

Napredne metode digitalne obrade signala

Prof. dr. sc. Damir Seršić
<http://nmdos.zesoi.fer.hr>

Teme kolegija

- **Transformacije:** STFT, CWT, DWT, DCT, ...
- **Filtarski slogovi.** Višetaktni sustavi. Uvjeti potpune rekonstrukcije. Wavelet filtarski slogovi.
- **Realizacije i strukture** filtarskih slogova.
- Wavelet **paketi.** Optimalna stabla.
- **Primjene** u analizi signala, potiskivanju šuma, kompresiji signala i komunikacijama.

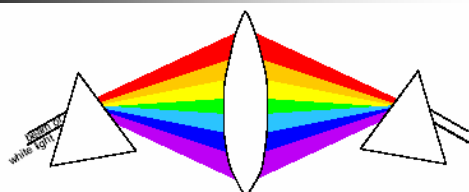
Uvod započinjemo od kraja...

- ... od primjena!

Filtarski slogovi

- U **MPEG-1** standardu kompresije zvuka se koristi 32-pojasni uniformni filtarski slog.
- U MPEG-1 Layer 3 standardu kompresije zvuka, poznatijem kao **MP3**, koristi se hibridni filtarski slog: 32-pojasni uniformni filtarski slog + modificirana DCT (*diskretna kosinusna transformacija*).
- U **MPEG-2** i **-4 AAC** standardima kompresije zvuka se koristi modificirana DCT.

Filtarski slog

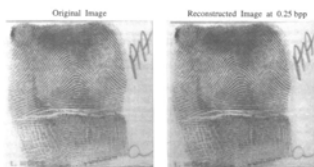


- **Filtarski slog s potpunom rekonstrukcijom** ima mogućnost razlaganja signala na spektralne pojaseve i rekonstrukciju u polazni oblik.

Baza otisaka prstiju

- FBI baza ima 30 milijuna skupova otisaka (300 milijuna prstiju).
- Svakog dana 5.000 novih otisaka, 15.000 ponovljenih i 20.000 pretraživanja.
- Tehnički zahtjev: kompresija do 20:1 uz očuvanje oblika i neprekinutosti linija.
- JPEG zasnovan na 8x8 DCT-u nije zadovoljio!

Baza otisaka prstiju



- Prihvaćena metoda koristi **wavelet filtarski slog**, uniformne skalarne kvantizatore (po područjima) i entropijsko kodiranje.

Kompresija slika

- JPEG – standard kompresije slika od 1992. godine, zasnovan na 8x8 DCT-u.
- Kompresija s gubitcima, slabo primjetnim u omjerima do 20:1.
- **JPEG2000** – novi standard kompresije slike zasnovan na **wavelet transformaciji (ISO/IEC 15444-1)**.
- Bolja kvaliteta, mogućnost skaliranja u pohrani i prijenosu, ...

Lijevo: JPEG, desno JPEG2000

*Acrobat 3.0 is the fast
publish any docume*

Take the PDF file you're looking for. Use Adobe PageMaker® software with fonts, formatting, colors, and then, hypertext links, form fields. Acrobat 3.0 software to make it optimized the file, making it accessible on any platform—Macintosh®!

*Acrobat 3.0 is the fast
publish any docume*

Take the PDF file you're looking for. Use Adobe PageMaker® software with fonts, formatting, colors, and then, hypertext links, form fields. Acrobat 3.0 software to make it optimized the file, making it accessible on any platform—Macintosh®!

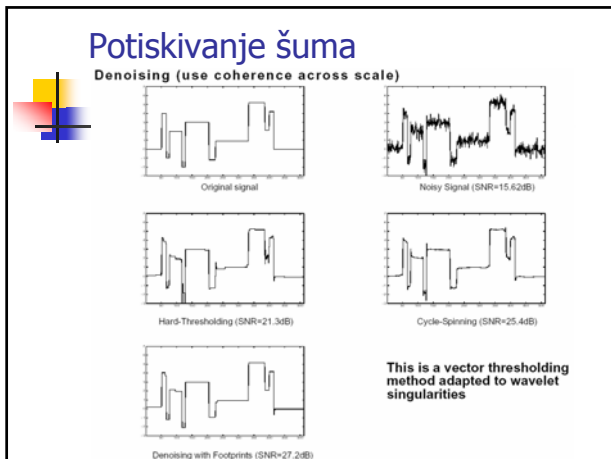
Lijevo: JPEG, desno JPEG2000



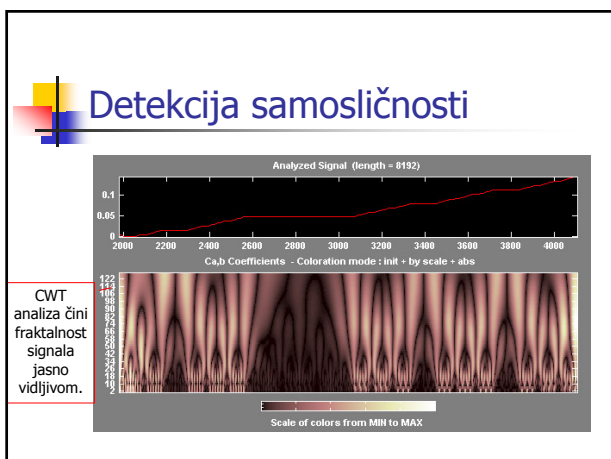
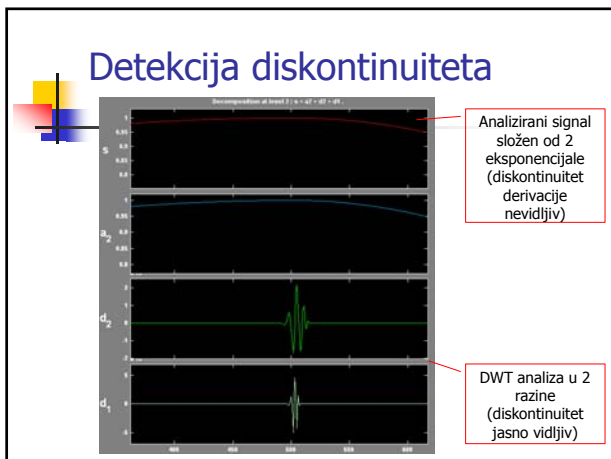
Izuzetan rezultat uz 160 puta manje podataka od originala !!!

Digital Cinema Initiatives

- Definira profesionalni standard za potpuno digitalno snimanje, pohranjivanje i distribuciju filmova, bez klasičnih filmskih traka i projektorata.
- Ver 1.1 Final Approval April 12, 2007: Disney, Fox, Metro-Goldwyn-Mayer1, Paramount Pictures, Sony Pictures Entertainment, Universal Studios, and Warner Bros Studios.
- Dvije rezolucije na dvije brzine reprodukcije (24 ili 48 sličica u sekundi):
 - 2K - 2048 x 1080 ili 4K - 4096 x 2160
- Audio: nekomprimiran, 8/16-kanalan, 48 ili 96 kbps
- Video: svaka sličica zasebno kodirana pomoću JPEG 2000 i to tako da se 4K može reproducirati na 2K projektorima.



- ### Wavelet filtarski slog
- Sve navedene primjene zasnovane su na wavelet filtarskim slogovima.
 - Za razliku od uniformnog, wavelet filtarski slog **nema** jednake pojaseve.
 - Očito: wavelet transformacija ima neka dobra analitička svojstva.
 - Uvjerimo se u to na nekoliko primjera.



Interpolacija i ekstrapolacija

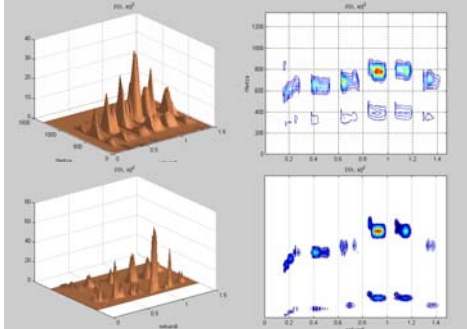
- Ekstrapolacija,
- interpolacija:
- konverzija formata slike (PAL->NTSC)



Ekstrapolirana slika

Originalna slika (u crvenom kvadratu)

Spektralna T-F analiza (spektrogram, skalogram)



Primjene

- Biologija: prepoznavanje i klasifikacija staničnih membrana.
- Metalurgija: karakterizacija hrapavih površina.
- Financije: detekcija brzih promjena vrijednosti.
- Internet: dizajn veličine servisa.
- Industrija: detekcija rubova i oštećenja.
- Analiza: studija prijelaznih procesa.
- Medicina: detekcija patoloških stanja (epileptičkih napada) ili evociranih potencijala u EEG signalima; potiskivanje šuma u ECG signalima.
- Vojska: poboljšanje radarskih slika.
- Telekomunikacije: prijenos različitim brzinama.

A sad idemo od početka...

- Transformacije: STFT, CWT, DWT, DCT, ...
 - Filtarski slogovi. Višetaktni sustavi. Uvjeti potpune rekonstrukcije. Wavelet filtarski slogovi.
 - Realizacije i strukture filtarskih slogova.
 - Wavelet paketi. Optimalna stabla.
 - Primjene u analizi signala, potiskivanju šuma, kompresiji signala i komunikacijama.

Transformacije

- Pogodnom transformacijom možemo bolje vidjeti svojstva signala.
- Joseph Fourier 1807: $X(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-j\omega t} dt$



Transformacije

- Alfred Haar 1909:
 - Danas bi ovo razlaganje zvali Haarovom wavelet transformacijom!
- za razliku od Fourierovog reda:
 - Diagram showing a square wave being decomposed into a sum of wavelets.

Transformacije

- Denis Gabor 1945. STFT i GE:

$$X(\tau, \omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)g(t-\tau) e^{-j\omega t} dt$$

Transformacije

- Morlet 1980. CWT:

$$X(\tau, a) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \psi\left(\frac{t-\tau}{a}\right) dt$$

Transformacije

- Mallat, Meyer, Daubechies 1986.-88. DWT:

$$X[m, n] = \frac{1}{\sqrt{a_0^m}} \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \psi\left(\frac{t}{a_0^m} - nT_0\right) dt$$

Ne možemo ne spomenuti!

- Ahmed, Natarajan, Rao 1974. DCT:

Redom...

- Transformacije: STFT, CWT, DWT, DCT, ...
- Filtarski slogovi. Višetaktni sustavi. Uvjeti potpune rekonstrukcije. Wavelet filtarski slogovi.
- Realizacije i strukture filtarskih slogova.
- Wavelet paketi. Optimalna stabla.
- Primjene u analizi signala, potiskivanju šuma, kompresiji signala i komunikacijama.

Filtarski slogovi

- Croiser, Esteban, Galand 1976.: QMF.
- Mintzer, Smith, Barnwell 1984.: CQF.

M-kanalni filtarski slogovi

- Ramstad, Smith & Barnwell, Vetterli, Vaidyanathan, Nguyen,... 1984.-88.

Wavelet filtarski slogovi

- Efikasna realizacija DWT diskretnih signala:

$$\tilde{\varphi}_N(t) = 2^{N/2} \tilde{l}_N[n], \quad \frac{n}{2^N} \leq t < \frac{n+1}{2^N}$$

$$\tilde{\psi}_N(t) = 2^{N/2} \tilde{h}_N[n], \quad \frac{n}{2^N} \leq t < \frac{n+1}{2^N}$$

Redom...

- Transformacije: STFT, CWT, DWT, DCT, ...
- Filtarski slogovi. Višetaktni sustavi. Uvjeti potpune rekonstrukcije. Wavelet filtarski slogovi.
- Realizacije i strukture filtarskih slogova.
- Wavelet paketi. Optimalna stabla.
- Primjene u analizi signala, potiskivanju šuma, kompresiji signala i komunikacijama.

Strukture filtarskih slogova

- Polifazna reprezentacija FS:

$$\begin{bmatrix} D(z) \\ A(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_e(z) & H_o(z) \\ L_e(z) & L_o(z) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_e(z) \\ X_o(z) \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{X}(z) \quad \mathbf{P}(z) \quad \mathbf{X}_p(z)$$

Strukture filtarskih slogova

- Vaidyanathan & Hoang, 1988., rešetkasta realizacija paraunitarnih FS:

$$\tilde{\mathbf{P}}(z) = \mathbf{R}_0 \cdot \prod_{i=1}^{K-1} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & z^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \alpha_i & -\sin \alpha_i \\ \sin \alpha_i & \cos \alpha_i \end{bmatrix}$$

Strukture filtarskih slogova

- Sweldens, 1996., ljestvičasta realizacija FS s potpunom rekonstrukcijom:

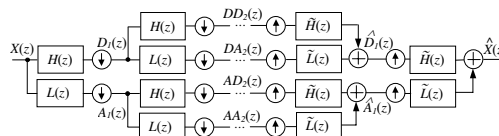
$$\mathbf{P}(z) = \prod_{i=0}^{K-1} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ T_{K-i}(z) & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & -S_{K-i}(z) \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Redom...

- Transformacije: STFT, CWT, DWT, DCT, ...
- Filtarski slogovi. Višetaktni sustavi. Uvjeti potpune rekonstrukcije. Wavelet filtarski slogovi.
- Realizacije i strukture filtarskih slogova.
- **Wavelet paketi. Optimalna stabla.**
- Primjene u analizi signala, potiskivanju šuma, kompresiji signala i komunikacijama.

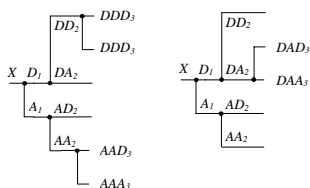
Wavelet paketi

- Wickerhauser, 1994. wavelet paketi:



Wavelet paketi

- Optimalna stabla wavelet paketa:



Dobra zabava!

- **Transformacije:** STFT, CWT, DWT, DCT, ...
- **Filtarski slogovi.** Višetaktni sustavi. Uvjeti potpune rekonstrukcije. Wavelet filtarski slogovi.
- **Realizacije i strukture** filtarskih slogova.
- **Wavelet paketi.** Optimalna stabla.
- **Primjene** u analizi signala, potiskivanju šuma, kompresiji signala i komunikacijama.