

REPORT GRUPPO N°34 FCI

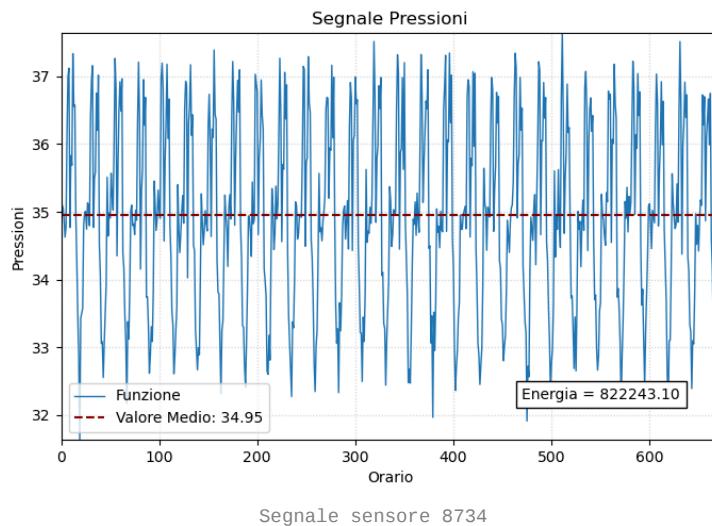
Segnali Pressione in una Rete Idrica

Il presente report analizza una serie di misurazioni reali provenienti da una rete idrica composta da 83 giunzioni e 85 tubi. L'obiettivo è analizzare le caratteristiche dei segnali di pressione nel dominio del tempo e della frequenza, e confrontare il comportamento di due nodi specifici della rete. Ci concentreremo sui dati di pressione provenienti dai nodi **8734** (associato al segnale $x_1[n]$) e **8606** (associato al segnale $x_2[n]$).

1. Definizione del Segnale e Grafici

Descrizione del segnale

Il primo segnale analizzato, $x_1[n]$, rappresenta la pressione misurata nel nodo 8734. Il segnale è stato rappresentato graficamente utilizzando come asse delle ascisse i valori orari estratti, fornendo una visualizzazione diretta dell'andamento della pressione nel tempo.



Segnale sensore 8734

Calcolo dell'energia e valore medio

Valore Medio: Calcolato come $\frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x_1[n]$ tramite il metodo `np.mean(signal)`

Energia: Calcolata come $E = \sum_{n=0}^{N-1} |x_1[n]|^2$ tramite il metodo `np.dot(signal, signal)`

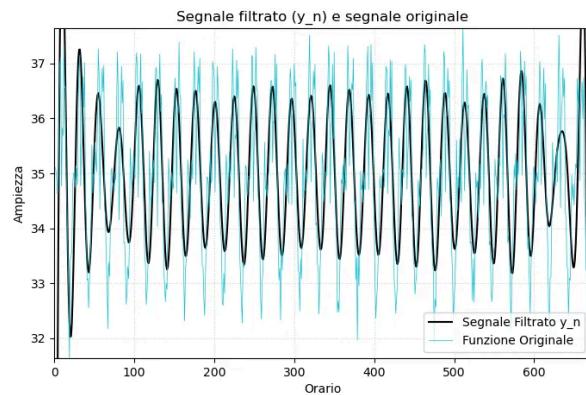
2a. Filtraggio Passa-Basso del Segnale

Filtraggio segnale $x_1[n]$

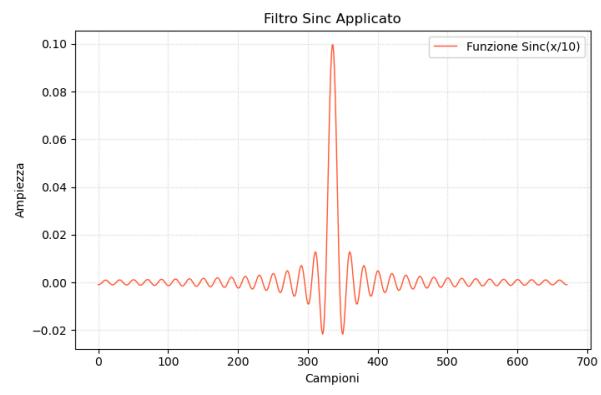
Abbiamo creato un filtro $h[n]$ basato su una funzione **sinc tempo discreta**, centrata e con la stessa lunghezza N del segnale $x_1[n]$. Per definire la banda del filtro, l'argomento della **sinc** è stato scalato per un fattore $B=0.1$, come visibile nello script $h_x = B * np.sinc(B * x_spostato)$.

Il segnale filtrato $y_1[n]$ è stato quindi ottenuto tramite la convoluzione $y_n = np.convolve(pressioni, h_x, mode = "same")$

Per una maggior chiarezza abbiamo deciso di presentare il segnale originale e quello filtrato sovrapposti, per evidenziare in maniera immediata le modifiche apportate dal filtro, che rimuove le componenti ad alta frequenza, restituendo un segnale "smussato".



Segnale originale e filtrato sovrapposti

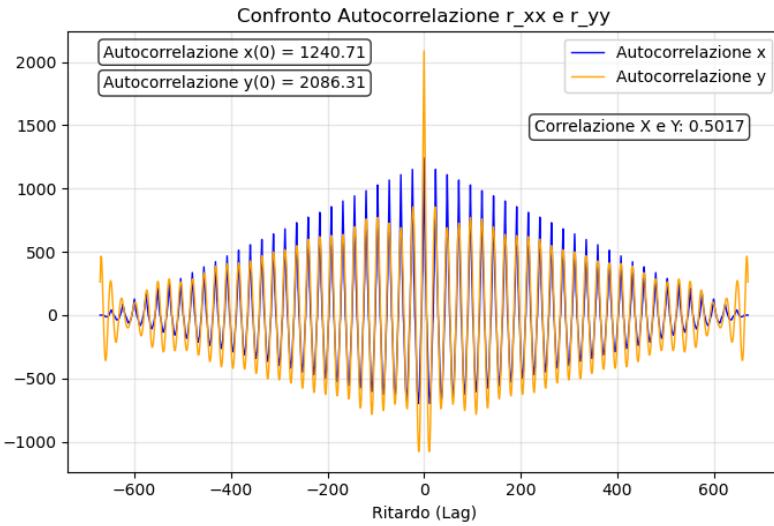


Filtro Sinc che sarà applicato al segnale originale

2b. Analisi dell'Autocorrelazione

Centratura e calcolo Autocorrelazione

Innanzitutto, i segnali sono stati centrati rimuovendo i rispettivi valori medi, ottenendo $x_{1N}[n]$ e $y_{1N}[n]$. Successivamente, sono state calcolate le loro funzioni di autocorrelazione $r_{xx}[n]$ e $r_{yy}[n]$ utilizzando `np.correlate(..., ..., mode='full')`



Nota aggiuntiva sul Grafico: Oltre alle curve di autocorrelazione, per completezza nel grafico è stata inserita una targhetta con il **coefficiente di correlazione** tra il segnale originale e quello filtrato. Il valore ottenuto, $\rho_{xy} \approx 0.5017$, quantifica la moderata somiglianza lineare residua tra il segnale prima e dopo il filtraggio. Valore ben differente dall'autocorrelazione, che invece misura quanto il segnale sia simile a se stesso "ritardato".

2c-d. Analisi quantitativa Varianza, Energia, Lobo Centrale

Output Terminale:

--- Varianza ---

Varianza segnale originale (x1N): 1.85

Varianza segnale filtrato (y1N): 3.10

--- Energia (Autocorrelazione a Lag 0) ---

Energia segnale originale (r_xx[0]): 1240.71

Energia segnale filtrato (r_yy[0]): 2086.31

--- Larghezza Lobo Centrale (a metà altezza) ---

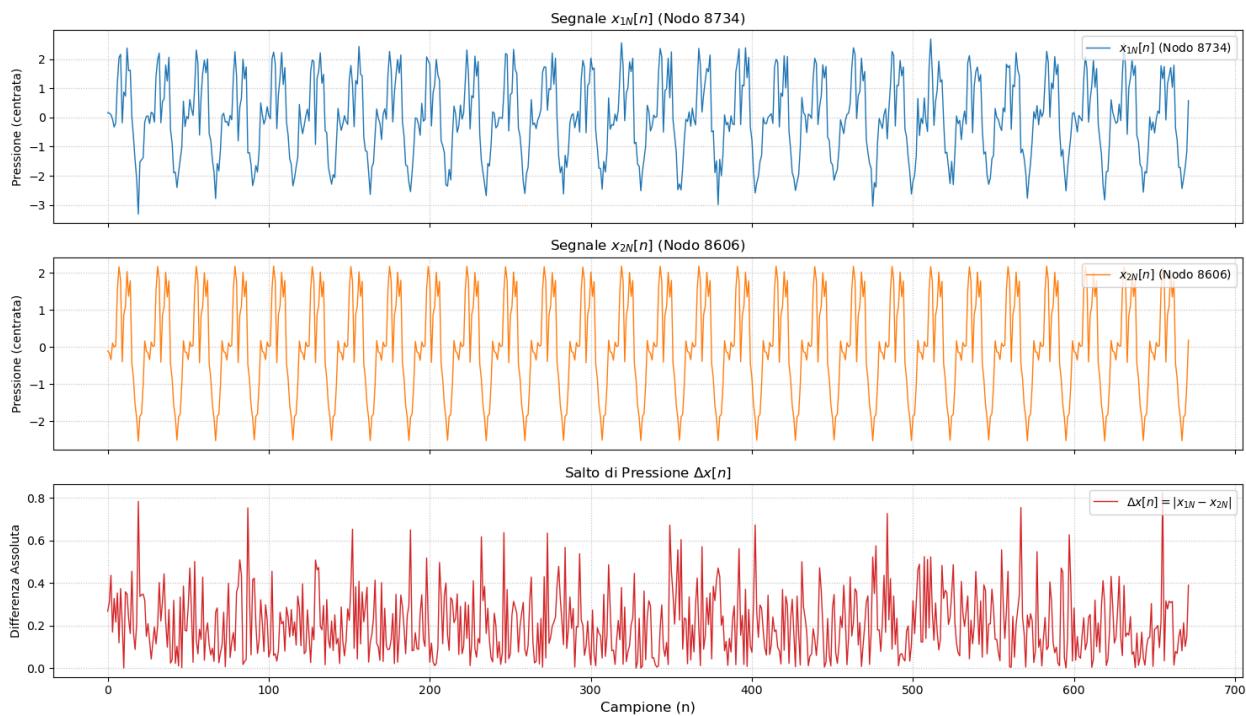
Larghezza lobo segnale originale (x1N): 73 campioni

Larghezza lobo segnale filtrato (y1N): 5 campioni

Anche se un filtro passa-basso ideale ridurrebbe l'energia del segnale, nel nostro caso l'energia del segnale filtrato risulta maggiore poiché il sinc è troncato e normalizzato sulla somma, non sull'energia. Ciò provoca oscillazioni ai bordi (edge effects) che aumentano la varianza del segnale filtrato, e di conseguenza l'energia dell'autocorrelazione. Questo comportamento è atteso quando si applica un sinc finito a un segnale di lunghezza limitata.

3a-b-c. Analisi comparativa dei nodi

Sono stati creati i segnali centrati $x_{1N}[n]$ (Nodo 8734) e $x_{2N}[n]$ (Nodo 8606). È stato quindi calcolato il "salto di pressione", definito come la differenza assoluta $\Delta x[n] = |x_{1N}[n] - x_{2N}[n]|$



Output terminale:

Calcolo coefficienti di correlazione per K=3 finestre:

Finestra k=1: rho = 0.9813

Finestra k=2: rho = 0.9827

Finestra k=3: rho = 0.9815

I tre coefficienti di correlazione sono **quasi identici** e tutti estremamente alti (vicinissimi a 1).

Questo indica che il legame lineare tra i due segnali è fortissimo e, soprattutto, **il ritardo tra loro appare costante nel tempo**. Se il ritardo fosse stato variabile, avremmo visto fluttuazioni molto più significative nei valori di ρ tra una finestra e l'altra.

Conclusioni

L'analisi dei segnali di pressione ha permesso di caratterizzare il comportamento di un nodo della rete idrica e l'effetto di un filtraggio passa-basso, che ha ridotto l'energia e la varianza del segnale aumentandone la correlazione temporale. L'analisi comparativa tra i nodi 8734 e 8606 ha evidenziato una forte correlazione, che appare stabile nel tempo, fornendo indicazioni sulla loro interdipendenza operativa.

Referente Gruppo: Alexandru Iancu

Membri: Edoardo Faudale, Giorgia De Franco, Giannini Nicolò