



*Consiglio Nazionale delle Ricerche  
Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni*

# **Alcuni Progetti di Ricerca per il Digital Film Restoration**

Lucia Maddalena

**RT-ICAR-NA-05-11**

**luglio 2005**



Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni (ICAR)  
– Sede di Napoli, Via P. Castellino 111, 80131 Napoli, URL: [www.na.icar.cnr.it](http://www.na.icar.cnr.it)



*Consiglio Nazionale delle Ricerche  
Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni*

# **Alcuni Progetti di Ricerca per il Digital Film Restoration<sup>1</sup>**

Lucia Maddalena<sup>2</sup>

***Rapporto Tecnico N.:***  
**RT-ICAR-NA-05-11**

***Data:***  
**luglio 2005**

---

<sup>1</sup> Questo rapporto costituisce il Deliverable 3 dell'Attività III.2.6 *Analisi ed Elaborazione di Modelli per la Conservazione e Fruizione dei Beni Culturali* del Centro Regionale di Competenza per lo Sviluppo ed il Trasferimento dell'Innovazione applicata ai Beni Culturali ed Ambientali della Regione Campania

<sup>2</sup> Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni, ICAR-CNR, Sede di Napoli, Via P. Castellino 111, 80131 Napoli

*I rapporti tecnici dell'ICAR-CNR sono pubblicati dall'Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni del Consiglio Nazionale delle Ricerche. Tali rapporti, approntati sotto l'esclusiva responsabilità scientifica degli autori, descrivono attività di ricerca del personale e dei collaboratori dell'ICAR, in alcuni casi in un formato preliminare prima della pubblicazione definitiva in altra sede.*



*Centro Regionale di Competenza per lo Sviluppo ed il Trasferimento dell'Innovazione applicata ai Beni Culturali ed Ambientali*

<b>Titolo:</b>	Alcuni Progetti di Ricerca per il Digital Film Restoration		
<b>Data di creazione:</b>	05/02/2003		
<b>Data di rilascio:</b>	01/06/2005		
<b>Versione:</b>	1.0	del	01/06/2005
<b>Autore(i):</b>	Maddalena L.		
<b>Stato:</b>	Rilasciato		
<b>Classificazione:</b>	Deliverable 3		
<b>Diritti d'accesso:</b>	Pubblico		
<b>Work Package:</b>	III.2.6		
<b>Nome del File:</b>	Progetti.doc		
<b>Data Pianificata del rilascio:</b>			
<b>Responsabile:</b>	ICAR-CNR, Sezione di Napoli		
<b>Distribuzione:</b>	Interna e CE di Innova		
<b>Sommario</b>	Questo rapporto fornisce una panoramica sui principali progetti di ricerca dell'ultimo decennio inerenti il <i>restauro digitale dei filmati</i> , con l'obiettivo di fornire un quadro generale della ricerca nel settore e di individuare, attraverso questo, i principali attori nel mondo della ricerca e le principali collaborazioni con il mondo industriale.		

## Indice dei Contenuti

1	<b>Introduzione</b> .....	4
2	<b>Progetti di ricerca inerenti il DFR</b> .....	4
2.1	AURORA: AUtomedated Restoration of ORiginal film and video Archives .....	4
2.2	BRAVA: Broadcast of Archives through Video Archives .....	6
2.3	DIAMANT: Digital Film Manipulation System .....	6
2.4	DIMORF: DIgital MOTion Picture Restoration System for Film Archives .....	7
2.5	eMerge: Historical Film Restoration and Video Coding .....	7
2.6	FESR: Sviluppo di Tecnologie Digitali di Grafica Avanzata per Applicazioni Industriali e Commerciali.....	7
2.7	FIRB: grid.it - Grid-enabled scientific libraries .....	8
2.8	FIRST: Film Restoration and Conservation Strategies .....	8
2.9	FRAME: HPCN For Restoration of Archived Film MatERial .....	8
2.10	INNOVA: CRdC per lo Sviluppo e il Trasferimento dell'Innovazione Applicata ai Beni Culturali e Ambientali .....	9
2.11	LIMELIGHT: A New Generation of Fast and High Resolution Digital System to Scan, Process and Print Cinema Quality Images .....	9
2.12	NEPHEW: Network of PC's Heterogeneous Windows-NT Engineering Toolset .....	9
2.13	NOBLESSE: Nonlinear Model-based Analysis and Description of Images for Multimedia Applications.....	9
2.14	NTU: Nanyang Technological University, Singapore .....	10
2.15	PICASSO: Real-Time Film Resolution Restoration System.....	10
2.16	PRESTO: Preservation Technology for European Broadcast Archives .....	10
2.17	PRESTOSPACE: Preservation towards storage and access. Standardised Practices for Audiovisual Contents Archiving in Europe .....	11
2.18	RETOUCHE: REstauration et Traitement d'OeUvres Cinematographiques Haute vitessE.....	11
2.19	SPL: Scientific Photography Lab.....	11
2.20	TRINIDHAD: Traitement, Restauration, Indexation, Numerisation d'Images de Haute Definition .....	11
3	<b>Il DFR in Italia</b> .....	11
3.1	IAC-CNR .....	12
3.2	ICAR-CNR.....	12
3.3	IEIIT-CNR.....	13
3.4	IPL.....	13
4	<b>Riferimenti</b> .....	13



## **Indice dei Figure**

Fig. 1 Rappresentazione schematica di alcuni progetti di ricerca sul DFR dell'ultimo decennio.....5

## 1 Introduzione

Nel presente documento viene fornita una panoramica sui principali progetti di ricerca dell'ultimo decennio inerenti il *restauro digitale dei filmati* (DFR - Digital Film Restoration), ossia l'insieme delle metodologie e delle tecniche dell'analisi di immagini che consente di riprodurre copie digitali di filmati danneggiati quanto più possibile simili agli originali ormai perduti. Una sezione a parte è dedicata ad alcune ricerche svolte o in corso di svolgimento in Italia nell'ambito di progetti oppure come attività di ricerca libera presso istituzioni accademiche e di ricerca. L'obiettivo di questo rapporto è quello di fornire un quadro generale della ricerca nel settore e di individuare, attraverso questo, i principali attori nel mondo della ricerca e le principali collaborazioni con il mondo industriale.

## 2 Progetti di ricerca inerenti il DFR

Svariati sono i progetti di ricerca nazionali ed internazionali inerenti il restauro digitale di sequenze di immagini dell'ultimo decennio. Una rappresentazione schematica dei principali progetti presi in considerazione è fornita nella *mappa* riportata in Fig. 1. In tale mappa ciascun blocco rappresenta in forma estremamente concisa uno specifico progetto (individuato dall'acronimo o da una abbreviazione del titolo del progetto) ed include la sua durata, il suo macro-obiettivo ed i principali partner coinvolti. Le frecce continue (unitamente al colore di ciascun blocco) indicano un legame stretto fra progetti (individuato dal fatto che un progetto è esplicitamente la naturale evoluzione di progetti preesistenti o da un numero elevato di partner in comune fra i progetti), mentre le frecce tratteggiate indicano una forma di collegamento fra progetti (individuata da collaborazioni esplicite antecedenti/conseguenti ai progetti o dall'esistenza di almeno un partner in comune fra essi).

Nel seguito di questo paragrafo si fornisce una breve descrizione dei progetti di ricerca presi in considerazione, ordinati per acronimo, e si rimanda alle relative pagine web o riferimenti bibliografici per ulteriori approfondimenti.

### 2.1 AURORA: AUtomed Restoration of ORiginal film and video Archives

Il progetto *AURORA* è un progetto ACTS della CE (n. AC072, durata settembre 1995 - agosto 1998) il cui obiettivo principale è lo sviluppo di un sistema prototipale hardware e software integrato per il restauro *real time* di dati provenienti da archivi di film e video, che consenta di ridurre fortemente i costi del restauro di programmi televisivi [2]. I partecipanti al progetto includono archivi video (*BBC - British Broadcasting Corporation*, Gran Bretagna; *INA - Institut National de l'Audiovisuel* - Francia; *RTP - Radiotelevisao Portuguesa* - Portogallo), università (*Cambridge University* - Gran Bretagna *Delft University of Technology* - Olanda; *Tampere University* - Finlandia) e industrie (*Snell & Wilcox* - Gran Bretagna; *SGT - Societe Generale de Teleinformatique* - Francia).

Il sistema è costituito da due moduli hardware, da un software di controllo e da una interfaccia grafica. Il modulo hardware denominato *Unsteadiness & Flicker Correction Unit* consente di correggere in tempo reale problemi di instabilità posizionale, *flickering* e correzione del colore; l'altra unità, denominata *Noise, Dirt & Grain Reduction Unit*, consente la riduzione, con compensazione del moto locale, di rumore, di difetti *one-frame* di piccole dimensioni e di graffi.

I prodotti derivati dal progetto, attualmente commercializzati dalla Snell & Wilcox [31], sono:

- *Archangel - Real-time Motion-compensated Video Archive Processor* - sistema di restauro real time che consente di correggere difetti con compensazione del moto. Esempi di difetti trattati sono rumore, grana del film, polvere e sporco, graffi, instabilità posizionale e *flickering*.
- *Shakeout Image Stabiliser* - consente la correzione in tempo reale dell'instabilità posizionale di sequenze video, distinguendo fra variazioni di posizione volute (es. zoom della macchina da presa) da quelle non volute (es. vibrazioni della macchina da presa).
- *Steadfast - Unsteadiness and Flicker Correction System* - sistema di restauro real time che consente di correggere difetti con compensazione del moto. Esempi di difetti trattati sono instabilità posizionale e *flickering*.

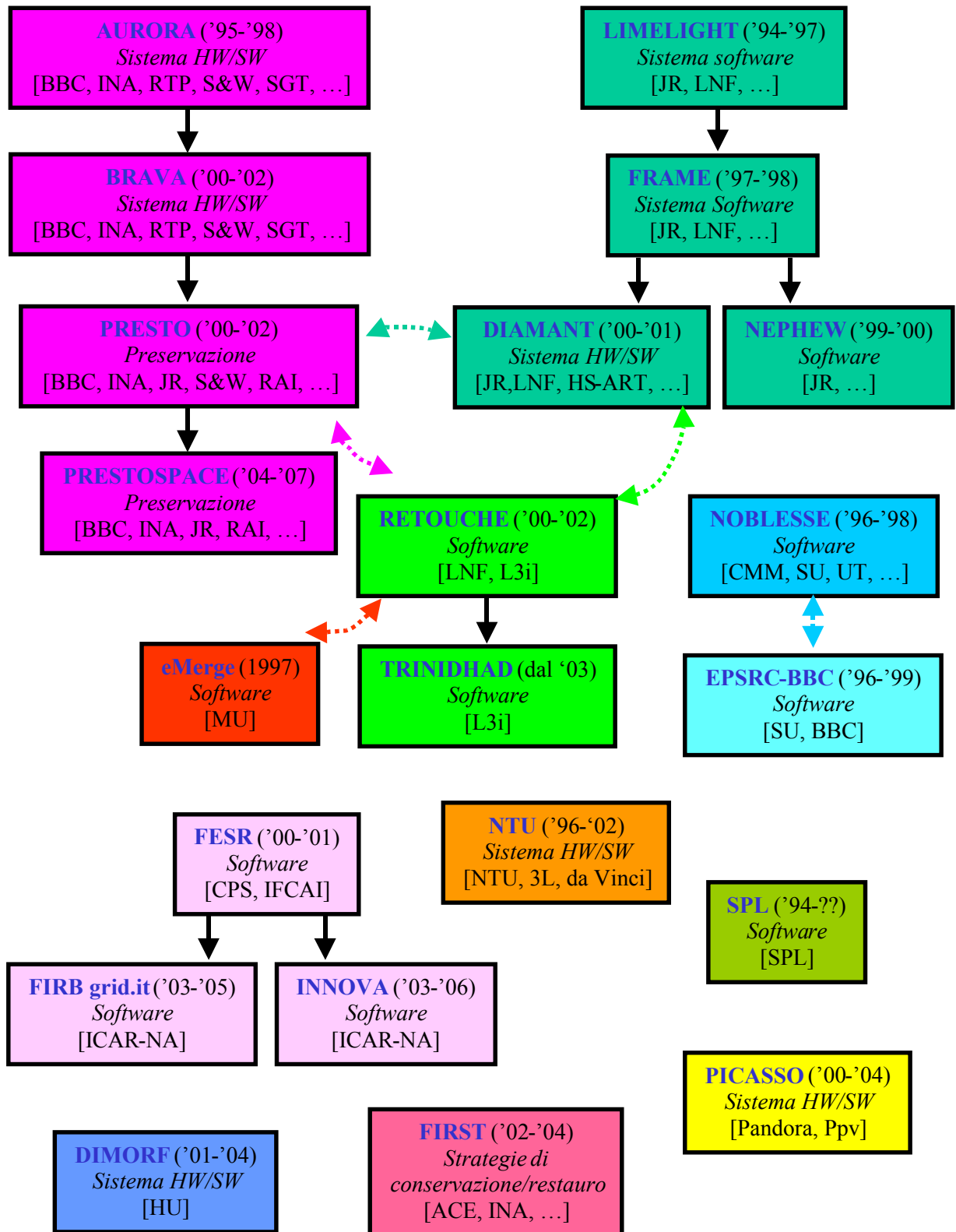


Fig. 1 Rappresentazione schematica di alcuni progetti di ricerca sul DFR dell'ultimo decennio

## 2.2 BRAVA: Broadcast of Archives through Video Archives

Il progetto *BRAVA* è un progetto della CE nell'ambito dell'area *digital heritage and cultural content* del programma IST (n. IST-1999-11628, durata febbraio 2000 – giugno 2002), naturale prosecuzione del progetto *AURORA* [2], il cui obiettivo principale è quello di migliorare l'efficienza del processo di restauro di materiale di archivi video e di preparare il materiale restaurato per la disseminazione secondo gli standard del multi-resolution digital video broadcasting [3]. I partecipanti al progetto includono archivi video (*INA - Institut National de l'Audiovisuel* – Francia; *RTP - Radiotelevisao Portuguesa* - Portogallo), università (*Delft University of Technology* – Olanda; *Trinity College Dublin* - Irlanda) e industrie (*Snell & Wilcox* - Gran Bretagna; *SGT - Societe Generale de Teleinformatique* - Francia).

I principali risultati conseguiti dal progetto sono:

- *Archangel Real-Time Restoration Equipment*: sistema hardware e software che consente di restaurare in tempo reale svariati difetti riscontrabili nei video (instabilità posizionale, *blotch*, instabilità di luminosità/colore, rumore e grana, video *dropout*, graffi lineari, graffi su nastri da 2 pollici). Questo è alla base di un prodotto hardware commercializzato dalla *Snell & Wilcox*.
- *Real-Time Control Software tool*: strumento software per il controllo del sistema *Archangel* che fornisce all'operatore una chiara vista del programma sorgente, con individuazione automatica di shot e rapporto di attività, e consente di preparare i parametri per il lavoro di restauro. Tale software può essere usato anche come strumento di valutazione di assistenza all'operatore nella preparazione del lavoro di restauro e nella valutazione del costo e della qualità ottenibili. Collegato ad un videoregistratore, consente di ottenere un'analisi on-the-fly delle parti di programma proiettate, fornendo un rapporto composito contenente le annotazioni dell'operatore ed un'analisi automatica.
- *Integrated disk-to-disk Restoration system*: tentativo avanzato (ma non ancora concluso) di combinare in un unico ambiente i due insiemi di prodotti su descritti con strumenti di editing non-lineare (manipolazione della timeline, accesso a singole immagini), un sistema centrale di memorizzazione ed un sistema di restauro audio.
- *Plug-in software per il restauro*: plug-in (per *Adobe Premiere*) per la stima del moto, la diagnosi, il restauro di *blotch*, l'inserimento di frame, la riduzione dell'instabilità posizionale e di luminosità, la rimozione dell'effetto *Moirè*.

## 2.3 DIAMANT: Digital Film Manipulation System

Il progetto *DIAMANT* è un progetto della CE nell'ambito del programma IST (n. IST-1999-12078, durata gennaio 2000 – dicembre 2001) il cui obiettivo principale è lo sviluppo di un sistema per la manipolazione ed il restauro di sequenze di immagini non compresse provenienti da varie fonti basato su componenti di calcolo commerciali off-the-shelf e hardware di connessione avanzato [4]. I partecipanti al progetto sono: *JR - Joanneum Research* (Austria), *University of Southampton* (Gran Bretagna), *Dolphin Interconnect Solutions AS* (Norvegia), *HS-ART Digital Service GmbH* (Austria), *Filmmuseum* (Olanda), *Technikum Joanneum GmbH* (Austria), *Laboratoires Neyrac Films SARL* (Francia), *Media consult Buscher GmbH* (Germania).

La configurazione hardware del sistema consiste in un cluster di workstation dedicate al calcolo, all'I/O e client, connesse mediante rete ad elevata velocità (SCI). L'architettura software, implementata utilizzando CORBA come base, è strutturata in un insieme di componenti che possono essere viste come insieme di API e applicazioni di esempio:

- *DDS – Data and Device Service*: API per l'integrazione e il controllo di strumenti di I/O esterni;
- *DCM – Digital Content Management*: API per la rappresentazione delle sequenze di immagini e dei job da eseguire su esse;
- *TSL – Task Scheduler and Launcher*: componente software per la gestione delle risorse necessarie all'esecuzione dei job;
- applicazioni per la manipolazione di filmati (importazione, visualizzazione, restauro).

Uno dei risultati del progetto è il sistema software *DIAMANT-Suite* per il restauro automatico, semi-automatico e/o manuale di svariati difetti, quali *blotch*, instabilità posizionale, instabilità di luminosità/colore, frame mancanti, grana e graffi verticali. Tale software, attualmente commercializzato



ed utilizzato da svariati archivi, broadcaster e società legate al restauro di filmati, costituisce l'evoluzione del sistema software FRAME [12].

## 2.4 DIMORF: Digital Motion Picture Restoration System for Film Archives

Il progetto *DIMORF* è un progetto ungherese (durata luglio 2001 – febbraio 2004) il cui obiettivo principale è lo sviluppo di un sistema per il restauro di pellicole cinematografiche dotato di workstation per il restauro rapido e completo di immagini digitali ad elevata risoluzione e di audio [5]. I partecipanti al progetto sono: *Hungarian Academy of Sciences, University of Veszprem, Hungarian National Film Archive, e CORTEX Ltd.*

Il sistema sviluppato include:

- uno scanner digitale di pellicole cinematografiche con risoluzione massima di 6K (6000x4750 pixel), in grado di digitalizzare un frame 6K in 10 secs;
- una unità di digitalizzazione e preprocessing di suoni per l'elaborazione dell'audio separata dalle immagini, basata su tecnologia ottica digitale proprietaria;
- una workstation per il restauro digitale di immagini con processore Intel e sistema operativo Windows dotata di software semi-automatico per il restauro digitale di immagini;
- una unità di memorizzazione da 5Tbyte che consente la memorizzazione in formato non compresso di immagini (input, elaborazione ed output) relative a 300m di pellicola;
- una rete interna (Mbit e Gbit Ethernet) responsabile del traffico di dati fra le varie unità;
- una stampante laser di pellicole RGB con risoluzione massima 6K, in grado di stampare un frame 6K in 10 secs.

I moduli di restauro digitale sviluppati consentono l'eliminazione di instabilità posizionale, instabilità di luminosità/colore, rumore, *blotch*, graffi, oltre che l'indicizzazione di filmati e l'individuazione dei cambi di scena. Essi sono implementati come plug-in, in modo da poter ampliare successivamente il sistema inserendo nuovi plug-in; sono, inoltre, organizzati in job, a loro volta raggruppati in task, in modo da poter definire processi di restauro separati ed eventualmente paralleli. Tutta l'informazione relativa ai processi effettuati descrivibile mediante testo viene memorizzata in file XML, con l'obiettivo di creare processi ben definiti e controllabili e di creare una collezione strutturata di dati per future applicazioni di data-mining che aumentino l'automazione e l'intelligenza del sistema.

## 2.5 eMerge: Historical Film Restoration and Video Coding

Il progetto *Historical Film Restoration and Video Coding* della *Monash University* è un progetto del 1997 finanziato dal Consiglio delle Ricerche Australiano relativo ad alcuni aspetti del restauro e la codifica di vecchi film [33]. Esso ha l'obiettivo di ridurre o rimuovere i difetti in modo che le versioni codificate dei video siano di qualità accettabile. Oltre a numerose pubblicazioni, il principale risultato del progetto è fornito dal rapporto [6], ove viene riportata una classificazione dei difetti di cui sono affetti i vecchi film ed una panoramica delle tecniche adottate per la loro risoluzione.

Rientra nelle attività svolte presso la *Monash University* una collaborazione del 2000 con l'*Università de La Rochelle* (Francia) per lo scambio di idee, tecniche, software e sequenze di immagini.

## 2.6 FESR: Sviluppo di Tecnologie Digitali di Grafica Avanzata per Applicazioni Industriali e Commerciali

Nell'ambito del Progetto *FESR Sviluppo di Tecnologie Digitali di Grafica Avanzata per Applicazioni Industriali e Commerciali*, dal 2000 al 2001 sono stati attivati due sottoprogetti inerenti il DFR:

1. *Restauro Digitale di Pellicole Cinematografiche*, il cui obiettivo è lo sviluppo di alcuni elementi di software per il restauro di immagini acquisite in forma numerica ad alta risoluzione da pellicola cinematografica in ambienti di calcolo ad alte prestazioni. Gli elementi di software sviluppati dall'ex CPS-CNR (ora ICAR-CNR) riguardano la rimozione di graffi fissi e l'analisi del moto.

2. *Elaborazione ed Analisi di Immagini per Applicazioni di Grafica Avanzata*, il cui obiettivo è lo sviluppo di strumenti di supporto informatico al processo di restauro per aumentarne il grado di automazione, minimizzando il tempo globale di elaborazione ed ottimizzando ciascuna delle fasi della lavorazione del filmato digitale. I prodotti sviluppati dalla ex componente informatica dell'IFCAI-CNR (ora ICAR-CNR) sono stati un ambiente interattivo per il browsing del filmato e dei risultati intermedi delle varie fasi dell'analisi e per la supervisione del processo di restauro ed una libreria di moduli applicativi per la analisi ed il trattamento di condizioni che violano le assunzioni di continuità assunte dagli usuali moduli di restauro.

## 2.7 FIRB: grid.it - Grid-enabled scientific libraries

Nell'ambito del Workpackage 9: *Grid-enabled scientific libraries* del Progetto FIRB grid.it: *Piattaforme Abilitanti per Griglie Computazionali ad Elevate Prestazioni Orientate ad Organizzazioni Virtuali Scalabili* [8], presso la Sezione di Napoli dell'ICAR-CNR sono in corso alcune ricerche il cui obiettivo è lo sviluppo di moduli di libreria scientifica da usare in un dimostratore relativo all'analisi e ricostruzione di immagini per il restauro di filmati digitali in ambiente di griglia. Il progetto, iniziato nel 2003, avrà termine alla fine del 2005.

## 2.8 FIRST: Film Restoration and Conservation Strategies

Il progetto *FIRST* è un progetto UE nell'ambito del programma IST (IST-2001-38256; durata luglio 2002 – giugno 2004) che coinvolge numerose organizzazioni europee (ACE – Association des Cinematheques Europeennes, Belgio; European Multimedia Forum, Gran Bretagna; INA, Francia; Radio-Television Belge de la Communauté Française, Belgio; Belgacom S.A. de Droit Public, Belgio; Oesterreichischer Rundfunk, Austria) [9]. L'obiettivo è quello di fornire alle istituzioni di conservazione europee una base di conoscenze, utile per fornire raccomandazioni ed indicazioni sulla standardizzazione, su un insieme di argomenti legati alla digitalizzazione, ed in particolare:

- digitalizzazione di archivi di film;
- restauro mediante processi digitali;
- tecnologie e politiche di memorizzazione per archivi digitali;
- catalogazione e retrieval di archivi di film digitali;
- strategie per la distribuzione e l'accesso a materiale di archivi digitali.

I principali risultati del progetto sono i rapporti sullo stato dell'arte, le linee guida e le raccomandazioni contenute nelle pubblicazioni [10,11].

## 2.9 FRAME: HPCN For Restoration of Archived Film MatERial

Il progetto *FRAME* della CE (Progetto ESPRIT n. 24220, durata luglio 1997 - dicembre 1998) ha come obiettivo principale la parallelizzazione del software sequenziale LIMELIGHT [19] in ambiente distribuito utilizzando il sistema di comunicazione standard MPI [12]. I partecipanti al progetto sono: *European Centre for Parallel Computing* (VCPC, Austria), *QSW - Quadrics Supercomputers World* (Italia), *LNF - Laboratoire Neyrac Films* (Francia) e *JR - Joanneum Research, Institute for Information Systems & Information Management* (Austria).

Il prodotto principale del progetto è il sistema commerciale *FRAME*, software parallelo per il Digital Film Restoration con velocità di calcolo tale da consentirne l'uso per scopi industriali, costituito da un insieme di moduli per il restauro e da una interfaccia grafica (disponibile solo in ambiente WindowsNT/95/98) che consente di utilizzare tali moduli. I moduli, scritti in linguaggio di programmazione ANSI C, consentono di effettuare operazioni di restauro quali rimozione di graffi verticali fissi, stabilizzazione posizionale, individuazione e rimozione di difetti di piccole dimensioni, ricostruzione di frame mancanti, soppressione del rumore, correzione delle variazioni locali e globali di luminosità e colore. Molti di tali moduli sono basati sull'analisi del moto locale e dominante, nonché sull'adozione di una rappresentazione multirisoluzione della sequenza di immagini. Sono disponibili, inoltre, alcune routine di *utility* per la conversione tra vari formati, il *merge* di sequenze di immagini, lo *scaling*, etc. Di questi moduli, quelli parallelizzati nell'ambito del progetto sono stati i moduli per l'analisi del moto (locale e dominante), per la rimozione di difetti di piccole dimensioni e per la riduzione del rumore.

## 2.10 INNOVA: CRdC per lo Sviluppo e il Trasferimento dell'Innovazione Applicata ai Beni Culturali e Ambientali

Nell'ambito del Centro Regionale di Competenza per lo Sviluppo e il Trasferimento dell'Innovazione Applicata ai Beni Culturali e Ambientali (INNOVA) della Regione Campania [17], presso la Sezione di Napoli dell'ICAR-CNR è in corso una attività di *Analisi ed Elaborazione di Modelli per la Conservazione e Fruizione dei Beni Culturali*, fra i cui obiettivi è l'analisi delle problematiche, delle metodologie e delle tecniche per il restauro, la compressione, la catalogazione, la conservazione e l'archiviazione di immagini e sequenze di immagini, con particolare riferimento al recupero del patrimonio cinematografico conservato negli archivi della Regione Campania. Il progetto, iniziato nel 2003, avrà termine nel 2006.

## 2.11 LIMELIGHT: A New Generation of Fast and High Resolution Digital System to Scan, Process and Print Cinema Quality Images

Il progetto *LIMELIGHT* della CE (programma EUREKA n. 1041, durata 1994-1997) ha come obiettivo la creazione di una catena numerica efficiente che include la digitazione, l'elaborazione e la riproduzione di immagini su film per consentire la preservazione di immagini cinematografiche [19]. I partecipanti al progetto sono: *LNF - Laboratoires Neyrac Films* (Francia), *Bertin et Cie S.A.* (Francia), *Debrie-CTM* (Francia), e *JR - Joanneum Research, Institute for Chemical & Optical Sensors* (Austria).

Il prodotto finale del progetto è un sistema hardware e software per la digitalizzazione, il restauro digitale e la stampa su pellicola di film. Il sistema è costituito da un sistema di digitalizzazione, un sistema di produzione di film, un sistema di memorizzazione, un modulo di comunicazione su rete, nonché insieme di moduli software per il restauro digitale. In particolare i moduli software consentono il preprocessing, l'analisi del moto locale e dominante, il restauro di instabilità posizionale, difetti di piccole e grandi dimensioni, rumore e *flickering*.

## 2.12 NEPHEW: Network of PC's Heterogeneous Windows-NT Engineering Toolset

Il progetto *NEPHEW* della CE (Progetto ESPRIT n. 29907, durata gennaio 1999 - giugno 2000) ha come obiettivo principale l'implementazione di un ambiente per lo sviluppo rapido e semplice di applicazioni parallele professionali su network eterogenei di PC con sistema operativo WindowsNT, basato sugli standard esistenti ed emergenti [21].

Tale progetto è di interesse nel presente documento in quanto la validazione dell'ambiente *NEPHEW* è stata effettuata mediante lo sviluppo di tre applicazioni parallele, una delle quali riguarda il restauro digitale automatico di pellicole cinematografiche. In particolare uno dei partner, il *JR - Joanneum Research* (già coinvolto nei progetti *LIMELIGHT* [19] e *FRAME* [12]), ha parallelizzato due dei moduli del software *FRAME* che non erano stati considerati nell'ambito del progetto *FRAME* in quanto la loro parallelizzazione "manuale" presentava un rapporto costo/beneficio troppo basso. I moduli considerati nel presente progetto sono quelli per la correzione di variazioni globali (modulo "flicker") e locali (modulo "maLumi") di luminosità e colore.

## 2.13 NOBLESSE: Nonlinear Model-based Analysis and Description of Images for Multimedia Applications

Il progetto *NOBLESSE* della CE (progetto ESPRIT n. 20229, durata 1996-1998), ha l'obiettivo di sviluppare nuove tecniche non lineari per la descrizione di immagini e sequenze di immagini con applicazioni in vari campi, ed in particolare al restauro digitale di sequenze di immagini in formato video [22]. I partecipanti al progetto sono: *Albert-Ludwigs-Universitaet* (Germania), *Tampere University of Technology* (Finlandia), *Swiss Federal Institute of Technology* (Svizzera), *Aristotle University of Thessaloniki* (Grecia), *University of Strathclyde* (Gran Bretagna), *Università di Trieste* (Italia), e *Ecole des Mines de Paris - Centre de Morphologie Mathematique* (Francia). Tra questi, quelli più specificamente coinvolti nel restauro digitale di immagini sono gli ultimi tre.

Uno dei prodotti del progetto è il prototipo di software SARSA (Systeme Automatique de Restauration de Sequences Animees) per il restauro digitale di immagini, contenente moduli per l'analisi del moto locale, il *flickering*, l'instabilità posizionale, i graffi verticali fissi, i difetti *one-frame* di piccole dimensioni [22].

Parte delle attività svolte dall'University of Strathclyde si inquadra anche nel contesto del progetto *Non-Linear Image Processing for Digital TV*, finanziato fra il 1996 ed il 1999 dall'EPSRC (Engineering and Physical Sciences Research Council, UK) e dalla BBC (British Broadcasting Corp., UK), che ha avuto l'obiettivo di svolgere ricerche nell'applicazione di tecniche non-lineari di elaborazione di immagini ai sistemi video digitali [7]. Una delle applicazioni di riferimento è stato il restauro e l'enhancement di immagini digitali, ed ha riguardato in particolare la rimozione di *blotch* e di graffi orizzontali che si riscontrano su sequenze provenienti da nastri da un pollice. Sono stati utilizzati operatori morfologici, con l'ausilio di algoritmi genetici per l'ottimizzazione dei parametri dei filtri adottati.

## 2.14 NTU: Nanyang Technological University, Singapore

Presso la *Nanyang Technological University* di Singapore sono state svolte ricerche relative alla realizzazione di un sistema automatico di Motion Picture Restoration basato su un cluster di Digital Signal Processor (DSP) [1]. Tale sistema, orientato alle immagini video (immagini PAL full size), consente di ridurre il rumore e restaurare *missing-data* ed è basato su un algoritmo 3D Autoregressivo Bidirezionale (B3DAR) implementato su un cluster di 15 DSP della Texas Instruments connessi ad albero, che fornisce speedup quasi lineari. Tale sistema ha vinto il primo premio della Texas Instruments *Digital Signal Processing Solutions Challenge* nel 1996 ed è stato alla base del sistema di restauro di filmati *REVIVAL* della *Vinci Systems Inc.* [30].

In questo contesto si colloca anche il progetto *Parallel Digital Processing System for Video and Computer Graphics Applications*, del Parallel and Distributed Computing Centre della NTU (durata 1998-2002), il cui obiettivo è stato lo sviluppo di un sistema per il restauro automatico di filmati per la conversione in formato DVD, di un archivio unificato per l'archiviazione ed il retrieval in rete di dati multimediali in multirisoluzione e di strumenti per l'integrazione della computer graphics animation in sequenze di immagini video [23].

## 2.15 PICASSO: Real-Time Film Resolution Restoration System

Il progetto *PICASSO* è un progetto EUREKA (!E-2343; durata febbraio 2000 – gennaio 2004) il cui obiettivo è stato la realizzazione e dimostrazione del primo sistema real-time per il restauro di film a risoluzione cinematografica, atto alla rimozione di graffi e *blotch* ed alla riduzione del color fading e del flickering [25]. I partner del progetto sono: *Pandora International Ltd.* (Gran Bretagna) e *Ppv* (Grecia). Purtroppo non si è a conoscenza di documenti pubblici riguardanti i risultati del progetto.

## 2.16 PRESTO: Preservation Technology for European Broadcast Archives

Il progetto *PRESTO* è un progetto dell'UE nell'ambito del programma IST (durata luglio 2000 – ottobre 2002) il cui obiettivo è lo sviluppo di tecnologie atte a ridurre il costo e migliorare i risultati della conservazione di archivi broadcast [26]. I partner del progetto posseggono i tre più grandi archivi broadcast in Europa (*BBC - British Broadcasting Corporation* - Gran Bretagna; *RAI - Radiotelevisione Italiana* - Italia; *INA - Institut National de l'Audiovisuel* - Francia) ed hanno ciascuno partner associati e fornitori di tecnologie (*NTEC* - Germania; *ACS - Advanced Computer Systems S.p.A.* - Italia; *Istituto Trentino di Cultura - Centro per la Ricerca Scientifica e Tecnologica (ITC-IRST)* - Italia; *E-VOD* - Gran Bretagna; *Vectracom* - Gran Bretagna; *Snell & Wilcox* - Gran Bretagna; *JR - Joanneum Research* - Austria).

Le indagini svolte hanno individuato circa 5 milioni di ore di materiale audiovisivo (1 di pellicole cinematografiche, 1.6 di video e 2 di audio) in 10 archivi broadcast europei, delle quali circa il 70% è a rischio; si stima, dunque, che in tutta Europa ci siano circa 50 milioni di ore di materiale a rischio, il cui costo di trasferimento su nuovi supporti si aggira intorno ai 10 miliardi di Euro. La chiave per ridurre i costi senza sacrificare la qualità viene individuata nel trasferimento di massa del materiale mediante le cosiddette "preservation factory", utilizzando del software per seguire tutto il processo, automatizzando quanto possibile. L'approccio, confrontato con il lavoro tradizionale "pezzo-per-pezzo", riduce i costi per una percentuale che va dal 50% al 75%.

## 2.17 PRESTOSPACE: Preservation towards storage and access. Standardised Practices for Audiovisual Contents Archiving in Europe

Il progetto *PRESTOSPACE* è un progetto integrato dell'UE nell'ambito del programma IST (FP6-507336; durata febbraio 2004 – maggio 2007) che rappresenta la naturale prosecuzione del concluso progetto PRESTO [26]. L'obiettivo consiste nel fornire soluzioni tecniche e sistemi integrati per la conservazione digitale di tutti i tipi di collezioni audiovisive, costruendo "preservation factory" che forniscano servizi per la gestione e la distribuzione di tale materiale [27].

Lo steering board è costituito da archivi broadcast (*BBC - British Broadcasting Corporation* - Gran Bretagna; *RAI - Radiotelevisione Italiana* - Italia; *INA - Institut National de l'Audiovisuel* - Francia) ed enti di ricerca (*JR - Joanneum Research* - Austria; *Netherlands Institute of Sound and Vision* - Olanda; *Oesterreichischer Rundfunk* - Austria; *University of Sheffield* - Gran Bretagna); i partner associati rappresentano gli utenti, i fornitori di servizi, le industrie ed altri enti di ricerca.

Risultati attesi dal progetto sono strumenti per la conservazione, il restauro, la memorizzazione e gestione di archivi e per i metadati, la fornitura e l'accesso al materiale audiovisivo. In particolare, per il restauro si intende sviluppare:

- uno strumento di gestione del restauro;
- una infrastruttura per l'analisi e la descrizione dei difetti;
- un insieme di algoritmi avanzati di restauro;
- uno strumento di restauro real-time da disco a disco;
- uno strumento software di restauro di film.

## 2.18 RETOUCHE: REstauration et Traitement d'OeUvres Cinematographiques Haute vitesse

Il progetto *RETOUCHE* è un progetto finanziato dal CNC (Centre National de la Cinematographie) (progetto *PRIAMM*; durata 2000-2002) che vede coinvolti la società *Centrimage* (ed in particolare *LNF - Laboratoires Neyrac Films*) ed il *Laboratoire L3i* dell'*Università de La Rochelle* (Francia) [29]. Obiettivi del progetto sono l'accelerazione del processo di restauro digitale di filmati, il restauro di filmati a colori e la visualizzazione ad alta definizione. Principale prodotto del progetto è un software per il restauro di filmati denominato *RETOUCHE*, in uso presso la società *Centrimage* e *l'Archives Francaises du Film* (CNC / AFF).

## 2.19 SPL: Scientific Photography Lab

Presso lo *Scientific Photography Lab* di Basilea, Svizzera, è stato portato avanti un progetto di ricerca riguardante l'analisi della stabilità del materiale fotografico, metodi per l'archiviazione e la conservazione di materiale fotografico, modelli del processo di decadimento del colore e di invecchiamento di materiale in B/N e metodi di restauro di sequenze di immagini deteriorate (graffi, dust, fading). Le informazioni disponibili fino al 2000 ([32]), spesso di riferimento per la letteratura del settore, non sono comunque più disponibili.

## 2.20 TRINIDHAD: Traitement, Restauration, Indexation, Numerisation d'Images de Haute Definition

Il progetto *TRINIDHAD* è un progetto in corso presso il *Laboratoire L3i* dell'*Università de La Rochelle* (Francia) che ha l'obiettivo di consolidare metodi e tecniche per il trattamento di sequenze di immagini ad alta risoluzione mirati all'enhancement delle immagini, l'individuazione e rimozione di difetti *one-frame*, il calcolo e la compensazione del moto, la correzione del colore [34].

## 3 Il DFR in Italia

Da qualche anno, ormai, il settore delle Tecnologie dell'Informazione e delle Comunicazioni sta trovando un fertile campo applicativo nell'ambito delle problematiche multidisciplinari tipiche del mondo dei Beni Culturali [20]. Anche l'Italia ha visto un proliferare di progetti in tale ambito, dal Progetto Strategico CNR



“Conoscenza per Immagini: un'Applicazione ai Beni Culturali” [28], al Progetto Finalizzato CNR “Beni Culturali”[24], al Progetto MURST 5% “Multimedialità”, al Piano Nazionale di Ricerca PARNASO. Fra i risultati di tali ricerche rientrano quelli legati all'uso di tecniche numeriche per lo studio, l'analisi, il restauro, la conservazione e la fruizione dei beni culturali, ed in particolare delle immagini digitali.

Nel presente paragrafo si forniscono brevi cenni ad alcune ricerche svolte in Italia, nel contesto di progetti nazionali o internazionali oppure come attività di ricerca libera svolte presso istituzioni accademiche e di ricerca; l'attenzione sarà rivolta solo alle ricerche strettamente legate al restauro digitale di sequenze di immagini, mentre non sarà considerata la cospicua produzione legata genericamente al restauro di singole immagini.

### 3.1 IAC-CNR

Presso la sede di Roma dell'IAC-CNR [13] sono stati affrontati problemi legati all'analisi del degrado di materiali dei Beni Culturali (manufatti sia mobili sia immobili; ad es. reperti contenuti in musei, filmati d'epoca e monumenti). In particolare è stato preso in considerazione il problema del restauro automatico di graffi verticali e della riduzione del rumore in sequenze di immagini digitali. Tali attività di ricerca sono state svolte anche nell'ambito del Progetto Finalizzato CNR “Beni Culturali”[24] e del Piano Nazionale di Ricerca PARNASO.

### 3.2 ICAR-CNR

Dal 1999 la Sezione di Napoli dell'ICAR-CNR (ex CPS-CNR) [15] svolge attività nell'ambito del restauro digitale di immagini, con l'obiettivo di sviluppare metodi, algoritmi e software per la ricostruzione di immagini acquisite in forma numerica ad alta risoluzione da pellicola cinematografica, e la conseguente ottimizzazione dei processi di calcolo dell'intera procedura di restauro distribuito su diverse piattaforme.

In particolare sono stati sviluppati metodi, algoritmi e software parallelo per l'individuazione e la rimozione di varie tipologie di graffi fissi, nonché di difetti “one-frame” di piccole dimensioni, e per l'eliminazione di variazioni locali di intensità e colore in sequenze di immagini digitali. È stata, infine, proposta una nuova metodologia per la risoluzione di classi di problemi che si presentano nel restauro automatico di sequenze di immagini digitali che ben si adatta alla implementazione in ambienti computazionali avanzati di tipo parallelo e distribuito.

Le suddette attività di ricerca hanno trovato e trovano tutt'oggi applicazione in vari contesti scientifici ed industriali, nazionali ed internazionali, quali:

- contratto di collaborazione fra l'ex CPS-CNR e la società austriaca HS-Art, distributrice del software parallelo FRAME per il restauro automatico di sequenze di immagini;
- convenzione fra l'ex CPS-CNR e la società Dyte – Dynamic Tridimensional Environment s.r.l., operante nel settore del restauro digitale di film e della post-produzione cinematografica;
- sottoprogetto sul *Restauro Digitale di Pellicole Cinematografiche* del progetto FESR *Sviluppo di Tecnologie Digitali di Grafica Avanzata per Applicazioni Industriali e Commerciali*;
- Attività di *Analisi ed Elaborazione di Modelli per la Conservazione e Fruizione dei Beni Culturali* nell'ambito del Centro Regionale di Competenza per lo Sviluppo e il Trasferimento dell'Innovazione Applicata ai Beni Culturali e Ambientali della Regione Campania [17];
- Workpackage 9 – *Grid Enabled Scientific Libraries* del Progetto FIRB *Grid.it Piattaforme Abilitanti per Griglie Computazionali ad Alte Prestazioni Orientate a Organizzazioni Virtuali Scalabili* [8].

Presso il *Laboratorio Elaborazioni Multimediali su Griglia Computazionale* della Sezione di Palermo dell'ICAR-CNR [16] sono state condotte ricerche su varie problematiche del restauro digitale di filmati, quali l'individuazione dei cambi di scena e dei difetti caratteristici di una scena, il restauro di graffi verticali ed il restauro di *blotch*.

Parte delle ricerche è volta anche alla creazione di un ambiente di sviluppo integrato che renda gestibili da un singolo operatore più sessioni di lavoro, distribuendo in rete l'elaborazione di diverse sequenze, e permetta la supervisione remota dello stato e della qualità del risultato. Tali ricerche hanno condotto alla creazione di una piattaforma distribuita per il restauro digitale di filmati.

Le suddette attività di ricerca sono state svolte anche nell'ambito del sottoprogetto sul *Elaborazione ed Analisi di Immagini per Applicazioni di Grafica Avanzata* del progetto FESR *Sviluppo di Tecnologie Digitali di Grafica Avanzata per Applicazioni Industriali e Commerciali*.

### 3.3 IEIIT-CNR

Nell'ambito delle attività legate alle Tecnologie delle Immagini, presso la Sezione di Torino dell'IEIIT-CNR [14] nel 2003 è stato iniziato lo studio delle tecniche di restauro digitale ed è stato sviluppato un applicativo software per il restauro digitale di pellicole cinematografiche nell'ambito di una Sovvenzione Globale SINAPSI – Misura D4 – P.O.R.-FSE 2000-2006 – Obiettivo 3. Sono stati, inoltre, presi contatti con Cinecittà per attivare una specifica collaborazione e nel futuro si intende sviluppare algoritmi di restauro su griglie computazionali.

### 3.4 IPL

Presso l'Image Processing Laboratory del Dipartimento di Elettrotecnica, Elettronica e Informatica dell'Università di Trieste [18] sono state condotte ricerche riguardanti alcuni aspetti del restauro di immagini e sequenze di immagini digitali (Attività *Old Motion Picture Restoration*), quali l'instabilità posizionale, i *blotch* e l'instabilità di luminosità. Parte dei risultati rientrano in quelli ottenuti dall'IPL nell'ambito del Progetto NOBLESSE [22].

È stata anche sviluppata una tesi di laurea sul *Restauro automatico di filmati video da nastro magnetico tipo U-matic*, in collaborazione con l'Archivio di Stato di Trieste che aveva la necessità di acquisire e restaurare qualche migliaio di cassette tipo U-matic, nella quale è stato sviluppato un algoritmo per il restauro automatico di segnali video degradati da *dropout*.

Sono poi svolte ricerche relative al restauro digitale di stampe fotografiche, anche nell'ambito del progetto *SIRAD - Sistema di Restauro Avanzato Digitale per Archivi Fotografici e Beni Culturali*, supportato dalla Regione Friuli Venezia Giulia e dalla Fratelli Alinari S.p.A. Tali ricerche hanno condotto allo sviluppo del software *APOLLO* per il restauro digitale automatico della maggior parte dei difetti delle stampe fotografiche (*blotch* semi-trasparenti, rotture, piegature, *foxing*).

Nell'ambito del progetto *Antique Books Restoration*, infine, sono svolte ricerche sul restauro digitale di libri antichi, con particolare riferimento ai difetti di alterazione dell'inchiostro e della carta e di ingiallimento della carta, in collaborazione con Digital Codex ed il Bibliion Centro Studi sul Libro Antico Onlus.

## 4 Riferimenti

- [1] *Parallel Motion Picture Restoration*, 3L Application Note, 3L Ltd., Singapore.  
<http://www.shen.myby.co.uk/threel/customer/motion.htm>
- [2] *AURORA - AUtomed Restoration of ORiginal film and video Archives*.  
<http://www.ina.fr/recherche/projets/finis/aurora/index.en.html>
- [3] *BRAVA – Broadcast of Archives through Video Archives*. <http://brava.ina.fr>
- [4] *DIAMANT – Digital Film Manipulation System*. <http://diamant.joanneum.ac.at/>
- [5] *DIMORF - Digital MOTion Picture Restoration System for Film Archives*.  
[http://www.sztaki.hu/~dimorf/index\\_eng.htm](http://www.sztaki.hu/~dimorf/index_eng.htm)
- [6] D. Suter, *eMerge Report: Film Restoration and Processing*, Monash University, Australia, 1997.  
[http://www.ds.eng.monash.edu.au/suter\\_publications/report.pdf.gz](http://www.ds.eng.monash.edu.au/suter_publications/report.pdf.gz)
- [7] *Non-Linear Image Processing for Digital TV*, EPSRC Grant Number GR/K 49867.  
[http://www.spd.eee.strath.ac.uk/~harve/bbc\\_epsrc.html](http://www.spd.eee.strath.ac.uk/~harve/bbc_epsrc.html)
- [8] *FIRB grid.it: Piattaforme Abilitanti per Griglie Computazionali ad Elevate Prestazioni Orientate ad Organizzazioni Virtuali Scalabili*. <http://www.grid.it/>
- [9] *FIRST – Film Restoration and Conservation Strategies*. <http://www.film-first.org/>
- [10] *FIRST – State of the Art Reports*, June 2003.

- [11] *European Film Heritage on the Threshold of the Digital Era*, FIRST Project's Final Report: Conclusions – Guidelines – Recommendations, May 2004.
- [12] *The FRAME Project*. <http://www.vcpc.univie.ac.at/activities/projects/FRAME>
- [13] IAC-CNR, Sede di Roma. <http://www.iac.rm.cnr.it/>
- [14] IEIIT-CNR, Sezione di Torino. <http://www.to.ieiit.cnr.it/tecnologia/imm.htm>
- [15] ICAR-CNR, Sezione di Napoli. <http://www.na.icar.cnr.it/>
- [16] ICAR-CNR, Sezione di Palermo, Laboratorio Elaborazioni Multimediali su Griglia Computazionale. <http://medialab.pa.icar.cnr.it/index.html>
- [17] INNOVA: Centro Regionale di Competenza per lo Sviluppo e il Trasferimento dell'Innovazione Applicata ai Beni Culturali e Ambientali. <http://www.innova.campania.it/>
- [18] *Image Processing Laboratory*, Dipartimento di Elettrotecnica, Elettronica e Informatica dell'Università di Trieste. <http://www.units.it/~ipl/>
- [19] *The LIMELIGHT Project*, EUREKA Project E!1041. <http://www.eureka.be/>
- [20] L. Moltedo, *Il Progetto MURST 5% "Multimedialità" nell'Ambito della Ricerca Nazionale e a Livello Europeo*, in M. Rossi, P. Salonia, *Comunicazione Multimediale per i Beni Culturali*, Addison-Wesley, 2003.
- [21] *NEPHEW – Network of PC's Heterogeneous Windows-NT Engineering Toolset*. <http://www.bode.cs.tum.edu/Par/arch/smile/nephew/>
- [22] *NOBLESSE - Nonlinear Model-Based Analysis and Description of Images for Multimedia Applications*. <http://www.spd.eee.strath.ac.uk/noblesse/> oppure [http://cmm.ensmp.fr/~decencie/Noblesse/noblesse\\_home.html](http://cmm.ensmp.fr/~decencie/Noblesse/noblesse_home.html)
- [23] *Parallel Digital Processing System for Video and Computer Graphics Applications*, Parallel and Distributed Computing Centre, Nanyang Technological University, Singapore. [http://pdcc.ntu.edu.sg/cgi-bin/curr\\_projects.cgi?PDPSFV&CGA](http://pdcc.ntu.edu.sg/cgi-bin/curr_projects.cgi?PDPSFV&CGA)
- [24] Progetto Finalizzato CNR "Beni Culturali". <http://www.pfbeniculturali.it/index01.asp>
- [25] *PICASSO – Real-Time Film Resolution Restoration System*, <http://www.eureka.be/inaction/AcShowProject.do?id=2343>
- [26] *PRESTO – Preservation Technology for Broadcast Archives*. <http://presto.joanneum.ac.at/index.asp>
- [27] *PRESTOSPACE - Preservation towards storage and access. Standardised Practices for Audiovisual Contents Archiving in Europe*. <http://prestospace.org/index.en.html>
- [28] Progetto Strategico CNR "Conoscenza per Immagini: un'Applicazione ai Beni Culturali" [http://www.itim.mi.cnr.it/Web\\_ITIM/kti/conoscenza1.html](http://www.itim.mi.cnr.it/Web_ITIM/kti/conoscenza1.html)
- [29] *RETOUCHE (REstauration et Traitement d'Oeuvres Cinematographiques Haute vitesse)* <http://retouche.free.fr/index.htm>
- [30] *REVIVAL digital*, da Vinci Systems, Singapore. <http://www.davsys.com/revival.htm>
- [31] Snell & Wilcox. <http://www.snellwilcox.com>
- [32] *Scientific Photography Lab*, University of Basel, Switzerland. [http://foto.chemie.unibas.ch/research/research\\_e.html](http://foto.chemie.unibas.ch/research/research_e.html)
- [33] *David Suter Home Page*, Monash University, Australia [http://batman.eng.monash.edu.au/suter\\_research/suter\\_research.html](http://batman.eng.monash.edu.au/suter_research/suter_research.html)
- [34] Progetto *TRINIDHAD (Traitement, Restauration, Indexation, Numerisation d'Images de Haute Definition)* [http://www.univ-lr.fr/labo/l3i/site\\_statique/recherche/Projets/trinidhad/trinidhad.pdf](http://www.univ-lr.fr/labo/l3i/site_statique/recherche/Projets/trinidhad/trinidhad.pdf)