

**PROPOSTA DI UN
SISTEMA IPERMEDIALE
PER UN MUSEO INTERATTIVO**

Rapporto Interno C95-07

Gennaio 1995

**Tiziana Arcarese
Maurizio Caneve
Primo Coltelli**

***PROPOSTA DI UN
SISTEMA IPERMEDIALE
PER UN MUSEO INTERATTIVO***

*Tiziana Arcarese
Maurizio Caneve
Primo Coltelli*

Rapporto Interno C95-07

Istituto CNUCE, Consiglio Nazionale delle Ricerche

Via S.Maria 36 - 56100 P I S A

© CNUCE - Pisa, Gennaio 1995

INTRODUZIONE

Grazie alle possibilità di memorizzare su supporti informatici, testi e immagini che riproducono e illustrano gli oggetti delle diverse collezioni, e alle nuove modalità di connessione in rete (dalla semplice linea telefonica alle più avanzate reti digitali), il museo non è più relegato in un singolo luogo, ma diviene virtualmente presente, almeno nella sua versione informatizzata, ovunque ci sia un soggetto interessato al suo contenuto.

Il museo, dunque, non è più entità locale, può espandersi ed arrivare persino ad assumere le dimensioni di un *Museo Universale*, costituito da un sistema di musei interconnessi. Questo nuovo modello museale è caratterizzato da una dimensione che non è più solo conservativa e legata all'oggetto fisico, ma è soprattutto divulgativa, basata sulla veicolazione del valore informativo del patrimonio, che dunque può essere recepita da un'utenza assai più vasta.

Tra le più importanti attività del museo assume peculiarità innovativa la divulgazione dei diversi *beni museali*; ciò in quanto questi ultimi possono essere "esplorati" in tempo reale, da postazioni comunque dislocate sul territorio, attraverso percorsi conoscitivi e formativi personali.

È proprio in questo contesto che si inserisce la proposta di un Museo Interattivo realizzata in collaborazione con il Museo Provinciale di Storia Naturale di Livorno.

L'idea è quella di offrire ai differenti livelli culturali di utenza un approccio più consapevole ai settori espositivi del museo, con l'obiettivo di coinvolgere i visitatori in una partecipazione interattiva, coadiuvata dai supporti multimediali.

Il risultato di questa esperienza è un prototipo, rivolto a soggetti con diverso grado di scolarizzazione o più in generale ad un pubblico più adulto, in grado di illustrare ed approfondire parte della realtà espositiva del museo, mediante stazioni multimediali collegate in rete locale.

Il prototipo è stato dimostrato all'inaugurazione del Museo di Storia Naturale del Mediterraneo di Livorno ed è stato accessibile al pubblico durante il periodo espositivo (Dicembre 1994 - Gennaio 1995) delle due mostre temporanee "La Balenottera Annie" e "Il Gipeto" presso lo stesso Museo.

Nel presente Rapporto vengono descritti i risultati dell'analisi dei requisiti del sistema informativo, di cui il prototipo sopra menzionato rappresenta la prima realizzazione concreta, e ne vengono definite le specifiche funzionali e architettoniche.

INDICE

1 . Obiettivo del progetto.....	1
2 . Requisiti preliminari del sistema.....	3
2.1. Classi di utenti.....	4
2.2. Le modalità di accesso.....	5
2.3. Analisi dei dati.....	7
2.3.1. Testo.....	7
2.3.2. Iper testo.....	7
2.3.3. Sequenze audio.....	8
2.3.4. Dati vettoriali.....	8
2.3.5. Immagini.....	8
2.3.6. Sequenze video.....	10
2.3.7. Animazioni.....	10
3 . Descrizione funzionale.....	13
3.1. Inserimento dati.....	13
3.2. Elaborazione dei dati.....	14
3.3. Gestione dei dati.....	18
3.4. Reperimento delle informazioni.....	18
3.5. Funzioni di utilità.....	19
4 . Architettura del sistema.....	21
4.1. Tipologia e collocazione delle Stazioni.....	22
4.2. Tipologia della Rete Locale.....	24
4.3. Componenti Software del Sistema.....	25
4.3.1. Stazione Tematica.....	26
4.3.2. Stazione degli Iper testi.....	26
4.3.3. Stazione di Acquisizione.....	27

4.3.4. Stazione di Gestione	27
4.3.5. Stazione di Consultazione.....	28
4.3.6. Stazione di Gestione delle Basi di Dati	28
4.4. Struttura delle Componenti Software	28
4.4.1. Cliente Iperestuale.....	29
4.4.2. Servente Iperestuale.....	30
4.4.3. Cliente WAIS.....	30
4.4.4. Servente WAIS.....	30
4.4.5. Smistatore.....	30
4.4.6. Gestore Archivio dei Documenti Iperestuali.....	31
4.4.7. Ambiente di Editing degli Iperestesti	31
4.4.8. Gestore Base di Dati	32
4.4.9. Ambienti di Acquisizione e di Elaborazione.....	32
4.5. Stima delle Risorse Hardware	33
4.5.1. Stazioni Tematiche	33
4.5.2. Stazione Acquisizione	34
4.5.3. Stazione degli Iperestesti.....	35
4.5.4. Stazione di Gestione - Stazione di Consultazione - Stazioni Gestione Basi di Dati	36
4.6. Stima delle Risorse Software	38
5. Sviluppi futuri.....	41

1. Obiettivo del progetto

Lo scopo principale della progettazione di un Museo Interattivo è di portare tutti i visitatori, indipendentemente dal grado di conoscenza iniziale, ad un soddisfacente grado di conoscenza finale, contrariamente a quello che succede nei Musei tradizionali nei quali il visitatore è un osservatore e acquisisce informazioni proporzionali al grado di conoscenza dell'oggetto esposto.

La prerogativa principale di un Museo Interattivo che sfrutti a fondo le nuove tecnologie informatiche è la capacità di semplificare i contenuti e renderli più attraenti. Infatti si può realizzare un coinvolgimento del visitatore a più livelli unendo e amplificando sensazioni fisiche con sensazioni emotivo-intellettuali. Le nuove tecnologie multimediali consentono di creare percorsi espositivi virtuali oltre che di mostrare in forma diversa percorsi espositivi effettivi del Museo, e quindi estendono notevolmente la capacità formativa del Museo stesso. E' proprio questo connubio tra strumenti tradizionali e innovazione tecnologica che porta ad una vera e propria rivoluzione delle tecniche museologiche: da un lato si mantiene la centralità dell'aspetto espositivo (arricchito con l'apporto delle nuove tecnologie) e dall'altro si aggiungono informazioni altrimenti destinate ad essere escluse dal Museo.

Il dominio del problema consiste nella presentazione (in varie forme) del patrimonio culturale disponibile e nella creazione di uno scheletro logico in grado di collegare le varie componenti architettoniche ed espositive del Museo; occorre cioè fornire degli strumenti che consentano ad una utenza più vasta possibile di venire a conoscenza di quelli che genericamente chiameremo i "beni" del Museo, e, nello stesso tempo, mettere in evidenza quelli che sono i vari percorsi culturali-informativi a disposizione.

Questi strumenti dovranno permettere all'utente di porsi come soggetto attivo nella selezione del tipo e complessità delle informazioni da ricevere, piuttosto che sottoporlo ad una sequenza di nozioni preconfezionate che possono non essere confacenti alla sua preparazione e grado d'interesse.

L'oggetto dovrà essere di facile utilizzo e comprensione, adatto ad un generico utente di livello medio-basso da un punto di vista informatico, e non necessariamente esperto in materia naturalistica, ma nello stesso tempo deve riuscire a soddisfare anche quella parte di utenza (probabilmente minoritaria) in grado di fare richieste complesse ed approfondite.

2. Requisiti preliminari del sistema

Nella seguente sezione verranno analizzati i requisiti preliminari del sistema che sono stati determinati e precisati in collaborazione con gli esperti del Museo.

Importanza fondamentale assume lo studio del bacino di utenza di uno strumento di questo tipo. Particolare rilievo è stato dato, quindi, alla individuazione delle caratteristiche delle diverse categorie di potenziali utenti e alla esatta specifica delle rispettive esigenze.

Da tale analisi si è intuito come il bacino di utenza risulti vario e ampio e come elementi, quali l'interfaccia utente-sistema e il livello di presentazione dei dati, siano aspetti determinanti nella valutazione e utilizzazione dell'intero sistema. In generale la possibilità d'interazione dovrebbe essere molto intuitiva e semplificata, adatta a qualsiasi tipo di utente, e il livello di presentazione dovrebbe essere di diversa complessità in modo da risultare interessante e, nello stesso tempo, da rispondere a tutte le esigenze indipendentemente dal tipo di utenza.

A seguito dell'analisi sui tipi di utenti ed in modo congruente ai suoi risultati, sono state quindi definite le modalità di accesso al sistema in termini di tipologie di interazione, di meccanismi di navigazione, di operazioni effettuabili e di limitazioni sulla visibilità dei dati offerti dal sistema.

Infine è stata compiuta una accurata analisi dei tipi di dato necessari per una adeguata rappresentazione delle informazioni museali. Si è così evidenziata la fondamentale e irrinunciabile natura multimediale di tali tipi di dato. Questa particolarità impone dei vincoli ben precisi sia sugli ambienti software di base e di sviluppo, sia sugli eventuali prodotti commerciali e/o di pubblico dominio che saranno scelti e utilizzati per la realizzazione dell'intero sistema. Nella scelta di una base di dati, ad esempio, non si potrà trascurare la necessità di gestire dati quali immagini e/o sequenze sonore o video. Una ulteriore conseguenza consiste nell'esigenza di prevedere l'inserimento nel sistema di una o più postazioni di lavoro attrezzate in modo appropriato per la digitalizzazione di documenti multimediali e di programmare la formazione di personale specializzato per la gestione e l'impiego di simile strumentazione.

Infine dobbiamo sottolineare che il sistema dovrebbe essere progettato in modo da consentire facili sviluppi sia per quanto riguarda il software, che per quanto riguarda l'aggiornamento dei dati. La sua architettura, inoltre, dovrebbe permettere nel tempo una semplice estendibilità e riconfigurabilità. Questi aspetti richiedono una grande attenzione rivolta all'impiego e all'integrazione di tecnologie standard e aperte.

2.1. Classi di utenti

Lo studio del bacino di utenza ha portato alla suddivisione di questo in classi di utenti legati da esigenze comuni. Le classi che si possono prevedere sono essenzialmente identificabili in quattro ben precise tipologie.

- *Visitatore generico*

Tipico utente senza esperienza informatica, quindi da guidare con attenzione e con strumenti molto intuitivi. La sua attenzione dovrà essere catturata con una presentazione avvincente, abbastanza interattiva in modo che egli possa avere una parte di scelta effettiva e non secondaria. Gli utenti di questa classe possono avere caratteristiche ed esigenze molto diverse, dipendenti ad esempio dall'età, dal background culturale e dal grado di curiosità personale. Di conseguenza le postazioni ad essi dedicate dovranno consentire di navigare all'interno del patrimonio informativo scegliendo un livello di approfondimento e di dettaglio personalizzato. E' inoltre importante prevedere che la scelta delle diramazioni degli ipertesti sia eventualmente determinata dalla risposta dell'utente a specifiche domande e/o quiz posti dal sistema. Si possono impostare, ad esempio, diversi tipi di percorso, da uno standard che il sistema sceglie autonomamente in presenza di utenti non interattivi (con attivazione dopo un certo predefinito periodo di tempo in cui non sono state effettuate "scelte" da parte dell'utente) a quelli via via più approfonditi, eventualmente guidati da quiz, che sondano le competenze dell'utente e quindi scelgono un certo grado di approfondimento e/o lo indirizzano verso tematiche alle quali si ritiene sia più interessato. Il visitatore generico può desiderare di ottenere stampe di informazioni di sintesi in funzione delle scelte da lui fatte nel corso della presentazione, quindi personalizzate e di conseguenza più interessanti di opuscoli prestampati.

- *Scolaresca o gruppo*

In questo caso rimangono le stesse caratteristiche del visitatore generico, in quanto il singolo alunno dovrebbe avere la possibilità di interagire individualmente secondo le proprie esigenze con i percorsi ipertestuali, preventivamente concordati tra gli esperti del museo e gli insegnanti accompagnatori. Tale attività individuale potrebbe essere svolta attraverso le stesse postazioni riservate ai visitatori generici. Nel caso di scolaresche o gruppi si deve inoltre prevedere anche un'attività di gruppo, che potrebbe essere o preparatoria alla visita o di sintesi delle conoscenze e delle abilità acquisite durante la visita stessa. Tale momento richiede una presentazione collettiva dei temi, per la quale si può prevedere una scarsa interazione, eventualmente gestita dal coordinatore del gruppo. Si tratta quindi di una presentazione più simile ad un

filmato preconfezionato su determinati percorsi ideati e preparati dagli esperti del Museo.

- *Visitatore studioso*

A differenza dell'utente generico non ha bisogno di una presentazione coinvolgente, ma ha necessità di risposte a domande anche molto approfondite, domande da poter formulare in modo intuitivo perché non è detto che tale utente abbia esperienza informatica; in questo caso si potrebbe prevedere una postazione meno "protetta", la cui visibilità del patrimonio culturale del museo sia globale, con modalità di accesso sofisticate e quindi dotata anche di tastiera per poter formulare domande complesse.

- *Allestitore*

Deve poter estendere il patrimonio culturale disponibile con nuove informazioni e documenti di diversa natura (immagini, sequenze filmate, sequenze sonore, animazioni, ecc.). Deve inoltre poter creare nuovi documenti ipertestuali o modificare quelli già esistenti per rendere disponibili nuovi itinerari con particolare valore didattico all'interno del patrimonio informativo del Museo. Ha necessità quindi di strumenti "aperti" (in grado di modificare i dati contenuti) e creativi, oltre che di un corso di formazione per poterli utilizzare al meglio.

2.2. Le modalità di accesso

Le modalità di accesso alla documentazione sono strettamente collegate alle varie tipologie di utenza individuate. Per ottenere un alto grado di adattabilità del sistema, si ritiene necessario disporre di postazioni di lavoro configurabili in modo da offrire possibilità differenziate di fruizione delle informazioni. In particolare si identificano le seguenti diverse modalità di accesso.

- Accesso da parte di singoli visitatori ad un percorso dedicato al tema trattato in una precisa area espositiva.

In questo caso l'utente deve avere possibilità di visione contemporanea sia dell'area espositiva sia dei percorsi ipermediali che la riguardano, la postazione di lavoro sarà quindi fisicamente adiacente all'area espositiva e le possibilità di navigazione all'interno dei dati saranno limitate e consentiranno di realizzare analisi e collegamenti logici strettamente correlati al tema trattato. Tenendo presente che la possibile inesperienza del singolo visitatore può essere pericolosa per le postazioni informatiche, queste dovranno essere il più possibile "chiuse", cioè con pochi dispositivi d'interazione, quali ad esempio mouse, touch screen o trackball. La necessità di ottenere stampe dei documenti selezionati dal visitatore stesso implica la

presenza di una stampante in linea e l'impiego di meccanismi per imporre un limite sul numero massimo di stampe possibili per ogni sessione di lavoro.

- Accesso da parte di gruppi o scolaresche a percorsi didattici.

Questa modalità di accesso richiede la disponibilità di una sala idonea ad ospitare gruppi di persone e la presenza di attrezzature adeguate per la visualizzazione, quali ad esempio uno schermo gigante ed un videoproiettore collegato ad una stazione di lavoro. Questa deve dare accesso ai percorsi didattici preparati dagli esperti del Museo, che possono prevedere diversi gradi di interattività, eventualmente anche nulla, nel qual caso il gruppo assiste semplicemente alla visione di un documentario. In ogni caso l'interazione col sistema viene riservata allo studioso che ha funzione di accompagnatore del gruppo.

- Accesso da parte di studiosi all'intero patrimonio informativo presente.

Alcune postazioni metteranno a disposizione meccanismi di accesso all'informazione e di interazione con il sistema più completi. Da tali postazioni si avrà totale visibilità dei documenti e dei percorsi ipermediali accessibili con i meccanismi della navigazione ipertestuale. Si potrà inoltre accedere anche ai documenti e alle informazioni memorizzati su specifiche basi di dati, non raggiungibili attraverso i percorsi ipertestuali. L'accesso a tali dati potrà avvenire attraverso le modalità offerte dalla specifica base di dati utilizzata, oppure attraverso strumenti che offrano possibilità di approfondimenti, di ricerca e di verifica di correlazioni tra entità legate da opportuni criteri di affinità. Anche in questo caso devono essere previsti degli spazi riservati sia per impedire l'accesso al visitatore generico sia per creare un ambiente in cui gli studiosi possano compiere con tranquillità le loro ricerche.

- Estensione della documentazione del sistema da parte degli allestitori.

Questo è l'accesso che non ha alcun tipo di restrizione sulle operazioni effettuabili e sulla visibilità dei dati, gli allestitori infatti devono poter inserire, aggiornare, cancellare i documenti multimediali, devono poter programmare o modificare percorsi didattici all'interno dei dati, devono poter ricercare all'interno della documentazione già presente nel sistema, sfruttando le stesse modalità di interrogazione offerte all'utente studioso precedentemente descritte. Per questo tipo di postazione deve essere allestita una sala opportunamente attrezzata con i dispositivi per l'acquisizione di immagini, di filmati video e di sequenze sonore. La postazione deve essere inoltre dotata di sofisticati strumenti software per la generazione di modelli tridimensionali, la produzione di animazioni e la gestione efficiente dell'enorme quantità di informazione prodotta.

2.3. Analisi dei dati

Nell'analisi del sistema assume importanza fondamentale il tipo di informazione che si vuole fornire all'utente ed il tipo di documento da cui questa informazione dovrà essere ricavata. Infatti questi elementi influenzano in modo rilevante alcuni aspetti dell'architettura che verrà proposta nella sezione 5, quali ad esempio le caratteristiche delle stazioni che verranno adibite alla acquisizione dei dati e la necessità di particolari supporti di memorizzazione di massa.

Di seguito viene riportato un elenco dei tipi di dato che in questa prima fase di analisi sono stati ritenuti indispensabili per la rappresentazione delle diverse fonti informative. Vengono anche citati alcuni dei formati digitali più idonei alla loro rappresentazione interna. In ogni caso i formati digitali trattati dal sistema verranno definiti durante l'implementazione. Essi dovranno essere scelti tra gli standard internazionali disponibili e garantire una ampia trasportabilità e possibilità di utilizzo tra piattaforme diverse.

2.3.1. Testo

È il tipo di dato più comune per rappresentare l'informazione. Viene da anni utilizzato nei sistemi di elaborazione e, per trattarlo, sono disponibili software molto vari (*elaboratori di testo*), commerciali e di pubblico dominio. Il formato più semplice e standard per rappresentarlo è il codice *ASCII*, che, pur avendo lo svantaggio di non consentire la codifica degli attributi del testo, come la dimensione del carattere, il tipo di font, la spaziatura delle linee, ecc., è l'unico che garantisce la trasportabilità tra piattaforme diverse. Questo tipo di dato può essere prodotto attraverso l'introduzione diretta da tastiera oppure mediante l'acquisizione di documenti stampati preesistenti.

2.3.2. Iper testo

Viene utilizzato internamente al sistema per rappresentare un testo che non ha il vincolo di essere lineare. Un ipertesto infatti contiene collegamenti ad altri testi o ad altri documenti multimediali. Tali collegamenti, se attivati, permettono all'utente di accedere immediatamente ai documenti corrispondenti, dando origine così ad un metodo di lettura e di consultazione che viene comunemente denominato navigazione ipertestuale.

Questo tipo di dato è forse il più importante, in quanto permette di costruire la struttura di connessione di tutte le informazioni che devono essere rese accessibili. Attualmente esistono diversi formati proprietari per la rappresentazione interna di un ipertesto, che non consentono la costruzione di un sistema ipermediale aperto. L'unico formato che riceve sostegno dall'intera

comunità scientifica e garantisce l'accessibilità agli ipertesti, indipendentemente dalla stazione utilizzata e dalla sua dislocazione fisica, è il formato *HTML*. Si prevede quindi l'utilizzo di *HTML* o di sue future estensioni prodotte dalla comunità scientifica (come *HTML+*, in fase di definizione) o costruite ad hoc.

2.3.3. Sequenze audio

La disponibilità e il basso costo di dispositivi per la gestione del sonoro ha dato un grande impulso all'utilizzo di questo ulteriore canale di comunicazione tra uomo e macchina. Riteniamo importante l'impiego di queste tecnologie anche in alcune situazioni tipiche della realtà museale: la registrazione e la possibilità di ascoltare i suoni prodotti dagli animali, ad esempio, potrebbe arricchirne le schede informative; messaggi di aiuto per l'utente potrebbero essere inseriti nel sistema per facilitarne l'uso.

I segnali sonori utilizzabili possono essere prodotti da fonti diverse (registratori audio, lettori di CD audio, microfoni, ecc.) ed hanno frequenze nell'intervallo 20 Hz - 20 KHz (frequenze udibili dall'uomo). Esistono molti formati per rappresentare dati sonori legati a piattaforme diverse, come ad esempio il formato *WAVE*, utilizzato in ambiente Windows, e il formato *AIFF*, utilizzato in ambiente Macintosh. Un interessante formato di interscambio è descritto nella proposta di standard *Internet MIME*, che descrive una famiglia di codifiche di trasporto per la posta elettronica multimediale. Tale formato verrà valutato in relazione alla sua dichiarata estendibilità e alla disponibilità di software e hardware per la sua gestione.

2.3.4. Dati vettoriali

Rientrano in questa categoria le informazioni costituite da elementi geometrici, quali punti, linee rette e curve, poligoni, solidi, ecc.. Sono prodotti dall'acquisizione di schemi, di piante, di mappe, di carte geografiche e dall'acquisizione o creazione di disegni geometrici, elementi indiscutibilmente utili per rappresentare alcuni tipi di informazione. Generalmente con questo tipo di dato si rappresentano anche i modelli geometrici tridimensionali realizzabili con i pacchetti di CAD tridimensionale. Esistono diversi formati di interscambio, tra cui il noto formato *DXF*, che possono essere utilizzati per la rappresentazione interna o per le funzioni di importazione ed esportazione di questo genere di dati.

2.3.5. Immagini

Rappresentano indubbiamente uno dei mezzi più potenti per trasferire informazioni e probabilmente costituiranno la maggior parte del patrimonio informativo depositato nel sistema.

Le immagini possono essere acquisite a partire da diversi tipi di materiale documentario: disegni, riproduzioni, fotografie, diapositive. Inoltre, con l'impiego integrato degli ambienti software di *modellazione solida* e di *rendering*, possono essere create immagini di sintesi, le cui peculiarità e modalità di rappresentazione sono descritte nel paragrafo sulle animazioni.

I formati disponibili per questo tipo di dato sono innumerevoli e molti di questi sono ampiamente diffusi. Al fine dell'utilizzo di uno o più di tali formati, sono determinanti alcune caratteristiche:

- la compatibilità con diverse piattaforme hardware, che è determinata dall'esistenza di software idoneo alla gestione e alla visualizzazione sulle diverse tipologie di stazioni ipotizzate nel sistema (Mac, Windows, UNIX);
- il numero massimo di colori rappresentabili nella stessa immagine, che è strettamente legato al grado di fedeltà con cui l'immagine può essere riprodotta e che è estremamente importante per questo tipo di applicazione: un numero troppo basso di colori, infatti, potrebbe generare la comparsa di strutture non esistenti nell'originale o altri fenomeni, come quello dei *falsi contorni*, che non sono accettabili in quelle situazioni dove è necessaria un'alta fedeltà di riproduzione;
- la disponibilità di metodi di compressione efficienti e di metodi di decompressione possibilmente software, indipendenti dalla piattaforma e veloci.

I formati che appaiono più promettenti, anche in considerazione della possibilità di essere utilizzati in abbinamento al linguaggio HTML, sono:

- il formato *GIF*, che è fortemente compresso per minimizzare il tempo di trasmissione in rete; tale formato, pur essendo limitato ad un massimo di 256 colori per pixel, ha il vantaggio di poter essere inserito direttamente all'interno di un documento HTML;
- il formato *TIFF*, molto versatile e diffuso, che è utilizzato per trasferire documenti tra applicazioni e piattaforme diverse e che permette di rappresentare oltre 16 milioni di colori;
- il formato *JPEG*, che, permettendo di ottenere fattori di compressione molto alti con tecniche non reversibili, potrebbe essere utile in quei casi dove l'eventuale perdita di informazione non pregiudichi la corretta interpretazione dell'immagine;
- il formato *PhotoCD*, sviluppato da Kodak per il riversamento di immagini fotografiche su CD-ROM: data l'estrema durata nel tempo, l'alta definizione delle immagini e la semplicità di archiviazione garantite da tale supporto si ritiene indispensabile prevedere la gestione di tale formato, almeno per quanto riguarda le funzioni di lettura e di conversione.

2.3.6. Sequenze video

Da alcuni anni stiamo assistendo alla integrazione sempre più spinta delle tecnologie televisiva e informatica. Tale sinergia risulta estremamente efficace per la descrizione di molti fenomeni in particolare nell'ambito delle scienze naturali, fenomeni quali il tipo di movimento caratteristico e gli atteggiamenti comportamentali di una specie animale, l'andamento delle maree, la crescita di una specie vegetale, ecc..

Il potere espressivo di questo tipo di dato è determinato dall'enorme contenuto informativo che lo caratterizza: una sequenza video è costituita da 25 frame/sec, e ogni frame è paragonabile ad un'immagine di media risoluzione, ciò equivale ad una banda di circa 25 Mbyte/sec. Data questa caratteristica e la necessità di visualizzazione in tempo reale, l'utilizzo di sequenze video è subordinato all'impiego di sofisticate tecniche di compressione. Tali tecniche sono tuttora oggetto di studio e di ricerca e dovranno quindi essere analizzate con attenzione durante lo svolgimento del progetto. Esiste ad esempio lo standard internazionale *MPEG*, definito in ambito ISO, il quale, pur essendo indipendente dalla piattaforma nella fase di decompressione e visualizzazione, richiede tuttavia attrezzature molto costose nella fase di compressione del segnale video. In alternativa potrebbe risultare interessante ed economico l'utilizzo di metodologie software, che non richiedano l'impiego di hardware specializzato né in fase di compressione né in quella di decompressione. A tal proposito si può citare l'ambiente *Quicktime*, sviluppato da Apple per le piattaforme Macintosh, ed oggi utilizzabile anche su piattaforme Windows. Quicktime costituisce un'estensione del sistema operativo e permette l'acquisizione e la compressione del segnale video in tempo reale (a bassa risoluzione temporale e spaziale, 10-12 frame/sec di 320x240 pixel). Lo stesso ambiente permette la successiva decompressione e visualizzazione dei filmati compressi ed è prevista per le prossime versioni anche la possibilità di interpretare i filmati in formato *MPEG*.

2.3.7. Animazioni

Anche le animazioni costituiscono un mezzo di notevole importanza, ben adeguato a descrivere e schematizzare fenomeni naturali e non, altrimenti difficilmente comprensibili. Le animazioni possono essere specificate da una successione di frame, ognuno dei quali è una immagine di sintesi eventualmente ottenuta da un modello astratto della scena. Il modello della scena è generalmente costituito da una base di dati molto complessa, che rappresenta gli elementi caratterizzanti la scena stessa: oggetti, punti di illuminazione e cineprese. Gli oggetti e le luci sono specificate da proprietà geometriche (forma, dimensioni, posizione, orientamento) e da proprietà che ne caratterizzano l'apparenza (materiali e proprietà ottiche delle superfici), mentre le cineprese sono descritte in termini di posizione, orientamento, diaframma e lunghezza focale. Generalmente gli ambienti software che permettono di generare e gestire le proprietà

geometriche degli oggetti vengono denominati *modellatori solidi*, mentre quelli che permettono di generare e gestire le proprietà che determinano le apparenze degli oggetti vengono denominati *renderer*.

La rappresentazione di un'animazione potrebbe quindi essere data dalla descrizione di una scena unita alla specifica dei movimenti degli oggetti che si devono spostare e alla specifica del movimento della cinepresa che effettua la ripresa. I movimenti sono rappresentati dalla descrizione analitica della curva che descrive la traiettoria, dalle proprietà del movimento lungo la traiettoria (velocità, accelerazione, rotazioni) e dalla specifica dei movimenti delle parti di oggetti articolati e/o deformabili. Come si intuisce la rappresentazione di questo tipo di dato è molto complessa ed è tuttora oggetto di studio. Riconoscendo comunque l'importanza delle animazioni come strumento di comunicazione per la loro immediatezza ed efficacia, si suggerisce di prevederne l'impiego e di valutare la disponibilità di formati standard adeguati alla loro rappresentazione durante la fase di analisi delle soluzioni tecniche.

3. Descrizione funzionale

In questa sezione vengono descritte in dettaglio le funzionalità che il sistema deve offrire al fine di soddisfare i requisiti che sono stati evidenziati nella sezione precedente.

3.1. Inserimento dati

Con tale termine si indica la trasformazione dei documenti originali in formato cartaceo, fotografico, magnetico audio o video, ecc., in formato digitale atto ad essere memorizzato e ulteriormente trattato e gestito con gli strumenti informatici. Dalla specifica esigenza, evidenziata nei requisiti, di dover trattare dati di varia natura, si determinano le funzionalità sotto descritte.

- Acquisizione di documenti stampati, riconoscimento del testo e conversione in formato ASCII, con funzioni che permettano:
 - il riconoscimento di font standard di diverse dimensioni,
 - il riconoscimento di modulistica standard,
 - il riconoscimento del testo su più colonne,
 - la separazione del testo dalla grafica.
- Acquisizione di sequenze audio, prodotte da varie sorgenti sonore, quali microfoni, riproduttori di CD-audio, di nastri magnetici, di nastri DAT; sono richieste le seguenti caratteristiche:
 - ingressi stereo per le sorgenti citate,
 - banda minima 20 Hz - 20 KHz,
 - bit di campionamento non inferiori a 16,
 - possibilità di compressione dei dati.
- Acquisizione di dati vettoriali mediante tavoletta digitalizzatrice, le cui caratteristiche siano:
 - area di digitalizzazione non inferiore al formato A3,
 - risoluzione non inferiore a 2000 linee per pollice,
 - precisione non superiore a 0,25 mm,
 - possibilità di penna a pressione variabile.
- Acquisizione di immagini per riflessione (foto, stampe, disegni) e per trasparenza (lucidi, diapositive), caratterizzata da:
 - area di lettura non inferiore al formato A4,

- possibilità di variare la risoluzione ottica fino ad un valore massimo non inferiore a 800 dpi,
- possibilità di variare il numero livelli di colore riconosciuti fino ad un valore massimo non inferiore a 16,7 milioni (che corrisponde a 24 bit/pixel).
- Acquisizione di sequenze video, prodotte da varie sorgenti, quali videoregistratori, videocamere, televisori; sono richieste le seguenti caratteristiche:
 - ingressi compatibili con i segnali videocomposito e Svideo,
 - acquisizione, compressione e memorizzazione su supporto magnetico in tempo reale,
 - possibilità di scegliere il fattore di compressione o, in alternativa, la risoluzione dei frame.

3.2. Elaborazione dei dati

Il sistema deve permettere di trattare i documenti digitali precedentemente acquisiti nei vari formati previsti e di crearne di nuovi. Il tipo di elaborazioni che possono essere compiute variano in funzione del tipo di dato. Di seguito vengono descritte queste funzionalità e gli ambienti software che le rendono disponibili.

Elaborazione testi

Gli ambienti per trattare i testi sono oggi ben consolidati e molto conosciuti, non solo all'interno delle realtà aziendali, ma anche in ambito domestico. Le funzionalità offerte dai prodotti commerciali sono più che adeguate alle esigenze specifiche del sistema museale. La scelta di un pacchetto quindi non risulta particolarmente critica e potrebbe essere subordinata alla possibilità di estenderne le funzionalità e all'esistenza di precedenti esperienze da parte del personale addetto al sistema.

Creazione ed elaborazione di ipertesti

La creazione e la successiva elaborazione di un ipertesto dovrebbero essere realizzabili con strumenti dotati di interfacce intuitive e molto semplici da usare. In pratica l'utente dovrebbe avere funzionalità simili a quelle offerte dagli elaboratori di testo (gestione degli stili, formattazione automatica di elenchi, inserimento di elementi grafici, ecc.), possibilmente attraverso la stessa interfaccia, che è a lui già nota. Inoltre dovrebbero essere disponibili i meccanismi tipici per la creazione degli ipertesti, quali:

- l'inserimento dei collegamenti tra documenti,

- la disponibilità di oggetti complessi predefiniti (campi per inserimento di testo, aree multilinea per inserimento di testo, bottoni, menu di opzioni, liste con barre di scorrimento, ecc.),
- la generazione di effetti speciali di transizione da un documento ad un altro,
- l'anteprima di visualizzazione.

Inoltre gli ipertesti generati dovrebbero poter essere distribuiti ed accessibili via rete e garantire l'indipendenza dalla piattaforma hardware utilizzata per la consultazione.

Elaborazione di sequenze audio

Questo tipo di operazione permette di intervenire e apportare modifiche alle sequenze audio precedentemente acquisite. Una funzione indispensabile, ad esempio, è la possibilità di ascoltare il sonoro digitalizzato, che permette di capire se il dato è stato campionato in modo idoneo o di verificare se una elaborazione ha fornito il risultato desiderato. Di seguito diamo un elenco di altre funzionalità che si rivelano particolarmente utili per adattare i dati sonori a specifiche esigenze:

- modifica del livello sonoro e dei toni,
- conversione da segnale stereo a segnale mono,
- operazioni di filtraggio,
- possibilità di ricampionamento temporale del segnale,
- funzioni di dissolvenza in apertura e in chiusura,
- operazioni di mixing tra più sequenze sonore.

Creazione ed elaborazione di dati vettoriali bidimensionali

Oltre alla possibilità di acquisire informazioni di tipo vettoriale dal mondo esterno attraverso la tavoletta digitalizzatrice, deve essere prevista la possibilità di creare disegni schematici bidimensionali all'interno di ambienti software idonei. Le funzionalità di questi ambienti sono un sottoinsieme di quelle disponibili nei modellatori 3D (vedi sotto), che quindi possono essere utilizzati in loro sostituzione. Anche in questo caso le funzionalità offerte dai prodotti commerciali sono adeguate alle esigenze previste. In particolare dovrebbero essere presenti alcune funzionalità specifiche che potrebbero essere utili per la sintesi di nuovi dati a partire da quelli esistenti:

- possibilità di sovrapposizione di strati diversi di dati vettoriali;
- conversione *vettoriale-raster*, che consiste nella trasformazione di mappe vettoriali in immagini codificate in uno dei formati previsti; questa trasformazione dovrebbe

permettere di selezionare il campionamento spaziale adeguato per ottenere la risoluzione e le dimensioni desiderate nell'immagine finale;

- conversione *raster-vettoriale*, che consiste nell'operazione inversa alla precedente, cioè nella trasformazione di immagini in mappe vettoriali; questa trasformazione può essere compiuta solo su immagini che rappresentano disegni schematici e viene generalmente effettuata in modo semiautomatico, cioè richiede l'intervento umano per produrre il dato vettoriale corretto.

Creazione ed elaborazione di modelli geometrici tridimensionali

I modelli geometrici tridimensionali vengono generalmente utilizzati nella progettazione di elementi fisici, quali un componente meccanico, un circuito elettronico, una struttura o un elemento architettonico. Nella realtà museale questi strumenti verranno impiegati anche per la costruzione di modelli di scenari virtuali, che potranno essere utilizzati, nella loro forma originale, per descrivere schematicamente fenomeni naturali complessi, o più probabilmente potranno essere elaborati per generare rappresentazioni fotorealistiche dello scenario virtuale o animazioni all'interno dello stesso. Le funzionalità richieste sono quelle tipiche dei sistemi CAD 3D disponibili in commercio. E' comunque indispensabile prevedere la possibilità di estendere l'ambiente di modellazione, qualora si rendano necessarie nuove funzioni in esso non previste. Quindi l'apertura e la programmabilità del sistema CAD è un requisito essenziale.

Elaborazione di immagini

Questa funzionalità permetterà di elaborare e modificare sia le immagini acquisite da materiale documentario, sia le immagini di sintesi generate con le applicazioni di rendering (vedi sotto). Esistono diverse categorie di operazioni effettuabili e spesso i prodotti commerciali presentano qualche grado di specializzazione, risultando incompleti per quanto riguarda le funzionalità offerte. Tenendo presente che esistono anche ottimi prodotti di pubblico dominio, come ad esempio il prodotto *xv* per piattaforme UNIX, si dovranno selezionare uno o più ambienti di elaborazione di immagine, che siano in grado di coprire le funzionalità di seguito specificate:

- operazioni di fotoritocco,
- sovrapposizione di testi,
- sovrapposizione e miscelazione di più immagini,
- operazioni di modifica dei colori, attraverso manipolazioni delle LUT,
- operazioni di quantizzazione dei colori,
- operazioni di ricampionamento spaziale,

- compressione e conversione di formati.

Generazione di immagini fotorealistiche di sintesi

La generazione di immagini fotorealistiche viene effettuata con particolari ambienti software, denominati renderer. Le funzionalità offerte generalmente permettono di importare il modello 3D di una scena creato con un modellatore e di effettuare su questa le seguenti operazioni:

- definire le proprietà delle superfici degli oggetti (tipo di materiale, presenza di tessiture, coefficienti di riflessione, assorbimento e trasparenza),
- definire gli effetti luce,
- definire nuovi materiali,
- calcolare, in accordo ad uno dei modelli di illuminazione previsti, l'apparenza della scena osservata da un certo punto di vista.

Creazione ed elaborazione di sequenze filmate

Questo tipo di funzionalità dovrebbe permettere il montaggio digitale di film attraverso l'inserimento di frame singoli, di altri filmati e di colonne sonore e la successiva modifica ed elaborazione. Lo strumento dovrebbe anche consentire di elaborare una sequenza video acquisita dall'esterno o una animazione generata dal sistema. Le funzioni che possono risultare utili sono le seguenti:

- inserimento (nei formati tipici delle immagini), cancellazione, spostamento di singoli fotogrammi;
- inserimento di sequenze filmate già disponibili;
- ridimensionamento automatico dei fotogrammi inseriti (tutti i fotogrammi di un filmato devono avere la stessa dimensione);
- sovrapposizione di titoli;
- effetti di dissolvenza e/o di sovrapposizione di più sequenze;
- montaggio e sincronizzazione della traccia audio;
- funzione di previsualizzazione;
- funzioni di conversione di formati, di decompressione e di compressione.

Essendo necessariamente le sequenze video (e spesso anche le animazioni già disponibili) compresse con perdita di informazione, le operazioni di editing compiute su di esse generano un decadimento progressivo della qualità del filmato, poiché ogni volta devono essere effettuate le operazioni di decompressione e successiva "ri-compressione". In ogni caso l'ambiente di

elaborazione deve garantire tempi di risposta ragionevoli, pur operando su una mole di dati enorme e proporzionale alla lunghezza del filmato. Di conseguenza sono necessari sistemi hardware altamente performanti e dotati di alti quantitativi di memoria centrale e di memoria di massa.

3.3. Gestione dei dati

Considerata l'enorme mole dei dati memorizzati a regime sul sistema, è indispensabile rendere disponibili le funzionalità tipiche delle basi di dati, per facilitare l'organizzazione e il reperimento dell'informazione stessa. Gli ambienti per la gestione delle basi di dati consentono la catalogazione, il reperimento, l'aggiornamento, l'eliminazione dei dati. Nel sistema museale proposto, oltre a queste funzionalità, è fondamentale la capacità di gestire dati multimediali e di creare indici ad essi associati per l'accesso e la ricerca per mezzo di parole chiave.

3.4. Reperimento delle informazioni

E' la funzione più interessante per l'utente finale del sistema e come già detto più volte dovrà essere progettata e realizzata sulla base delle specifiche esigenze delle diverse classi di utenza.

I meccanismi di reperimento delle informazioni previsti sono i seguenti:

- la navigazione ipertestuale, che dovrà prevedere limitazioni sulla visibilità dei dati e percorsi personalizzati dipendenti dalla stazione di accesso utilizzata;
- interrogazioni e ricerche su basi di dati, effettuate in accordo alle modalità previste dalle specifiche basi di dati;
- ricerche a testo libero su più basi di dati contemporaneamente, attraverso uno strumento denominato *WAIS*: in questo caso il reperimento delle informazioni memorizzate su basi di dati diverse avviene attraverso un'interfaccia unica e intuitiva in modo trasparente per l'utente, cioè indipendentemente dalla specifica base di dati;
- navigazione su dati georeferenziati, che permettono di accedere ad informazioni differenziate in funzione delle aree o degli elementi geografici selezionati in una mappa.

Gli ultimi tre metodi, che sono quelli che richiedono maggior complessità di interazione con il sistema, sono riservati principalmente agli studiosi e agli esperti del Museo.

Le modalità di accesso alle informazioni descritte sono tra loro "ortogonali", cioè vengono condotte in modo autonomo le une dalle altre. Sarà, tuttavia, oggetto di studio la possibilità di

realizzare meccanismi intuitivi che consentano il libero passaggio da una modalità all'altra. Lo scopo di questa funzionalità è quello di assecondare le libere associazioni che la mente umana compie allorché incontra un elemento informativo stimolante. Si pone il problema di determinare quali siano le situazioni in cui questa operazione abbia senso logico e di studiare ed eventualmente limitare le associazioni possibili, per non compromettere la funzione didattica dell'esposizione e per non far perdere il contatto con il percorso che l'utente stava svolgendo. Si dovrà inoltre stabilire se e come consentire all'utente di ripercorrere i suoi passi e riprendere l'itinerario interrotto.

3.5. Funzioni di utilità

Analizziamo ora alcune funzionalità secondarie, ma che potrebbero dare un valore aggiunto al sistema e costituire un valido supporto per l'utente durante l'utilizzo dello stesso.

Come detto in precedenza si ritiene opportuno dare la possibilità al visitatore generico di stampare alcuni dei documenti attraverso i quali ha navigato. Tale funzionalità, di cui l'utente potrebbe abusare, deve essere opportunamente contenuta, ad esempio imponendo un limite al numero massimo di documenti stampabili durante la singola sessione di lavoro.

Un'altra funzionalità utile potrebbe consistere nella realizzazione del concetto di "segnalibro", cioè di un metodo che consenta all'utente di contrassegnare in qualche modo i documenti che ritiene più interessanti per una successiva rilettura. Tali documenti potrebbero essere raccolti automaticamente dal sistema all'interno di una struttura logica, che definiamo "scrivania" ed essere resi di nuovo analizzabili su specifica richiesta dell'utente stesso.

Infine, poiché l'utente può avvertire un senso di smarrimento durante la navigazione all'interno di ipertesti complessi, potrebbero essere studiati dei metodi che gli consentano di avere una visione più globale del percorso effettuato o di quelli effettuabili. Ad esempio, potrebbe essere costantemente resa visibile una chiara rappresentazione grafica del percorso, dalla radice dell'ipertesto al nodo attualmente visitato. Un'ulteriore possibilità potrebbe consistere nella visualizzazione, su specifica richiesta dell'utente, del grafo che rappresenta l'ipertesto in fase di esplorazione, con eventualmente evidenziati i nodi già visitati e la posizione attuale all'interno del grafo stesso.

4. Architettura del sistema

Come già evidenziato dall'analisi dei requisiti preliminari, i dati trattati dal sistema proposto sono dati non omogenei, di natura multimediale e ipertestuale, caratterizzati da una notevole occupazione di spazio di memorizzazione. I dati devono inoltre poter essere acceduti da postazioni differenziate in base alla collocazione spaziale e alle funzionalità offerte.

Una architettura basata su diverse stazioni indipendenti, su ognuna delle quali sono memorizzati tutti e soli i documenti ipertestuali e multimediali accessibili dalla postazione stessa è improponibile, sia per lo spreco di spazio di memorizzazione che per la sua scarsa flessibilità ed adattabilità.

L'architettura qui proposta, invece, modella il sistema come un insieme di stazioni collegate da una rete locale e interoperanti tra loro in accordo al *modello cliente-servente*. Tale modello si basa sulla presenza in rete di stazioni che offrono un servizio (*stazioni serventi*) e stazioni che possono fare richiesta di quel servizio (*stazioni clienti*). Nel sistema museale le stazioni sono così diversificate:

- *Stazioni Serventi,*

vi saranno memorizzati i documenti informativi multimediali e/o la struttura dei singoli percorsi ipertestuali progettati dagli allestitori; ospiteranno le componenti software responsabili della distribuzione via rete dei documenti alle Stazioni Clienti che ne fanno richiesta;

- *Stazioni Clienti,*

sono le stazioni sulle quali il visitatore, o l'allestitore, può operare per la fruizione delle informazioni di proprio interesse. Ciascun Cliente avrà una diversa visibilità dei percorsi ipertestuali e dei documenti multimediali, che sono comunque sempre memorizzati su una delle Stazioni Serventi.

L'architettura proposta offre un notevole risparmio di spazio di memorizzazione e permette di ottenere una buona elasticità dell'intero sistema. Infatti nuovi percorsi possono essere facilmente inseriti operando sui dati già presenti sulla Stazione Servente o inserendone di nuovi. Nuove Stazioni Clienti possono essere aggiunte in rete senza la necessità di dover riconfigurare quelle già connesse e in qualsiasi momento può essere ridefinita, per soddisfare esigenze espositive diverse, la corrispondenza tra una qualsiasi Stazione Cliente e il percorso ipermediale associato.

Come vedremo nel prossimo paragrafo, l'architettura del sistema museale distingue diversi tipi di Stazione Cliente e di Stazione Servente, a seconda dei documenti trattati e delle modalità di accesso ai documenti stessi.

Nell'architettura museale proposta vengono indicati vari tipi di componenti hardware e software. A tal proposito è opportuno ricordare che, a causa della rapida evoluzione tecnologica, spesso anche prodotti emergenti possono divenire obsoleti in tempi relativamente brevi. Questo provoca una variazione del mercato e un possibile conseguente cambiamento dei costi qui stimati. Inoltre, essendo la produzione prevalentemente statunitense, i prezzi sono legati al valore del dollaro e risentono delle fluttuazioni del mercato monetario. Risulta quindi evidente che i costi riportati nella presente sezione e in quella riassuntiva (sezione 7) sono puramente indicativi.

4.1. Tipologia e collocazione delle Stazioni

L'analisi dei requisiti ha individuato diverse tipologie di utenti, con diverse esigenze, competenze e soprattutto responsabilità.

Le stazioni costituenti il sistema sono state quindi diversificate a seconda di quali utenti vi avranno accesso. Per salvaguardare l'integrità dei dati e per migliorare la fruibilità delle stazioni stesse, si suggerisce di collocare queste ultime in locali differenziati, con diversi gradi di accessibilità.

L'architettura proposta (Fig. 1) distingue le stazioni presenti nel sistema in:

- una serie di *Stazioni Tematiche* ipertestuali, disseminate lungo il percorso espositivo del Museo, accessibili al pubblico senza alcuna limitazione;
- almeno una *Stazione degli Iper testi* collocata in una sala apposita, denominata nel seguito *Sala Gestione*, alla quale può accedere solo il personale preposto alla gestione del sistema informativo;
- una *Stazione di Acquisizione* collocata nella Sala Gestione;
- una *Stazione di Gestione*, anch'essa collocata nella Sala Gestione;
- almeno una *Stazione di Consultazione*, collocata in un apposito spazio denominato, nel seguito, *Sala Consultazione*, alla quale è possibile accedere previa autorizzazione concessa dal personale del Museo;
- alcune stazioni di *Gestione delle Basi di Dati*, a disposizione, ad esempio, del personale della Biblioteca o dei Conservatori; a queste stazioni quindi può accedere solo il personale preposto alla gestione del sistema informativo.

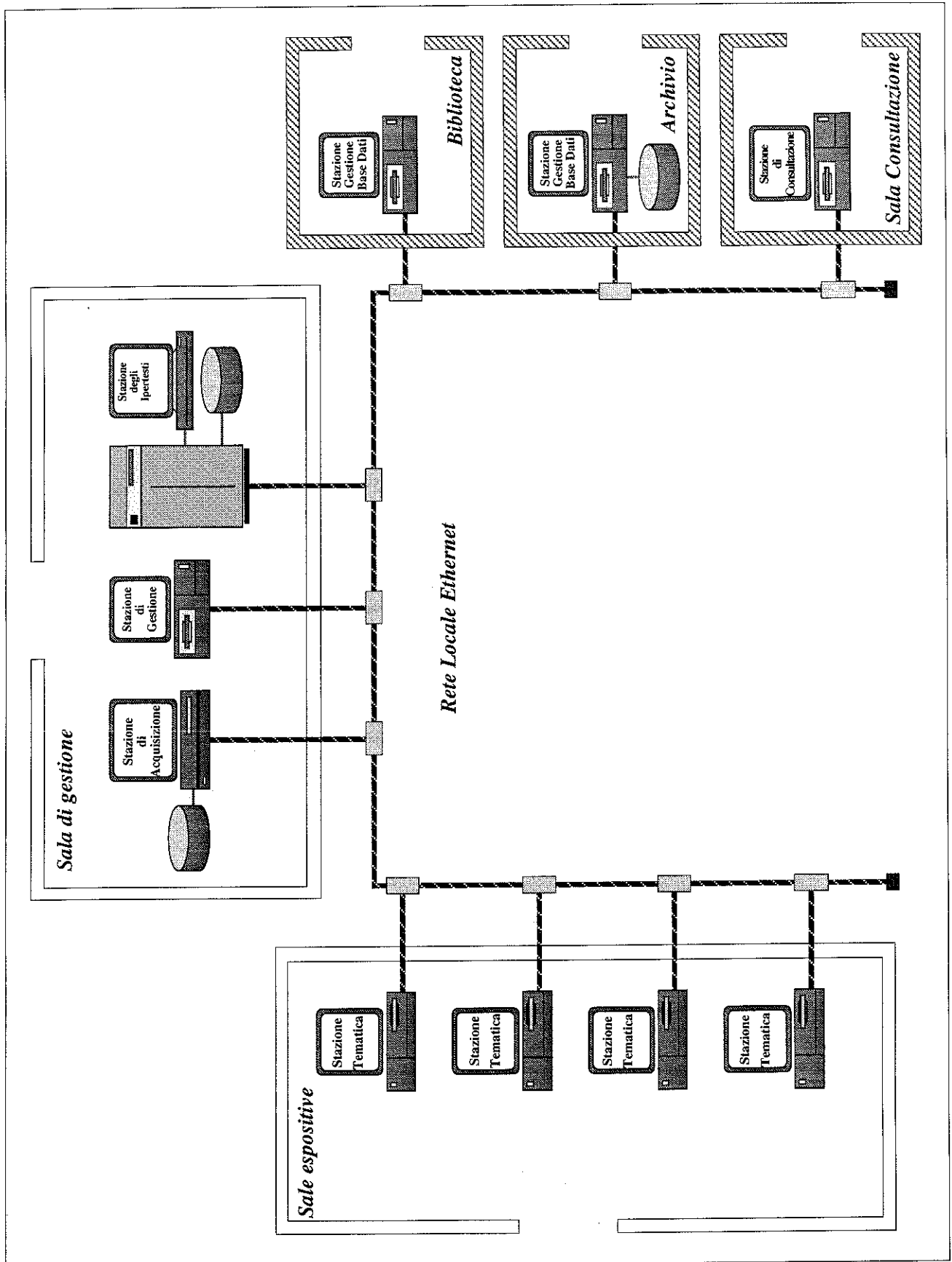


Figura 1 - Tipologia e collocazione delle stazioni

Tutte le stazioni precedentemente descritte sono collegate da una rete locale, discussa nel prossimo paragrafo.

4.2. Tipologia della Rete Locale

Fra i vari tipi di rete locale disponibili sul mercato, la rete locale definita dallo standard *IEEE 802.3*, conosciuta come *Ethernet*, è quella che meglio si adatta al sistema museale proposto in questo progetto. Tale rete è infatti piuttosto economica e garantisce buone caratteristiche in termini di velocità di trasmissione (10 Mbit/sec) e di robustezza. Un singolo segmento della rete Ethernet è vincolato da precisi limiti sulla lunghezza massima e sul numero di stazioni ad esso collegabili.

Come supporto fisico per questo tipo di rete può essere utilizzato:

- un normale *doppino telefonico*: in questo caso è necessaria la presenza di un dispositivo denominato *Hub*, cui vengono collegate tutte le stazioni della rete;
- un cavo coassiale *Thin Ethernet*: questo tipo di cavo, conforme allo standard *RG 58*, si presenta come un cavetto nero, piuttosto flessibile e di facile installazione; le sue caratteristiche lo rendono adatto ad una rete locale la cui topografia è soggetta a frequenti cambiamenti;
- un cavo coassiale *Thick Ethernet*: questo cavo, conforme allo standard *RG 11*, si presenta come un cavo giallo, piuttosto grosso e rigido, la sua installazione presuppone l'intervento di personale specializzato; una volta messa in opera la rete, è consigliabile non modificarne la topografia.

Nella tabella seguente vengono mostrate le principali caratteristiche dei mezzi trasmissivi. La lunghezza massima e il numero massimo di stazioni sono riferite ad un singolo segmento.

Mezzo trasmissivo	Lunghezza massima	Numero massimo di stazioni	Costo al metro in Lire
Doppino telefonico	100 metri	dipendente dallo Hub (16-30)	1000
Cavo RG 58	185 metri	30	1700
Cavo RG 11	500 metri	100	5700

Al costo del cavo vanno aggiunte le spese necessarie per collegare ciascuna stazione alla rete, riassunte nella seguente tabella.

Mezzo trasmissivo	Spesa per ciascuna stazione in Lire
Doppino telefonico	80.000
Cavo RG 58	1.000
Cavo RG 11	120.000

Qualunque sia la scelta del mezzo trasmissivo, ciascuna stazione dovrà essere anche dotata di una opportuna scheda di interfaccia per la connessione alla rete.

I limiti riportati per ciascun tipo di mezzo trasmissivo non pregiudicano l'estendibilità del sistema, in quanto una rete locale Ethernet può essere facilmente ampliata con l'inserimento di nuovi segmenti, operazione che può essere eseguita in qualsiasi momento e che richiede un particolare dispositivo, denominato *ripetitore*, tra ogni coppia di segmenti connessi. Il costo indicativo di un ripetitore è di 1.000.000 lire.

E' prevedibile che la lunghezza (185 metri) e il numero massimo di stazioni (30) consentiti dalle specifiche del cavo coassiale RG 58 siano sufficienti nella prima fase di attivazione e sperimentazione del sistema. In seguito è probabile che si renda necessaria l'introduzione di un ripetitore e di un secondo segmento per soddisfare completamente le esigenze del Museo Interattivo, che prevedono postazioni di lavoro in tutte le aree espositive e all'interno della stessa Villa Henderson. La scelta di questo mezzo trasmissivo faciliterà inoltre la modifica della topografia della rete, qualora, dopo la sua installazione, gli spazi espositivi vengano modificati.

4.3. Componenti Software del Sistema

Nel paragrafo 4.1 abbiamo evidenziato quali sono le diverse stazioni che compongono il sistema, senza però accennare minimamente a quali componenti software sono necessarie per rendere disponibili le funzionalità previste su ciascuna stazione.

In questo paragrafo quindi, descriveremo brevemente la ripartizione di tali componenti sulle varie stazioni (Fig. 2); nel prossimo paragrafo invece daremo una concisa descrizione di ogni componente software.

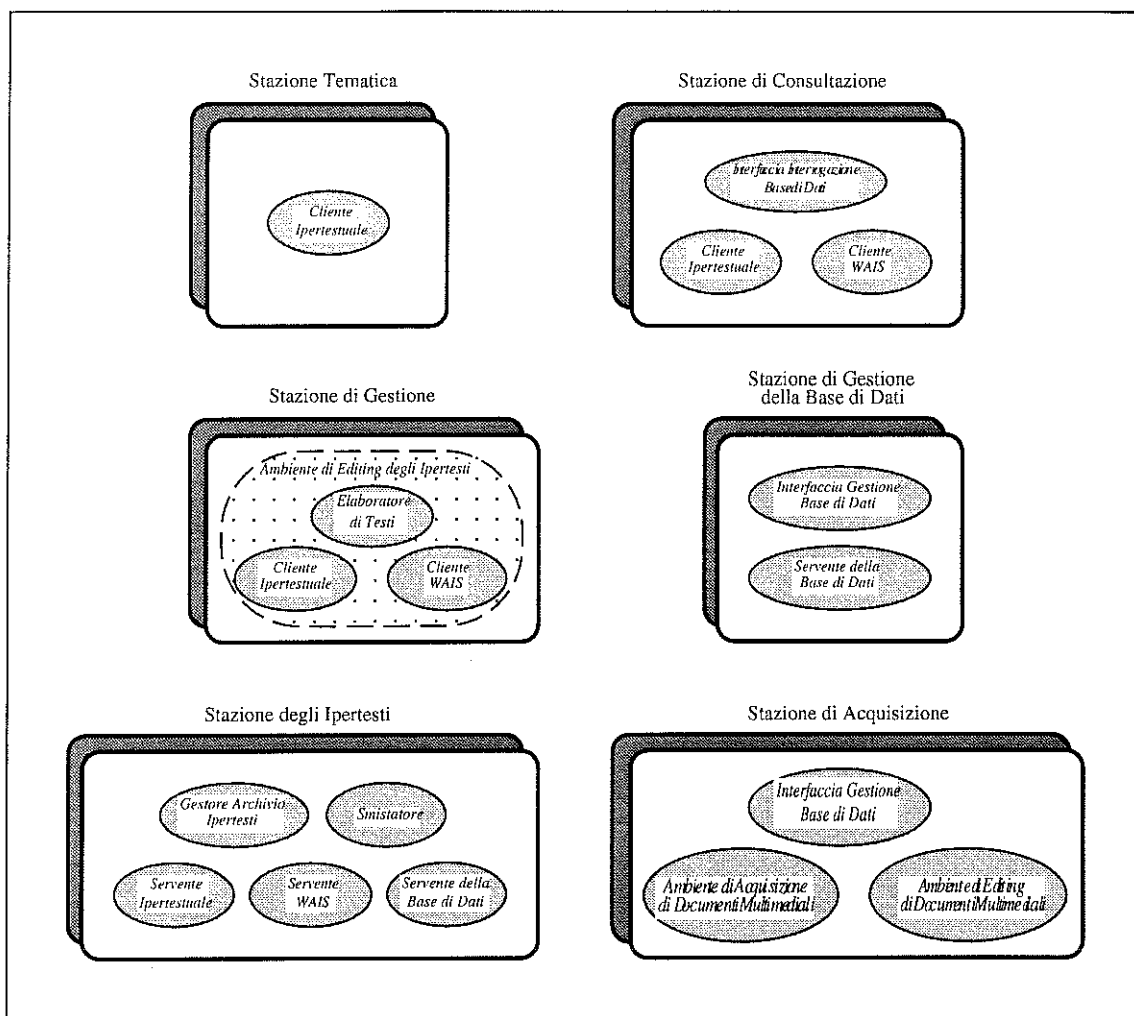


Figura 2 - Distribuzione delle componenti software

4.3.1. Stazione Tematica

Su tutte le Stazioni Tematiche è attivo il *Cliente Iperestuale*, che accede solo ai documenti ipertestuali relativi al settore espositivo cui la stazione è associata. Il *Cliente Iperestuale* sarà anche in grado su richiesta del visitatore di produrre stampe di sintesi sugli argomenti esaminati. Per meglio valutare l'interessamento del pubblico e la sua risposta ai vari percorsi, i *Clients Iperestuali* saranno in grado di tenere una traccia completa su disco delle loro attività.

4.3.2. Stazione degli Iperesti

Su tale stazione sono attivi:

- il *Servente Ipermediale*, che accede direttamente ai documenti ipertestuali memorizzati localmente e, attraverso lo *Smistatore* (descritto più avanti), ai documenti multimediali memorizzati nelle varie basi di dati;
- il *Servente WAIS*, che colloquia con le varie basi di dati attraverso lo *Smistatore*;
- lo *Smistatore*, in grado di interrogare le varie basi di dati presenti, ed eventualmente di convertire i documenti recuperati nel formato riconosciuto dal *Servente Ipermediale* e dal *Servente WAIS*;
- il *Gestore dell'Archivio dei documenti Ipermediale*, necessario per facilitare la gestione dei documenti stessi e per permetterne il recupero anche attraverso *WAIS*;
- eventualmente uno o più *Serventi delle Basi di Dati* che contengono i documenti multimediali.

4.3.3. *Stazione di Acquisizione*

Su tale stazione è prevista la presenza di alcuni ambienti che consentono, tramite opportuni dispositivi connessi alla stazione stessa (microfono, video-lettore, scanner, ecc.) di acquisire dati di varia natura come suoni, fotografie, filmati e di elaborarli successivamente. Questi ambienti non richiedono un alto grado di integrazione con le altre componenti software del sistema, in quanto creano e/o operano su singoli documenti, che una volta prodotti verranno probabilmente gestiti attraverso le Basi di Dati. Nella Fig. 2 sono stati chiamati genericamente *Ambiente di Acquisizione di Documenti Multimediali* e *Ambiente di Editing di Documenti Multimediali*. Una loro più precisa identificazione verrà fatta nel paragrafo **Stima delle Risorse Software**.

Eventualmente sarà anche presente l'interfaccia di gestione e modifica delle Basi di Dati, per permettere appunto la gestione dei documenti prodotti.

4.3.4. *Stazione di Gestione*

Su tale stazione è prevista la presenza di un ambiente che integri:

- un programma di elaborazione testuale, quale ad esempio Microsoft Word;
- un *Cliente WAIS*, attraverso il quale è possibile ricercare e recuperare documenti multimediali memorizzati nelle Basi di Dati;
- un *Cliente Ipermediale*, in grado di accedere a tutti i documenti Ipermediale del sistema;
- un programma in grado di generare documenti ipertestuali, che, integrando le funzionalità dei moduli già elencati, consenta all'utente di editare il testo con le

normali funzionalità di un elaboratore testuale, di ricercare uno o più documenti multimediali con il cliente WAIS, di inserire il riferimento ad un documento multimediale nell'ipertesto in fase di creazione, e di memorizzare quest'ultimo sulla Stazione degli Iper testi, attraverso il Gestore dell'Archivio dei Documenti Iper testuali; tale programma è denominato *Ambiente di Editing degli Iper testi* in Fig. 2.

4.3.5. Stazione di Consultazione

Sulla stazione di Consultazione sono presenti:

- un Cliente Iper testuale, in grado di accedere a tutti i documenti Iper testuali del sistema;
- un Cliente WAIS, mediante il quale è possibile ricercare e recuperare documenti multimediali memorizzati sulle Basi di Dati;
- uno o più clienti specifici che permettano di accedere in sola lettura alle Basi di Dati.

4.3.6. Stazione di Gestione delle Basi di Dati

Su ognuna di queste stazioni è attivo il sistema di interrogazione e modifica della Base di Dati usata. Inoltre potrà anche essere attivo il server della Base di Dati, nell'eventualità che questo non possa essere installato sulla Stazione degli Iper testi.

4.4. Struttura delle Componenti Software

In questo paragrafo vengono brevemente descritte le componenti software del sistema proposto e le loro relazioni. Queste sono indicate in Fig. 3 insieme ai protocolli che verranno impiegati.

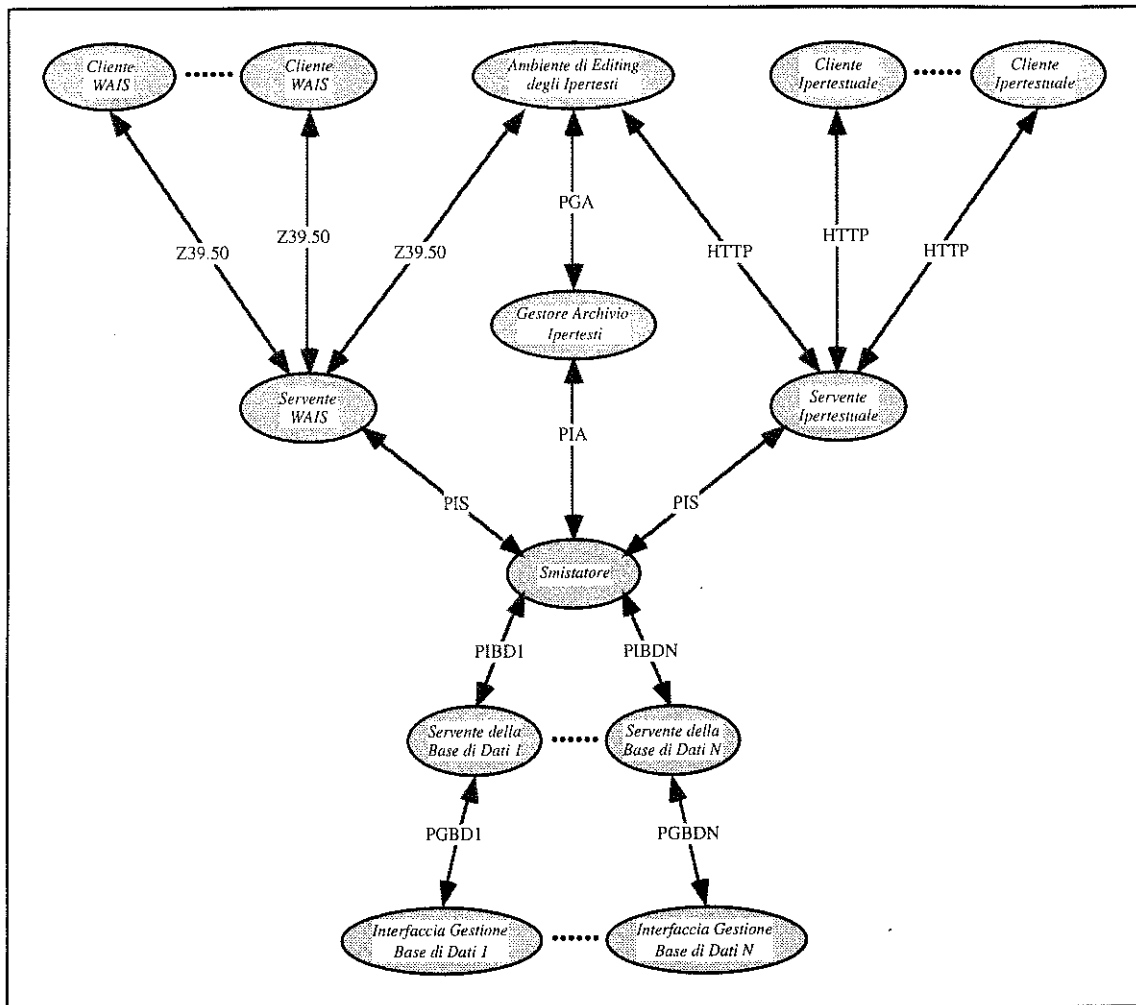


Figura 3 - Comunicazioni e relativi protocolli fra le componenti software

PIS	Protocollo Interfaccia Smitatore
PIA	Protocollo Interfaccia Archivio
PGA	Protocollo Gestione Archivio
PIBDN	Protocollo Interfaccia Base Dati N
PGBDN	Protocollo Gestione Base Dati N

Per ogni componente si specificherà anche se è disponibile come prodotto commerciale o di pubblico dominio, se può essere ottenuta adattando uno di questi, o se deve essere implementata ex novo.

4.4.1. Cliente Iperestuale

Questa componente deve avere una interfaccia utente la più semplice possibile ed in lingua italiana.

Il Cliente Iperestuale comunica sempre e solo con il Servente Iperestuale. Si pensa di utilizzare il protocollo *HTTP* per questa comunicazione, che è standard e ampiamente utilizzato

sulla rete Internet per lo scambio di documenti ipermediali. Il Cliente Iperestuale è anche in grado di tenere su disco la traccia delle attività svolte.

La sua implementazione sarà presumibilmente basata su un cliente iperestuale di pubblico dominio, quale, ad esempio *Mosaic*.

4.4.2. Servente Iperestuale

Questa componente è costituita da un servente iperestuale di pubblico dominio, ad esempio *WWW*. Esso sarà dapprima installato su un personal computer, poi presumibilmente portato sul sistema Unix.

Durante lo svolgimento del progetto verrà potenziato, per essere in grado di comunicare con lo Smistatore al fine di recuperare documenti multimediali memorizzati sulle Basi di Dati.

4.4.3. Cliente WAIS

Il Cliente WAIS, che comunica sempre e solo con il Servente WAIS, è in grado di visualizzare documenti testuali e multimediali; se possibile sarà ulteriormente potenziato, per poter sfogliare anche documenti iperestuali.

Questa componente sarà basata sulle librerie che implementano i protocolli *Z39.50* e *WAIS*, sviluppate presso il Consorzio Pisa Ricerche, nell'ambito del progetto *ABACO*.

4.4.4. Servente WAIS

Il Servente WAIS è in grado di gestire documenti multimediali ed eventualmente iperestuali, per recuperare i quali comunica sempre e solo con lo Smistatore.

Anche questa componente sarà basata sulle librerie sviluppate presso il Consorzio Pisa Ricerche.

4.4.5. Smistatore

Questa componente, su richiesta del Servente WAIS o del Servente Iperestuale, è in grado di interrogare e di richiedere documenti a tutte le Basi di Dati del sistema e al Gestore dell'Archivio degli Iperesti; ha quindi visione della distribuzione delle Basi di Dati sulle varie stazioni.

Poiché il formato dei documenti memorizzati sulle Basi di Dati potrà essere diverso dal formato riconosciuto dal Servente WAIS e dal Servente Iperestuale, lo Smistatore sarà in grado di fare le dovute conversioni di formato. Per garantire una buona efficienza si prevede di scomporre lo Smistatore in diverse sotto-componenti, ognuna delle quali è associata ad una delle Basi di Dati. Ciascuna sotto-componente sarà attivata sulla stazione dove risiede la corrispondente Base di Dati e sarà in grado di convertire solo il formato di tale Base di Dati.

Lo Smistatore è l'unico modulo che deve interagire con eventuali Basi di Dati ed è stato introdotto nell'architettura software per rendere le altre componenti indipendenti dalle specifiche modalità di interrogazione delle Basi di Dati stesse. Questo fatto rende più semplice l'introduzione di una nuova Base di Dati nel sistema: l'unica componente che deve essere aggiornata è proprio lo Smistatore, in modo che riesca a interrogare questa nuova Base di Dati e a interpretare e convertire i dati che essa fornisce.

Lo Smistatore deve essere implementato ex novo.

4.4.6. Gestore Archivio dei Documenti Iperestuali

Questa componente gestisce i documenti iperestuali, che potranno però essere sempre recuperati direttamente dal Servente Iperestuale.

Il Gestore dell'Archivio faciliterà la gestione, catalogazione e indicizzazione degli iperesti, mantenendo sempre visibile le relazioni gerarchiche fra gli stessi. Esso deve inoltre accettare interrogazioni dallo Smistatore e fornire a quest'ultimo i documenti iperestuali richiesti.

La sua implementazione utilizzerà possibilmente librerie già esistenti per la gestione di archivi indicizzati.

4.4.7. Ambiente di Editing degli Iperesti

Questa componente integra un ambiente per l'elaborazione di testi, quale ad esempio Microsoft Word, con un Cliente WAIS e con un sistema per la generazione di documenti iperestuali a partire da documenti testuali.

Piuttosto che creare una nuova interfaccia dalla quale invocare i suddetti ambienti, si cercherà di rendere disponibili all'utente il Generatore di Iperesti e il Cliente WAIS direttamente in uno dei menù dell'interfaccia dell'elaboratore di testi.

Presumibilmente ciò sarà possibile sfruttando le caratteristiche di flessibilità e adattabilità offerte oramai da molti ambienti di elaborazione di testi.

4.4.8. *Gestore Base di Dati*

Questo componente sarà sicuramente un prodotto di mercato. Nel caso si rendessero necessarie alcune modifiche del prodotto, queste saranno richieste direttamente al produttore.

4.4.9. *Ambienti di Acquisizione e di Elaborazione*

Anche queste componenti saranno molto probabilmente prodotti di mercato. Si prevede la necessità dei seguenti moduli, le cui caratteristiche sono ampiamente descritte nella sezione 3:

- un sistema *OCR*, per il riconoscimento di testo stampato;
- un ambiente per l'elaborazione di testi;
- un ambiente per l'acquisizione di segnali audio, generalmente fornito con l'hardware di acquisizione dei segnali audio;
- un editore di sequenze audio, generalmente fornito con l'hardware di acquisizione dei segnali audio;
- un ambiente per l'acquisizione di dati vettoriali, generalmente fornito con la tavoletta digitalizzatrice;
- un sistema per il disegno geometrico e a mano libera;
- un sistema per l'elaborazione di immagini, generalmente dotato anche del modulo per l'acquisizione da scanner;
- un ambiente per l'acquisizione di sequenze video, generalmente fornito con l'hardware di acquisizione dei segnali video;
- un sistema di modellazione solida;
- un sistema per il rendering;
- un sistema per la generazione di animazioni;
- un editore di sequenze filmate.

Particolarmente critica potrà essere la scelta delle ultime quattro componenti.

Oggi esistono prodotti commerciali molto sofisticati, che integrano diversi moduli grafici (come il modellatore solido, il renderer, il generatore e l'editore di animazioni). Si ritiene che tali prodotti non siano indicati per il sistema museale, poiché richiedono forti investimenti economici e piattaforme hardware molto potenti.

A più basso costo sono disponibili pacchetti che realizzano una sola funzione e che possono essere integrati mediante lo scambio di file in un qualche formato di interscambio: ad

esempio rientrano in questa categoria *Autocad* di *Autodesk*, uno dei primi sistemi CAD sviluppati, oggi molto conosciuto ed utilizzato, e l'ambiente di rendering *Renderman*, prodotto dalla *Pixar*, un sistema aperto e multiplatforma, ma che richiede personale particolarmente addestrato a causa della sua interfaccia orientata al programmatore.

Un'ultima alternativa è costituita da prodotti recentemente sviluppati per il mercato dei personal computer, come *3D Studio* di *Autodesk*, che pur presentando minore apertura ed estendibilità, integrano funzionalità di modellazione 3D, di rendering e di generazione di animazioni con prestazioni sufficienti per le esigenze dell'applicazione museale.

4.5. Stima delle Risorse Hardware

Di seguito vengono date le configurazioni minime per i diversi tipi di stazione previsti. Tali configurazioni sono da considerare indicative e suscettibili di variazione in funzione delle innovazioni tecnologiche e della disponibilità di nuove architetture al momento dell'effettiva esecuzione del progetto.

4.5.1. Stazioni Tematiche

Questo tipo di stazione dovrebbe offrire buone garanzie di robustezza, di facile installazione e manutenzione, e garantire un'alta qualità per quanto riguarda le funzioni di visualizzazione. E' necessaria quindi la presenza di una scheda grafica a migliaia (o milioni) di colori e di un monitor di dimensioni adeguate. Poiché il numero di tali stazioni è elevato, il costo dovrebbe essere contenuto, pur garantendo le caratteristiche elencate. Gli attuali personal computer, basati sia su tecnologia Macintosh che Intel, sembrano possedere i requisiti richiesti. Di seguito viene riportata la configurazione minima consigliata.

Piattaforma Hardware	Memoria RAM	Disco Fisso	Video	Floppy Disk 1.44 Mbytes	Scheda Ethernet
Macintosh o Intel	8 Mbytes	120 Mbytes SCSI	a colori 17"	Presente	Presente

La stazione, che non necessita di tastiera, dovrà essere dotata dei seguenti accessori:

Dispositivo	Costo in lire
scheda grafica a 24 bit con 2/3 Mbyte di memoria	400.000
trackball oppure touch-screen	300.000 2.200.000
stampante ad aghi oppure stampante laser	600.000 1.300.000

Il costo della stazione, che è determinato dal tipo di accessori di cui sarà corredata, è probabilmente compreso tra 7 e 9 milioni di lire.

4.5.2. Stazione Acquisizione

Questa stazione è destinata a funzioni che operano su dati complessi, come l'elaborazione di immagini, la compressione di filmati video, la produzione di modelli tridimensionali e la generazione di immagini sintetiche fotorealistiche. Tali funzionalità richiedono notevole potenza di calcolo, elevata disponibilità di memoria centrale e di memoria di massa, accesso rapido al disco, nonché un ottimo sistema di visualizzazione. Di seguito viene riportata la configurazione minima consigliata.

Piattaforma Hardware	Memoria RAM	Disco Fisso	Video	Floppy Disk 1.44 Mbytes	Scheda Ethernet
Macintosh serie AV	32 Mbytes	500 Mbytes SCSI	a colori 20" - 21"	Presente	Presente

La stazione di acquisizione dovrà essere dotata dei seguenti accessori (negli attuali sistemi Macintosh AV alcuni di questi sono forniti di serie):

Dispositivo	Costo in lire
scheda grafica a 24 bit con 2/3 Mbyte di memoria	fornito di serie
lettore di CD ROM	fornito di serie
scheda acquisizione segnale video	fornito di serie
scheda elaborazione segnali audio	fornito di serie
scanner da tavolo, formato A4, 16 milioni di colori, con acquisizione per riflessione e per trasparenza	5.000.000
tavoletta digitalizzatrice formato A3	3.000.000

Il costo della stazione di acquisizione completa degli accessori è valutabile in circa 30 milioni di lire.

4.5.3. Stazione degli Iper testi

La stazione degli ipertesti deve garantire ottime prestazioni per quanto riguarda gli accessi al disco fisso e alla rete locale. Lo spazio disco disponibile è valutato inizialmente in 500 Mbyte e deve poter essere esteso successivamente. Tale stazione deve inoltre essere estremamente affidabile, poiché tutte le funzionalità di accesso ipertestuale sono da essa dipendenti. E' auspicabile che in una successiva fase di ampliamento, le stazioni di tale tipo siano due perfettamente identiche e allineate in modo automatico sui dati. In caso di guasti o interventi di manutenzione, il servizio verrebbe ancora erogato dalla stazione funzionante. In considerazione delle funzioni critiche e centrali svolte da questa stazione, si ritiene opportuno utilizzare un sistema UNIX così configurato:

Piattaforma Hardware	Memoria RAM	Disco Fisso	Video	Floppy Disk 1.44 Mbytes	Scheda Ethernet
UNIX	32 Mbytes	500 Mbytes tempo di accesso < 8mS	mono cromatico	Presente e compatibile con dischi magneto-ottici 21 Mbytes	Presente

Si prevede inoltre la presenza di un lettore di CD, strumento oggi indispensabile su questa categoria di sistemi (si pensi, ad esempio, che il sistema operativo e spesso anche il software applicativo viene attualmente distribuito su CD-ROM). La stazione degli Iper testi dovrà essere dotata anche di un'unità di backup, che permetterà il salvataggio e la protezione di tutto il patrimonio informativo del sistema.

Dispositivo	Costo in lire
lettore di CD ROM	1.500.000
unità di Backup su DAT 2 - 4 Gbyte	6.000.000

Il costo della stazione degli ipertesti è stimato in circa 30 milioni di lire. Tale costo non include l'unità di backup, poiché nelle tabelle riassuntive della sezione **Costi Previsti** quest'ultima è inserita come elemento autonomo.

4.5.4. Stazione di Gestione - Stazione di Consultazione - Stazioni Gestione Basi di Dati

I requisiti per questi tre tipi di postazioni sono simili e paragonabili a quelli delle stazioni tematiche.

Piattaforma Hardware	Memoria RAM	Disco Fisso	Video	Floppy Disk 1.44 Mbytes	Scheda Ethernet
Macintosh o Intel	16 Mbytes	200 Mbytes SCSI	a colori 17"	Presente	Presente

E' auspicabile che ad una delle Stazioni Gestione Basi di Dati siano collegati uno o più juke box per la lettura di PhotoCD, che consentirebbe di avere in linea una fototeca facilmente consultabile.

Sulle stazioni ospitanti le Basi di Dati sarà necessario uno spazio di memorizzazione di diversi Gbyte, valutabile approssimativamente in 5-10 Gbyte. A tale scopo potranno essere utilizzati supporti di memorizzazione tradizionali, cioè i dischi magnetici di grossa capacità, o, in alternativa, soluzioni più affidabili ma più costose, come i *sistemi RAID*, i *dischi ottici WORM* o i *dischi ottici riscrivibili*. I sistemi RAID, ad esempio, offrono una elevata capacità di memorizzazione e una migliore sicurezza dei dati, ottenuta mediante l'impiego di meccanismi automatici per la ricostruzione dei dati in caso di malfunzionamenti. I dischi ottici riscrivibili, invece, hanno il vantaggio di una elevata densità di memorizzazione e di una lunga permanenza dei dati (superiore a 10 anni). I dischi ottici WORM hanno gli stessi vantaggi di quelli riscrivibili, ma non possono essere scritti più di una volta e quindi vengono impiegati in applicazioni di archiviazione di tipo storico o in applicazioni dove non è richiesta la modifica dei dati. Per ambedue le categorie di dischi ottici la removibilità delle cartucce ottiche permette inoltre di disporre di una illimitata capacità di memoria.

Le alternative presentate, o altre disponibili al momento della realizzazione del progetto, dovranno essere valutate in relazione ai loro costi effettivi e alle specifiche esigenze di memorizzazione legate alla realtà museale. In questo contesto valutiamo il costo della memoria di massa in circa 3 milioni di lire ogni Gbyte, ipotizzando l'utilizzo di supporti magnetici tradizionali.

Sulla rete locale sarà anche presente, utilizzabile da tutte le Stazioni, tranne che dalle Stazioni Tematiche una stampante a colori in grado di produrre stampe di buona qualità.

Nella tabella sono riassunti i dispositivi accessori descritti, con i prezzi stimati.

Dispositivo	Costo in lire
Juke Box per 6 PhotoCD	3.000.000
Memoria di massa 5 Gbyte	15.000.000
Stampante a colori formato A3, 300 dpi	12.000.000

Il costo di una singola stazione, priva dei dispositivi accessori, è stimato in circa 8 milioni di lire.

4.6. Stima delle Risorse Software

Il costo dei Sistemi Operativi e di alcune estensioni per la gestione dei dati multimediali è incluso nel prezzo delle macchine base.

Dove sarà possibile verranno utilizzate componenti software di pubblico dominio, che oltre ad avere costo molto basso o addirittura nullo, offrono caratteristiche di apertura e di compatibilità con gli standard internazionali. Si prevede che rientreranno in questa categoria il software di rete di basso livello, i moduli base con cui verranno realizzati il cliente e il server ipertestuale e i moduli base con cui verranno realizzati il cliente e il server WAIS.

Nella tabella seguente sono riassunte le componenti software, diverse da quelle precedentemente citate, che hanno quindi un costo non trascurabile.

Dispositivo	Costo in lire
Sistema OCR	3.500.000
Elaboratore di testi	1.000.000
Sistema per disegno geometrico e a mano libera	1.500.000
Sistema per l'acquisizione e l'elaborazione di immagini	2.500.000
Modellatore solido	10.000.000
Renderer e generatore di animazioni	7.000.000
Editore di sequenze filmate	3.500.000
Base di dati	6.000.000
Ambiente di sviluppo	1.500.000

5. Sviluppi futuri

Il sistema descritto è suscettibile di ulteriori sviluppi sotto diversi aspetti. La sua architettura è stata predisposta per rendere particolarmente semplice il futuro inserimento del sistema nell'ambito delle reti internazionali.

In particolare la rete Internet, nata in ambiente accademico, collega già migliaia di centri universitari e di ricerca di tutto il mondo e vedrà nei prossimi anni una progressiva apertura verso ambienti che le erano prima preclusi, come quelli aziendali, pubblici e, probabilmente in un futuro non troppo lontano, anche quelli domestici. Su tale rete sono da tempo funzionanti e sperimentati strumenti di navigazione che si basano sui protocolli HTTP, HTML, Z39.50, che sono gli stessi protocolli da noi suggeriti per la realizzazione del sistema museale. La quantità di informazione che è stata inserita in rete e che è accessibile con tali strumenti è vastissima, tanto da generare senso di smarrimento anche negli utenti più abituali.

Il collegamento del sistema museale ad Internet avrebbe effetti molto interessanti, in quanto da un lato renderebbe immediatamente disponibile il patrimonio informativo del Museo a tutta la comunità che ha accesso ad Internet, dall'altro permetterebbe agli esperti del Museo di poter attingere ad un volume di dati non calcolabile e di inestimabile valore per l'approntamento di nuovi percorsi ipertestuali.

Attualmente esistono alcune esperienze di altri musei nazionali ed internazionali, che stanno procedendo in tale direzione. University of California Museum of Paleontology, Natural History Museum of London, il Museo Archeologico Nazionale di Cagliari sono solo alcuni esempi di musei che hanno prodotto ed inserito in rete informazioni quali:

- informazioni pratiche, giorni ed orari di apertura, modalità per raggiungere il museo;
- mappe delle sale espositive;
- immagini di beni conservati presso il museo;
- exhibits.

Ulteriori sviluppi molto interessanti potrebbero essere sperimentati mediante l'impiego di tecniche basate sulla *realtà virtuale*. Questo settore appare molto promettente per le potenzialità di sviluppo delle metodologie per il trasferimento e l'acquisizione di conoscenze.

La realtà virtuale è tuttora campo di indagine e di ricerca; necessita di attrezzature non proponibili per i costi eccessivi e per la ancora scarsa stabilità della tecnologia relativa. Tuttavia nei prossimi anni essa potrebbe costituire un valido supporto per le finalità divulgative delle realtà museali. Anche in questo approccio infatti è predominante l'aspetto di interattività e di

coinvolgimento dell'utente. L'aspetto innovativo consiste nella possibilità di "immersione" totale all'interno di mondi virtuali completamente generati e controllabili da calcolatore. Con il termine immersione totale si intende il completo allontanamento dal mondo reale e la possibilità di interagire con il mondo virtuale attraverso tutte le capacità sensoriali umane. Come risultato dell'interazione il mondo virtuale, che è ovviamente animato, si modifica in modo tale da simulare situazioni tipicamente, ma non necessariamente, reali.

L'utilizzazione delle tecniche di realtà virtuale, quando queste saranno più accessibili, renderà disponibile metodologie dall'indubbio valore didattico per numerose applicazioni, quali ad esempio la ricostruzione paleogeografica o la fase illustrativa di territori non sempre frequentati dal grande pubblico. Ciò in quanto la percezione delle conoscenze, a mezzo di tali tecniche, coinvolge l'utente a livello sensoriale e pertanto incide sulla sua potenzialità di assimilazione.