizzare le tecniche steganografiche per proteggere dei dati, nascondendo delle informazioni anche nei contenuti in formato digitale, sia esso un testo, un'immagine, un filmato video o una traccia audio, sfruttando in particolare i difetti presenti nel sistema uditivo e in quello visivo dell'uomo [3]. Tra le moderne tecniche steganografiche, sono di sempre maggiore interesse le cosiddette tecniche di "marchiatura elettronica".

### 1.2 Il marchio elettronico

Il marchio elettronico (o *watermark*, che letteralmente significa filigrana) è un segnale incorporato permanentemente nei dati digitali (audio, immagini, video, testo) che può essere rivelato oppure estratto in una fase successiva attraverso operazioni adeguate per stabilire la legittimità dei dati in questione. Il marchio è nascosto nel documento multimediale in maniera inscindibile così da resistere a varie e disparate operazioni che non degradano la qualità del bene stesso. Attraverso questa tec-

nologia, il prodotto digitale è costantemente marchiato pur essendo tuttavia sempre accessibile in qualsiasi momento [4].

Lo studio di tecniche di marchiatura elettronica è un campo di ricerca molto recente: la letteratura tecnica relativa a questo argomento ha inizio nel 1979 [5], ma il primo articolo in cui si introduce il termine watermarking, inteso come marchiatura di dati digitali, appare solo nel 1993 [6]. L'attività di ricerca ha un notevole sviluppo soprattutto a partire dal 1995 e impegna oggi diversi attori: università, progetti europei, industria. Un sistema di marchiatura è costituito da due parti fondamentali: un codificatore, che si occupa dell'introduzione del marchio (*watermark casting*) e un decodificatore, in cui avviene la rivelazione del marchio (*watermark detection*). Il codificatore inserisce all'interno del documento multimediale un marchio che, nel caso di applicazioni di protezione dei diritti di autore, consiste in un codice associato a informazioni che possono essere relative al proprietario dei diritti, all'autore dell'opera o all'utente autorizzato oppure a qualunque altro dato necessario a gestire in modo opportuno i diritti associati al contenuto (vedi figura 1). Il codificatore può eventualmente richiedere una chiave crittografica per inserire le informazioni.

Fig. 1 - Il processo di inserimento del marchio.

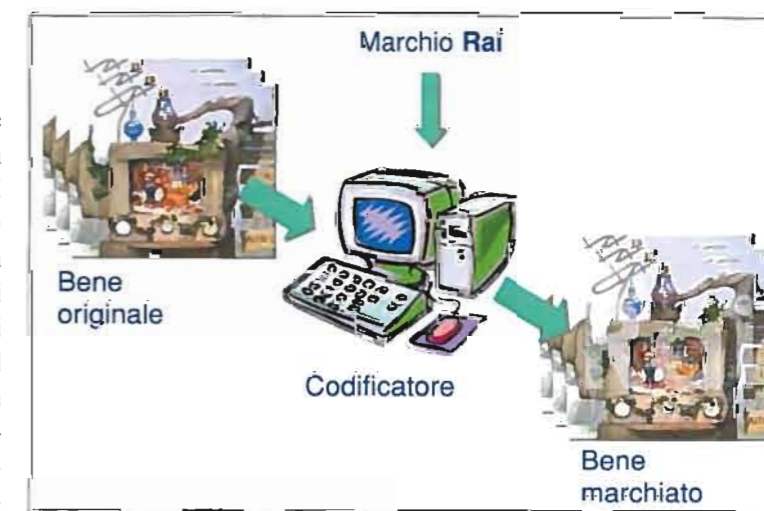
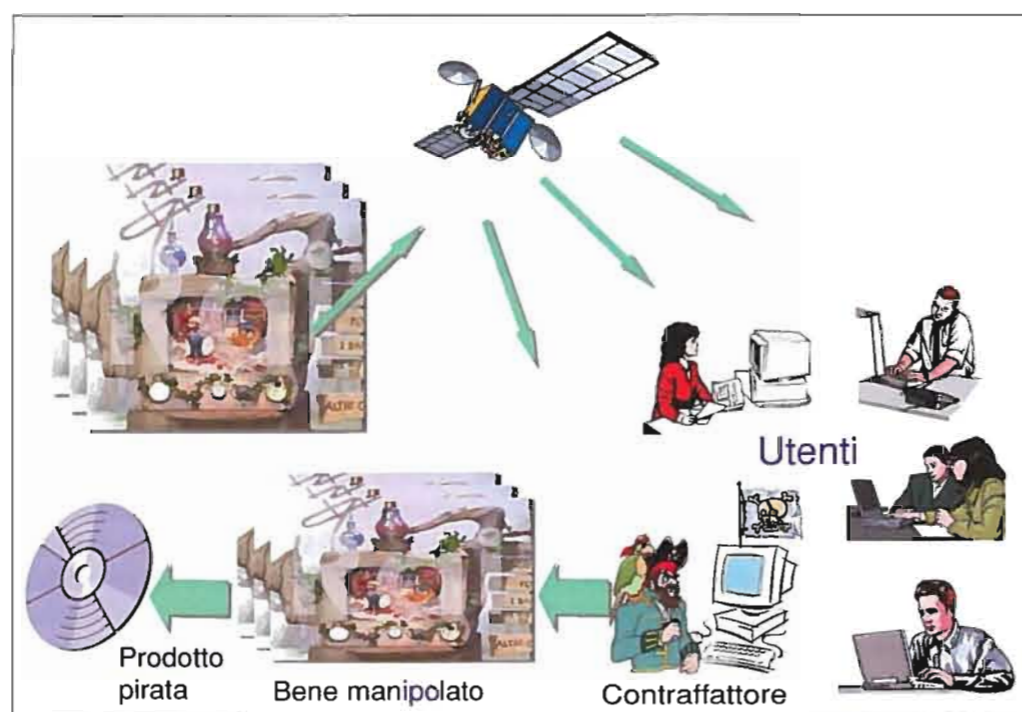


Fig. 2 - Distribuzione del contenuto marchiato in un ambiente aperto.



Una volta marchiato, il contenuto multimediale può essere distribuito in un ambiente aperto e non protetto (ad esempio Internet), come esemplificato in figura 2, dove un malintenzionato potrebbe compiere una qualche manipolazione del contenuto volta a rimuovere l'informazione inserita con la marchiatura. Una volta compiuto l'attacco, il malintenzionato potrebbe decidere di sfruttare economicamente il contenuto multimediale, di cui si è illecitamente appropriato senza riconoscere i diritti di proprietà intellettuale al legittimo proprietario, ad esempio vendendolo su un CD, come mostrato in figura 2.

A questo punto, entra in gioco la marchiatura elettronica: se il legittimo proprietario entra in possesso di una copia del CD pirata, può verificare se il contenuto presente all'interno appartiene effettivamente a lui o meno, utilizzando un sistema di decodifica. Alcuni sistemi possono richiedere il contenuto originale non marchiato per estrarre il

marchio, così come anche una chiave crittografica, come mostrato in figura 3.

## 2. Requisiti più comuni dei sistemi di marchiatura

Sebbene, in generale, i requisiti che le tecniche di marchiatura devono soddisfare dipendano dalle specifiche applicazioni, alcuni di essi sono comuni nelle più consuete utilizzazioni. Di seguito saranno evidenziati e brevemente discussi alcuni dei requisiti più frequentemente richiesti.

### 2.1 Sicurezza

Come nel caso degli algoritmi crittografici, l'efficacia di un algoritmo non può essere basata sull'assunzione che un eventuale contraffattore non conosca il meccanismo col quale il codice è stato impresso nel documento. Nondimeno la robustezza di quasi tutti i prodotti disponibili sul mercato è basata su tale assunzione; infatti sebbene alcuni algoritmi vengano presentati

come eccezionalmente resistenti, conoscendo come operano il codificatore e il decodificatore del marchio, è solitamente molto facile rendere illeggibile il codice inserito. Inoltre, alcune delle tecniche più promettenti usano i dati originali non marchiati nel processo di decodifica, sebbene, come sarà discusso in seguito, il confronto fra il documento originale e quello marchiato non sia spesso fattibile.

### 2.2 Numero di bit che possono essere nascosti

In dipendenza dall'applicazione, l'algoritmo di marchiatura elettronica deve permettere di nascondere un numero predefinito di bit. Nel caso di protezione dei diritti d'autore, spesso è sufficiente nascondere un numero seriale, o un identificativo dell'autore, che va incorporato ripetutamente nel segnale. In altri casi, come il video in video, ciò che si vuole nascondere in un segnale è un altro segnale con elevata capacità informativa (cioè un altro video). I progettisti devono considerare però che il numero di bit che si possono nascondere senza violare il requisito di non percettibilità non è illimitato, anzi in molti sistemi commerciali è abbastanza piccolo.

### 2.3 Rivelazione affidabile

Anche in assenza di attacchi o di distorsione del segnale, le probabilità di mancata rivelazione del marchio impresso e di rivelazione di un marchio non presente, devono essere estremamente basse. Tra le due, quella che si vuole mantenere più bassa è certamente la seconda, detta anche probabilità di falso allarme, non si vuole cioè avere il dubbio di trovare un marchio che in realtà è assente, mentre si è disposti a tollerare la non rivelazione di un marchio effettivamente presente in un documento. La bassa probabilità d'errore deve essere dimostrata teoricamente e non solo con prove sperimentali, se si vuole che le tecniche di watermarking abbiano validità legale.

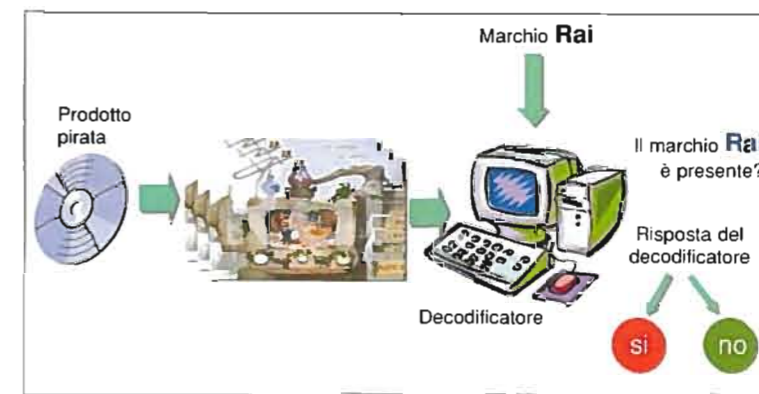
### 2.4 Marchiatura multipla

Deve essere possibile inserire un insieme di marchi differenti all'interno dello stesso bene, in modo tale che ogni codice possa essere rivelato da un utente autorizzato. Questa caratteristica è auspicabile in applicazioni come il fingerprinting, dove la proprietà del copyright è trasferita dal proprietario del bene ai compratori, per cui risulta utile usare più marchi per individuare rispettivamente il proprietario, il distributore e l'acquirente autorizzato. Inoltre è opportuno non impedire a qualcuno di marciare un documento multimediale già contenente un watermark.

### 2.5 Uso dei dati originali nella rivelazione del marchio

Particolare attenzione deve essere dedicata alla procedura utilizzata per ritrovare il marchio precedentemente inserito. In alcuni casi, al fine di sviluppare un algoritmo molto robusto, l'estrazione del marchio viene realizzata confrontando la versione marchiata del documento con quella originale; queste metodologie presentano un'alta resistenza ad un'ampia varietà di tecniche di elaborazione e di possibili attacchi mirati a rimuovere il watermark o a renderlo illeggibile, in quanto il confronto con il dato originale permette di stimare e annullare alcuni tipi di attacco. Inoltre, tale maggiore robustezza consente di nascondere un numero superiore di bit informativi.

Fig. 3 - Il processo di rivelazione del marchio in un contenuto marchiato che è stato attaccato.



Comunque, molto spesso, la disponibilità del bene originale non è garantita, così da rendere questo tipo di algoritmi inadatto in gran parte delle più comuni applicazioni. Sono quindi state introdotte altre tecniche che ritrovano il marchio senza dover ricorrere ad una comparazione fra il bene marchiato e quello originale: tali metodi sono denominati "ciechi".

### 2.6 Privatezza

Una tecnica viene definita "privata" se soltanto il proprietario del documento multimediale o un utente autorizzato, può estrarre il marchio, sia perché egli è l'unico in grado di accedere al bene originale, sia perché egli è l'unico a conoscenza della chiave corretta per estrarlo. In alternativa, le tecniche che permettono a chiunque di leggere il marchio sono definite come "pubbliche".

Gli schemi privati sono probabilmente più robusti di quelli pubblici, poiché una volta che il codice è stato letto, è molto facile per un malintenzionato rimuoverlo o renderlo illeggibile.

D'altra parte per certe applicazioni è necessario che chiunque sia in grado di leggere il marchio, per cui solo le tecniche pubbliche sono in tal caso utilizzabili.

### 2.7 Leggibilità o rivelabilità del marchio

Un'altra importante distinzione può essere fatta tra algoritmi di marchiatura il cui marchio è leggibile (inseriscono un codice che può essere letto) e algoritmi il cui marchio è rivelabile (inseriscono un marchio che può solo essere rivelato). Mentre il primo tipo di algoritmo, se pubblico, permette a chiunque di leggere il codice che è inserito nell'immagine, il secondo permette soltanto di controllare se un codice è o non è presente nell'immagine. Questa seconda tecnica richiede, quindi, che il codice inserito sia conosciuto da persone autorizzate al fine di controllarne la presenza. Da notare che gli algoritmi che imprimono un mar-

chio di tipo rivelabile sono sempre privati, quindi, la rivelabilità del marchio implica la privatezza.

### 2.8 Scalabilità

Nelle applicazioni commerciali, sono importanti i costi computazionali della codifica e della decodifica. In alcune applicazioni, l'inserzione è fatta una volta sola e può essere eseguita off-line. Conseguentemente, il costo computazionale della codifica può essere meno importante del costo della decodifica. Per esempio, nel caso di filmati può essere necessario effettuare la decodifica in tempo reale e quindi a velocità video. In altri casi, invece, come ad esempio nel caso del live broadcasting, è necessario avere anche una codifica veloce. I requisiti computazionali vincolano l'algoritmo di marchiatura ad essere semplice, ma questa semplicità può ridurre, in maniera significativa, la resistenza alla falsificazione. Inoltre, è ben noto che la velocità dei computer raddoppia approssimativamente ogni diciotto mesi, così quello che sembra, oggi, dal punto di vista computazionale irragionevole, domani può diventare possibile. E' quindi auspicabile progettare un algoritmo in cui il decoder sia scalabile con ogni generazione di computer. Così, per esempio, la prima generazione di decodificatori potrebbe essere non costosa in termini di richiesta computazionale, ma potrebbe non essere così affidabile, dal punto di vista della robustezza, come la prossima generazione di decodificatori che può permettersi di spendere di più per occuparsi di problemi come le distorsioni geometriche.

### 2.9 Invertibilità e reversibilità del marchio

In letteratura si definisce un marchio come reversibile se è possibile la sua rimozione dal documento da parte di utenti autorizzati. In molte applicazioni in cui è necessario cambiare lo stato di un dato documen-

to in accordo con la sua storia, la reversibilità costituirebbe una caratteristica allettante. Essa garantirebbe la possibilità di avere un marchio sempre aggiornato senza la necessità di nascondere nel documento troppi bit informativi. Un esempio di questo genere di applicazione si ritrova nei DVD, in cui si vuole nascondere un marchio digitale riscrivibile, con lo scopo di indicare se è possibile effettuare o meno delle copie dell'originale. Sfortunatamente, è molto difficile ottenere la reversibilità e contemporaneamente garantire robustezza e resistenza alla falsificazione.

Un significato diverso assume il termine di invertibilità del marchio: tale termine riguarda la possibilità di invalidare la legittimità della proprietà garantita dal marchio, tramite un'inversione del processo di marchiatura elettronica. Si dice che un marchio è invertibile se è possibile generare un falso marchio e un falso documento originale uguale dal punto di vista percettivo al vero, e tale che imprimendo su di esso il falso marchio, si ottenga un documento uguale (invertibilità) o uguale dal punto di vista percettivo (quasi invertibilità) al vero documento marchiato. Affinché uno schema di watermarking sia usato con successo, per dimostrare la corretta proprietà, deve essere garantita la non-invertibilità del marchio. Inoltre, questa è solo una delle condizioni necessarie, infatti, generalmente è richiesta la non quasi invertibilità. E' stato dimostrato che gli schemi di marchiatura elettronica invertibili o quasi invertibili sono adatti a pochi usi nelle applicazioni pratiche. Tale analisi si applica principalmente alle tecniche non-cieche. Esistono, però, dei dubbi sul fatto che siano necessarie non invertibilità e non-quasi-invertibilità nel caso di tecniche private e cieche.

### 2.10 Bit-rate della sequenza inalterato

L'algoritmo di marchiatura non deve aumentare il bit-rate del segnale video mar-

chiato rispetto all'originale. Solitamente le sequenze video sono compresse utilizzando lo standard di compressione MPEG-2. Secondo questa tecnica di codifica, la sequenza video viene scissa in quadri di tipo INTRA ed INTER che vengono diversamente codificati. Quelli INTRA sono suddivisi in blocchi di 8x8 pixel che vengono compressi usando la DCT (Discrete Cosine Transform), la quantizzazione, la scansione a zig-zag e la codifica con codici a lunghezza variabile VLC. I quadri di tipo INTER sono sempre suddivisi in blocchi di 8x8 pixel, ma ogni blocco viene predetto a partire da un suo corrispondente in quadri precedenti e/o futuri. Di ogni blocco INTER vengono quindi trasmessi i vettori di moto (vettori necessari a valutare lo spostamento del blocco considerato tra il quadro attuale e quello precedente) e l'errore di predizione (calcolato andando a sottrarre da ogni pixel del blocco considerato il suo corrispondente nel blocco di predizione opportunamente traslato), sempre utilizzando codici a lunghezza variabile VLC. Se la marchiatura modifica i valori dei coefficienti DCT, o i valori dei vettori di moto, la codifica VLC potrebbe generare dei codici di lunghezza maggiore rispetto alla sequenza originale. Questo aumento del bit rate dovrebbe essere evitato per rispettare le esigenze di banda occupata e per non perdere il sincronismo con eventuali tracce audio.

### 2.11 Interoperabilità

In particolari applicazioni, come ad esempio in applicazioni broadcast, deve essere possibile l'inserimento del marchio direttamente nelle sequenze video compresse. D'altra parte, inserire il codice nel dominio non compresso risulta molto più vantaggioso, perché in questo caso il marchio risulta robusto nei confronti di attacchi come il cambiamento di formato, la rimozione o lo scambio di singoli frame della sequenza. Per questa ragione, ogniqualvolta possibile

dovrebbero essere marchiate le sequenze video non compresse. L'algoritmo di marchiatura dovrebbe quindi lavorare in modo da garantire interoperabilità sia con sequenze codificate che non codificate, e in fase di rivelazione deve essere possibile utilizzare lo stesso tipo di rivelatore del marchio.

### 3. Robustezza

L'uso di musica, immagini e segnali video in formato digitale, implica comunemente il fatto che il contenuto digitale possa essere sottoposto a molti tipi di distorsione, suddivisibili in amichevoli e ostili. Sono amichevoli quelle distorsioni applicate da parte dei produttori o degli utenti autorizzati del documento multimediale, come conversioni di formato, compressione e così via. Sono invece ostili quegli attacchi applicati da utenti non autorizzati allo scopo deliberato di ottenere la cancellazione del marchio, come gli attacchi geometrici, l'aggiunta di rumore e così via. Affinché un marchio sia utile, questo dovrebbe essere rivelabile anche dopo che siano intervenute tali distorsioni, sia amichevoli che ostili. Nei seguenti paragrafi sono riassunti i principali requisiti di robustezza degli algoritmi di marchiatura.

#### 3.1 Robustezza di un sistema di marchiatura per segnali video

Un filmato video può essere visto come la successione in sequenza di immagini fisse differenti; la marchiatura video può quindi essere realizzata tramite una marchiatura di immagini fisse iterata. Marchiare singolarmente ogni quadro, è infatti il metodo comunemente usato per certificare la proprietà di sequenze video digitali. Un sistema di marchiatura video deve quindi essere in grado di resistere a una serie di attacchi che sono comunemente applicate a immagini fisse. In tal caso, gli strumenti utilizzabili per tentare di rimuovere un marchio elet-

tronico possono essere distinti in due classi: tecniche di elaborazione del segnale e algoritmi di distorsione geometrica.

##### 3.1.1 Tecniche di elaborazione del segnale

Le tecniche di elaborazione del segnale più comuni sono:

- **Aumento della luminosità e del contrasto:** solitamente non deteriorano la rivelabilità del marchio, al contrario, sono spesso applicati prima che sia svolta la lettura al fine di ottenere risultati migliori.
- **Esaltazione dei contorni, effetto di sfocatura, filtraggio lineare e non lineare:** queste elaborazioni possono deteriorare il marchio, qualora siano applicate in modo radicale, ma, in questo caso, degradano severamente anche la qualità dell'immagine. Esistono comunque delle eccezioni: uno dei più potenti filtri disponibili, chiamato filtro despeckle, elabora l'immagine in modo adattativo, preservandone i dettagli, di solito, non deteriora l'immagine in maniera percettibile ma riduce notevolmente la leggibilità del marchio.
- **Compressione JPEG/MPEG:** può essere considerata la più comune operazione di elaborazione del segnale cui può essere soggetto un documento marchiato. La codifica JPEG è articolata in modo tale da eliminare la parte percettibilmente irrilevante delle immagini. Per questa sua caratteristica la compressione JPEG costituisce un'ottima prova per valutare la robustezza della tecnica di marchiatura elettronica. Inoltre, fra i vari algoritmi di compressione utilizzati per l'archiviazione delle immagini, quello JPEG è il più usato per cui risulta necessario che la tecnica di marchiatura sia resistente ad esso. Un discorso del tutto analogo può essere fatto per la codifica video MPEG.
- **Conversioni di formato:** esistono diversi standard di compressione video (MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4) utilizzati per la

trasmissione dei dati: il video marchiato deve risultare robusto anche dopo una possibile conversione del suo formato. Inoltre, la nuova possibilità fornita dallo standard MPEG-4 di accedere direttamente ai singoli oggetti della sequenza, introduce un altro requisito per il processo di marchiatura: se consideriamo un oggetto (Video Object) appartenente alla sequenza marchiata e lo trasferiamo in un'altra sequenza, l'informazione relativa al singolo oggetto deve poter essere recuperata.

##### 3.1.2 Manipolazioni geometriche

Le manipolazioni geometriche hanno lo scopo di cambiare l'aspetto dell'immagine, senza perdere in qualità. Esse sono:

- **Ridimensionamento:** le dimensioni dell'immagine vengono cambiate rispetto a quelle dell'originale. Questa deformazione causa il fallimento degli algoritmi di marchiatura che nascondono il marchio in locazioni fisse dell'immagine.
- **Ritaglio:** viene tagliata una parte dell'immagine, esso causa il fallimento degli algoritmi di marchiatura che non distribuiscono o non replicano il marchio su tutta l'immagine.
- **Traslazione:** è significativa se considerata con il ritaglio. Se una parte dell'immagine viene estratta dall'originale, può non essere noto (se l'originale è sconosciuta) dove è stato effettuato il ritaglio, così la parte di immagine può presentarsi come traslata. La traslazione causa il fallimento delle tecniche di marchiatura che imprime il marchio in locazioni fisse dell'immagine.
- **Rotazione:** i casi più importanti da considerare sono le rotazioni di 90 e 180 gradi; comunque, come spiegato in seguito, anche piccole rotazioni possono essere dannose, pur se impercettibili. Con la rotazione si verificano problemi analoghi a quelli del ridimensionamento.

- **Ribaltamento (Flip):** l'immagine risulta speculare nei confronti dell'originale rispetto ad un asse che può essere verticale (ribaltamento orizzontale) od orizzontale (ribaltamento verticale); causa il fallimento degli algoritmi di marchiatura che imprime il marchio in locazioni fisse dell'immagine.

La resistenza alle manipolazioni geometriche è molto importante perché, solitamente, queste deformazioni non degradano severamente la qualità dell'immagine e possono anche essere applicate allo scopo di rendere il marchio illeggibile. Se un'immagine viene ritagliata anche se solo di una colonna o di una riga, o se viene ruotata di 1 grado, o se viene ridimensionata al 101%, la differenza con l'originale è irrilevante, ma il sistema di decodifica non è più in grado di rivelare il marchio, perché non sa più dove andare a cercarlo. Inoltre, la robustezza nei confronti delle manipolazioni geometriche è estremamente importante quando è richiesta la capacità di ritrovare il marchio su immagini stampate; è, infatti, improbabile che la copia scannerizzata ripeta perfettamente l'allineamento dell'immagine originale.

Per risolvere questo problema, possono essere utilizzate diverse soluzioni, riconducibili a tre categorie generali:

- **Ricerca esaustiva:** poiché, come già spiegato, un attacco geometrico comporta non la rimozione del marchio, ma un suo spostamento all'interno del segnale ospite, una possibilità per recuperarlo consiste nell'effettuare una ricerca esaustiva; in altre parole, se il documento in cui cercare il marchio è un'immagine o un frame, si cercherà il marchio in tutte le posizioni, per tutti i fattori possibili di scalatura, per tutti i possibili angoli di rotazione. Ovviamente, questa soluzione risulta molto onerosa dal punto di vista

computazionale, anche se un certo risparmio può essere ottenuto svolgendo la ricerca in un dominio trasformato, come la trasformata di Fourier.

- *Uso di un pattern di sincronismo:* un modo molto utilizzato per risolvere il problema, consiste nello stimare i parametri della trasformazione geometrica, e nell'invertirla. A questo punto, è possibile effettuare la ricerca del marchio. Per ottenere questo, si inserisce nel segnale ospite, oltre al marchio, anche un pattern di sincronismo avente caratteristiche in frequenza note anche in fase di decodifica del marchio. Quando si effettua il recupero del sincronismo sull'immagine marchiata, dal confronto tra la posizione attuale del pattern e quella nota di partenza è possibile ricavare una stima dell'attacco geometrico subito dal documento marchiato e applicare il processo inverso. Il problema di questo approccio è il fatto che questo pattern dovrebbe rimanere segreto; se invece la sua posizione è nota, o facilmente ricavabile da un esame del contenuto in frequenza del documento, risulta facile rimuoverlo.
- *Uso di invarianti geometrici:* rappresenta la soluzione più elegante. In questo caso, si sceglie di inserire il marchio modificando una serie di caratteristiche del documento ospite che risultano invarianti ad un attacco geometrico. Ad esempio, introducendo il marchio modificando il modulo dei coefficienti della trasformata di Fourier del segnale, il marchio è invariante nei confronti della traslazione del segnale. Il problema di questo tipo di approccio consiste nel trovare delle caratteristiche che siano invarianti al maggior numero possibile di attacchi geometrici, e che allo stesso tempo resistano alle tecniche di elaborazione dei segnali, e siano capaci di trasportare un numero sufficiente di bit.

### 3.1.3 Robustezza contro marchiatura multipla

Si è concordi nel sostenere che gli algoritmi di marchiatura elettronica dovrebbero permettere che codici multipli possano essere impressi in istanti di tempo diversi e che i marchi precedenti non debbano essere deteriorati dai successivi. Quest'ultima caratteristica è strettamente correlata alla robustezza ad elaborazioni a scopo di contraffazione. In particolare, un algoritmo di marchiatura deve essere robusto contro la falsificazione (cioè i tentativi di cambiare il marchio) e gli attacchi combinati, finalizzati a cancellare il marchio e realizzati, ad esempio, estraendo la media di differenti marchi su copie multiple della stessa immagine.

### 3.1.4 Robustezza contro programmi di rimozione

Infine, il sistema di marchiatura deve risultare resistente agli attacchi portati da programmi freeware che sono già adesso reperibili in rete. Nel caso delle immagini, è possibile scaricare i programmi StirMark e Unzign. Tali programmi hanno lo scopo di rendere illeggibile il marchio, senza comportare però una degradazione della qualità. Al momento, questi programmi probabilmente non sono noti ai normali utenti, ma data la veloce propagazione di notizie in Internet, si ritiene che ben presto simili strumenti saranno disponibili ai più.

### 3.1.5 Ridondanza del marchio

Nel video si ha una notevole quantità di dati che presentano un'elevata ridondanza di informazioni. Eventuali elaborazioni, quali l'eliminazione di uno o più quadri o lo scambio di posizione tra due quadri vicini, pur non degradando di molto il contenuto informativo del video stesso, potrebbero ridurre notevolmente le possibilità di rivelazione del marchio.

Un buon sistema di marchiatura deve invece risultare robusto contro questo tipo di

attacchi, e ciò è garantito ad esempio inserendo le informazioni relative alla proprietà all'interno di ogni quadro.

### 3.2 Robustezza di un sistema di marchiatura per segnali audio

Nel caso dei sistemi di marchiatura audio, gli attacchi sono generalmente simili a quelli riportati precedentemente nel caso di sequenze video. In questo paragrafo sono riportati alcuni esempi di elaborazioni che possono essere facilmente applicate ad un segnale audio durante il normale uso, o nel tentativo di rimuovere il marchio.

Per quanto riguarda la compressione, il marchio deve essere robusto alla codifica MPEG audio layer 3, e al Dolby AC-3; deve poi resistere a un possibile scambio locale di campioni (come la permutazione tra campioni adiacenti) alla rimozione o all'inserimento di campioni, alla quantizzazione dei valori campionati, alla scalatura temporale del file (ad esempio deve risultare inalterato a uno stretching del 10%); all'equalizzazione del segnale (un possibile attacco è l'incremento di +6 dB a 1 KHz, e il decremento di -6 dB a 4 KHz). Altri attacchi tipici sono la distorsione della risposta di frequenza o la distorsione del ritardo di gruppo; il downmixing (ad esempio il passaggio da stereo a mono), e l'overdubbing (ovvero l'inserimento di una nuova traccia nel segnale audio). Infine il sistema dovrebbe resistere alla media tra più copie marchiate di un segnale audio e a conversioni da analogico a digitale e viceversa. Molti di questi requisiti sono stati proposti dalla Recording Industry Association of America (RIAA) e dall'International Federation of the Phonographic Industry (IFPI). Nel 1997, per la protezione del copyright dei contenuti audio, questi due enti hanno emesso una Request for Proposals alla ricerca di un sistema di marchiatura audio in grado di soddisfare i criteri di robustezza esposti, e allo stesso tempo anche non

udibile. I sistemi proposti non si sono rivelati abbastanza validi, cosicché è stata fatta una successiva richiesta, a cui hanno aderito dei sistemi di marchiatura che sono attualmente ancora sotto esame.

## 4. Trasparenza percettiva

In molte applicazioni, come la protezione del copyright e il controllo d'utilizzazione di un bene digitale, gli algoritmi devono introdurre un marchio senza influenzare la qualità percettiva del documento ospite. Inoltre, la marchiatura non dovrebbe introdurre artefatti che rendano il bene dissimile, dal punto di vista percettivo, da quelli che possono essere individuati in un documento originale, non marchiato. Fino ad oggi la ricerca si è quindi concentrata su come nascondere il marchio in modo tale che sia impossibile notarlo. Comunque questo requisito è in conflitto con altri, quali la resistenza alle falsificazioni e la robustezza.

### 4.1 Invisibilità percettiva nei sistemi di marchiatura video

La disponibilità di un modello che descriva accuratamente i vari fenomeni che regolano il Sistema Visivo Umano (SVU) può essere di notevole aiuto per risolvere il conflitto suddetto; un buon modello del SVU permette di nascondere meglio il marchio, rendendolo così meno visibile all'occhio umano e di usare la più alta energia possibile, migliorando così le prestazioni del sistema di decodifica.

Fino ad oggi sono stati proposti molti approcci sia per modellare le caratteristiche del Sistema Visivo Umano che per sfruttare tali conoscenze al fine di migliorare l'efficacia dei sistemi di marchiatura esistenti. Tutti i modelli proposti si basano su alcune conoscenze generali riguardanti le più importanti caratteristiche del SVU: in particolare tutti gli approcci possono



essere classificati in due categorie: quelli teorici e quelli euristici. Anche se chiaramente un approccio fondato teoricamente sarebbe preferibile, gli algoritmi euristici a volte forniscono risultati migliori a causa di alcuni problemi presenti nei modelli del SVU attualmente in uso.

#### 4.2 Trasparenza percettiva nei sistemi di marchiatura audio

Il sistema uditivo umano presenta, come nel caso del sistema visivo, un effetto di *mascheratura audio*. Si tratta dell'effetto per cui un suono debole, ma comunque udibile, diventa non più udibile in presenza di un altro suono più forte, detto suono mascheratore. L'effetto di mascheratura dipende dalle caratteristiche spettrali e da quelle temporali di entrambi i suoni, quello mascherante e quello mascherato.

La mascheratura in frequenza si riferisce alla mascheratura tra componenti in frequenza del segnale audio. Se due segnali contemporanei sono vicini in frequenza, il segnale più forte può rendere non udibile il segnale più debole. La soglia di mascheratura di un segnale dipende dalla frequenza, dal livello di pressione del suono e dalle caratteristiche di somiglianza a un tono singolo o a un rumore da parte del segnale mascherato e di quello mascherante. Risulta più facile che un segnale a banda larga mascheri un segnale a tono singolo che non viceversa. Inoltre segnali ad alta frequenza sono mascherati più facilmente di quelli a bassa frequenza. I modelli di mascheratura in frequenza sono stati studiati e applicati ai moderni codificatori audio ad elevata qualità, come ad esempio il Modello psicoacustico 1 ISO-MPEG Audio, Layer I. La mascheratura temporale si riferisce sia alla pre-mascheratura che alla post-mascheratura. Gli effetti di pre-mascheratura rendono i segnali audio più deboli non udibili, prima che il segnale più forte sia partito. L'effetto di post-mascheratura invece si

verifica dopo che il segnale mascherante è terminato. La pre-mascheratura si verifica da 5-20 ms prima che il segnale mascherante cominci, mentre la post-mascheratura si verifica da 50 a 200 ms dopo che il segnale mascherante è terminato.

#### 5. Nuove tendenze nella ricerca

Il campo di ricerca della marchiatura elettronica si sta evolvendo molto velocemente, cosicché risulta piuttosto difficile avere un quadro completo ed esauriente di ciò che si sta studiando in tutti i centri di ricerca universitari e privati. Comunque, da ciò che è stato presentato recentemente nelle varie conferenze tenute sull'argomento, si può affermare che gli sviluppi futuri più interessanti sono i seguenti:

**Sistemi di marchiatura di seconda generazione:** gli approcci seguiti dagli algoritmi di marchiatura di prima generazione non sono adatti a lavorare con le nuove tecniche di codifica e di indicizzazione ad oggetti (MPEG4, MPEG7, JPEG2000). Sono allora allo studio dei nuovi sistemi che tengono in considerazione le caratteristiche non di tutto il segnale, ma dei singoli oggetti o singole regioni. Oltre alla compatibilità con i nuovi standard, i nuovi sistemi presentano vantaggi in termini di robustezza ad attacchi geometrici (nel caso del video e delle immagini fisse) e possono essere progettati in modo da presentare una robustezza selettiva nei confronti di particolari attacchi, aumentando perciò la flessibilità di tali sistemi.

**Applicazioni particolari della marchiatura elettronica:** la marchiatura inizia a diffondersi anche in nicchie particolari. Ad esempio, nel campo delle immagini, si sta iniziando a sperimentare la marchiatura di grafici, mappe, cartoni animati, immagini sintetiche, immagini vettoriali, immagini mediche, immagini radar, oggetti 3D. Il

problema in questo caso è quello di riuscire a progettare un sistema in grado di sfruttare al meglio le caratteristiche peculiari dei vari tipi di documento che deve essere marchiato. Altri campi applicativi emergenti sono l'uso della marchiatura per l'autenticazione del contenuto digitale: in questo caso la marchiatura viene utilizzata per provare che il contenuto non è stato manipolato. Inoltre, sono apparse applicazioni del tipo audio in video e video in video: in questo caso l'informazione che si vuole nascondere in una sequenza visiva è un segnale audio, o addirittura una versione compressa della sequenza stessa.

**Marchiatura asimmetrica:** ispirandosi ai sistemi di crittografia a chiave asimmetrica per la trasmissione sicura attraverso un canale pubblico come Internet, si è pensato di sviluppare dei sistemi di marchiatura asimmetrici. In questo caso, però, per asimmetrico si intende un sistema in cui l'informazione necessaria per leggere il marchio è diversa da quella utilizzata per inserire il marchio stesso. In questo modo, anche se un utente è in grado di leggere un marchio, non è comunque in grado di rimuoverlo, o di inserirne uno nuovo, in quanto non è a conoscenza dell'informazione utilizzata in fase di inserimento.

**Nuove basi teoriche:** finora buona parte dei sistemi di marchiatura elettronica è stata progettata e sviluppata su basi per lo più euristiche. Si sta profilando oggi l'esigenza di fondare i nuovi sistemi di marchiatura su delle solide basi teoriche. In particolare, i nuovi studi si rifanno all'esperienza accumulata nel campo della Teoria dell'Informazione e in quello delle Telecomunicazioni: un sistema di marchiatura può infatti essere schematizzato come un sistema di comunicazione, in cui il marchio rappresenta l'informazione da trasmettere e il documento ospite rappresenta il canale

attraverso cui il marchio deve essere trasmesso. Sfruttando i precedenti studi, sarà possibile migliorare le prestazioni per ciò che riguarda probabilità di errore, capacità e affidabilità del sistema.

#### 6. La ricerca presso il Laboratorio Comunicazioni e Immagini dell'Università di Firenze

Sin dal 1995 il Laboratorio Comunicazioni e Immagini (LCI) del Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni di Firenze, si occupa di tecniche di marchiatura elettronica. In questo paragrafo non si tratterà tanto degli algoritmi che sono stati sviluppati in questi anni, quanto delle applicazioni pratiche in cui i sistemi sviluppati sono stati utilizzati.

##### 6.1 La Galleria d'Arte Virtuale

Il primo campo di ricerca ha riguardato lo sviluppo di tecniche per la marchiatura di immagini digitali, in particolare nell'ambito dei Beni Culturali.

Si è pensato di applicare la marchiatura elettronica per la protezione dei diritti di autore nel seguente scenario: si è supposto che un museo o una galleria d'arte decida di creare un sito web contenente informazioni utili per i visitatori e anche immagini di alcune opere d'arte conservate nel museo. Lo scopo del web è quello di attrarre nuova clientela, ovvero Internet viene visto come un'opportunità di promozione pubblicitaria, e non tanto un mezzo per la vendita di contenuti multimediali.

Per impedire una violazione dei diritti di proprietà intellettuale da parte di clienti che potrebbero scaricare le immagini del web e farne un uso improprio, si presentano due possibilità: utilizzare immagini a bassa risoluzione e quindi di scarso valore economico, ma in tal caso anche la scarsa qualità non sarebbe adeguata allo scopo di promozione commerciale; oppure inserire nelle immagini un marchio invisibile conte-



Title: "Uomini di sempre"  
Date: 1988  
Material: Scultura su sasso

Size (cm.): H 50

Gallery Name:  
ManART&LCI  
ID Opera: 03040009

Fig. 4 - Un'immagine della Tuscany&Gifu Art Virtual Gallery.

nente il nome del museo, in modo da permettere il controllo di eventuali distribuzioni non autorizzate delle immagini.

Per simulare un tale caso di applicazione è stata creata una Galleria d'Arte Virtuale, contenente immagini digitali di opere d'arte marchiate. La galleria è stata chiamata Tuscany&Gifu Art Virtual Gallery, perché tutte le immagini presenti sono relative a sculture, ceramiche e dipinti di artisti toscani e della regione di Gifu, in Giappone. La Galleria può essere visitata collegandosi alla pagina web avente l'indirizzo: <http://lci.det.unifi.it/Projects/Art-Gallery/index.html>.

Fig. 5 - Confronto tra l'immagine originale, non marchiata (a sinistra) e l'immagine marchiata (a destra).



L'intero archivio può essere visitato secondo due modalità, ovvero secondo l'indice degli autori, o secondo l'indice delle categorie delle opere d'arte. In entrambi i casi, dopo avere scelto l'immagine desiderata cliccando su un'anteprima a bassa risoluzione, il visitatore potrà visualizzare sul proprio browser un'immagine marchiata, come mostrato in figura 4, dove è rappresentata una scultura di Pirzio intitolata "Uomini di sempre". Come si può osservare in figura, ogni immagine è stata marchiata, tramite l'algoritmo descritto in [7], introducendo due codici: il primo è il nome della Galleria Virtuale, ovvero la stringa di caratteri ManArt&LCI (i nomi dei due laboratori che hanno collaborato al progetto: il giapponese "ManART" e "LCI"); il secondo è un codice numerico che identifica l'immagine stessa (ID).

L'inserimento del marchio non comporta una degradazione della qualità visiva dell'immagine, cosicché l'immagine marchiata e quella originale appaiono identiche all'occhio umano, come si può osservare in figura 5.

Un visitatore della Galleria d'Arte può anche verificare la presenza in ogni immagine del corrispondente marchio inserito, utilizzando il "Watermark Detector" presente all'indirizzo <http://lci.die.unifi.it/Watermarking/Html/watermark.html> e illustrato in figura 6.

L'utente può salvare sul suo computer l'immagine e poi verificare la presenza del marchio introducendo nei campi del modulo presente nella pagina web le informazioni richieste, ovvero:

- Il nome della Galleria, che in questo caso è sempre lo stesso per tutte le immagini: ManART&LCI;
- Il numero ID che rappresenta il codice identificativo dell'opera;
- Il file dell'immagine da controllare, in formato JPEG.

Premendo il tasto *Submit*, l'immagine e i

dati forniti vengono inviati al server dove viene avviata l'operazione di verifica della presenza del marchio. Dopo alcuni secondi, il server risponderà se il marchio cercato è presente o meno nell'immagine fornita. Se viene inserito un codice ID sbagliato, oppure se si fornisce un'immagine non appartenente alla Galleria d'Arte, si otterrà dal sistema una risposta negativa.

Grazie all'intrinseca robustezza dell'algoritmo di marchiatura applicato alle immagini presenti nella Galleria, il recupero del marchio inserito è garantito anche quando sono stati operati sull'immagine degli attacchi, come elaborazioni d'immagine (filtraggio, compressione JPEG, ...) o come distorsioni geometriche (rotazioni, ritagli, ...). Questo purché gli attacchi effettuati non siano talmente pesanti da degradare in modo sensibile la qualità dell'immagine marchiata e quindi del marchio. Ulteriori dettagli possono essere trovati in [8].

## 6.2 Marchiatura di sequenze video MPEG2

La crescente disponibilità di risorse di elaborazione e di risorse di rete, ha portato al sempre maggiore interesse per applicazioni video. Ovviamente, le sequenze sono trasmesse in formato compresso, di solito secondo gli standard MPEG2/MPEG4. Per quanto riguarda la marchiatura di questi contenuti, sono possibili due diversi approcci: alcuni algoritmi operano nel dominio compresso MPEG2/MPEG4, andando a introdurre il marchio direttamente nel video-stream; altri inseriscono il marchio nella sequenza video non compressa, cosicché il video-stream deve essere decompresso prima della marchiatura.

Ognuno dei due approcci ha vantaggi e svantaggi. Valutandoli accuratamente, si è preferito ricorrere a un algoritmo appartenente al secondo gruppo [9]; questo perché marchiando la sequenza non compressa, è

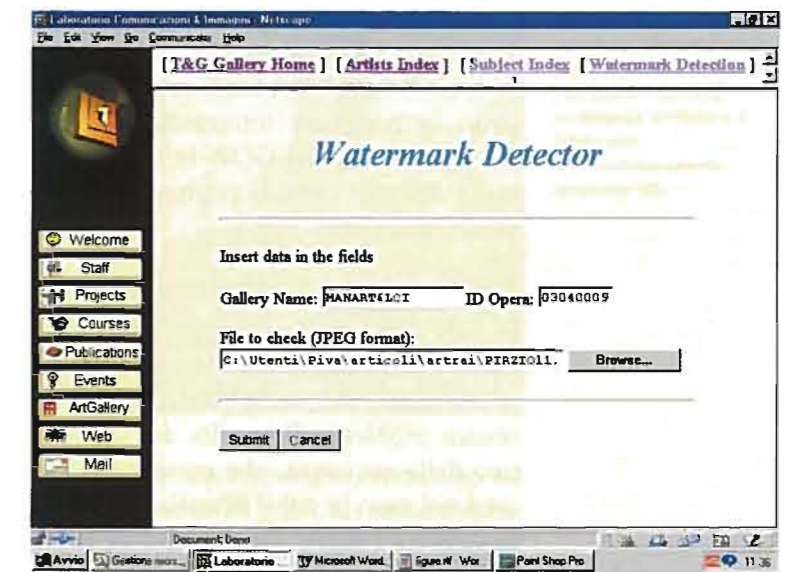


Fig. 6 - La pagina Watermark Detector Web Page tramite la quale l'utente può controllare la presenza del marchio su un'immagine.

possibile utilizzare i nostri algoritmi già sviluppati per le immagini considerando i singoli frame della sequenza come una successione di immagini fisse. Inoltre, questa classe di algoritmi presenta una maggiore robustezza ad alcuni tipi di attacchi che possono essere operati con grande facilità, come descritto nel paragrafo 0.

### 6.2.1 Fase di inserimento del marchio

Per introdurre il marchio si applica il sistema descritto in [7] a sequenze video non codificate, agendo frame per frame: in pratica, si ha a disposizione una sequenza di immagini fisse, ma solo quelle che si vogliono marciare vengono processate dal sistema di marchiatura, mentre le altre vengono lasciate inalterate. In particolare, si è deciso di marciare solo il primo frame di ogni GOP (*Group Of Pictures*), che, nel caso preso in esame, è composto da dodici frame, mentre gli altri undici rimangono inalterati. Il fatto che buona parte del video non venga modificato (riferendosi a questo caso 11/12 ovvero il 91,6% della sequenza) comporta che la qualità del video marchiato rimane molto buona. Sono state effettuate

anche altre prove in cui si è marchiato un frame ogni sei, cioè due ogni GOP, oppure in cui il frame non era il primo ma uno posto in posizione intermedia, come il sesto o il nono del GOP. In tutti questi casi, sono stati ottenuti risultati simili alla prima situazione.

#### 6.2.2 La fase di rivelazione del marchio

In fase di rivelazione viene ricercato il marchio in tutti i frame che compongono la sequenza. In questo modo, non si ha nessun problema di perdita del sincronismo della sequenza, che potrebbe verificarsi nel caso in cui il filmato fosse stato modificato tramite l'inversione di alcuni frame o la rimozione di alcuni di essi. Quando il codice che si sta cercando nella sequenza viene ritrovato, ovvero la risposta del rivelatore ha un'ampiezza superiore a una soglia predefinita, si è sicuri che almeno un frame è marchiato. A questo punto, se l'informazione viene ritenuta sufficiente, è possibile interrompere la ricerca, con un notevole risparmio di tempo computazionale; altrimenti si può procedere alla ricerca di altri quadri marchiati.

#### 6.2.3 Considerazioni relative alla robustezza

La possibilità di decidere se marchiare uno o più quadri di uno stesso GOP, insieme al fatto di considerare ogni quadro come una immagine fissa, porta una serie di vantaggi per quanto concerne la robustezza. Prima di tutto, è possibile trovare un compromesso tra il grado di robustezza desiderato per il marchio e il tempo richiesto per la marchiatura: minore è il numero di quadri marchiati per GOP, maggiore è la velocità di marchiatura, ma anche minore è la parte di video marchiata e quindi si riduce la robustezza totale; al contrario, se maggiore è il numero di quadri marchiati il tempo impiegato sarà superiore, ma più alto sarà il numero di frame che contengono il codice.

La marchiatura nel dominio non compresso, al contrario di quella nel dominio compresso, è insensibile ad attacchi come lo scambio di quadri o come la rimozione di un singolo quadro, che non comportano una degradazione della qualità della sequenza. Un sistema di marchiatura come quello proposto è sempre in grado di decidere se la sequenza è marchiata dopo questi attacchi; nel primo caso troverà semplicemente i quadri marchiati in posizioni diverse rispetto a quelle nella fase di inserimento, mentre nel secondo il marchio sarà ritrovato in altri quadri della sequenza. Inoltre è stato verificato che operazioni di codifica/decodifica MPEG2 a diversi bit-rate non impediscono la corretta rivelazione del marchio, al contrario delle tecniche che operano nel dominio compresso. Infine, l'algoritmo conserva le caratteristiche di robustezza nei confronti delle operazioni di filtraggio e degli attacchi geometrici già evidenziate nel caso delle immagini fisse.

#### 6.2.4 Risultati sperimentali

Tutte le affermazioni che sono state fatte nel precedente paragrafo riguardo alla robustezza, vengono qui confermate da degli esempi di applicazione dell'algoritmo. In particolare, verranno descritte le prestazioni del sistema nei confronti di attacchi geometrici e di codifica/decodifica MPEG2 con bit-rate variabile.

La sequenza video usata nei test, chiamata *Flowers*, è composta da 99 quadri di dimensione 352x288 pixels (formato CIF). In figura 7, per verificare la qualità visiva del video marchiato, sono rappresentati un quadro marchiato e codificato MPEG2 a 4 Mbit/sec e il corrispondente originale.

Per spiegare come avviene la fase di verifica del marchio, in figura 8 è stata creata una rappresentazione grafica della risposta del rivelatore quando al suo ingresso viene posta la sequenza marchiata; ogni quadro



Fig. 7 - Confronto tra un quadro marchiato (a), appartenente al video marchiato *Flowers*, codificato MPEG2 a 4 Mbit/sec, e il corrispondente originale (b).

viene testato per verificare la presenza del marchio che si sta cercando: se il marchio è stato rivelato, nel grafico appare un picco che supera la soglia, rappresentata dalla riga orizzontale; se invece il marchio non viene rivelato, appare un valore inferiore alla soglia. Considerando tutti i 99 quadri che compongono la sequenza, si otterrà così un grafico con una serie di picchi (in questo caso un picco ogni 12 quadri).

Per provare la robustezza dell'algoritmo, la sequenza video marchiata è stata sottopo-

sta ad un attacco multiplo, composto da una rotazione di 10 gradi, un ingrandimento del 35% e infine un ritaglio per riportare il quadro alle dimensioni originali (si veda il risultato in figura 9). La risposta quadro per quadro del rivelatore è illustrata in figura 10. Risulta evidente che l'altezza dei picchi è minore rispetto all'esempio di figura 8, dove non erano avvenuti attacchi, e un picco risulta scomparso (uno solo dei 9 marchi inseriti è cioè stato rimosso). Questo non compromette però il risultato finale e indica che la sequenza è marchiata.

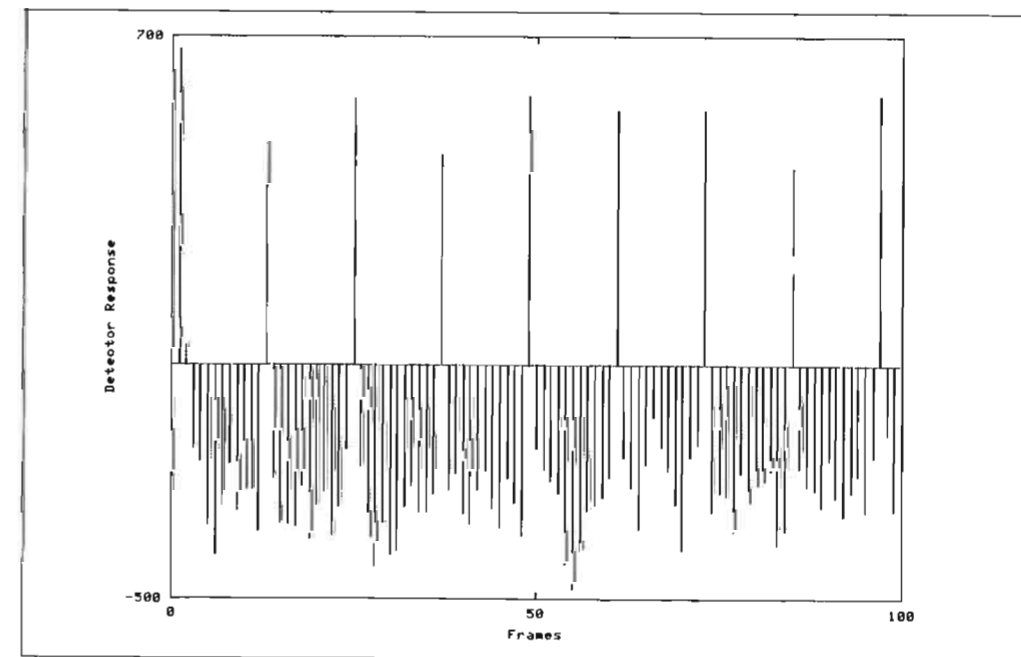


Fig. 8 - Grafico della risposta del rivelatore applicato quadro per quadro al video marchiato e compresso.

**Fig. 9** - Quadro della sequenza video marchiata sottoposto a una rotazione di 10 gradi, un ingrandimento al 35%, e infine un ritaglio per riportare il quadro alle dimensioni originali 352X288 (a) e il corrispondente quadro originale (b).



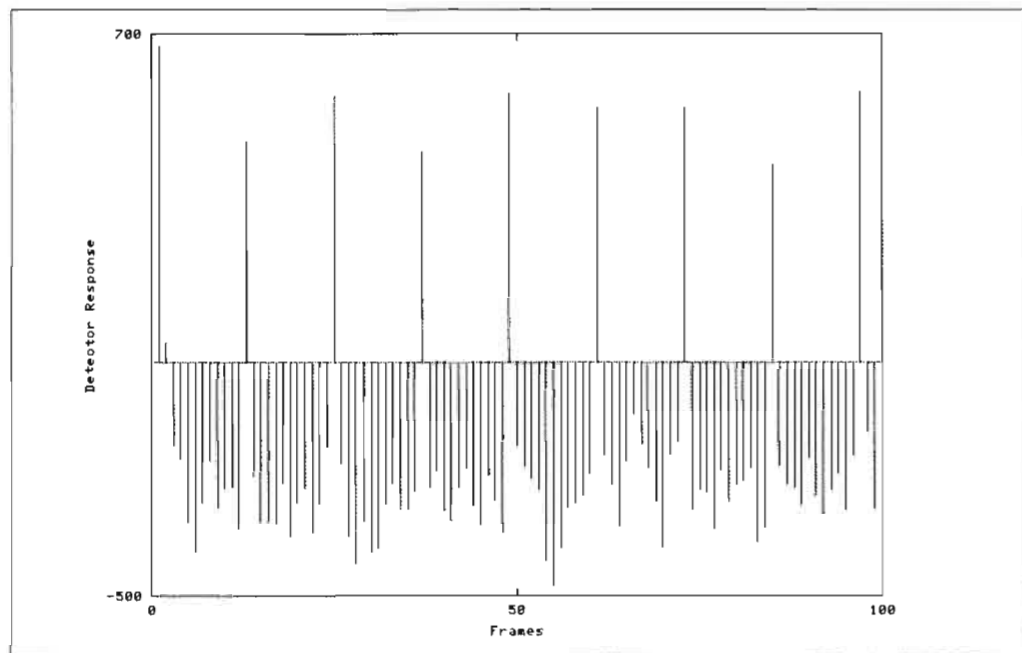
Come ulteriore esperimento, la sequenza marchiata e codificata MPEG2 a 4 Mbit/sec è stata decodificata e poi codificata ancora a 2 Mbit/sec, come illustrato in figura 11. In figura 12, è riportata la risposta del rivelatore relativa alla sequenza attaccata. Si può notare che anche in questo caso i picchi hanno un'ampiezza minore rispetto al video non attaccato (figura 8), ma sono comunque superiori alla soglia, cosicché nessun marchio è stato perso. Questo dimostra che la nuova codifica ha indebolito

il marchio, ma non abbastanza da invalidarne la sua rivelazione.

**Bibliografia**

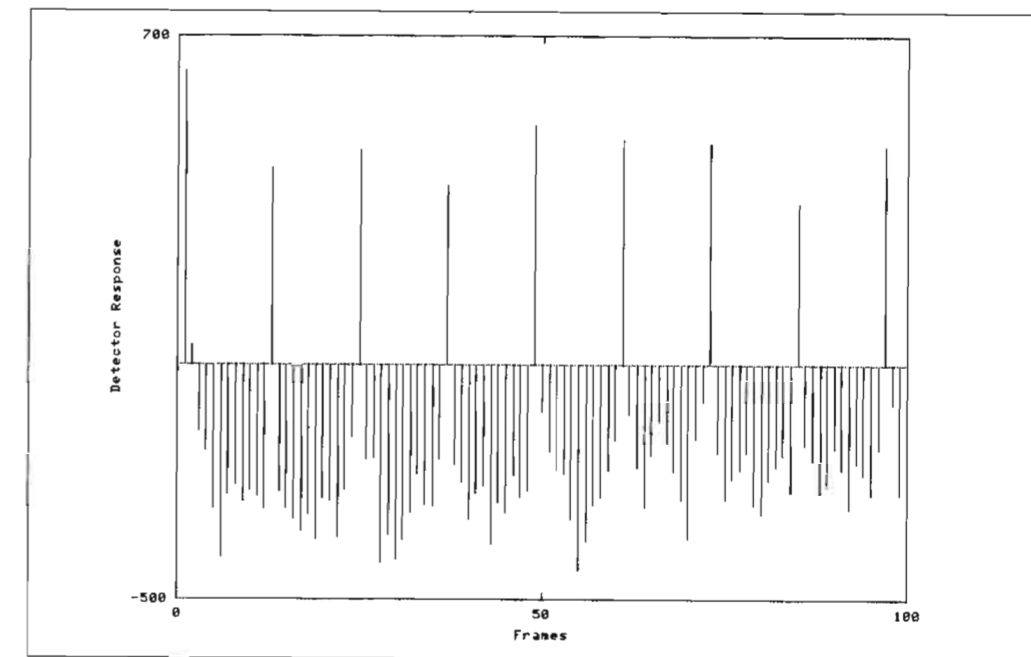
- 1 - *Le Storie di Erodoto* (9 volumi con diversi curatori) Fondazione L. Valla, Mondadori
- 2 - Fabien A. P. Petitcolas, Ross J. Anderson and Markus G. Kuhn, *Information Hiding: a Survey*, Proceedings of the IEEE, 87(7), pp. 1062-1078, July 1999.
- 3 - N. Memon, P. W. Wong, *Protecting Digital Media Content*, Communications of the ACM, Vol.71, N. 7, July 1998, pp. 34-43

**Fig. 10** - Risposta del rivelatore quadro per quadro della sequenza marchiata sottoposta a una rotazione di 10 gradi, un ingrandimento al 35%, e infine un ritaglio per riportare il quadro alle dimensioni originali 352X288.



**Fig. 11** - Quadro delle sequenze video marchiata dopo un'operazione di decodifica e ricodifica; il bit rate è stato ridotto da 4 Mbit/sec (b) a 2 Mbit/sec (a).

**Fig. 12** - Risposta del rivelatore quadro per quadro della sequenza marchiata dopo una nuova codifica MPEG2 a 2 Mbit/sec.



- 4 - R.J. Anderson and F. Petitcolas, *On The Limits of Steganography*, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 16, N. 4, Maggio 1998, pp. 474-481
- 5 - Wolfram Szepanski, *A Signal Theoretic Method for Creating Forgery-Proof Documents for Automatic Verification*, Atti della 1979 Camahan Conference on Crime Countermeasures, University of Kentucky, Lexington, KY, USA, 16-18 May 1979, pp. 101-109.
- 6 - A.Z.Tirkel, G.A. Rankin, R.M. Van Schyndel, W.J.Ho, N.R.A.Mee, C.F.Osborne, *Electronic Watermark*, Atti della Conferenza DICTA 93, Macquarie University. p.666-673.
- 7 - A. Piva, M. Barni, F. Bartolini, V. Cappellini, A. De Rosa, M. Orlandi, *Improving DFT Watermarking robustness through optimum detection and synchronisation*, GMD Report 85, *Multimedia and Security*

- Workshop at ACM Multimedia '99*, Orlando, Florida, October 1999, pp. 65-69.
- 8 - F. Bartolini, R. Caldelli, V. Cappellini, A. De Rosa, M. Wada, A. Nozzoli and A. Piva, *Watermarking for I.P.R. Protection of the Tuscany & Gifu Art Virtual Gallery*, in *Internet Imaging*, Beretta, Schettini, Editors, Proceedings of SPIE Vol. 3964, pp. 362-371, San Jose, CA, 26-28 January 2000.
- 9 - M. Barni, F. Bartolini, R. Caldelli, A. Piva, *A robust frame-based technique for video watermarking*, Proceedings of European Signal Processing Conference EUSIPCO 2000, Tampere, Finland, September 5-8, 2000, pp. 1969-1972.

# La marchiatura elettronica e le applicazioni in ambito televisivo

Marzio Barbero,  
Natasha Shpuza\*

\* ing. Marzio Barbero, Rai - Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica - Torino, ing. Natasha Shpuza, RTSH Radio Televisioni Shqiptar Dattiloscritto pervenuto alla Redazione il 18 dicembre 2000

## 1. Introduzione

Questo articolo ha come argomento le applicazioni delle tecniche di marchiatura elettronica al segnale televisivo destinato alla radiodiffusione. Ha quindi una funzione complementare all'articolo [1], a carattere più generale, pubblicato in questo stesso numero di Elettronica e Telecomunicazioni. In particolare sono analizzate le attività svolte nell'ambito del gruppo di progetto N/WTM dell'Unione di Radiodiffusione Europea (EBU-UER), gruppo di cui gli autori fanno parte.

## 2. Applicazioni in ambito radiotelevisivo

La marchiatura elettronica nell'ambito della produzione e distribuzione del prodotto televisivo può trovare applicazione a scopo di autenticazione o a scopo di identificazione [2]. L'autenticazione serve a certificare che un segnale è esattamente nelle condizioni previste (in termini di integrità e di qualità): un marchio introdotto a scopo di autenticazione non deve essere semplice da inserire (così come nel caso della filigrana nelle banconote) e sensibile alle distorsioni. L'identificazione implica l'inserimento all'interno (*embedding*) del segnale di una certa quantità di informazione (*payload*) sufficiente a individuare

l'origine e il proprietario dei diritti sui contenuti: un marchio introdotto a scopo di identificazione deve essere difficile da rimuovere e robusto nel caso di attacchi o distorsioni a cui venga sottoposto il segnale video o audio.

### 2.1 Puntatore ai metadati

I metadati sono le informazioni relative alla produzione: luogo e data della ripresa, regista, proprietario dei diritti, successive elaborazioni a cui è stato soggetto il materiale, ad esempio editing e copie. Quando i segnali televisivi sono registrati e distribuiti in forma digitale, è possibile inserire i metadati come parte integrante del multiplex che comprende video e audio: ad esempio lo standard MPEG

prevede l'allocatione di una capacità dati che può essere utilizzata per questo scopo. Questo approccio ha due inconvenienti. I dati possono essere cancellati o manomessi, volutamente (allo scopo di non consentire l'individuazione del proprietario dei diritti), oppure involontariamente (perché il video transita per un apparato, ad esempio un videoregistratore, che non prevede la trasparenza per questo tipo di informazioni). Inoltre è possibile accedere ai dati, per consultazione o per aggiornamento, solo mediante l'analisi di tutto il multiplex. Sono quindi evidenti i vantaggi della creazione, oltre di

**W**ATERMARKING AND BROADCAST APPLICATIONS - A few watermarking systems for video signals (TV formats) have recently been implemented. These systems are proposed for various applications in the audiovisual production and broadcasting environments. In particular, they can be adopted for IPR (Intellectual Property Rights) protection in the case of contents transferred through TV contribution networks. EBU (European Broadcasting Union) has defined the user requirements for systems to be adopted for its contribution network and has organised extensive tests to determine the characteristics in terms of visual perceptibility and robustness of the proposed systems.

archivi contenenti i materiali audio e video e di cataloghi [3], di data base contenenti i metadati, in cui la creazione, l'aggiornamento e la consultazione delle informazioni sia consentita in base a vari livelli di autorizzazione. Occorre associare in modo univoco i metadati ai contenuti video o audio. L'uso della marchiatura elettronica può costituire la soluzione ottimale per inserire all'interno dell'informazione video i puntatori necessari all'accesso ai metadati lungo tutta la catena di produzione e distribuzione e allo stesso tempo permettere solo alle persone autorizzate la rivelazione e lettura dei puntatori stessi.

### 2.2 Protezione dei diritti di proprietà intellettuale

I diritti di diffusione di un prodotto audiovisivo sono acquisiti con limitazioni relative al mezzo di diffusione (canale terrestre o satellitare, videocassette, DVD, web...), all'area di diffusione (Italia, Europa...) e al numero di ritrasmissioni, o passaggi, consentiti. E' quindi evidente che il rispetto e il controllo dei diritti di riproduzione e diffusione non è semplice.

Nel momento in cui venga individuata una violazione può non essere opportuno perseguire, accettando tempi e rischi di una causa legale, il sospetto di pirateria e spesso è conveniente giungere ad un accordo, cercando di ottenere a posteriori la legittimazione.

L'uso della marchiatura elettronica può quindi costituire un utile strumento per verificare il rispetto dei diritti e un deterrente per chi, volutamente, utilizza parzialmente o interamente contenuti audiovisivi senza regolarizzarne l'uso.

Per queste finalità sono adatte le tecniche di tipo "privato": solo chi è autorizzato è in grado di rivelare la presenza del marchio ed estrarlo.

D'altro canto occorre osservare che i costi per l'identificazione del detentore dei diritti e per la regolarizzazione dell'uso di mate-

riale audiovisivo a volte possono essere tali da scoraggiare l'uso di materiale di archivio. L'uso di tecniche di marchiatura di tipo "pubblico" potrebbe quindi facilitare la realizzazione di sistemi di "commercio" del materiale audiovisivo caratterizzati da procedure semplificate e automatizzabili, quindi comportare significative riduzioni di costo e favorire il riuso degli oggetti audio e video per la produzione di prodotti multimediali.

### 2.3 Strumento per indagini di mercato

La marchiatura dell'audio è stata proposta come strumento per indagini di mercato. Il segnale audio diffuso per radio è marchiato, un rivelatore di dimensioni e peso contenuti è "indossato" da persone che, svolgendo la loro normale attività quotidiana, consentono di raccogliere automaticamente i dati necessari per le statistiche sull'ascolto di specifiche tipologie di programmi o stazioni radio o televisive.

Un'ulteriore applicazione della marchiatura dell'audio è la verifica della diffusione degli inserti pubblicitari nelle modalità concordate (ad esempio orari e numero dei passaggi).

### 2.4 Autenticazione dei contenuti in un archivio o sito

La marchiatura elettronica è proposta anche a scopo di autenticazione dei contenuti del portale web. Un eventuale *hacker* potrebbe accedere, malgrado le protezioni e le barriere, ai server e modificare, sostituire o aggiungere informazioni, con conseguenze imprevedibili sulla reputazione e sulla credibilità dell'editore. Un sistema di monitoraggio automatico può verificare la presenza del marchio sul materiale pubblicato e segnalare anomalie sospette.

### 2.5 Inserzione di dati o comandi per strumenti e apparati

I dati inseriti nei segnali video e audio mediante tecniche di watermarking hanno

**S**ono stati recentemente realizzati sistemi di marchiatura elettronica in grado di operare sul segnale video di formato televisivo. Questi sistemi sono proposti per diverse tipologie applicative nel campo della produzione e diffusione dei prodotti audiovisivi. In particolare possono essere utilizzati per la protezione della proprietà intellettuale nel caso dei contenuti trasportati dalle reti di contributo radiotelevisive. L'UER (Unione Europea di Radiodiffusione) ha definito i requisiti per i sistemi da adottare per la propria rete di contributo e ha organizzato ampi test volti a individuare le caratteristiche dei sistemi proposti in termini di trasparenza percettiva e di robustezza.

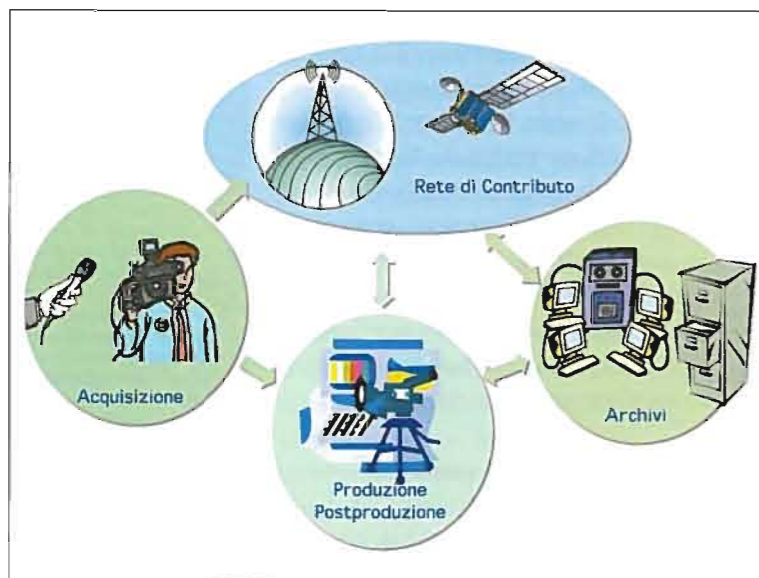
la caratteristica di transitare lungo la catena di produzione e distribuzione anche quando i segnali ospitanti subiscono elaborazioni o esistono solo in forma analogica, in tutto o in parte del processo produttivo. Questa caratteristica può essere sfruttata per utilizzare il canale digitale a basso bit-rate costituito dal *payload* per segnali di comando, ad esempio commutazione, o controllo di apparati e sistemi lungo la catena.

E' stata proposta un'applicazione in cui tale canale, inserito nel segnale video, contiene l'informazione dell'involuppo del segnale audio associato al video: in questo modo eventuali sfasamenti fra audio e video che si verificano lungo la catena di produzione o distribuzione possono essere rivelati e corretti in modo automatico.

### 3. Scelta del punto di inserzione

Nell'ambito della catena per la realizzazione di un prodotto audiovisivo si possono individuare aree funzionali diverse: acquisizione, trasferimento mediante rete di contributo, produzione e postproduzione, archivi (figura 1).

Fig. 1 - Schematizzazione delle funzionalità nella catena di produzione.



### 3.1 Acquisizione

Con acquisizione si considerano le funzioni di ripresa audio o video, mediante microfoni e telecamere. In questo caso il *payload* può essere costituito da dati o da un puntatore relativi alla data e al luogo della ripresa, identificativo dell'operatore e dell'apparato di ripresa. Tali informazioni possono essere molto importanti per risalire in modo inequivocabile alla sorgente del segnale, e quindi al detentore dei diritti; si consideri, a titolo di esempio, la ripresa di un evento: il marchio può consentire di identificare la telecamera che ha ripreso una particolare sequenza anche nel caso in cui siano presenti più sorgenti, eventualmente appartenenti a soggetti diversi, che possono aver prodotto originali di contenuto simile.

### 3.2 Rete di contributo

Il prodotto finale, ad esempio il programma televisivo, è costituito in genere da contributi provenienti da riprese, esterne o in studio, e da sequenze d'archivio. Tutti questi flussi vengono trasferiti mediante reti di contributo costituite da collegamenti terrestri o satellitari. Un esempio di rete di contributo è quella Eurovisione, dell'UER, attraverso cui transitano i contributi forniti dai vari membri e utilizzati, ad esempio, per la realizzazione dei notiziari.

La marchiatura può essere applicata al momento dell'immissione dei contributi o al momento del loro prelievo. Nel primo caso il *payload* potrebbe essere costituito da dati relativi all'origine dei contributi e alle modalità di trasmissione. I contributi immessi in rete sono generalmente protetti mediante cifratura e quindi solo chi è autorizzato può prelevarli e decodificarli, solo dopo decriptazione è possibile utilizzarli, eventualmente in modo illegittimo. La marchiatura del segnale video al momento della decriptazione e decodifica è quindi utile a individuare il nodo, fra i tanti possibili nella rete, dove è stato prelevato il contributo usato illecitamente.

### 3.3 Archivio

I contributi, o interi programmi, possono essere trasferiti verso o da archivi. Come nel caso della rete di contributo, il marchio può essere inserito al momento dell'archiviazione o al momento del prelievo. Anche in questo caso la marchiatura con indicazioni relative al prelevante e al momento del prelievo può essere il mezzo per rivelare e perseguire usi illeciti. Questo uso della tecnica di watermarking è spesso indicata come *fingerprint*, poiché il marchio ha un uso analogo a quello delle impronte digitali in campo investigativo.

### 3.4 Produzione e postproduzione

Le diverse applicazioni individuate potrebbero portare ad un uso ripetuto della tecnica del watermarking, in diversi punti della complessa catena che porta alla realizzazione di un programma. Ma la marchiatura multipla presenta degli inconvenienti tali da limitare un uso diffuso di questa tecnica.

Più marchi, basati sulla stessa tecnica o su tecniche diverse, potrebbero interferire fra loro, con la conseguente perdita in termini di robustezza.

Il marchio costituisce, dal punto di vista dell'informazione video o audio originale, l'aggiunta di distorsione o rumore e ciò ha conseguenze dal punto di vista della visibilità o trasparenza percettiva. Il rumore introdotto, inoltre, può avere un impatto sulle elaborazioni a cui è sottoposto il segnale: in particolare una successiva codifica MPEG può risultare meno efficiente a causa della maggiore criticità dell'immagine da codificare: richiedere pertanto un bit-rate più elevato a parità di qualità, ovvero, a parità di bit-rate, peggiorare la qualità percepita dall'utente. In base a queste considerazioni è conveniente limitare la marchiatura ai programmi e prodotti multimediali finiti: purtroppo un prodotto finito, o parte di esso, spesso costituisce la sorgente di contributi che, una volta immessi e prelevati dagli archivi, saranno

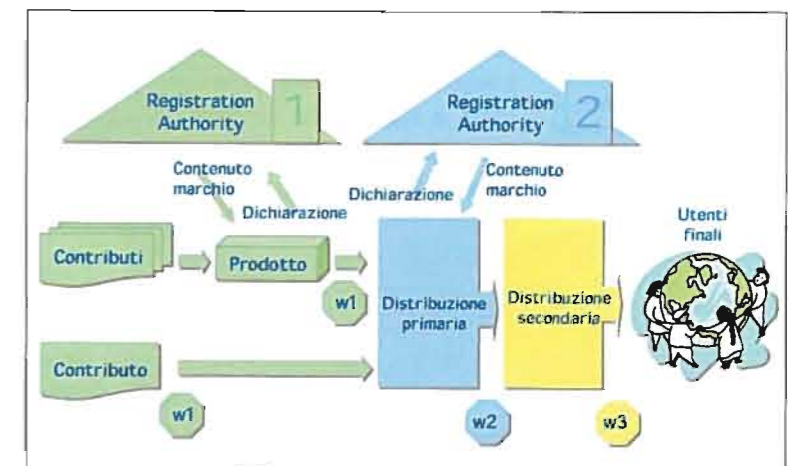
parte di uno o più ulteriori prodotti.

La soluzione a questo problema è l'adozione di marchi reversibili, ma al momento non sono stati proposti per il segnale video sistemi con tali caratteristiche e comunque la reversibilità implica la conoscenza dell'esistenza del marchio e l'autorizzazione alla sua eliminazione.

### 4. Il modello di riferimento

Nell'ambito del progetto europeo ACTS denominato OCTALIS (Offer of Contents through Trusted Access LinkS) è stato definito un modello di riferimento, schematizzato in figura 2. In base a tale modello si identificano tre livelli di marchiatura elettronica, indicati con w1, w2 e w3. Il marchio w1 è inserito a livello di produzione, il marchio w2 è inserito a livello di distribuzione primaria, w3 a livello di distribuzione secondaria, cioè a protezione del prodotto finito, destinato all'utente finale. Il modello prevede la creazione di una, o più, *registration authority* con lo scopo di standardizzare la struttura dell'identificatore (il *payload*), distribuire gli identificativi al fine di evitare ambiguità nella marchiatura dei contenuti, gestire la distribuzione delle chiavi segrete che consentono la lettura dei marchi.

Fig. 2 - Il modello di riferimento.



Quando il produttore decide di proteggere i propri contenuti, fornisce un insieme di informazioni tali da assicurare l'univocità degli oggetti multimediali all'authority che fornisce l'identificatore da inserire come *payload* del watermarking.

L'UER è stata parte attiva in OCTALIS e il modello di riferimento è stato definito in base alle indicazioni provenienti dalle società di radiodiffusione. E' quindi sulla base di tale modello che sono stati individuati i requisiti d'utente per valutare i sistemi di watermarking video disponibili al fine di adottare quello a protezione della rete di contributo UER. L'individuazione dei requisiti è limitata al livello w1, da utilizzare nell'ambito della produzione televisiva, e al livello w2, da utilizzare per la rete di contributo UER.

## 5. Requisiti e Test UER

### 5.1 Requisiti

A partire dal 1999 il gruppo N/WTM dell'UER ha individuato e specificato i requisiti richiesti per w1 e w2 e nella primavera del 2000 è stata emessa una *call for proposals* per individuare i sistemi di marchiatura digitale utilizzabili dall'UER fra quelli offerti realizzati praticamente e disponibili come prodotti destinati alla commercializzazione. Nell'estate sono stati condotti i test sui quattro sistemi proposti e accettati per la valutazione.

I requisiti richiedono la invisibilità percettiva e specificano nel dettaglio i tipi di distorsioni amichevoli ed ostili per cui i sistemi devono dimostrare robustezza.

Requisiti più specifici per le applicazioni UER sono:

- il segmento temporale minimo di una sequenza video in cui deve essere leggibile il marchio (WMS, *watermark minimum segment*). Nel caso di w1 questo tempo è stato indicato in 1 s, nel caso di w2 in 5 s. Si ritiene che in certi casi

anche il singolo quadro video possa essere prezioso e oggetto di rivendicazione IPR, ma questi valori sono stati scelti in quanto realizzabili in pratica. Di fatto implicano che il payload debba essere inserito ogni 0,5 s (25 semiquadri video) nel caso di w1 e ogni 2,5 s nel caso di w2;

- la capacità del canale dati associato al watermarking deve essere pari a 64 bit/s. Questo payload è ritenuto necessario e sufficiente per costituire un identificatore univoco, e quindi, al momento della creazione di autorità di registrazione così come suggerito dal modello di riferimento a fungere da puntatore a data base di tipo distribuito;
- il ritardo introdotto dall'apparato che inserisce il marchio deve essere il minimo possibile, comunque non deve superare 80 ms (2 quadri video). Questo requisito è importante poiché l'introduzione dei sistemi di elaborazione e codifica del segnale video numerico comporta la presenza di numerose fonti di ritardo in cascata: il ritardo complessivo può creare problemi nel caso delle trasmissioni dal vivo, in particolare se vi è una interazione fra eventi distanti fra loro (ad esempio interviste in cui intervistatore e intervistato sono separati da un sistema di comunicazione che introduce ritardi significativi).

Si vuole evidenziare il fatto che capacità del canale dati associato al watermarking (payload), robustezza agli attacchi e invisibilità percettiva non sono parametri indipendenti: migliorare uno dei tre aspetti implica un peggioramento degli altri due.

### 5.2 Test sulla invisibilità percettiva

Per valutare l'invisibilità dei marchi si è deciso di utilizzare la metodologia DSCQS (*Double Stimulus with Continuous Quality Scale*) definita dalla raccomandazione ITU-BT 500. Questo metodo è

stato utilizzato in passato per la valutazione della qualità sistemi per la compressione del segnale video, in particolare MPEG-2 [4].

Le prove soggettive sono state condotte nel mese di settembre presso due Centri di Ricerca, quello della Rai a Torino e quello dell'IRT (*Institut für RundfunkTechnik*) a Monaco di Baviera. Entrambi hanno una lunga e riconosciuta esperienza nella valutazione della qualità video e il Centro Ricerche Rai è dotato di una sala attrezzata per l'effettuazione delle prove, la raccolta e l'elaborazione dei dati.

Il metodo DSCQS è caratterizzato da una elevata stabilità e riproducibilità dei risultati. Una serie di coppie di sequenze di test è presentata agli osservatori, sono visualizzate due versioni della stessa sequenza di test, una delle due presentazioni può contenere il degradamento, oppure no; l'altra presentazione è utilizzata come riferimento, ma non è noto all'osservatore quale sia il riferimento, la prima o la seconda presentazione. L'osservatore deve indicare quale è la sua stima della qualità di ciascuna presentazione.

Le cinque sequenze di test sono state scelte sulla base della loro presunta criticità in caso di watermarking.

Gli algoritmi utilizzati dai sistemi oggetto di valutazione non sono noti a chi ha definito i test, ma è noto che sono particolarmente critiche immagini dotate di scarso dettaglio, uniformi o sfumate: infatti in questo caso è più difficile "nascondere" l'informazione associata al payload.

A titolo di esempio in figura 3 è presentato un semiquadro di una sequenza che presenta queste caratteristiche, anche se non è stata adottata nel caso di queste prove soggettive. Gli algoritmi di marchiatura tendono a modificare l'immagine in prossimità dei dettagli, come è evidente nell'immagine di figura 4, dove l'energia associata al mar-



Fig. 3 - Un semiquadro di una sequenza di prova. Il particolare è ingrandito di quattro volte.



Fig. 4 - Un semiquadro di una sequenza di prova: è stato inserito un marchio elettronico. L'energia associata al marchio è superiore a quella nominale, in modo da rendere facilmente percettibile il tipo di degradamento. Il particolare è ingrandito di quattro volte.



Fig. 5 - Un semiquadro della sequenza di prova: è stato inserito un marchio elettronico. L'energia associata al marchio è quella nominale, ritenuta un compromesso ottimale tra robustezza e percettibilità. Il particolare è ingrandito di quattro volte.

Fig. 6 - Un semiquadro della sequenza basketball, una delle più critiche utilizzata per la valutazione del sistema di compressione MPEG-2. È stata scelta come sequenza di test anche nel caso della valutazione dei sistemi di marchiatura digitale.



chio è stata volutamente esagerata, per mettere in evidenza il degradamento. Ovviamente, in condizioni normali, il marchio non deve essere percettibile (figura 5). Altre sequenze sono state scelte in base al fatto che sono critiche per i sistemi di compressione: la marchiatura può aumentare la criticità e rendere evidenti le distorsioni introdotte dai sistemi di codifica MPEG. È stata quindi scelta, fra le altre, una sequenza già utilizzata per i test MPEG-2 (figura 6).

Si ritiene che i nuovi schermi piatti PDP (Plasma Display Panel) possano evidenziare maggiormente i difetti introdotti sul segnale video da elaborazioni quali, ad esempio, la compressione. Presso il Centro Ricerche Rai è stato possibile effettuare, oltre ai test precedentemente descritti usando i monitor CRT (Cathode Ray Tube) anche valutazioni da parte di esperti (*expert viewing*) usando alcuni fra i più recenti PDP. Prove analoghe sono state tenute anche presso BBC e SVT (la televisione svedese).

Sono state individuate tre configurazioni di test (figura 7).

Nella prima configurazione lo scopo è la valutazione della trasparenza percettiva in ambiente di produzione, è presente un solo marchio (w1).

Nella seconda e terza configurazione si vuole valutare l'eventuale degradamento introdotto da due marchi: w1 a livello di produzione e w2 al prelievo dalla rete di contributo: le due configurazioni si differenziano per il bit rate a cui opera la coppia co-decodificatore MPEG-2 (nei test sono stati utilizzati quelli adottati nella rete UER), in un caso è 8 Mbit/s, nell'altro 20,5 Mbit/s.

### 5.3 Test sulla robustezza

I test sono stati condotti presso il Centro Ricerche della BBC a Kingswood (UK) nei mesi di luglio-agosto e hanno rappresentato un impegno notevole in termini di impe-

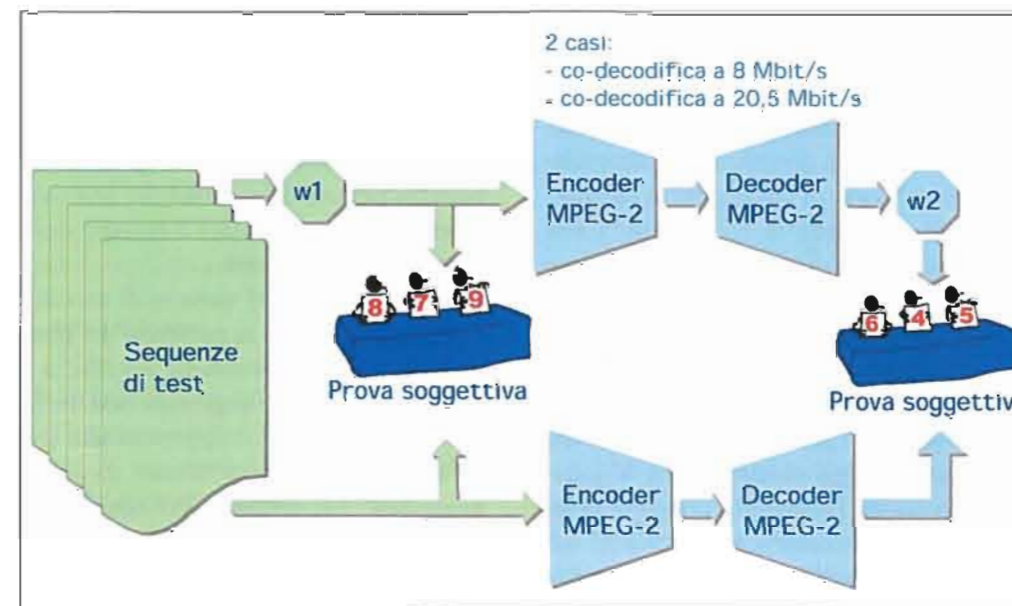


Fig. 7 - Configurazioni utilizzate per le prove soggettive. Sono state utilizzate cinque sequenze di test da 10s ciascuna. Per ciascuno dei quattro sistemi sotto test sono state effettuate tre serie di prove soggettive, basate sul confronto fra:  
 - le sequenze marchiate con w1 e le stesse sequenze di riferimento (formato digitale non compresso)  
 - le sequenze marchiate con w1, co-decodificate MPEG-2 a 8 Mbit/s e marchiate w2 e quelle di riferimento (co-decodificate MPEG-2 a 8 Mbit/s)  
 - idem come caso precedente, ma con co-decodifica MPEG-2 a 20,5 Mbit/s  
 Per ciascuna configurazione di test ha collaborato un gruppo di 15 osservatori, per un totale di 45 osservatori per ciascuno dei due Centri (Rai e IRT).

gno organizzativo, di raccolta ed elaborazione di dati.

I sistemi, costituiti da *embedder* e *detector*, sono stati utilizzati per l'inserimento e la lettura dei marchi w1 e w2. Sono state utilizzate 10 sequenze di test. Gli "attacchi" rappresentano operazioni che possono aver luogo nell'ambiente di produzione e postproduzione: scalamento, rotazione, shift, conversione analogico/digitale e digitale/analogica, aggiunta di rumore gaussiano, slow-motion, registrazione e riproduzione con videoregistratori dei vari formati utilizzati dai radiodiffusori,...

Sono state effettuate anche valutazioni nel caso di codifiche MPEG-2 a basso bit-rate, fino 2 Mbit/s, e di registrazione in formato VHS.

### 6. Commenti sui risultati dei test

I risultati dei test non sono, almeno per il momento, pubblici, e quindi non ci è concesso esprimere un parere completo.

I sistemi proposti sono basati su algoritmi di tipo diverso e hanno dimostrato prestazioni differenti, probabilmente anche perché diverse sono state le scelte operate dai costruttori sul compromesso ottimale fra payload, robustezza e trasparenza. È d'altro canto importante notare che solamente due dei sistemi valutati soddisfano i requisiti richiesti in termine di payload (cioè 64 bit per WMS), pertanto i risultati in termini di robustezza e trasparenza percettiva sono solo parzialmente confrontabili.

Dal punto di vista della invisibilità percettiva, valutata mediante le prove soggettive, i risultati sono incoraggianti, la visualizzazione



mediante PDP sembra risultare più critica. Non sono stati riscontrati problemi di interferenza (falso allarme) nel caso di marchiatura multipla, con tutte le possibili combinazioni di due sistemi diversi, ma la percettibilità cresce nel caso di più marchi in cascata. Per quanto riguarda la robustezza, i test hanno dimostrato di essere completi e severi, pertanto non è stato possibile a nessuno dei sistemi di marchiatura superare indenni l'intero insieme di test.

Le informazioni raccolte sono di straordinaria importanza per l'UER per una corretta definizione degli obiettivi e per le industrie proponenti i sistemi (a ciascuna industria sono stati comunicati i risultati dei test relativi al proprio sistema) per migliorare e ottimizzare le prestazioni.

### 7. Conclusioni

Le tecniche di marchiatura elettronica hanno avuto una rapidissima evoluzione portando in breve tempo alla realizzazione pratica di sistemi, con prestazioni in termini di trasparenza percettiva, robustezza e capacità del payload molto buone.

I campi di applicazione sono vari e alcuni estremamente interessanti per le società di produzione e radiodiffusione.

Ciononostante non è prevedibile che in breve tempo si abbia una capillare diffusione dei sistemi di marchiatura nella catena produttiva televisiva poiché restano ancora alcuni problemi importanti:

- Un aumento della percettibilità nel caso di marchiature multiple e una maggiore criticità delle sequenze marchiate nel caso di successiva codifica con sistemi di compressione.
- La robustezza agli attacchi "amichevoli" dovuta ai trattamenti subiti dal segnale video in produzione e in postproduzione è notevole. Tuttavia vi sono elaborazioni che, pur non modificando in modo sensibile l'immagine, possono ridurre la proba-

bilità di corretta lettura del marchio.

- La scelta dei punti di inserzione, lungo la catena di produzione e distribuzione, dei marchi è fondamentale per minimizzare le distorsioni introdotte sul segnale dalle marchiature multiple, consentire una rivelazione efficace e limitare il numero degli apparati di marchiatura.
- L'organizzazione del sistema di monitoraggio, per rivelare la presenza del marchio, identificare eventuali usi illeciti e conseguentemente fungere da deterrente ad attività "pirata" è fondamentale per garantire l'efficacia in termini di protezione IPR. Lo sviluppo del commercio elettronico ha incoraggiato lo studio e la creazione di authority per consentire le transazioni sicure: può essere la strada che, utilizzando la marchiatura elettronica come mezzo tecnico, consente il raggiungimento del fine, cioè facilitare la circolazione dei contenuti audiovisivi e garantire la protezione IPR.

### 8. Ringraziamenti

La realizzazione delle prove soggettive è stata possibile grazie alla collaborazione dei colleghi del Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica della Rai, un particolare ringraziamento è diretto a Giancarlo De Biase e a Paola Sunna.

### Bibliografia

- 1 - A. Piva, R. Caldelli, *Tecniche di marchiatura elettronica per la protezione dei diritti di proprietà intellettuale*, Elettronica e Telecomunicazioni, agosto 2000.
- 2 - A. J. Mason, R. A. Salmon, O. H. Werner, J. E. Devlin, *User Requirements for Watermarking in Broadcast Application*, Atti della conferenza IBC 2000, Amsterdam 7-12 settembre.
- 3 - R. Del Pero, G. Dimino, M. Stroppiana, *Catalogo multimediale, l'esperienza Rai*, Elettronica e Telecomunicazioni, aprile 2000.
- 4 - M. Barbero, M. Stroppiana, *Un futuro di immagini compresse*, Alta Frequenza, vol. 7, n. 5, set-ott 1995.

## Melevisione: dalla TV al web

### 1. Introduzione

Melevisione è un programma televisivo di RaiTre che da tre anni si rivolge ai bambini e che..., ma ecco come lo descrivono gli autori del programma:

"Parliamo a bambini piccoli, dai tre ai sei anni. Il linguaggio e l'universo di riferimento più naturali sono ancora, indiscutibilmente, quelli della FIABA. Nel Bosco delle Fiabe, in una radura segreta e inaccessibile agli umani, *Tonio Cartonio* un folletto furbo e guizzante ma anche poetico e sognante, gestisce una sorta di chiosco di ristoro. Questo chiosco è frequentato da personaggi che abitano il circostante FANTABOSCO, uno dei tanti mondi delle fiabe. Sono clienti affezionati, che si avvicendano due o tre alla volta ogni due o tre giorni:

- Primo anno. Per tutto il primo anno i clienti sono stati sei: *Strega Rosarospa*, *Fata Gaia*, *Orco Bruno*, *Lupo Fosco*, e i fratelli *gnomi Ronfo*, *Linfa* e *Lampo*.
- Secondo anno. Quest'anno sono arrivati quattro nuovi ospiti: la *Strega Salamandra*, il *Lupo Lucio*, la *Principessa Odessa*, il *Genio Abù Ben Set*, il *Buf-*

*fone Jolly Cembalo* e la *Gazza Rubinia*.

- Terzo anno. Quest'anno ci sono tante novità: tanti amici se ne sono andati, ma tanti nuovi sono arrivati..."

Il testo citato è tratto dal sito web [www.melevisione.rai.it](http://www.melevisione.rai.it) e questo articolo ha lo scopo di illustrare la collaborazione fra i realizzatori del programma televisivo e il Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica per l'avvio e lo sviluppo del sito.

### 2. Le motivazioni

I responsabili del programma consideravano importante attivare un sito web di supporto e complemento alla trasmissione. La loro motivazione era duplice: da una parte si desiderava uno strumento per fornire agli educatori e genitori informazioni sulla trasmissione televisiva e materiale multimediale da utilizzare nei percorsi didattici da essi sviluppati, e dall'altra si desiderava proporre un sito da utilizzare come un videogioco e destinato ai bambini a cui la trasmissione è rivolta, al fine di "prolungare" la presenza presso l'utenza e "fidelizzarla" anche attraverso l'interazione con l'ambiente fantastico proposto nella trasmissione e riproposto nel videogioco.

**M**ELEVISIONE: FROM TV TO WEB - Melevisione is a TV programme for 3 to 6 years-old children; it has been produced and broadcast by RaiTre in the last three consecutive years. In January 1999, the web site [www.melevisione.rai.it](http://www.melevisione.rai.it) has been implemented; it includes a wide selection of contents, based on multimedia objects derived from the TV programme: texts, songs and video clips. The Centre for Research and Technological Innovation of Rai has contributed in the phases of the web site project and implementation. The experience is considered interesting since it is an example of a multimedia product, born by the initiative of the authors and producers of a TV programme, which develops and evolves thanks to their continuous contributions and to the symbiotic relation with the TV product.

### M. Muratori\*

\* ing. Mario Muratori, Rai - Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica. Dattiloscritto pervenuto alla Redazione il 28 dicembre 2000.

**M**elevisione è una trasmissione televisiva rivolta ai bambini dai 3 ai 6 anni; per il terzo anno consecutivo prodotta e diffusa da RaiTre. Nel gennaio 1999 è stato realizzato il sito web [www.melevisione.rai.it](http://www.melevisione.rai.it) che offre un'ampia scelta di contenuti, basati su oggetti multimediali strettamente legati alla trasmissione, tra cui testi, canzoni e video. Il Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica della Rai ha contribuito alle fasi di progetto e di realizzazione e all'evoluzione del sito. L'esperienza è ritenuta particolarmente interessante in quanto esempio di nascita e crescita di un prodotto multimediale web ricco di contenuti, nato grazie all'iniziativa degli autori e dei realizzatori di un programma televisivo e che si sviluppa e evolve grazie al contributo continuo degli stessi e in stretta simbiosi con il prodotto TV.

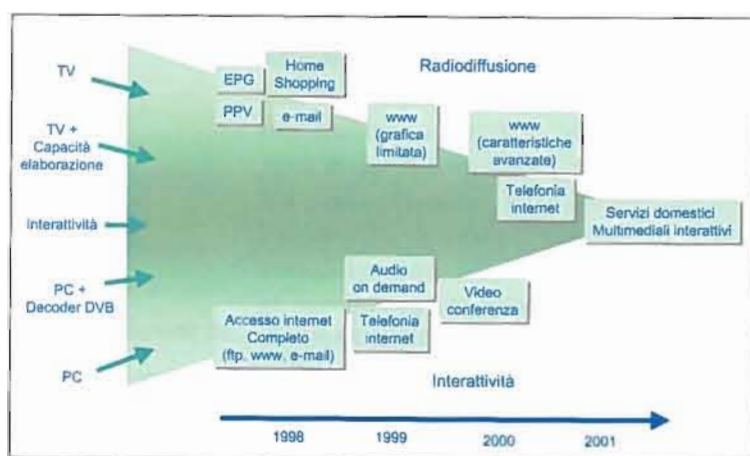


Fig. 1 - Lo scenario evolutivo previsto da DVB MHP.

Il programma televisivo è realizzato presso il Centro di Produzione di Torino (CPTO), a Torino è situato anche il Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica (CRIT): si ritiene che questo fatto potesse favorire un prezioso scambio di know-how fra l'ambiente della ideazione e produzione televisiva e quello della ricerca e sviluppo di nuovi servizi multimediali.

Dal punto di vista del Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica fu giudicato importante acquisire un'esperienza pratica nella realizzazione di un prodotto multimediale strettamente legato ad una trasmissione televisiva.

La convergenza e l'evoluzione dei prodotti televisivi e multimediali sono previsti dal progetto DVB: è in corso di definizione lo standard MHP che consentirà la fruizione median-

te il set-top-box di servizi analoghi a quelli oggi disponibili via web. Le società nate come enti di radiodiffusione offrono sempre più spesso contenuti di tipo video anche attraverso il web, un esempio è RaiNews24, in modo che possano essere fruiti mediante PC. MHP ha lo scopo di rendere il set-top-box, cioè il televisore dell'era digitale, l'elemento centrale per la fruizione di prodotti multimediali (figura 1).

Nel prossimo futuro l'utente avrà la possibilità di interagire con terminali che saranno l'evoluzione di PC oppure di console videogiochi oppure del televisore, ovvero la convergenza dei mezzi di comunicazione avrà un impatto sul modo di fruire e di produrre i contenuti multimediali.

Da questo scenario appare evidente l'importanza per il Centro Ricerche, che è coinvolto nelle attività di definizione degli standard DVB e di sperimentazione delle relative tecnologie, di acquisire un'esperienza diretta in una produzione rivolta sia alla fruizione TV che a quella mediante web.

Il progetto per lo sviluppo del sito Melevisione fu quindi avviato il 20 settembre 1999.

### 3. Progetto e realizzazione

Progetto e realizzazione del sito sono stati attuati valorizzando al massimo le risorse delle entità Rai coinvolte.

Il progetto del sito si sviluppa a partire da un'idea del regista della trasmissione ed è formalizzato a cura del Centro Ricerche in un progetto esecutivo, sviluppato congiuntamente con il Centro di Produzione.

Il Centro Ricerche si occupa della progettazione esecutiva del sito e dell'authoring delle pagine web, scritte in HTML con ampio uso di Javascript.

Il sito completo (figura 2) è sostanzialmente diviso in due parti. Il sito della "Melevisione", cioè la parte rivolta ai genitori e agli educatori,

stampa, a Torino, il 28 gennaio 2000. Lo sviluppo del "Fantabosco", cioè il videogioco per i bambini, è stato avviato successivamente.

Il sito della Melevisione è destinato agli adulti, ma si è particolarmente curata l'interfaccia grafica in modo da renderne gradevole la fruizione anche ai bambini, ipotizzando che bimbo e genitore/educatore possano navigare assieme nel sito e scoprirne il contenuto (figura 3). I grafici del Centro di Produzione realizzano le immagini su cui è basata l'interfaccia grafica a partire dalla scenografia del programma. Le immagini sono codificate in formato JPEG avendo come obiettivo quello di rappresentare al meglio le caratteristiche "fantastiche" e di "favola" pur limitando le dimensioni dei contenuti grafici al momento della "navigazione".

Per rendere piacevole l'interfaccia, e per realizzare graficamente le varie funzionalità, si è fatto ricorso ad un ampio uso di programmazione Javascript.

La redazione del programma televisivo fornisce tutto il materiale testuale, musicale e video che viene adattato ai formati adatti al web e pubblicato sul sito.

Le parti propriamente in HTML sono limitate in numero, ma scritte con caratteristiche adatte all'aggiornamento frequente. Infatti, sia per motivi funzionali, sia per limitare i costi, si è deciso che la manutenzione e l'aggiornamento a cadenza settimanale del sito sia a carico della redazione della trasmissione televisiva, quindi svolta da personale con buona conoscenza dell'informatica di base (uso del PC, programmi di Office), ma non particolarmente esperta nel campo del web. Pertanto, le pagine che devono essere modificate, aggiornate o incrementate in numero senza modificarne la formattazione, sono state scritte in un formato chiaro e di facile comprensione e di diretta utilizzazione da parte del personale della redazione.

La codifica in RealAudio e RealVideo delle canzoni e di estratti di trasmissione legati alle manualità è effettuata a cura del Centro Ricerche.

### 4. Un'esperienza in evoluzione

Il termine "prodotto multimediale" può avere due interpretazioni distinte: indicare un prodotto destinato ad essere distribuito

Fig. 2 - Pagina d'avvio del sito Melevisione. La realizzazione grafica caratterizza il sito ed è basata sulla scenografia del programma.

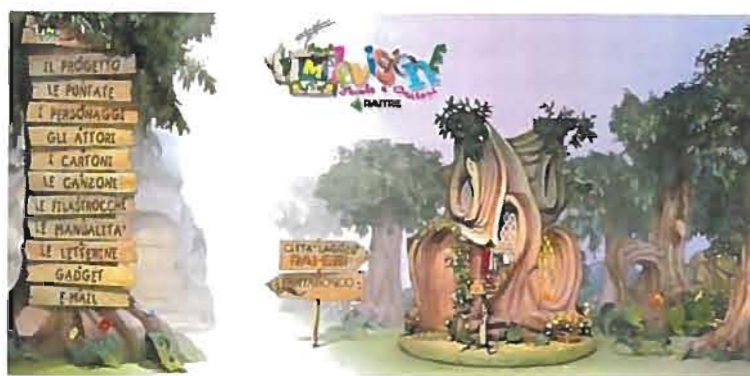


Fig. 3 - Per mezzo di specifici "apparati" si può accedere alle varie sezioni in cui sono organizzati gli oggetti multimediali, ad esempio i "clip" relativi alle manualità e codificati Realvideo ed i testi delle Filastrocche visualizzabili mediante io Sputapallin.

Fig. 4 - La Melevisione.

La Melevisione si propone di superare felicemente la tipologia del "programma contenitore" nella produzione di televisione per l'infanzia. I pochi programmi per l'infanzia realizzati prevalentemente in studio puntano tutto su una televisione "tutta in casa", sopportando a stento pochi, brevissimi e non sempre eccellenti contributi esterni. È il momento di equilibrare contributi esterni e produzione interna, e farli collaborare a costruire un buon programma, una televisione né solo schiacciata sui cartoni industriali né solo tecnologica, né solo naturale. Insomma come quell'apparecchio alimentato a mele che racconta storie animate nel nastro Fantabosco: una Melevisione.



Fig. 5 - Attori e i personaggi della Melevisione.



attraverso più "media" differenti oppure un prodotto costituito da un insieme di più "oggetti" audio, video, testuali.

Il "format" Melevisione rappresenta un'esperienza interessante nel campo della produzione televisiva ed è un "prodotto multimediale" in entrambe le accezioni indicate.

È un programma per bambini che ha lo scopo di superare la tipologia di "programma contenitore" (figura 4) realizzata in studio televisivo, ma con caratteristiche tipiche della produzione teatrale (figura 5). Nato come programma televisivo, ha dato origine a prodotti di tipo testuale (figura 6) e successivamente al sito web.

Il sito web è un esempio di ambiente "interattivo" in cui sono utilizzati i diversi oggetti multimediali: testi (i testi delle filastrocche, ad esempio, erano 100 al momento dell'inaugurazione), audio (le canzoni ideate specificatamente per la trasmissione sono disponibili codificate in RealAudio e in MP3), video (nel corso della trasmissione il personaggio principale, Tonio Cartonio, illustra semplici realizzazioni, le manualità, e queste sono disponibili sul sito, codificate in RealVideo).

Il sito svolge quindi la funzione di supporto alla trasmissione, fornendo materiale utile ai genitori e agli educatori per sfruttare le potenzialità educative e ludiche proposte dal programma televisivo e consente di aumentare le possibilità di interazione fra i realizzatori del programma, attraverso la pubblicazione delle "Letterine" (figura 7) e la corrispondenza via e-mail. La sezione del "Fantabosco" ha lo scopo di estendere, grazie alla proposta di semplici giochi legati ai temi e ai personaggi del programma, le possibilità di interazione.



Fig. 6 - A riprova della caratteristica "multimediale" della Melevisione, la pagina del sito che pubblicizza i libri realizzati a partire dai contenuti del programma televisivo.

L'elevata quantità di messaggi di posta elettronica ricevuti fin dai primi giorni dalla data della presentazione ufficiale del sito, indica che il sito incontra l'interesse dei visitatori.

Questo successo di pubblico non era facilmente prevedibile per problemi oggettivi, legati alla non facile fruibilità di un sito con queste caratteristiche: la presenza di un'ampia gamma di oggetti multimediali rende spesso difficile la navigazione a causa della scarsa standardizzazione degli strumenti informatici (una particolare cura è stata posta nell'analisi dei problemi di compatibilità con i browser più diffusi) e delle caratteristiche dell'interfaccia grafica (la capacità di banda normalmente disponibile all'utenza domestica è purtroppo un ostacolo all'uso di oggetti multimediali, tra cui le immagini, di buon impatto visuale). L'obiettivo di prolungare la presenza della Melevisione oltre al tempo di programmazione televisiva sembra quindi raggiunto.



Fig. 7 - La sezione delle Letterine è aggiornata periodicamente dalla Redazione utilizzando i contributi provenienti dai bambini.

Per quanto riguarda il Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica questo progetto ha contribuito all'incremento delle conoscenze nell'uso pratico di tecnologie web e ha rappresentato un'esperienza molto positiva di lavoro congiunto con altre realtà legate alla produzione televisiva.

Il risultato ottenuto, cioè lo sviluppo di un prodotto web realizzato nei tempi previsti che ha coinvolto nelle fasi di ideazione, progettazione e manutenzione i responsabili e i realizzatori del programma televisivo, indubbiamente rappresenta una esperienza positiva che sta continuando e che può costituire la premessa per progetti futuri dello stesso tipo.

#### Riconoscimenti

Il sito web "Melevisione" è frutto della collaborazione di varie entità del Gruppo Rai.

Ideato dal regista della trasmissione Pierluigi Pantini e dalla responsabile di produzione Mussi Bollini, il suo sviluppo e aggiornamento si basa sui contributi dei realizzatori della trasmissione presso il Centro di Produzione Televisiva di Torino. La grafica, che caratterizza il sito è basata sulla scenografia del programma ed è a cura di Achille Superbi.

Il Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica, come già ricordato, è stato principalmente impegnato nella progettazione esecutiva del sito e nello sviluppo delle pagine a livello di authoring. Alla codifica del materiale musicale e video nei formati web e per la realizzazione dei giochi e delle animazioni Flash che costituiscono il "Fantabosco" hanno collaborato Andrea Falletto e Carlo Bonugli.

L'installazione del prodotto finito è stato attuato in collaborazione con ICT (Information and Communication Technology) e la distribuzione del prodotto è a cura di RaiNet.

#### Glossario

Nel corso dell'articolo sono citate diverse sigle e abbreviazioni relative a sistemi, standard, tecnologie e prodotti. Questa sezione ha lo scopo di fornire una sintetica illustrazione del significato di questi e altri termini di uso comune nelle trattazioni relative alla multimedialità.

**DVB (Digital Video Broadcasting)** - è un consorzio di circa 300 radiodiffusori, fabbricanti e operatori di reti e telecomunicazioni che si sono riuniti per realizzare standard internazionali comuni per consentire il passaggio dalla radiodiffusione analogica a quella digitale. Gli standard sono sviluppati nell'ambito dei gruppi del Modulo Tecnico in base ai requisiti raccolti dal Modulo Commerciale. Gli standard sono pubblicati dall'ETSI (the European Telecommunications Standards Institute) e sono disponibili a livello mondiale. Gli standard DVB sono basati sul sistema di codifica MPEG-2.

**Flash** - software della Macromedia per sviluppare grafica interattiva sia per siti web (mediante *plug-in* per *browser*) che per giochi e presentazioni (mediante apposito *player Flash*, che può essere incluso su CD-ROM). È molto efficiente quando si utilizza grafica di tipo vettoriale strutturata su una o più basi temporali che forniscono un percorso sequenziale atto a descrivere animazioni e interazioni.

**HTML e XHTML (eXtensible HyperText Markup Language)** - *markup* è il testo che viene aggiunto al contenuto informativo primario di un documento allo scopo di trasferire informazione aggiuntiva sul contenuto stesso, in particolare sull'impaginazione. Un *markup language* è il formalismo che descrive una classe di documenti che utilizzano il *markup* allo scopo di caratterizzare la struttura del documento, il suo

aspetto o altre caratteristiche. HTML è un esempio di *markup language*. Le pagine disponibili su web sono generalmente scritte utilizzando HTML e sono accessibili mediante i *browser*, applicativi che adottano il protocollo Internet HTTP (**H**yper**T**ext **T**ransfer **P**rotocol). XHTML è l'evoluzione di HTML nell'ambito dell'XML.

**Java e Javascript** - i marchi basati su Java sono *trademark* della Sun Microsystems. Java è un linguaggio di programmazione sviluppato a partire dal 1991 progettato per poter operare senza modifiche su tutte le piattaforme hardware. Dal 1994 è stato applicato in ambito web. I programmi Java possono essere richiamati da pagine HTML oppure avviati come programmi indipendenti. Un programma Java quando è richiamato a partire da un documento web, è detto *Java applet*, quando è eseguito su un server web, è detto *servlet*. Il codice sorgente di un programma Java è compilato in un linguaggio intermedio denominato *byte-code*, che deve essere convertito in codice macchina al momento dell'esecuzione. Quando il browser identifica un applet invoca l'interprete (Java Virtual Machine) che provvede alla conversione e all'esecuzione. Javascript è un linguaggio *script* molto diffuso e supportato dai *browser web*. Usa una sintassi simile a Java, il codice sorgente è contenuto nel documento HTML e viene trasformato in codice macchina dall'interprete JavaScript.

**JPEG (Joint Picture Expert Group)** - una immagine è codificata JPEG se è conforme allo standard definito dall'annesso B di ISO/IEC 10918-1 Digital Compression and Coding of Continuous-Tone Still Images. Le immagini fisse (foto e disegni) incorporati nei documenti HTML sono normalmente codificate in JPEG. Altri formati di codifica sono GIF (Graphic Interchange Format) e

PNG (Portable Network Graphics). GIF utilizza un algoritmo di compressione denominato LZW (dal nome dei suoi progettisti Lempel, Ziv e Welch), le immagini devono essere codificate utilizzando palette limitate ad un massimo di 256 colori. PNG utilizza un sistema di compressione, che a differenza di GIF non è coperto da brevetti, più efficiente e supporta la correzione del gamma e il TrueColor.

**MHP (Multimedia Home Platform)** - La piattaforma multimediale domestica MHP è un insieme di provvedimenti per promuovere la transizione armonizzata dalla TV analogica ad un futuro multimediale interattivo. È basata su una serie di API (Application Programming Interfaces) in linguaggio Java specifiche per i set-top-box DVB e promette la realizzabilità di una piattaforma domestica che facilita la convergenza. MHP definisce il ciclo di vita, i meccanismi di sicurezza e di caricamento necessari per la diffusione migliorata, interattiva e per applicazioni internet

**MPEG (Motion Picture Expert Group)** - Comitato di normalizzazione internazionale creato nel 1988 per definire sistemi di codifica digitale di segnali audio e video per la memorizzazione su CD-ROM (MPEG-1). Successivamente lo scopo del progetto si estese per comprendere la codifica dei segnali TV e HDTV (MPEG-2).

**MP3** - indica un formato file speciale utilizzato principalmente per lo *streaming* (ovvero la distribuzione sotto forma di flusso) o per il *downloading* (ovvero la distribuzione mediante trasferimento di file) di informazioni audio. MP3 è basato sul *Layer 3* dello standard MPEG. Esistono numerose realizzazioni di codificatori e soprattutto di decodificatori MP3; oltre alle frequenze di campionamento previste dagli standard MPEG-1 e MPEG-2, supportano

una estensione a frequenze basse denominato MPEG-2.5. Per effettuare il *live streaming* i dati audio vengono organizzati mediante opportuno format, ad esempio il Microsoft Advanced Streaming Format.

**RealAudio** – il codificatore ed il decodificatore sono basati su un algoritmo proprietario (della RealNetworks) che supporta diverse opzioni di codifica audio. Il sistema RealNetworks G2 è utilizzato per il *live streaming* di audio e per lo *streaming* di file audio: è disabilitata la possibilità di creare file (ad esempio WAV) per ragioni di protezione IPR. È caratterizzato dalla scalabilità, ovvero il flusso audio può avere un bit-rate che varia da 64 kbit/s (nel caso in cui il trasferimento avvenga via linea ISDN o LAN) fino a 14,4 kbit/s (nel caso di accesso mediante modem). Il file audio viene codificato in modo che possano essere crea-

ti flussi paralleli (tipicamente sei) caratterizzati da differenti bit-rate e qualità; il sistema consente che la banda occupata si adatti automaticamente a quella disponibile, e che può variare dinamicamente in funzione dell'affollamento su Internet.

**RealVideo** – la tecnologia proprietaria della RealNetworks consente la visione, mediante *browser* dotato di apposito *plugin* degli *stream* video diffusi su internet o intranet da appositi *server* (RealServer).

**XML** (eXtensible Markup Language) - descrive la struttura e la semantica del documento, non la formattazione. La struttura XML è adatta per altri linguaggi specifici di domini quali, ad esempio, la musica con **MusicML**, la matematica con **MathML**, per la chimica **ChemicalML**, la grafica **Scalable Vector Graphics...**

## Il sito web Opere del Novecento italiano

www.ufficiostampa.rai.it/arte

### 1. Introduzione

Recentemente si è concluso il restauro dell'opera d'arte di proprietà Rai forse più famosa: il "Cavallo" dello scultore Francesco Messina. Il web può essere uno strumento molto efficace e versatile per promuovere la cultura e in particolare la conoscenza delle opere d'arte e quindi è stato adottato, tra gli altri, come mezzo di pubblicizzazione di questo evento.

Accanto al sito specifico sul "Cavallo" e sul suo restauro, la Rai ha voluto proporre un ipertesto sulle opere di artisti italiani del Novecento, basato sulla mostra "Opere del Novecento italiano nella collezione della RAI Radiotelevisione Italiana" organizzata in diverse città italiane tra il 1994 ed il 1996.

Il Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica della Rai ha progettato e realizzato il sito web a partire dal catalogo della mostra. Questa attività realizzativa integra quella di osservatorio sull'evoluzione delle tecnologie e metodologie di produzione di prodotti ipertestuali e di studio e valutazione dei sistemi di protezione della proprietà intellettuale.

### 2. Dal catalogo all'ipertesto

L'ipertesto "Opere del Novecento italiano" è la trasposizione in formato elettronico del catalogo della mostra (figura 1).

Il catalogo comprende gli scritti di presentazione della mostra e della collezione, autori Marco Zaccarelli ("...una raccolta alquanto eclettica..."), Bruno Vasari ("Un lungo sguardo sulla calma degli dei") e Pia Vivarelli ("Una raccolta RAI di dipinti, sculture e disegni del Novecento. Un esempio significativo di collezionismo"). Nella versione elettronica essi sono riportati fedelmente in forma testuale, accompagnati dalle immagini che li illustrano, e sono arricchiti da collegamenti ipertestuali alle opere citate, sfruttando così le possibilità di interazione offerte dal web. Nel catalogo segue la lunga, apparentemente interminabile, sequenza delle schede del regesto: esse descrivono in forma scientifica, e forse un po' arida, le circa 160 opere, che comprendono dipinti, sculture e disegni di importanti artisti

italiani. Nel catalogo il riferimento alle opere è attuato mediante una riproduzione in bianco e nero sulla pagina a fronte, mentre nell'ipertesto questa viene sostituita dalla riproduzione in miniatura e a colori dell'opera.

THE WEB SITE "OPERE DEL NOVECENTO ITALIANO" - Rai considers the web a valid medium for cultural promotion, particularly to extend the knowledge of the Italian pieces of art. Consequently, it has promoted the conversion into hypertextual format of the exhibition catalogue "Italian XX Century Art in the Collection of Rai Radiotelevisione Italiana". The Collection includes paintings, sculptures and drawings which enrich the various Rai premises in Italy. The hypertext has been designed and implemented by the Centre for Research and Technological Innovation of Rai. In the framework of the evaluation of systems for IPR protection, the iconographic material has been "watermarked" thanks to the Department for Electronics and Telecommunications of the University of Florence.

### M. Muratori\*

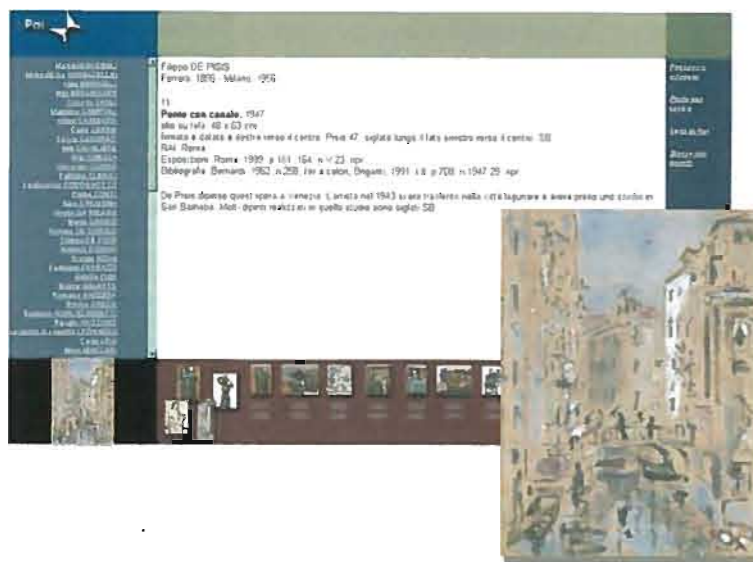
\* ing. Mario Muratori, Rai - Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica Dattiloscritto pervenuto alla Redazione il 28 dicembre 2000

La Rai ritiene che il web sia un mezzo efficace per promuovere la cultura, in particolare per quanto riguarda il patrimonio artistico. Ha quindi deciso la realizzazione della trasposizione in forma ipertestuale del catalogo della mostra "Opere del Novecento italiano nella Collezione della Rai Radiotelevisione Italiana". La Collezione comprende dipinti, sculture e disegni che arricchiscono le diverse sedi della Rai in Italia. L'ipertesto è stato progettato e realizzato presso il Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica della Rai. Nel quadro delle sperimentazioni di sistemi per la protezione dei diritti d'autore, il materiale iconografico è stato codificato con tecniche di marchiatura elettronica grazie alla collaborazione del Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni dell'Università di Firenze.



Fig. 1 - Pagina iniziale del sito. Riporta la prima copertina del catalogo della mostra, raffigurante la tempera intitolata "Concerto" di Felice Casorati.

Fig. 2 - Esempi di scheda del registro. Riporta i dati relativi all'opera e la sua miniatura a colori. Selezionando il titolo dell'opera si visualizza la riproduzione della stessa.



Risulta difficile sintetizzare, a partire dai dati riportati sul catalogo, i criteri alla base della collezione, infatti essa è stata costituita nel tempo secondo criteri non omogenei. Nell'ipertesto dunque si è cercato di riprodurre la facilità con la quale il lettore lascia scorrere tra le dita le pagine del catalogo, presentando, al semplice passaggio del puntatore, le schede elettroniche del registro (figura 2), costituite da un testo riportante i dati del catalogo, arricchito dalla riproduzione in miniatura e a colori dell'opera, della quale si può ottenere una riproduzione a dimensione e qualità maggiori con una semplice operazione di selezione ("click del mouse").

L'ipertesto propone tre diversi criteri di ordinamento delle opere (figura 3):

- l'ordine alfabetico basato sul cognome dell'autore, utile per ricercare le opere di autore noto,
- l'ordinamento per data di creazione dell'opera, suddiviso per decenni e utile per confrontare l'evoluzione del gusto e dello stile
- l'ordinamento basato sulle tecniche di realizzazione, nel quale le opere sono catalogate come dipinti, disegni, sculture e opere realizzate con tecniche miste.

Non manca un cenno al "Cavallo" di Messina, ottenuto tramite un articolo di Alfredo Mezio ("Cinquant'anni di scultura") apparso sul Radiocorriere (N. 11, 1966).

### 3. La realizzazione

L'interfaccia utente è complessa, essendo costituita da diversi "frame", ma funzionale a presentare contemporaneamente, in forma compatta ed esteticamente gradevole, una molteplicità di dati.

I colori usati per gli sfondi sono ricavati dalle opere di Carol Rama e armonizzano col contenuto cromatico delle miniature.

Il materiale iconografico è stato tratto dal catalogo, tramite operazione di scansione, e

successivamente codificato in formato JPEG, con parametri frutto del compromesso tra buona qualità e limitato tempo di scaricamento da parte dell'utenza domestica.

Benché il progetto prevedesse che la qualità finale delle immagini non fosse sufficiente ad un uso "professionale", si è comunque ritenuto utile sperimentare le tecniche di marchiatura elettronica [1] e tutte le immagini sono state quindi marchiate con informazioni relative alla proprietà e all'autore delle singole opere.

Il prodotto è stato sviluppato per l'utilizzo via web e si sono evitate soluzioni tecniche che facciano ricorso a risorse esterne all'ipertesto, fruibile quindi mediante il solo "browser". L'ipertesto è pertanto utilizzabile per la distribuzione anche su supporto ottico (CD-ROM).

Attualmente lo si può considerare la semplice trasposizione in forma elettronica del catalogo della mostra "Opere del Novecento italiano nella collezione della Rai Radiotelevisione Italiana", ma è aperto ad ulteriori eventuali sviluppi e approfondimenti relativi alla collezione considerata.

### Riconoscimenti

L'ipertesto è stato realizzato per iniziativa dell'Ufficio Stampa della Rai e del dott. Marco Zaccarelli del Centro di Produzione di Torino che fu curatore della mostra "Opere del Novecento italiano nella collezione della Rai Radiotelevisione Italiana" e ha curato anche la parte redazionale dell'ipertesto.

Le immagini sono state oggetto di marchiatura elettronica al fine di sperimentare fattibilità ed efficacia di tali sistemi per la protezione dei diritti d'autore: la scelta del sistema di marchiatura e la codifica sono a cura del Laboratorio Comunicazio-



Fig. 3 - Registro in forma elettronica. Si noti l'elenco in ordine alfabetico degli artisti sulla sinistra e, in basso, i menu relativi agli altri ordinamenti: a sinistra ordinamento per tecniche e a destra ordinamento temporale con suddivisione per decenni.

ni e Immagini (lci.det.unifi.it) del Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni dell'Università di Firenze nel quadro dell'attività di collaborazione fra tale Università e il Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica della Rai.

Ringrazio infine il collega Carlo Bonugli per la collaborazione nella realizzazione pratica del lavoro.

### Bibliografia

- 1 - A. Piva, R. Caldelli, *Tecniche di marchiatura elettronica per la protezione dei diritti di proprietà intellettuale*, Elettronica e Telecomunicazioni, settembre 2000.

# Un "mezzo" mobile per riprese radiofoniche

E. D'Eliso\*

\* Emilio D'Eliso, Rai Radiotelevisione Italiana, Divisione Radiofonia. Dattiloscritto pervenuto alla Redazione il 10 dicembre 2000

## 1. Introduzione

La Radio sta attraversando un periodo di rinnovamento e con il recente boom tecnologico si accinge a diventare un mezzo di comunicazione vincente, capace di fondere insieme tradizione e innovazione e in grado di realizzare forme di interattività molto avanzate.

Sono dunque le nuove tecnologie digitali e i nuovi sistemi di comunicazione a permettere una qualità del suono perfetta e una nuova disponibilità di canali con la trasmissione dei segnali audio via satellite e infine, grazie all'interfaccia con Internet la radio realizza la sua massima espansione multimediale, senza nulla togliere all'ascolto tradizionale.

Poiché la Radio è presente in tutti gli avvenimenti importanti della vita reale, notizie giornalistiche e di cronaca, avvenimenti mondani e sportivi, concerti di musica classica e leggera, grandi eventi, sportivi, politici e di ogni genere, si rendono dunque necessarie diverse tipologie di ripresa, adatte alle più svariate esigenze.

Si parte da riprese effettuate con impianti fissi presenti in tutte le sedi RAI e dove ci sia bisogno di un'informazione radiofonica continua (postazioni presso i ministeri, presso teatri ed auditorium più importanti, stadi,

ecc.), si prosegue con impianti temporanei (postazioni radio presso i vari meeting politici, in manifestazioni sportive importanti come Olimpiadi, Campionati mondiali, nella missione militare del contingente italiano in Kosovo, ecc.) e con impianti mobili, cioè impianti progettati e costruiti su automezzi.

Per quanto riguarda gli automezzi per riprese radiofoniche è stato necessario provvedere ad un progressivo rinnovamento studiando ed ottimizzando di volta in volta sia l'aspetto impiantistico che l'ergonomia, la funzionalità e la versatilità alle diverse condizioni di impiego. Condizioni legate soprattutto all'evento da riprendere ma anche al luogo in cui viene eseguita la ripresa.

Le variabili in gioco nella realizzazione di un mezzo mobile sono pertanto molteplici, a cominciare dalla scelta del tipo di automezzo per poi passare alla distribuzione degli spazi e dei pesi in funzione del tipo di impianto desiderato, integrando tutti i dispositivi e gli accorgimenti necessari per un perfetto funzionamento di tutto il sistema.

In questo articolo si descrive, come esempio, un mezzo mobile per riprese radiofoniche realizzato per la Sede Rai di Torino (figura 1)

**A**N OB-VAN FOR AUDIO-TAKING FOR RADIO BROADCASTING - Designing and fitting out of Outside Broadcasting Vans are carried out by Rai, Radiotelevisione Italiana, to satisfy a wide spectrum of exigencies in audio-taking for radio broadcasting. Radio is subject to rapid changes with the introduction of digital technologies and with the widening of distribution channels (via satellite, via Internet) and the OB-vans must satisfy the increased exigencies in versatility and fast deployment. The article briefly outlines the criteria to fit out an OB-van recently implemented, characterized by medium-small size and organised as two independent areas for the operational room and for the studio for a speaker or a journalist and interviews to guests.

## 2. Progetto di un automezzo attrezzato

Il progetto di un automezzo attrezzato per riprese radiofoniche nasce a seguito di eventi particolari la cui ripresa non si potrebbe effettuare in altri modi e dalla necessità di essere sul posto e pronti ad operare nel più breve tempo possibile.

Poiché le tipologie di ripresa sono diverse, si cerca di progettare l'automezzo attrezzato nel modo più versatile possibile, cioè che possa riprendere sia un concerto che un avvenimento giornalistico di cronaca o sportivo.

Per i Centri di Produzione Radiofonica sono comunque stati specificatamente progettati automezzi per far fronte all'ampia gamma di esigenze lavorative.

Dopo aver individuato il possibile utilizzo del mezzo, si comincia a dimensionare l'impianto, partendo dal cuore del sistema che è il mixer. Lo studio prosegue con il posizionamento degli apparati richiesti per la produzione, sui rack costruiti su misura e fissati al veicolo con particolari sistemi, in modo tale che non subiscano danni provocati dal movimento del mezzo.

Particolare attenzione si deve prestare al peso sia dei telai che degli apparati in quanto ci sono normative, fornite dalle case costruttrici dei veicoli, da rispettare; a proposito di ciò alcuni allestimenti sono stati effettuati su automezzi con determinate caratteristiche quali la portata utile e la necessità di poterlo guidare con la patente "B" (figura 2)

Altre normative molto importanti a cui attenersi sono quelle inerenti all'impianto elettrico e di sicurezza per il personale che dovrà poi lavorare sul mezzo.

Tutti questi particolari fanno parte integrante del progetto che sotto forma di disegni e capitolato viene consegnato alla ditta che allestirà e modificherà l'automezzo.

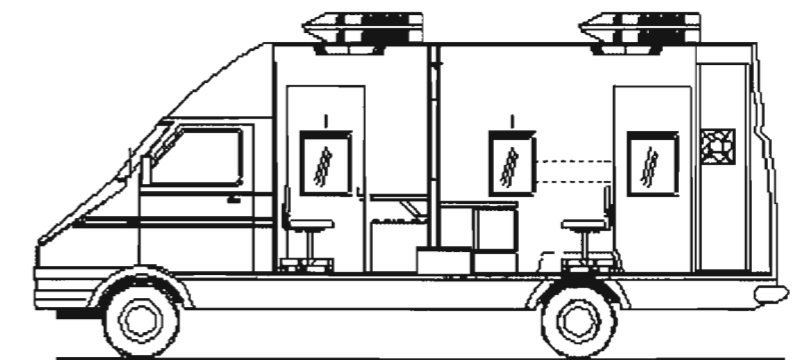


3. Il "mezzo" mobile di Rai Torino

Fig. 1 - Foto del mezzo realizzato per il Centro di Produzione di Torino.

Il mezzo mobile per riprese radiofoniche realizzato per la Sede Rai di Torino rappresenta un punto di arrivo sia per quanto riguarda l'impiantistica che per le soluzioni funzionali adottate, sia meccaniche che per la suddivisione degli spazi operativi. L'idea di fondo è stata quella di realizzare un mezzo di dimensioni medio piccole, agile e veloce, tale da permettere di ricavare due aree di lavoro indipendenti ed accessibili separatamente: una zona operativa tecnica (REGIA) per la produzione ed il montaggio (contenente tutti gli apparati, i sezionamenti e il mixer), ed una zona (STUDIO)

Fig. 2 - Sezione laterale del mezzo attrezzato.



**L**a progettazione e l'allestimento dei mezzi mobili sono realizzate dalla Rai, Radiotelevisione Italiana, in modo da soddisfare un'ampia gamma di esigenze di ripresa radiofonica. La Radio è soggetta ad un rapido rinnovamento con l'avvento delle tecnologie digitali e con l'ampliarsi dei canali di distribuzione (via satellite, via internet) e i sistemi di ripresa mobile devono soddisfare le maggiori esigenze di versatilità e rapidità di impiego. L'articolo illustra brevemente i criteri seguiti per l'allestimento di uno dei mezzi mobili di recente realizzazione, caratterizzato da dimensioni medio piccole e dotato di due aree indipendenti per la regia e per uno studio riservato al commentatore o al giornalista e alle interviste con gli ospiti.

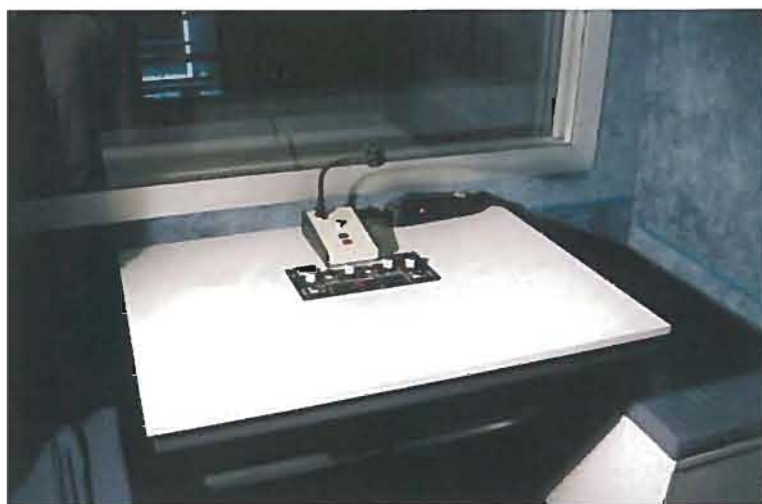


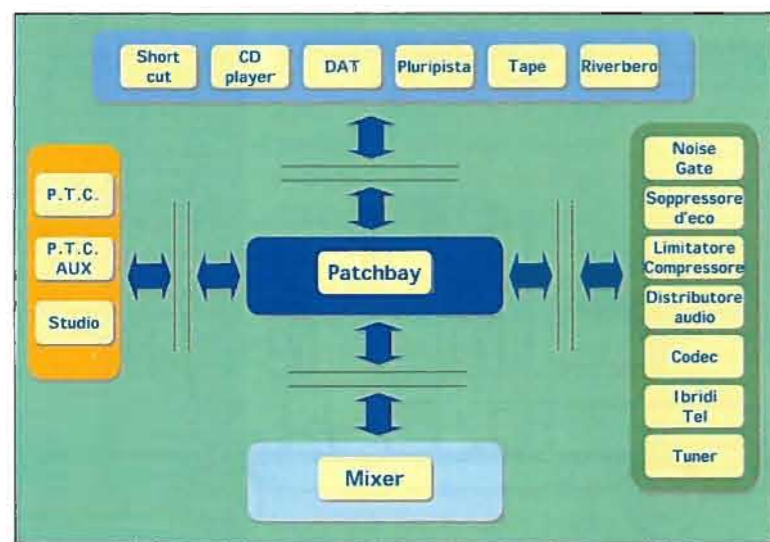
Fig. 3 - Un particolare della zona STUDIO.

destinata esclusivamente al commentatore o giornalista ed alle interviste con gli ospiti (figura 3).

Le due zone operative sono suddivise da una parete divisoria realizzata con materiale fono-assorbente, costituita nella parte centrale e, lungo tutto l'asse ortogonale del mezzo, da un doppio vetro con all'interno materiale anti-appannamento.

Nella zona ospiti, inoltre, si è pensato di aumentare lo spazio disponibile utilizzando anche parte della cabina di guida, realizzando una porta di comunicazione scorre-

Fig. 4 - Struttura dell'impianto.



vole tra i due locali (cabina guida e studio) inoltre, modificando il sedile lato passeggero reso ribaltabile, si sono creati due nuovi posti a sedere nello studio.

Dal portellone posteriore dell'automezzo si accede ai pannelli di ingresso energia e terminazione cavi, ai vani dei trasformatori di isolamento ed al cablaggio posteriore degli apparati.

Grande importanza è stata data anche al sistema di condizionamento e ventilazione degli ambienti e degli apparati, al sistema di isolamento termico ed acustico dell'infrastruttura, fondamentale soprattutto per un mezzo radiofonico, ed alla funzionalità ed estetica del posto di lavoro degli operatori.

### 3. L'impianto

Come già accennato, la scelta del tipo di attrezzatura e la filosofia di cablaggio è stata fortemente caratterizzata dalle condizioni di utilizzo e dal tipo di trasmissione cui l'unità produttiva è dedicata. Il target era quello di realizzare un sistema completamente autonomo, adatto sia a produzioni musicali quali la ripresa e/o registrazione di concerti di musica leggera, di musica classica, di opere, etc. che ad un uso prettamente giornalistico.

Il dimensionamento dell'impianto è stato fatto in base alle esigenze di produzione; punto di partenza è stata la scelta del mixer, allestito in questo caso con 28 ingressi microfoniche e 12 ingressi linea.

Il sistema è stato progettato in modo che tutti i segnali di ingresso ed uscita del mixer, delle apparecchiature e dei vari pannelli fonici posti a bordo del mezzo, transitino attraverso il patchbay al fine di garantire la massima possibilità di instradamento del segnale e quindi anche una minor ridondanza delle attrezzature (figura 4).

Per quanto riguarda gli altri apparati il progetto prevede una sezione di registrazione e riproduzione digitale ed analogica costituita

da 2 CD players, 2 DAT, 2 editor/recorder su hard-disk ed un registratore audio a cassetta. Nel sistema è inoltre possibile prevedere una coppia di registratori digitali 8 piste.

La sezione di trattamento del segnale audio comprende 2 limitatori-compressori, un generatore di riverbero e 2 noise gate, a completamento è previsto un soppressore d'eco. Altri apparati in dotazione all'unità mobile sono un sintonizzatore AM/FM con RDS, un video-registratore una telecamera 8mm. In uscita al mixer analogico è stato utilizzato un distributore audio 2 x 8 cui vengono connesse le varie macchine installate sul mezzo (Short Cut, Codec, Dat, Tape, limitatore-compressore ed il distributore cuffie di monitoraggio).

Il sistema è inoltre dotato di due ingressi video e di quattro monitori: due in studio e due in regia, posti sopra la console del mixer. Gli ascolti, due principali più il PFL in regia e due in studio, sono posizionati vicino ai monitor, sopra la vetrata divisoria ed orientati per un ascolto ottimale sia per il tecnico che per il conduttore. Infine un sistema di radiomicrofoni e radiocuffie (con antenne impilabili sul tetto dell'automezzo) ed un sistema di interfonico a quattro fili in grado di comunicare fra regia, studio ed esterno completano l'attrezzatura dell'unità mobile. Lo studio, oltre alla predisposizione con pannelli fonici personalizzati per il conduttore e per gli eventuali ospiti, ha dei collegamenti omnibus con il patchbay, così come la cabina del guidatore, in modo tale da avere la possibilità di "entrare" nell'impianto da qualunque parte del mezzo.

Tutto ciò di cui si è parlato è necessario ai fini di una ripresa radiofonica, bisogna aggiungere che questi mezzi attrezzati sono stati progettati anche per fare trasmissione sia registrata che "live", per cui sono stati previsti apparati in grado di permettere questo e cioè n° 2 ibridi telefonici digitali ed un codec audio, apparato quest'ultimo in grado di trasmettere modulazioni di qualità elevatissima su linea ISDN e con

opportuni adattatori anche via satellite. Oltre alla trasmissione via cavo è stato fornito con l'impianto anche un sistema di trasmissione di emergenza tramite un telefono cellulare.

Si è manifestata inoltre la necessità di prevedere un interfacciamento con altre unità mobili sia audio che video in modo di poter far fronte, lavorando in sinergia, alle necessità contingenti dei grandi eventi.

Questi collegamenti tra le varie unità mobili fanno capo al Pannello Terminazione Cavi (P.T.C.) inserito su un rack montato nel retro dell'automezzo.

Il Pannello Terminazione Cavi (P.T.C.) si compone di 28 ingressi ad alto livello, 8 ingressi stereo, 12 linee omnibus, 4 ingressi per ibridi telefonici, 2 ingressi video e 4 ingressi interfono. Su tale pannello sono inoltre previsti 3 connettori multipli per il collegamento a pannelli con esplosioni microfoniche ed un connettore multiplo Lemo per la connessione a mezzi televisivi. Di interesse risulta anche l'impianto di alimentazione costituito da due ingressi monofase per rete e gruppo esterno e da un sistema elettronico di commutazione rete/gruppo automatico o manuale.

L'ingresso rete alimenta due trasformatori di isolamento collegati in parallelo in modo da ottimizzare il carico elettrico, gli ingombri e la distribuzione dei pesi lungo l'asse longitudinale.

Sono previsti inoltre due gruppi statici di continuità comprensivi di pacchi batteria aggiuntivi in modo da garantire una autonomia consistente anche in assenza di alimentazione; l'utilizzo di questi apparati si è reso necessario soprattutto per evitare che una interruzione anche se molto breve dell'alimentazione

### Ringraziamenti

Si ringrazia l'Ing. Umberto Asti della ditta ARET di Arese (MI) per la collaborazione nella stesura dell'articolo.



# Una nuova soluzione per la distribuzione di segnali DVB negli impianti centralizzati d'antenna

**M. Cominetti,  
A. Polo, V. Sardella\***

\* dr. Mario Cominetti, Rai Radiotelevisione Italiana, Strategie Tecnologiche, Consulente ing. Andrea Polo, Fracarro Radioindustrie, Castelfranco Veneto (TV), Ing. Vincenzo Sardella, Rai Radiotelevisione Italiana, CRIT - Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica. Dattiloscritto pervenuto alla Redazione il 20 dicembre 2000

## 1. Introduzione

La ricezione comunitaria di segnali televisivi e sonori, diffusi dai trasmettitori terrestri o da satelliti, rappresenta un modo importante di distribuire i segnali all'utente finale, particolarmente nei paesi dell'Europa meridionale (Italia, Spagna, Portogallo), dove più del 50% degli utenti è connesso ad un impianto centralizzato d'antenna. Secondo una indagine statistica condotta dal progetto europeo S3M [1], la ricezione comunitaria dei segnali televisivi e radiofonici presenta una penetrazione del 27% nell'Europa occidentale, corrispondente a 37 milioni di utenti. La stima per tutta l'Europa è di 54 milioni di utenti.

I sistemi SMATV (Satellite Master Antenna TV), conosciuti anche come impianti centralizzati d'antenna e impianti collettivi o domestici, sono definiti come "reti per la distribuzione di segnali televisivi e sonori ad unità abitative situate in uno o più edifici vicini" [2]. I segnali, ricevuti da satellite, possono essere combinati con segnali terrestri. I sistemi MATV (Master Antenna Television) sono sistemi di distribuzione simili, usati principalmente per i

segnali terrestri, tipicamente nell'intervallo di frequenze 40÷862 MHz in Europa.

L'importanza strategica della ricezione SMATV per una rapida diffusione dei servizi televisivi digitali da satellite è ben nota [3]. Tuttavia, l'esperienza acquisita fino ad ora in alcune nazioni ha mostrato che la penetrazione della televisione digitale tramite gli impianti centralizzati d'antenna è stata meno promettente del previsto, a causa soprattutto di problemi di natura economica per il fatto che il numero di utenti interessati ai nuovi servizi è generalmente inferiore al numero complessivo di utenti allacciati all'impianto centralizzato. Questo, in particolare, è il caso degli attuali

impianti, i quali richiedono una qualche forma di adeguamento tecnologico per la ricezione dei segnali diffusi dai satelliti. In questo caso i costi per l'adeguamento del sistema non possono essere ripartiti uniformemente, con penalizzazione per i potenziali utenti.

Al fine di superare questi problemi, l'articolo propone una nuova soluzione per la distribuzione dei segnali digitali negli impianti SMATV. Il nuovo approccio è basato sulla assegnazione a ciascun utente di un "transmodulatore individuale" instal-

**A** NEW SOLUTION FOR THE DISTRIBUTION OF DVB SIGNALS VIA COMMUNITY INSTALLATIONS - The paper briefly highlights the basic features of the SMATV (Satellite Master Antenna TV) systems for the distribution of digital services in the DVB-ETSI standard to the end users. A new approach is described for the implementation of SMATV System A, based on the allocation to each user of an RF channel on the cable distribution network (e.g. 8 MHz) for the delivery of the digital services of the selected satellite transponder through a QPSK to QAM "individual transmodulator". The transmodulator is installed in the head-end unit and is remotely controlled from the user's terminal through a "Control Channel", which implements a two-way communication link via the same cable network. This new solution offers economical benefits, particularly in the case of small and medium size installations, and allows each single user to autonomously decide on the possibility to access the digital satellite services. The new approach was first discussed by the S3M ACTS Project and is now considered by DVB-TM

lato al centralino e comandato dal terminale d'utente tramite un "Canale di Controllo", su cui viene instaurata una comunicazione bidirezionale.

La nuova soluzione, descritta nell'articolo, offre benefici di natura economica rispetto ai sistemi convenzionali ed è particolarmente efficace nella fase di introduzione dei nuovi servizi digitali, quando il numero di utenti dell'impianto centralizzato che desiderano ricevere i nuovi servizi è ancora limitato.

## 2. I sistemi SMATV

Gli impianti centralizzati d'antenna (o sistemi SMATV/MATV) sono composti da tre blocchi funzionali: il sistema di antenne, il centralino e la rete di distribuzione interna all'edificio. I sistemi relativi ai segnali digitali, normalizzati in passato dal DVB (Digital Video Broadcasting) e dall'ETSI (European Standard Telecommunication Institute), sono i seguenti:

- Sistema A: Transmodulazione dalla modulazione satellite QPSK (Quaternary Phase Shift Keying) tipica del sistema DVB-S ad un formato QAM (Quadrature Amplitude Modulation) utilizzando sia una implementazione completa del sistema DVB-C, sia un processo semplificato senza demodulazione o interfacciamento in banda base.
- Sistema B: Distribuzione diretta dei segnali satellite in modulazione QPSK in una banda di frequenze adatta alle caratteristiche della rete di distribuzione in cavo (1ª FI satellite e/o banda S estesa)

Ambedue gli approcci sono basati su soluzioni compatibili che assicurano la interoperabilità tra i diversi mezzi trasmissivi (satellite e cavo) e la migliore utilizzazione delle esistenti infrastrutture di distribuzione. Ciononostante, l'adeguamento tecnolo-

gico delle attuali installazioni, che furono progettate per la distribuzione di segnali analogici terrestri nella banda 47÷862 MHz, può presentare aspetti critici [4].

### 2.1 Transmodulazione da QPSK a QAM

L'utilizzo di segnali con modulazione QAM, allocati in canalizzazione da 8 MHz tipica dei cavi, richiede un centralino complesso con moduli transmodulatori, chiamati TDT (Transparent Digital Transmodulator), per ciascun transponder satellite. Generalmente l'impianto di distribuzione non necessita di adeguamento tecnologico, purché sia disponibile una capacità sufficiente per la introduzione di nuovi canali. Nella banda S estesa (230÷470 MHz) sono disponibili 30 canali generalmente non occupati nelle attuali installazioni. L'utente deve equipaggiarsi con un ricevitore di tipo cavo.

Nel processo di transmodulazione da QPSK a 64-QAM, eventuali errori introdotti nel segmento satellite vengono corretti, di modo che segnali "error free" sono distribuiti nella rete in cavo.

### 2.2 Distribuzione diretta di segnali QPSK

I segnali satellite, in modulazione QPSK, vengono distribuiti al ricevitore d'utente (di tipo satellite) senza nessun processo di demodulazione e rimodulazione al centralino. Fino a circa 30 transponder satellitari (cioè lo stesso numero di canali QAM che trovano posto nella banda S estesa), possono essere distribuiti nella banda della 1ª FI satellite (950÷2150 MHz). Questa soluzione riduce la complessità del centralino, al prezzo di un maggior costo della rete di distribuzione, in cui devono venir utilizzati componenti (divisori, cavi, prese, ...) idonei per lavorare a frequenze elevate.

L'adozione della tecnica "multi-switch" può essere utilizzata per aumentare ulteriormente la capacità della rete di distribu-

remoto dal terminale d'utente per mezzo di un "Canale di Controllo" che realizza un canale di comunicazione bidirezionale sulla stessa rete in cavo. Questa nuova soluzione offre benefici di natura economica nel caso di installazioni medie e piccole, e permette ad ogni singolo utente di decidere autonomamente sulla possibilità di ricevere servizi digitali da satellite. Il nuovo approccio è stato discusso dal Progetto europeo S3M (ACTS) ed è ora all'esame presso il DVB.

L'articolo esamina brevemente le principali caratteristiche dei sistemi SMATV per la distribuzione agli utenti finali dei servizi digitali nello standard DVB tramite gli impianti centralizzati d'antenna. Viene proposto un nuovo approccio per la implementazione del Sistema SMATV A, basato sull'allocazione a ciascun terminale d'utente di un canale RF della rete di distribuzione in cavo (8 MHz) per la distribuzione del segnale del transponder selezionato tramite un "transmodulatore individuale" QPSK-QAM. Il transmodulatore è installato al centralino ed è controllato in modo

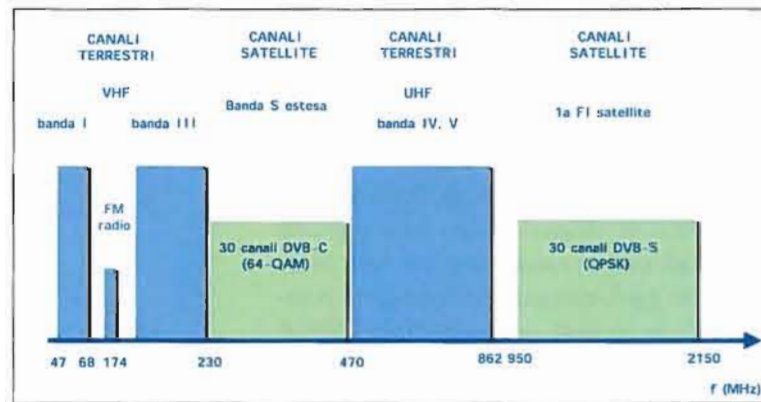


Fig. 1 - Possibile allocazione dei canali nei sistemi SMATV.

zione, oltre il limite dei 30 transponder. Il degradamento del segnale alla presa d'utente è dovuto all'effetto cumulativo del rumore e delle interferenze sul segmento satellite e delle distorsioni lineari e non-lineari introdotte dalla installazione SMATV. Questo ulteriore degradamento, tipicamente dell'ordine di 1÷4 dB, può essere superato aumentando opportunamente il diametro dell'antenna ricevente. La figura 1 riporta una possibile allocazione dei canali nei sistemi SMATV, relativamente alle due opzioni presentate.

### 3. La soluzione proposta

L'adozione di un Canale di Controllo tra il transmodulatore individuale ed il terminale d'utente rappresenta una soluzione efficiente e commercialmente praticabile. Questo è particolarmente vero nel caso del Sistema A, in cui il numero di modulatori QAM installati al centralino è proporzionale al numero di servizi (DVB MPEG-2 Transport Streams / multiplex) distribuiti nella rete, e non al numero di utenti nell'abitazione (figura 2).

Inoltre, nella implementazione corrente del Sistema A, in alcune nazioni, la ridotta disponibilità di canali liberi nella rete in cavo può limitare il numero di servizi distribuiti all'utente.

Il nuovo approccio è basato sulla allocazione a ciascun terminale d'utente di un canale RF della rete di distribuzione in cavo (8 MHz), che distribuisce il segnale del transponder selezionato tramite un "transmodulatore individuale" QPSK-QAM.

Il transmodulatore è installato al centralino ed è controllato dall'utente in modo remoto tramite un "Canale di Controllo", basato su un collegamento bidirezionale tra il transmodulatore individuale ed il terminale d'utente (figura 3).

La soluzione proposta consente il riutilizzo degli esistenti impianti centralizzati

Fig. 2 - Implementazione corrente del Sistema SMATV A.

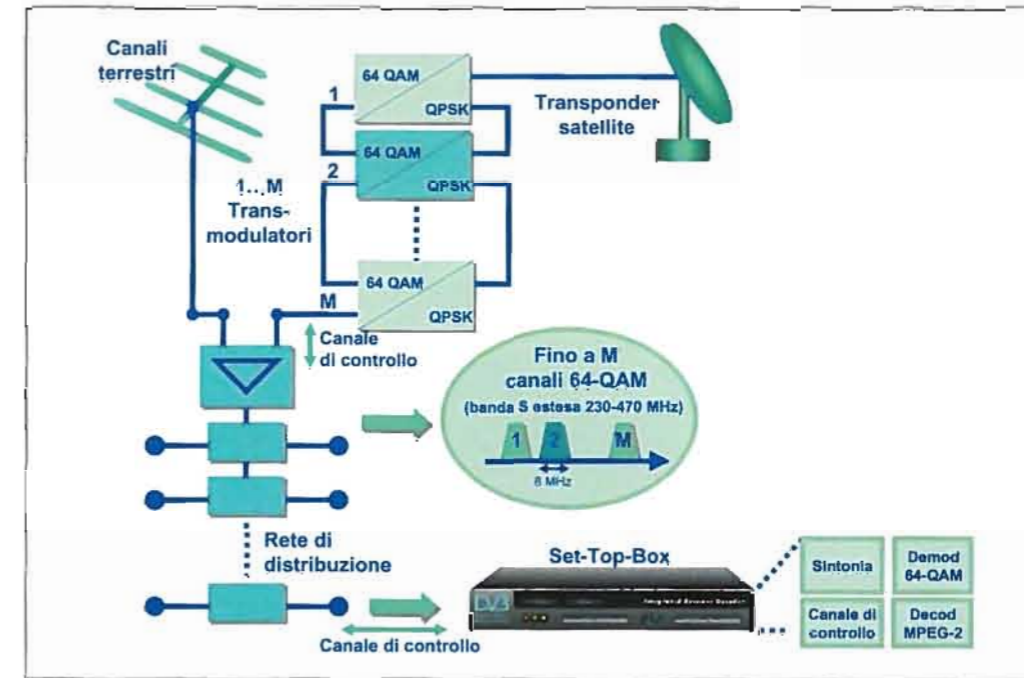
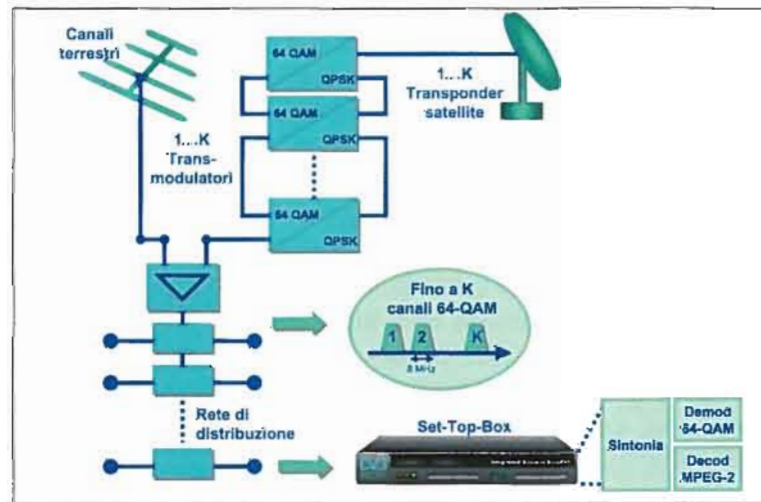


Fig. 3 - Approccio di base del nuovo sistema SMATV con Canale di Controllo.

d'antenna per la distribuzione dei servizi digitali da satellite e mantiene tutti i vantaggi inerenti alla transmodulazione. La distribuzione di segnali 64-QAM nelle attuali installazioni SMATV/MATV è stata realizzata con successo, confermando la efficacia dell'approccio con transmodulazione [3], [4].

L'adozione del Canale di Controllo offre una soluzione alternativa all'implementazione del Sistema A, in cui il numero di Transport Stream/multiplex DVB forniti all'utente non è più limitato dalla banda disponibile nella installazione SMATV.

Inoltre, questo nuovo approccio permette all'utente di accedere ai canali satellitari, resi disponibili al centralino, tramite una ricezione "virtualmente" individuale, dove la connessione tra il terminale d'utente ed il transmodulatore è completamente trasparente. Il numero di canali satellite accessibili può essere aumentato semplicemente adeguando la configurazione (di ricezione?) del centralino.

Il sistema A nella sua attuale implementa-

zione, invece, implica l'utilizzo dello stesso numero di transmodulatori rispetto al numero di transponder satellitari resi disponibili al centralino, indipendentemente dal numero di utenti.

La soluzione Canale di Controllo è soprattutto adatta a piccole e medie installazioni, dal momento che il numero di utenti è limitato dal numero di canali RF disponibili nell'installazione, cioè fino a 30 canali RF (8 MHz) nella banda S estesa.

Gli apparati che implementano la soluzione Canale di Controllo (transmodulatore individuale e Set-Top Box) dovranno in ogni caso essere capaci di operare nel modo convenzionale, di modo che, quando è economicamente più efficace, possa essere possibile passare alla soluzione tradizionale (in genere quando il numero di utenti in una installazione è più elevato rispetto al numero di transponder da distribuire).

L'adozione del Canale di Controllo, e lo sviluppo delle relative tecnologie per i sistemi SMATV e MATV, arricchirà le pre-

stazioni degli attuali impianti centralizzati d'antenna e offrirà benefici di natura economica, quali ridotti investimenti iniziali rispetto al tradizionale Sistema A. In aggiunta, questa nuova soluzione consentirà ad ogni singolo utente di decidere autonomamente sulla possibilità di ricevere i servizi digitali attraverso l'installazione collettiva, senza la necessità di approvazione da parte degli altri utenti.

#### 4. Attività di standardizzazione

La proposta di questo nuovo approccio è stata sottoposta, nel marzo '98, al Modulo Tecnico del DVB (DVB-TM), che prese la decisione di sviluppare gli studi all'interno del Progetto europeo S3M (AC313). Il Progetto creò un nuovo gruppo di lavoro, presieduto dal Centro Ricerche RAI (WP10), con lo scopo principale di studiare e sviluppare soluzioni compatibili ed armonizzate con le normative esistenti, in modo da contribuire al processo di standardizzazione a livello europeo.

Furono presi contatti con i costruttori di Set-Top-Box, al fine di sviluppare soluzioni facilmente integrabili nei STB commerciali, ad esempio comprendenti una interfaccia d'utente che assicuri un sistema completamente trasparente per l'utente.

Soluzioni preliminari, basate su prototipi di STB commerciali con alcune modifiche software, provarono la fattibilità della nuova soluzione. Lo sviluppo di prototipi incluse il transmodulatore individuale, comunicante con il ricevitore d'utente tramite il Canale di Controllo. Il protocollo di comunicazione trasportava informazioni relative alla frequenza del canale scelto, alla polarità e alla banda del canale selezionato dall'utente. Questi dati, trasmessi con modulazione FSK attraverso la rete di distribuzione, venivano ricevuti al centralino dal transmodulatore individuale e utilizzati per sia la sua sintonizzazione che

per controllare la polarità e banda del Low Noise Block (LNB) tramite una commutazione convenzionale di frequenza/tensione.

Dimostrazioni del nuovo sistema vennero organizzate a SATEXPO (Vicenza, Italia, Ottobre 1999), Cable&Satellite (London, UK, Maggio 1999), ECOMAST'99 (Madrid, Spagna, Maggio 1999), MATELEC (Madrid, Spagna, Ottobre 1998). La figura 4 mostra lo stand RAI a SATEXPO, dove fu dimostrata una distribuzione di segnali digitali da satellite in una installazione SMATV di 64 utenti. I segnali provenienti da 3 centralini, il primo utilizzante il Sistema A (64-QAM), il secondo utilizzante il Sistema B (QPSK), ed il terzo utilizzante il nuovo sistema con Canale di Controllo, vennero distribuiti attraverso la stessa rete di distribuzione e ricevuti con 3 diversi STB.

Al fine di richiamare l'attenzione sui benefici della nuova soluzione nel contesto internazionale, è stata recentemente presentata al DVB-CM (Commercial Module) e al DVB-TM (per informazione), da parte di Fracarro Radioindustrie, RAI, Telepiù e CSELT, una proposta per un insieme preliminare di requisiti commerciali. Il documento finale è stato approvato dal DVB-CM e trasmesso al DVB-TM per le necessarie considerazioni tecniche [6].

#### 5. Conclusioni

La nuova soluzione proposta per i sistemi SMATV, basata sull'uso di un Canale di Controllo tra il terminale d'utente e il transmodulatore QPSK-QAM, è efficiente in termini di costi, particolarmente nel caso di piccoli e medi impianti e offre nuove opportunità per una maggiore penetrazione dei servizi digitali da satellite.

Il suo principale vantaggio è la capacità di riutilizzare gli attuali impianti centralizzati



Fig. 4 - Dimostrazione del Sistema SMATV e del nuovo sistema con "Canale di Controllo" negli impianti centralizzati d'antenna. SATEXPO, Vicenza, 22-25 Ottobre, 1999.

d'antenna per la distribuzione dei nuovi servizi digitali, con limitati investimenti per gli utenti nell'adeguamento tecnologico dell'installazione.

La soluzione con Canale di Controllo, sebbene primariamente intesa per stabilire un collegamento bidirezionale tra il transmodulatore e l'apparato d'utente, può anche essere utilizzata per controllare una varietà di altri apparati installati al centralino, come, ad esempio, convertitori FI-FI, commutatori, etc.

Inoltre, la capacità di accedere in modo remoto, dal terminale d'utente, a Transport Stream/multiplex DVB distribuiti da differenti media, può offrire nuove prospettive commerciali per lo sviluppo della televisione digitale e dei servizi multimediali in ambienti diversi (es. xDSL).

Il nuovo approccio con Canale di Controllo è stato implementato con successo in prototipi preliminari ed è ora all'esame del DVB al fine di identificare una soluzione concordata a livello europeo.

#### Bibliografia

- 1 - S3M: *Business Plan*, "Deliverable DE019", November 1998, Type: P.
- 2 - ETSI EN 300 473: *Digital broadcasting systems for television, sound and data services; Satellite Master Antenna Television (SMATV) distribution systems*.
- 3 - M. Cominetti, P. B. Forni, V. Sardella: *Digital broadcasting technologies and services: new opportunities for public operators*, "IBC '98", Amsterdam, September 1998.
- 4 - V. Sardella: *Reception of satellite digital TV signals via community installations (SMATV)*, "4th European Conference on Satellite Communications", Rome, November 1997.
- 5 - Fracarro Radioindustrie: *Universal digital distribution system across existing MATV networks*, "DVB-TM2047", March 1998.
- 6 - DVB-CM 194: *Commercial requirements for the addition of a Control Channel to the SMATV/MATV distribution systems*, April 2000.

# Elettronica

telecomunicazioni

## Per abbonamenti e numeri arretrati:

LICOSA  
Via Duca di Calabria, 1/1  
50125 Firenze  
Tel. 055/645415  
Fax 055/641257

Versamenti  
LICOSA - Firenze  
ccp.343509

Copia arretrata £ 20.000  
estero £ 27.000

Abbonamento annuale  
£ 30.000  
estero £ 50.000

## n°1 1998

### NUMERO SPECIALE

#### RAPPORTO SCIENTIFICO SULLA SINDONE

di Nello Balossino

- L'immagine fotografica
- Studi medico legali
- L'elaborazione con strumenti informatici
- Studio dei pollini presenti sul telo
- Le principali ipotesi di genesi dell'immagine
- La datazione con il carbonio 14
- La probabilità applicata all'immagine
- La storia della Sindone
- Bibliografia

## n°2/3 1998

### NUMERO SPECIALE

#### LA MUSICA E L'ELETTRONICA

Da "Elettronica" del 1956

- Lo studio di Fonologia Musicale di Radio Milano di Gino Castelnuovo
- Prospettive nella musica di Luciano Berio
- Gli impianti tecnici dello Studio di Fonologia Musicale di Radio Milano di Alfredo Lietti
- Fondamenti acustico-matematici della composizione elettrica dei suoni di Werner Meyer-Eppler
- Problemi di regia radiofonica di Werner Meyer-Eppler

#### La nuova Radio

di Marco Tuzzoli

#### Verso il futuro

di Massimiliano Cristiani e Mario Pascucci

#### Approdo a Nuova Atlantide

di Luciana Galliano



## n°1 1999

• Il DVD: un supporto versatile per video, audio e dati di M. Barbero, E. Riva

• Il progetto RAINET nella rete dei collegamenti televisivi della RAI di M. D'Onofrio, M. Cianfa, A. De Carolis

• Servizi multimediali e interattivi nel DAB (digital audio broadcasting) di D. Milanesio, V. Sardella

## n°2 1999

• Il controllo centrale di Rai Saxa Rubra: situazione attuale ed evoluzione futura di Paolo D'Amato

• Prove EBU sui nuovi formati di videoregistrazione DVCPRO e Betacam SX di Massimo Visca

• Giro d'Italia Organizzazione delle riprese

di Paolo D'Amato, Dario Tabone, Gian Carlo Tomassetti

## n°3 1999

• In ricordo di Renato Capra

• Linearizzazione di un modulatore elettro-ottico per impianti CATV

di F. Mussino, N. Notarigiaco, G. Ravasio, C. Zammarchi

• RDS/TMC: sistema per la messa in onda di messaggi codificati sul traffico

di G. Alberico, E. Cavallini, N. S. Tosoni

• Prospettive per l'introduzione della televisione digitale terrestre in Italia

di M. Cominetti, A. Morello, R. Serafini

## n°1 2000

• Il nuovo standard DVB per il DSNG ed altri collegamenti di contributo via satellite di V. Mignone, A. Morello

• Catalogo multimediale: l'esperienza RAI

di R. Del Pero, G. Dimino, M. Stroppiana

• Sistema d'acquisizione dei programmi TV per il catalogo multimediale RAI di L. Boch

• Brevi note sull'alimentazione di sistemi radiotelevisivi mobili di M. La Rosa

