JPEG 2000

PROGETTAZIONE E
PRODUZIONE MULTIMEDIALE

Prof. Alberto Del Bimbo
Dipartimento Sistemi e Informatica
Università degli Studi di Firenze

Gianpaolo D'Amico

JPEG 2000

- è un nuovo algoritmo per la compressione delle immagini

- Il JPEG comittee ha definito lo standard ISO/IEC 15444-1 | ITU-T Rec. T.800: JPEG2000 Image Coding System

Caratteristiche

- Compressione a basso bit rate
- Compressione lossless e lossy
- Trasmissione progressiva in funzione dell'accuratezza dei pixel e della risoluzione
- Codifica per regioni di interesse

Caratteristiche 2

- Robustezza ai bit-errors
- Architettura aperta
- Content based description

Applicazioni

- Internet
- Mobile
- Stampa
- Fotografia digitale
- Medicina
- Librerie digitali
- E-commerce

Partecipanti

- 21 paesi / 80-100 incontri
- Europa:
  - Ericsson, Nokia, Philips, Canon, etc.
- USA/Canada:
  - Kodak, HP, Ricoh, Sharp, Adobe, etc.
- Asia/Australia:
  - Samsung, Sony, Panasonic, etc.

Standard

- Parte 1: Core image coding
- Parte 2: extensions
- Parte 3: motion JPEG 2000
- Parte 4: conformance
- Parte 5: reference software
- Parte 6: compound file format
- Parte 7: techincal report

JPEG parte 1 - caratteristiche

- Efficienza ad alta compressione
- Trasformazione di colore senza perdita
- Codifica lossless e lossy in un solo algoritmo
- Trasmissione progressiva in risoluzione, qualità, etc.
- Codifica-decodifica statica-dinamica di ROI

JPEG parte 1 – caratteristiche 2

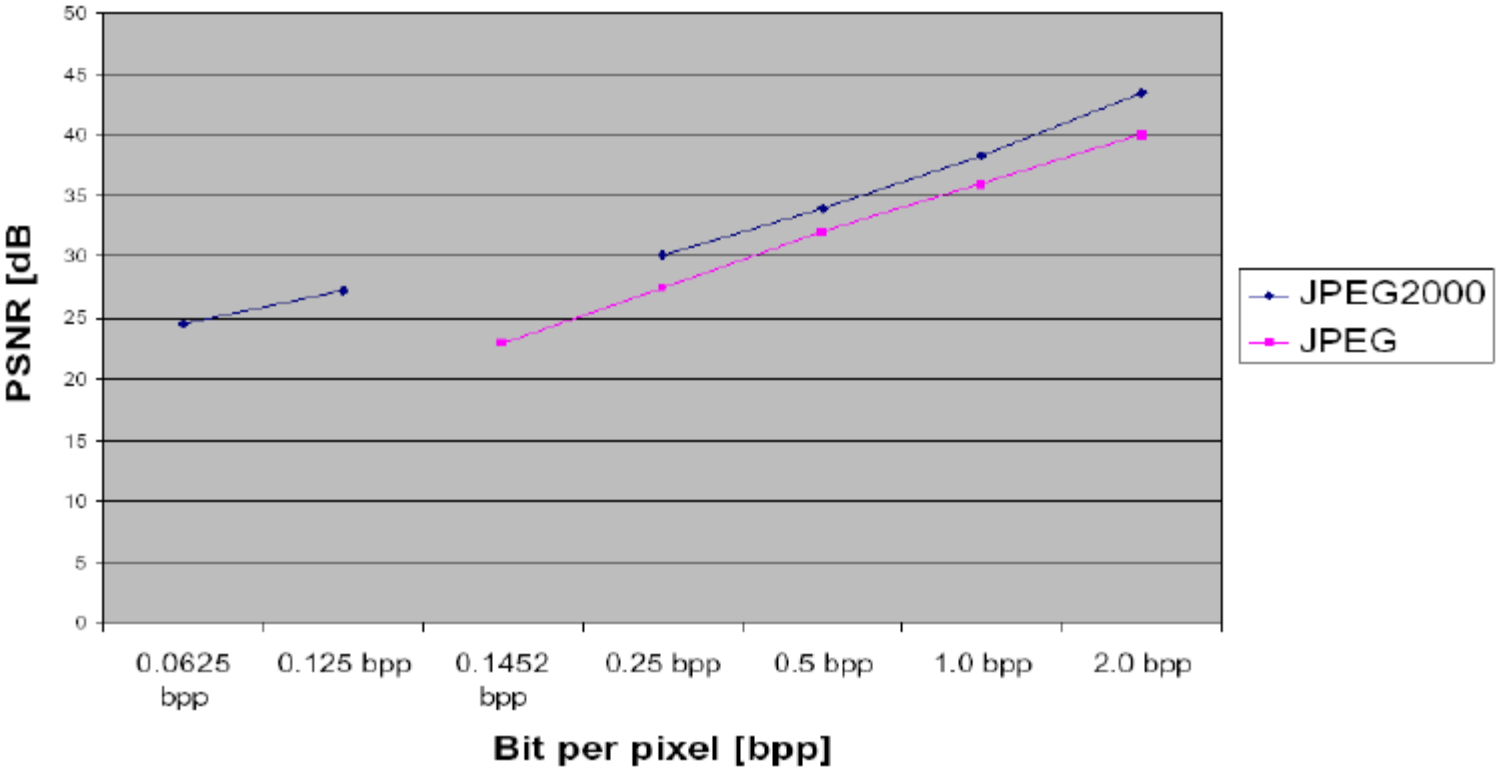
- Robustezza agli errori
- Codifica a qualità percettiva
- Codifica d'immagine a componente multiplo
- Formato di file poco pesante (opzionale)

esempi

JPEG 2000
contro
JPEG baseline

JPEG 2000 vs JPEG baseline

Confronto PSNR / bit per pixel



JPEG 2000 vs JPEG baseline

JPEG a 0.125 bpp

JPEG 2000

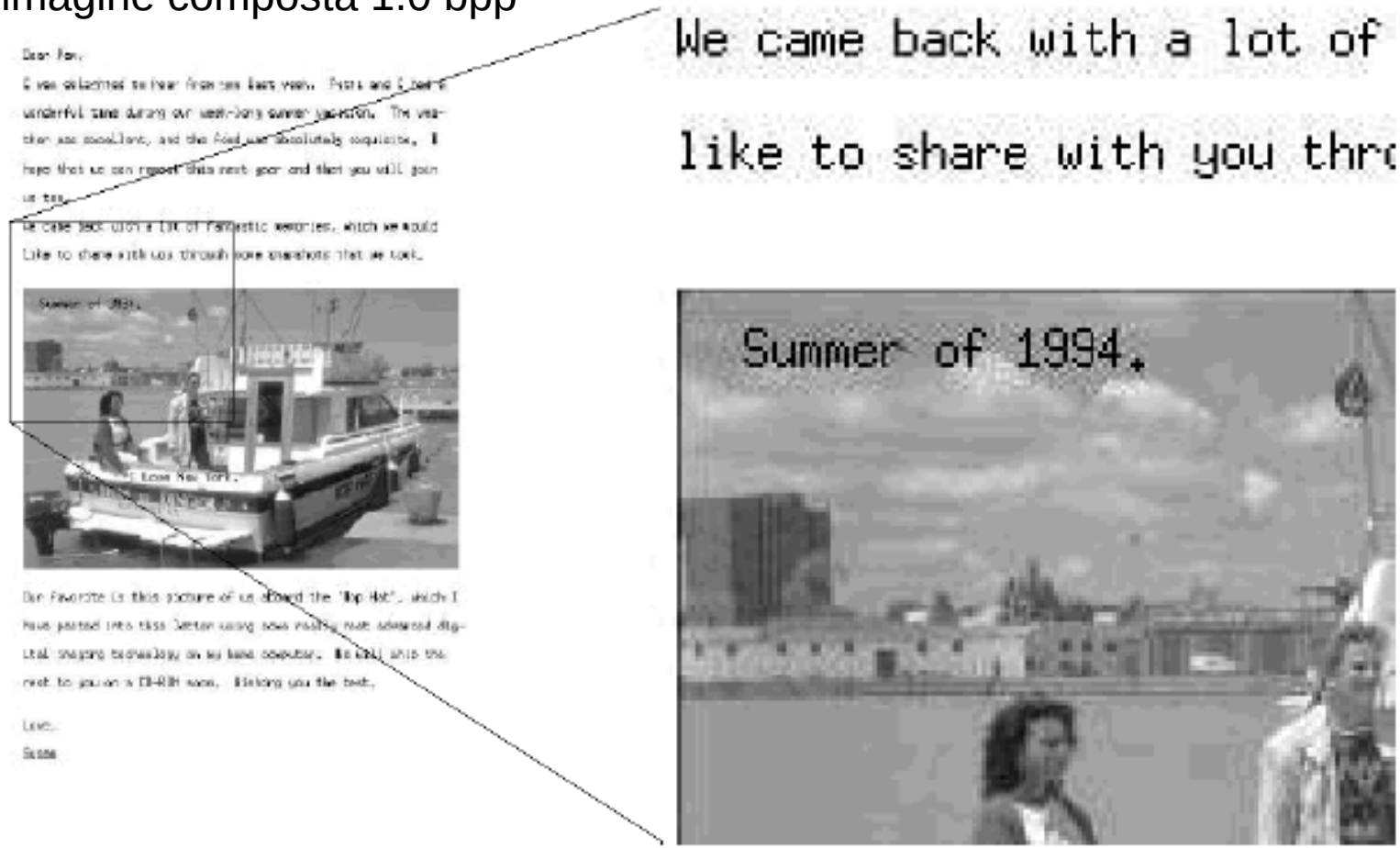
JPEG 2000 vs JPEG baseline

JPEG 2000 a 0.125 bpp

JPEG 2000

JPEG 2000 vs JPEG baseline

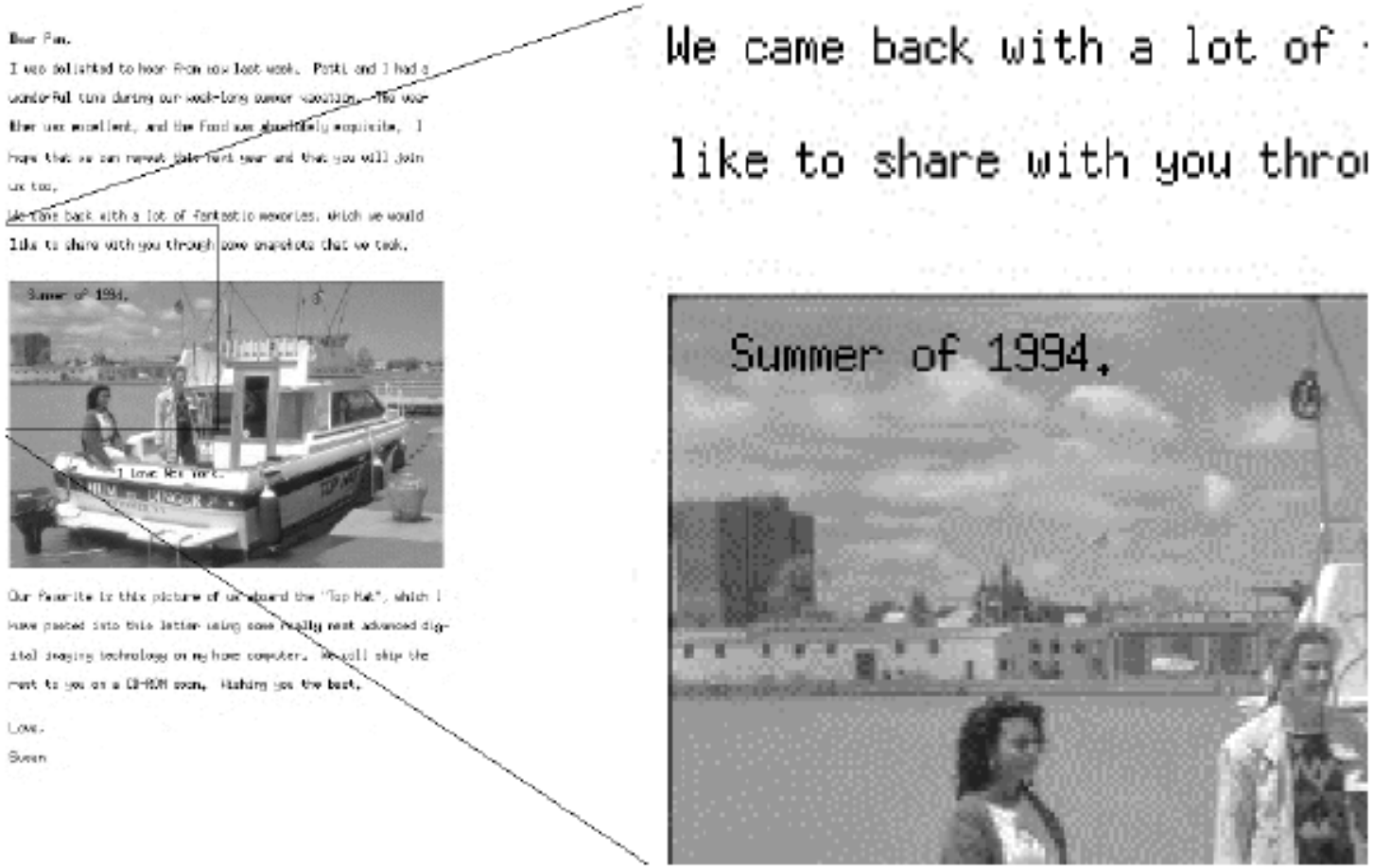
JPEG immagine composta 1.0 bpp



JPEG 2000

JPEG 2000 vs JPEG baseline

JPEG 2000 immagine composta 1.0 bpp



JPEG 2000

Descrizione dell'algoritmo

JPEG 2000

- JPEG2000 è completamente diverso dal suo predecessore JPEG, in quanto cambia l'algoritmo di compressione dei dati
- JPEG è basato sulla DCT (Discrete Cosine Transform), mentre JPEG2000 è basato sulla tecnologia DWT (Discrete Wavelet Transform).
- Di conseguenza i programmi attuali (Software di grafica, viewer, e browser) e l'hardware (ad esempio le Fotocamere digitali) devono implementare dall'inizio il supporto di questo standard, che attualmente non esiste
- Questo non gioca a favore di JPEG2000, per cui il futuro di questo nuovo formato è ancora molto incerto, nonostante le potenzialità che offre

JPEG 2000 2

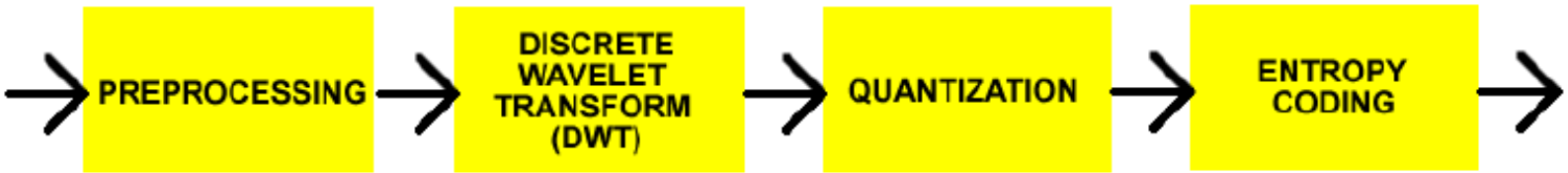
- la diffusione di JPEG2000 verrà influenzata dalla gestione delle licenze, considerato il fatto che esistono già diversi formati "free" (PNG)

- Esistono 2 versioni:
  - una "base“, liberamente utilizzabile;
  - una "avanzata“, vincolata al tipo di licenza scelta

- Un altro punto a sfavore di JPEG2000 è il fatto che non supporta la trasparenza nelle immagini animate, il che renderà ancora indispensabile (?) l'utilizzo delle GIF animate.

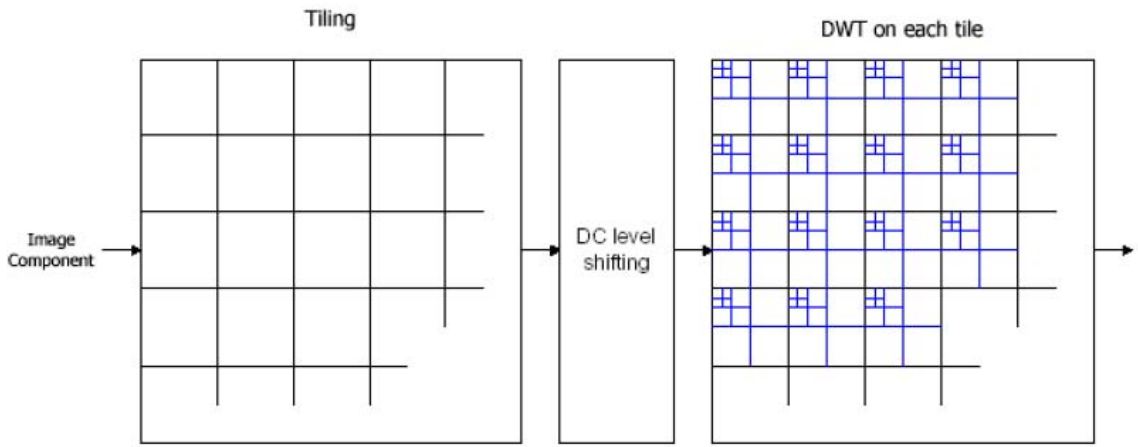
Architettura

- Schema di codifica di base



Architettura

- Preprocessing
  - L'immagine viene suddivisa in componenti (trasformazione nello spazio dei colori)
  - Ogni componente viene divisa in blocchi uguali rettangolari (*tiling*) e non sovrapposti che vengono codificati separatamente
  - I campioni *unsigned* in ogni componente vengono sottratti ad una costante in modo da renderne i valori simmetrici rispetto allo zero (DC offset)
  - La suddivisione in blocchi consente di ridurre la complessità di calcolo



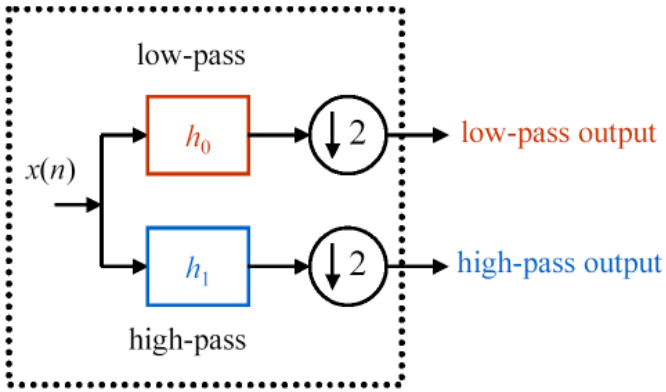
Architettura

- Discrete wavelet transform
  - La trasformazione wavelet suddivide i blocchi in diversi livelli di decomposizione
  - Ogni livello di decomposizione consiste in un numero di sottobande, ognuna delle quali contiene i coefficienti che descrivono le frequenze spaziali del blocco originale

Architettura

❑ Discrete wavelet transform: esempio 1D

- La DWT decompone una sequenza 1D (una linea di un'immagine) in due sequenze (le sottobande), ognuna delle quali ha un numero di campioni pari alla metà di quella originale:
  - ✓ La sequenza viene prima separata tramite un filtro passa-basso e uno passa-alto (analisys filter-bank)
  - ✓ Le due sequenze vengono poi sottocampionate



Analysis filter-bank

- 1-D signal:

  …100 100 100 100 200 200 200 200...
- Low-pass filter h_0: (-1 2 6 2 -1)/8
- High-pass filter h_1: (-1 2 -1)/2
- Before downsampling:

  … 100 100 87.5 112.5 187.5 212.5 200 200...

  … 0 0 0 -50 50 0 0 0…
- After downsampling:

  … 100 112.5 212.5 200...

  … 0 0 50 0 …

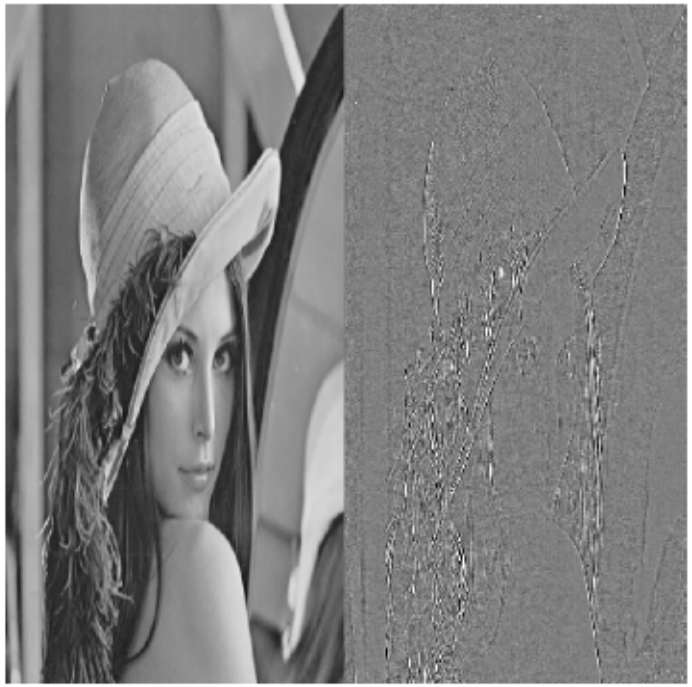
Architettura

- Discrete wavelet transform: esempio 1D 2
  - Numero di tiles dell'immagine: 1

Immagine originale Immagine passa-basso Immagine passa-alto

Architettura

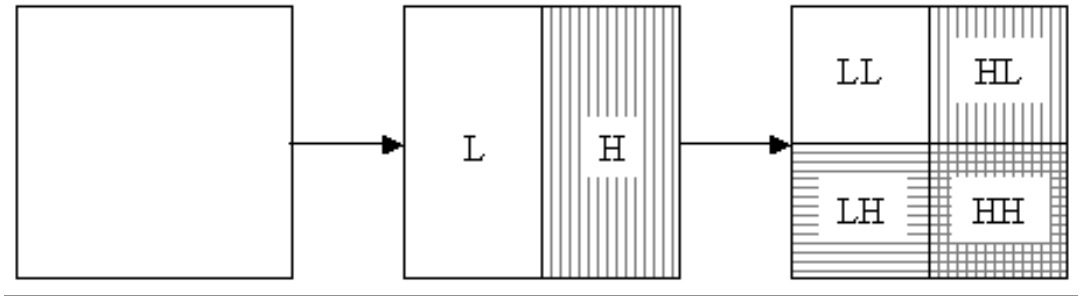
- Discrete wavelet transform: esempio 1D



JPEG 2000

Architettura

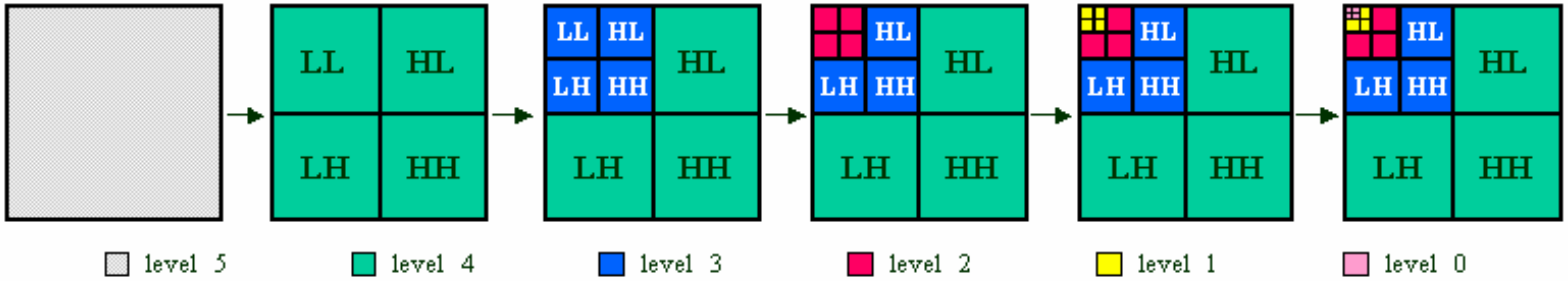
- Discrete wavelet transform: esempio 2D
  - L'immagine viene filtrata e poi scalata, in modo da ottenere quattro immagini alte e larghe ciascuna esattamente la metà dell'originale
  - Il risultato di quest'operazione è la decorrelazione tra le informazioni di bassa e alta frequenza contenute nell'immagine



- Numero di tiles dell'immagine: 1

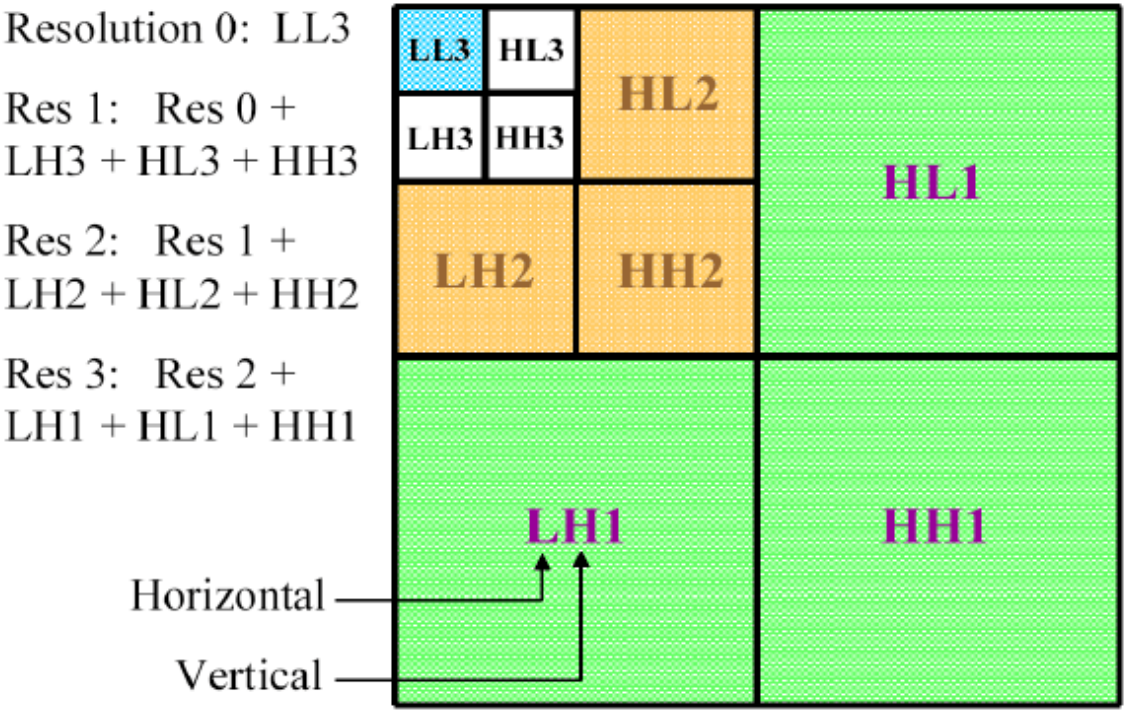
Architettura

- Discrete wavelet transform: 2D
  - In generale ad ogni tile è applicata la trasformata wavelet, secondo uno tra tre diversi schemi di decomposizione: Mallat, SPACL e Packet.
  - La seguente figura illustra la caratteristiche principali delle strutture di decomposizione supportate dallo standard, che sono un'estensione dello schema di Mallat.



Architettura

- Discrete wavelet transform: esempio 2D per un singolo tile



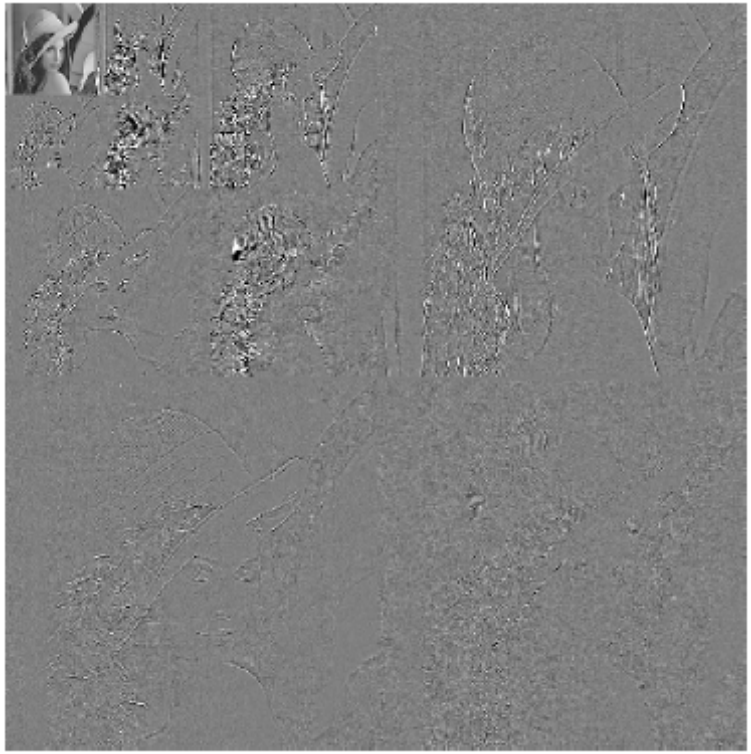
Dyadic decomposition

Architettura

- Discrete wavelet transform: esempio 2D
  - Numero di tiles dell'immagine: 1
  - Nel quadrante superiore sinistro sono salvate le basse frequenze (filtro passa-basso)
  - Negli altri tre quadranti sono salvate le alte frequenze (filtro passa-alto)

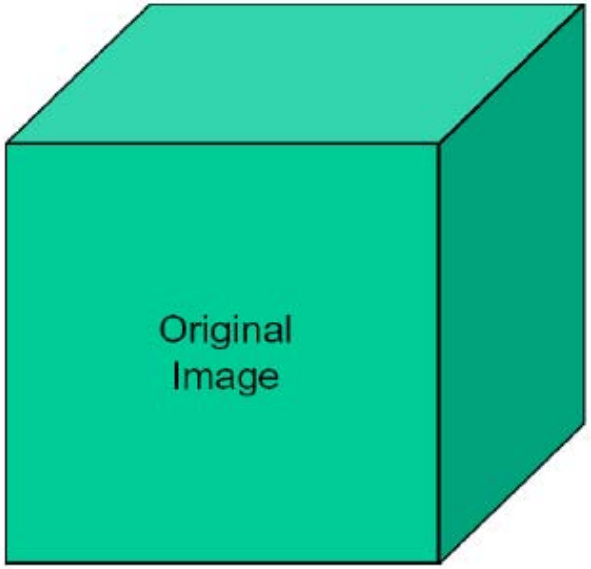
Architettura

- Discrete wavelet transform: esempio 2D
  - Il passaggio successivo consiste nella ripetizione del medesimo procedimento, applicato stavolta solo all'immagine del quadrante superiore sinistro, contenente le basse frequenze



Architettura

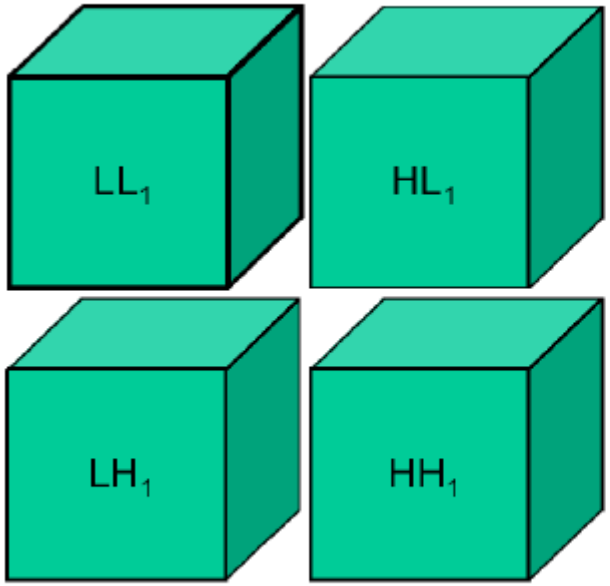
- Discrete wavelet transform: esempio 2D



JPEG 2000

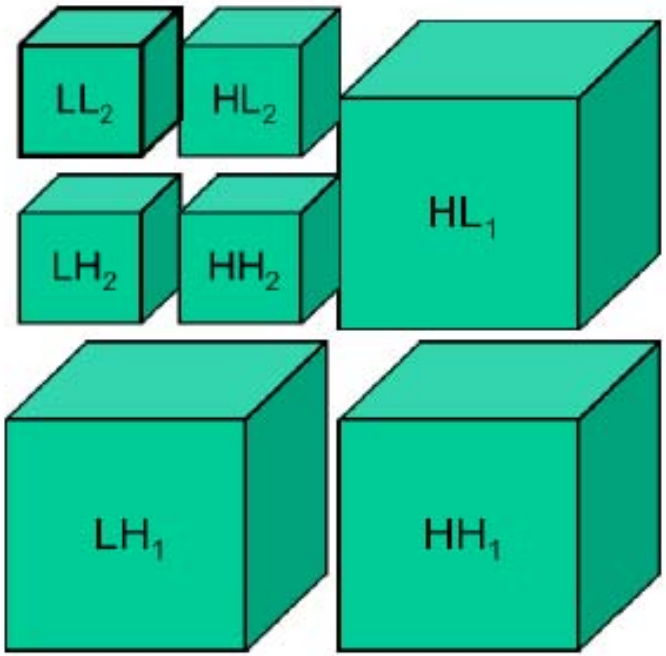
Architettura

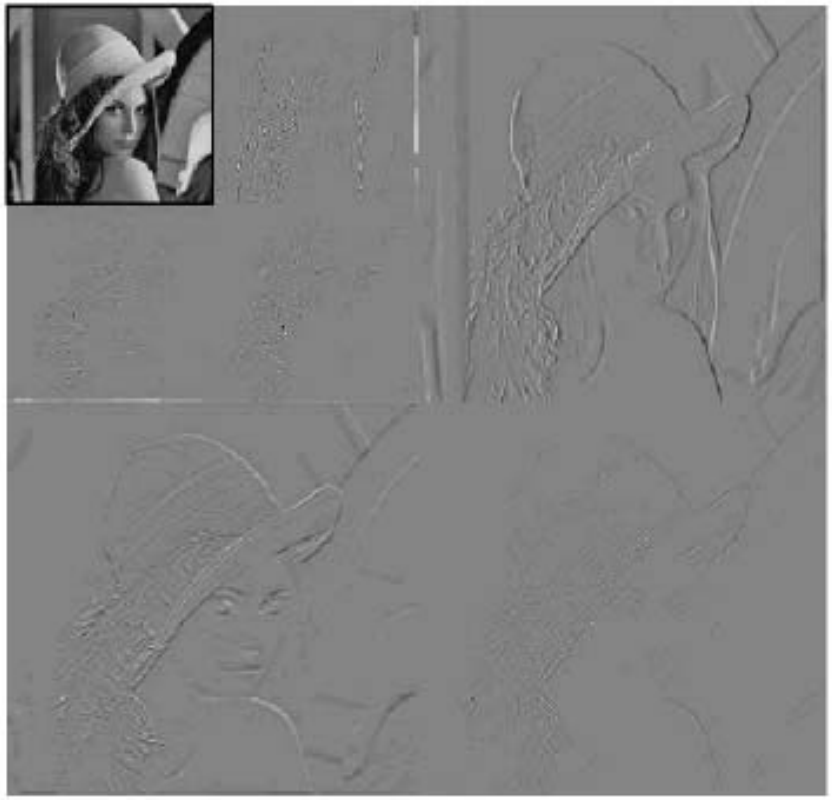
- Discrete wavelet transform: esempio 2D



Architettura

- Discrete wavelet transform: esempio 2D

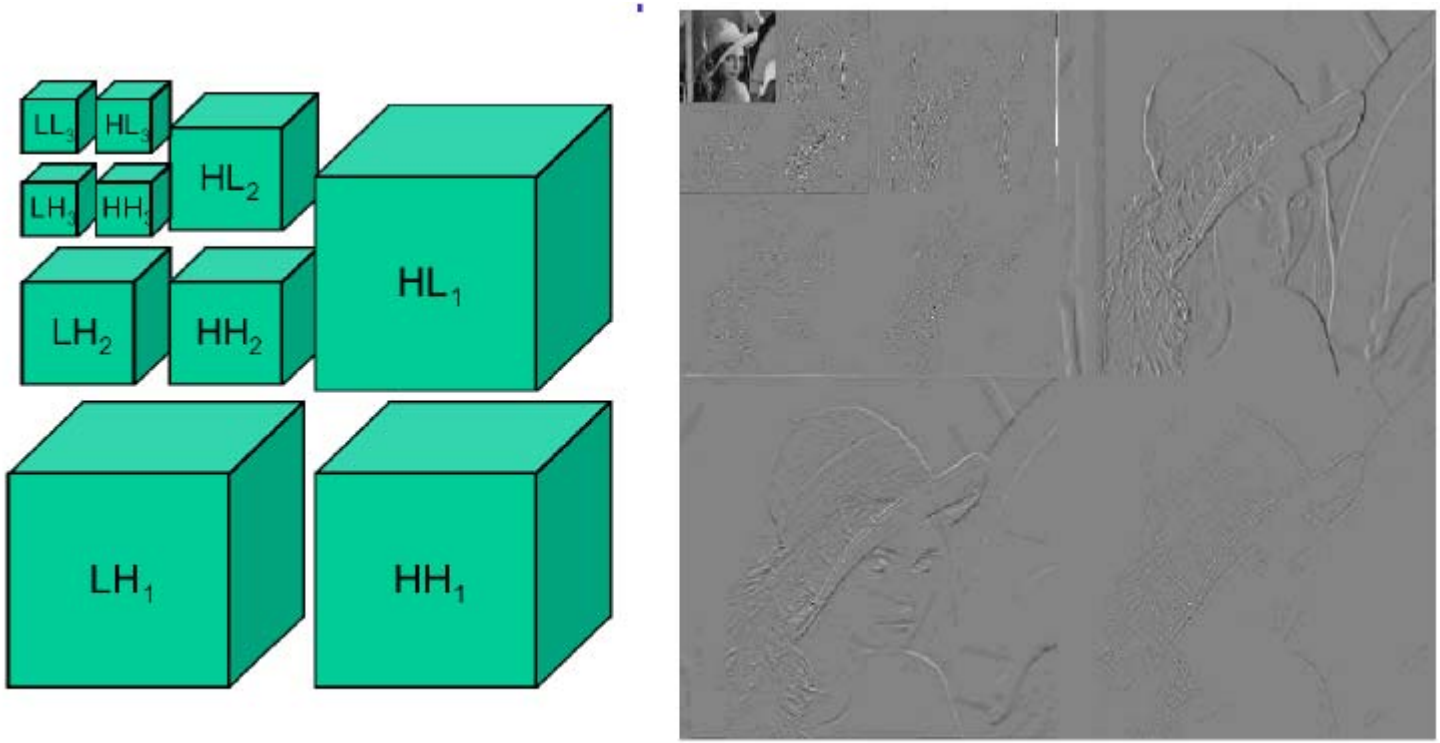




JPEG 2000

Architettura

- Discrete wavelet transform: esempio 2D

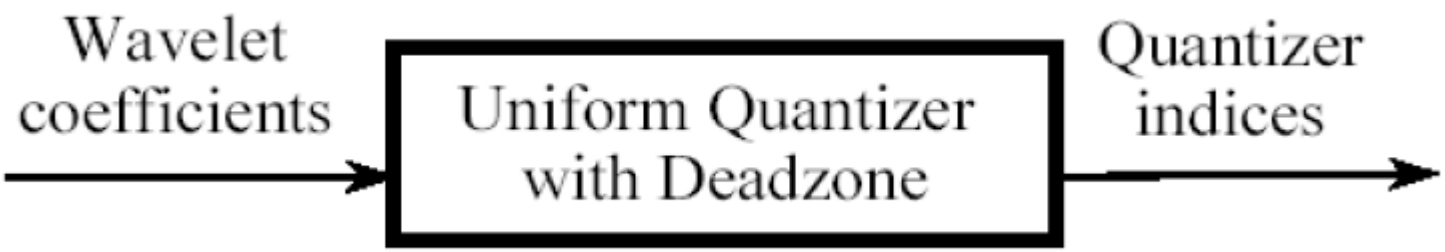


Architettura

- Discrete wavelet transform: esempio 2D
  - Il risultato finale di tutta l'operazione è che l'intero contenuto informativo dell'immagine originale è stato segmentato in una serie di trasformazioni successive, che potranno poi essere compresse in un minimo spazio ed utilizzate in modo reversibile in fase di decompressione, per generare un'immagine il più possibile simile all'originale non compresso.

Architettura

- La quantizzazione
  - La quantizzazione è un'operazione in genere "distruttiva" (lossy), che divide per specifici coefficienti i valori trovati dai coefficienti della DWT e arrotonda poi i risultati all'intero più vicino
  - La quantizzazione nel JPEG 2000 è simile a quella del JPEG standard



Architettura

- La quantizzazione 2
  - In codifica: l'operazione di quantizzazione mappa un segnale su un indice del quantizzatore, che viene poi codificato come parte del bit stream
  - In decodifica: l'indice del quantizzatore viene decodificato e convertiro nel corrispondente valore quantizzato (operazione di quantizzazione inversa);

Architettura

- La quantizzazione 3
  - Per ogni sottobanda viene scelto un passo di quantizzazione usato per quantizzare tutti i coefficienti in quella sottobanda
  - La scelta del passo dipende dall'importanza percettiva di ogni sottobanda e può essere basata su modelli visuali conosciutii

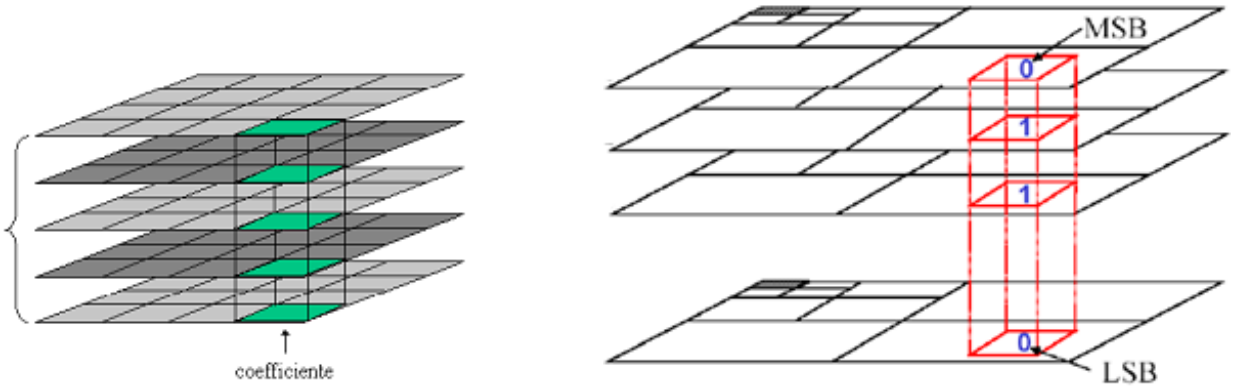
Architettura

- Codifica
  - Gli indici di quantizzazione, ovvero i coefficienti DWT quantizzati in ogni sottobanda, vengono codificati in modo da creare il flusso dei dati compressi
  - Nel JPEG 2000 si utilizza la cosiddetta entropy encoding

Architettura

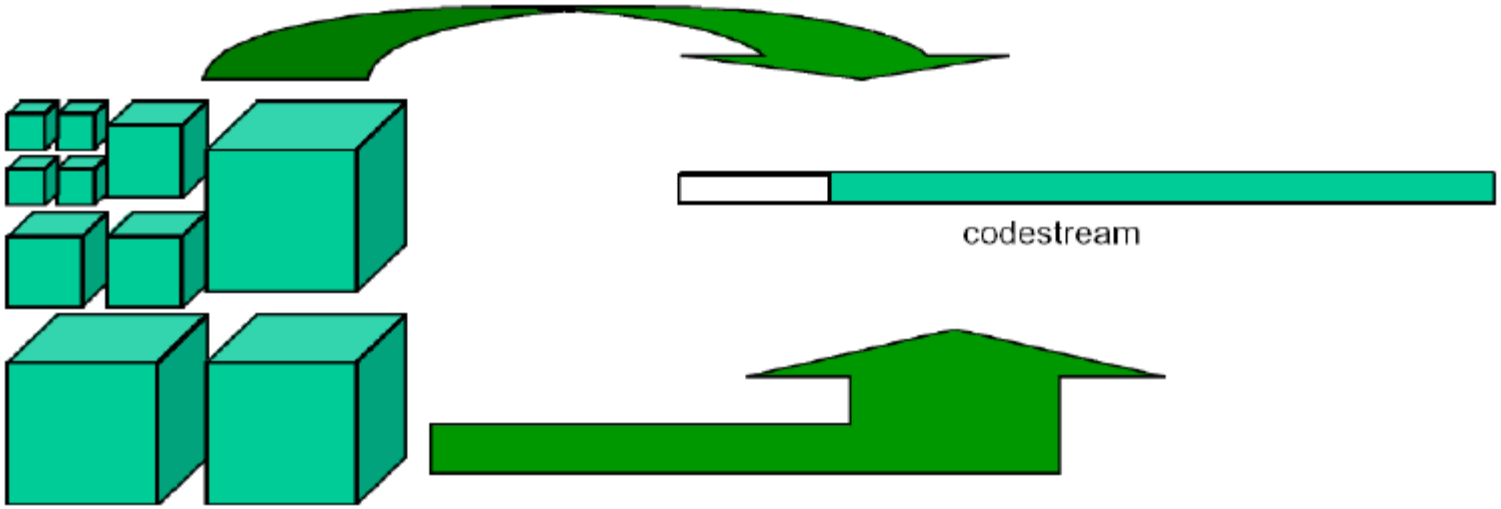
❑ Codifica

- Gli indici di quantizzazione vengono elaborati secondo una codifica di tipo bit-plane
- I simboli che rappresentano i coefficienti quantizzati vengono codificati 1 bit per volta iniziando da MSB (Most Significant Bit) fino a LSB (Least …), che consiste nel codificare prima il bit più significativo di ciascun coefficiente del blocco, bit che costituiscono il bit-plane più significativo, poi i bit dei bitplanes successivi



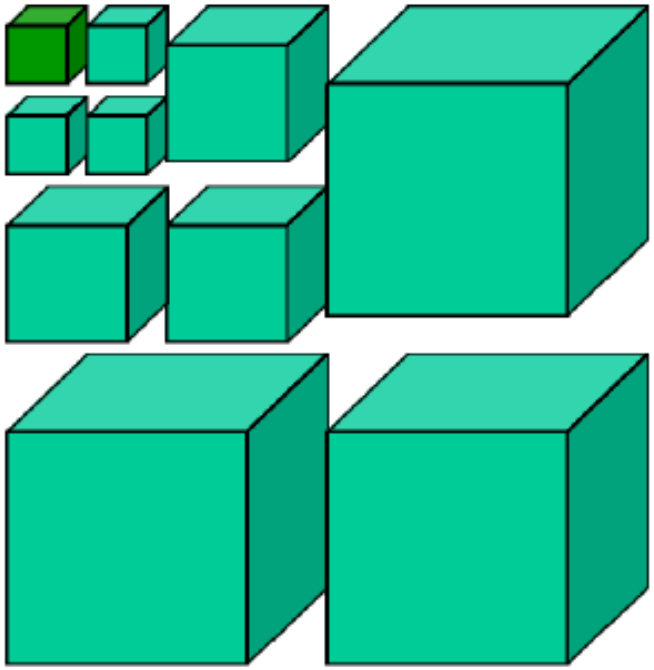
Caratteristiche

- Scalabilità
  - Modi diversi possono essere implementati a seconda della costruzione del codestream



Caratteristiche

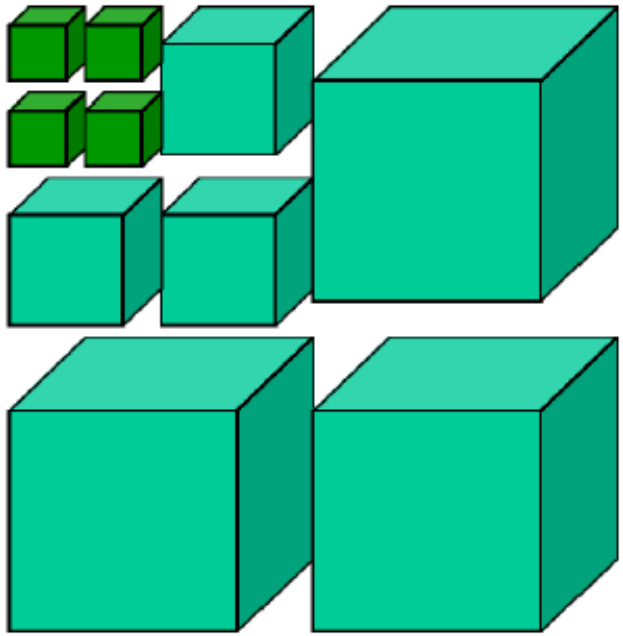
- Scalabilità
  - Progressiva per risoluzione



JPEG 2000

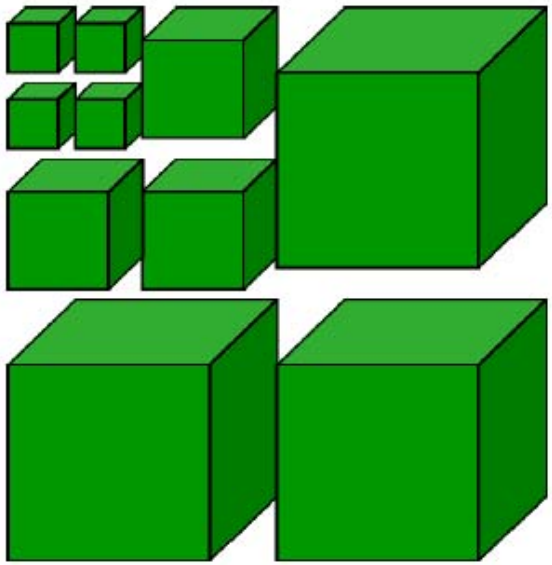
Caratteristiche

- Scalabilità
  - Progressiva per risoluzione



Caratteristiche

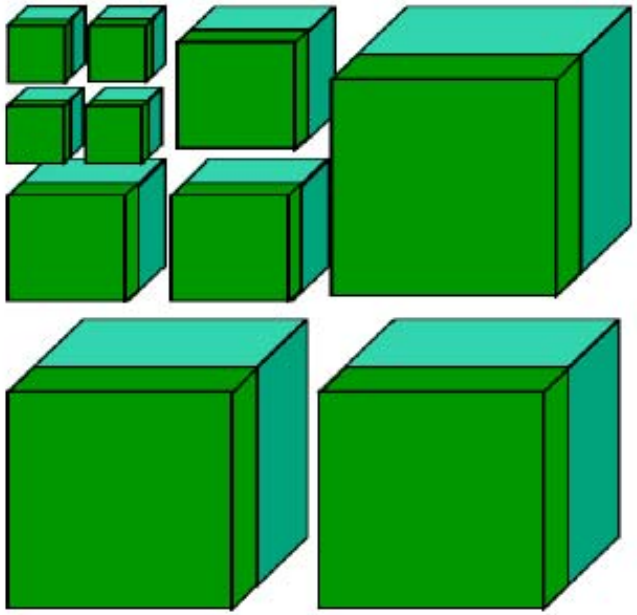
- Scalabilità
  - Progressiva per risoluzione



JPEG 2000

Caratteristiche

- Scalabilità
  - Progressiva per accuratezza



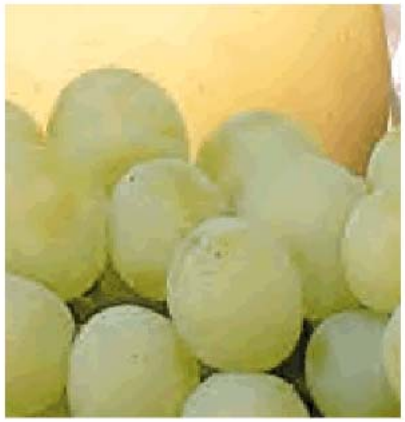
JPEG 2000

Caratteristiche

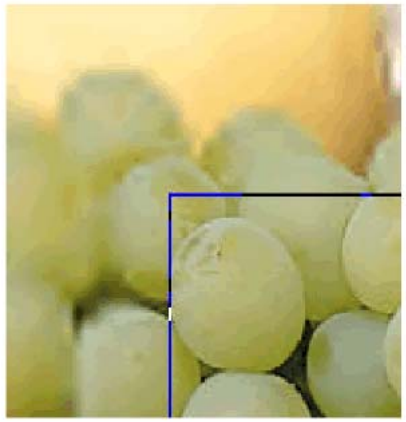
- Una simile caratteristica è importantissima per i futuri usi di questo formato su Internet. I file compressi con JPEG 2000 racchiudono infatti al loro interno più risoluzioni differenti della stessa immagine.
- I produttori di software potranno implementare perciò dei comandi in grado di consentire all'utente collegato via Internet di decidere, in base al tempo stimato per il download, quale risoluzione dell'immagine visualizzare nel proprio browser.
- I file JP2(è questa l'estensione proposta per identificare lo standard JPEG 2000) consentiranno insomma di racchiudere in un unico documento l'anteprima il cosiddetto thumbnail la bassa, la media e l'alta risoluzione di una stessa immagine, senza però moltiplicare proporzionalmente il peso del file.

Caratteristiche

- ROI: region of interest coding
  - Questa tecnica permette di codificare certe parti dell immagine in funzione della qualità
  - Due tipi:
    - ✓ Statica: la ROI viene decisa una volta per tutte dal lato della codifica
    - ✓ Dinamica: la ROI può essere decisa e decodificata al volo da uno stesso bitstream



No ROI

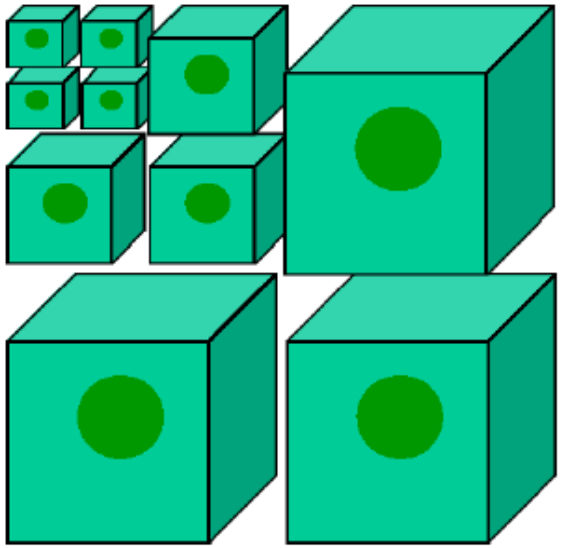


Rectangular ROI

JPEG 2000

Caratteristiche

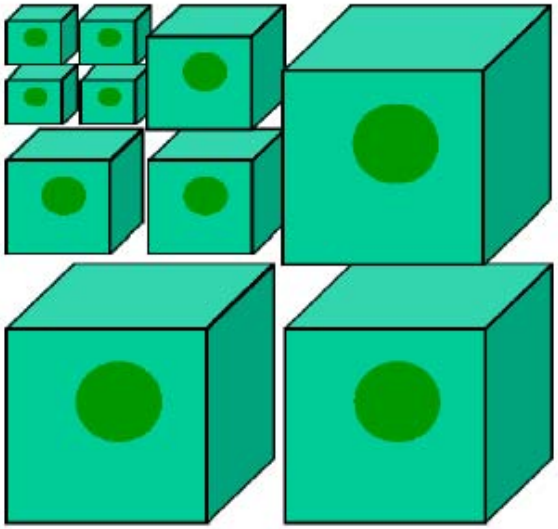
- ROI: esempio



JPEG 2000

Caratteristiche

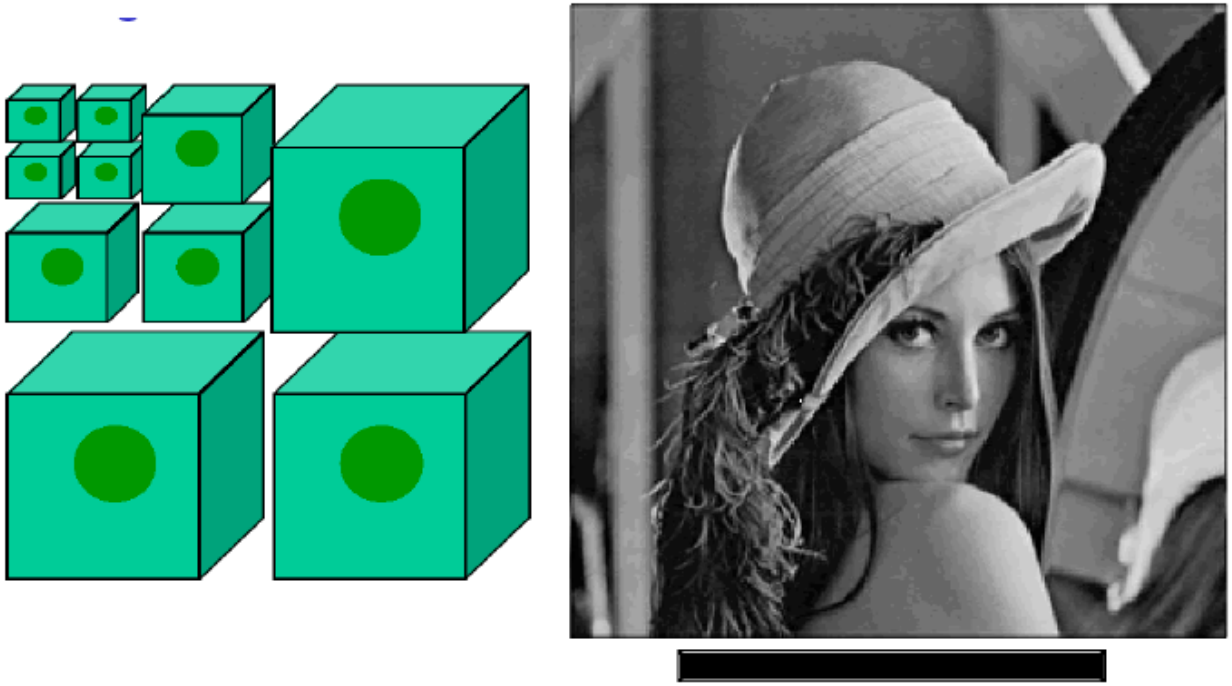
- ROI: esempio



JPEG 2000

Caratteristiche

- ROI: esempio



Specifiche previste

- supporto per differenti modalità e spazi-colore (immagini a due toni, in scala di grigi, a 256 colori, a milioni di colori, in standard RGB, PhotoYCC, CIELAB, CMYK);
- supporto per differenti schemi di compressione, adattabili in base alle esigenze;
- standard aperto a successive implementazioni legate al sorgere di nuove necessità;
- supporto per l'inclusione di un'illimitata quantità di metadati nello spazio di intestazione del file, utilizzabili per fornire informazioni private o per interagire con applicazioni software(guidare, ad esempio, il browser allo scaricamento di appositi plug-in da Internet);

Specifiche previste

- stato dell'arte per la compressione distruttiva e non distruttiva delle immagini, con un risparmio di spazio a parità di qualità, rispetto allo standard JPEG, dell'ordine del 20-30 %;
- supporto per immagini più grandi di 64k x 64k pixel, ovvero maggiori di 4 Gb;
- singola architettura per la decompressione dei file, in luogo dei 44 modi codificati per il vecchio JPEG, molti dei quali legati a specifiche applicazioni e non utilizzati dalla maggior parte dei decompressori;

Esempi

- Per vedere in anteprima i risultati della compressione wavelet
- scaricare LuraWave, un programma sviluppato da LuraTech (http://www.luratech.com)
- Nella Figura qui sotto riportata, si può vedere la differenza tra due immagini fortemente compresse, l'una con LuraWave l'altra con ilnormale JPEG, differenza che appare a tutto vantaggio della compressione di tipo wavelet.

PNG

- PNG (pronunciato ping) è l'acronimo di Portable Network Graphics.
- La questione nasce con l'annuncio fatto nel 1995 da CompuServe eUnisys: da quel momento in poi, l'implementazione del formato GIF in prodotti software avrebbe comportato il pagamento di una quota-diritti ad Unisys, quale legale detentore del brevetto sull'algoritmo di compressione LZW, usato all'interno del formato GIF.
- PNG nasce quindi in contrapposizione a GIF, come un formato grafico compresso e gratuito.

PNG - caratteristiche

- Compressione
- Controllo di errore
- Supporto per milioni di
- Canali alfa
- Interlacciamento
- Correzione di gamma

PNG - Compressione

- PNG punta tutto sulla compressione non distruttiva.
- I risultati che si ottengono sono in genere del 20% migliori di quelli ottenibili con la compressione GIF.
- Lo strumento di compressione, gratuitamente utilizzabile da chiunque, è zlib-una variante dell'algoritmo LZ77 -, sviluppato per la parte di compressione da Jean-loup Gailly(http://gailly.net/) e per quella di decompressione da Mark Adler(http://www.alumni.caltech.edu/~madler/), ed attualmente giunto alla versione 1.1.3.

PNG - Compressione

- La capacità di compressione del PNG può in certi casi essere aumentata grazie all'adozione di particolari filtri: si tratta di sistemi di trasformazione dell'ordine dei dati che costituiscono l'immagine, studiati per esaltare il coefficiente di compressione raggiungibile.
- Vi è il caso limite di un'immagine che, non compressa, occupa 48 Mb, compressa con PNG ma non filtrata occupa 36 Mb, filtrata, infine, si riduce a soli 115.989 byte.

PNG – Canali alfa

- Mentre GIF supporta una trasparenza del tipo “tutto o niente” (pixel completamente trasparente o del tutto opaco), PNG permette, grazie all’uso dei cosiddetti canali alfa, la possibilità di una trasparenza variabile su 254 livelli di opacità.
- Questa caratteristica favorisce, ad esempio, la creazione del classico effetto di ombre cadute, ombre che si conservano indipendentemente dal colore dello sfondo su cui vengono visualizzate.

PNG – esempio

- Il retro di una banconota da 10 euro: L'immagine, salvata come PNG, ottiene un coefficiente di compressione migliore di circa il 22% rispetto alla compressione LZW di TIFF (in questo esempio l'immagine è una normale JPG)

JPEG 2000

contatti

Gianpaolo D'Amico

sito web: http://morpheus.micc.unifi.it/damico/ppm

indirizzo e-mail: damico@dsi.unifi.it