

Managing Massive Time Series Streams with MultiScale Compressed Trickles

ovvero

Gestione di grosse serie temporali mediante compressione multiscala

27 – 05 – 2010
Sistemi Informativi LS

GRUPPO 21
Emanuele Bedeschi
(Relatore) Francesco La Rota
Daniele Macagnino

Di cosa stiamo parlando ...

- Cluster di Server
- Utilizzo di risorse nel tempo
- Temperatura di esercizio
- Frequenti rilevazioni



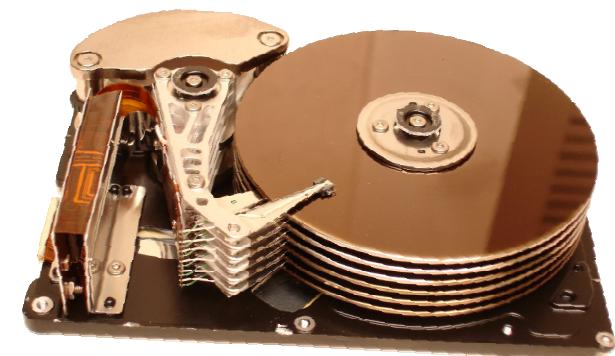
Grandi serie temporali



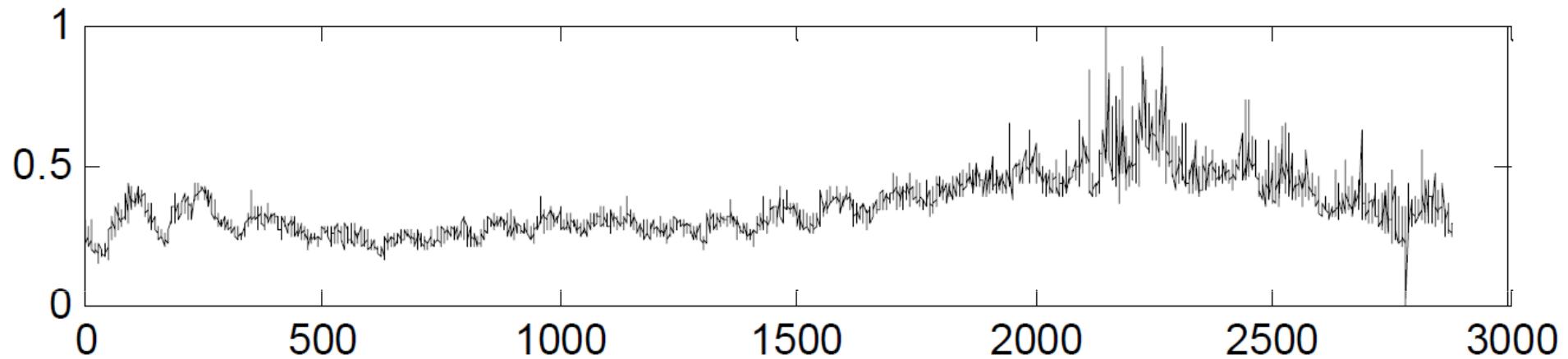
Alcune problematiche



- Alto volume di dati da memorizzare
 - 50'000 server
 - 55'000'000 data stream
 - 30-second sampling rate
 - 15'000'000'000 record
 - 1 TB-day
- Elevati e costosi accessi alla memoria



Qual è il fattore di crescita medio del carico CPU negli ultimi 3 mesi?

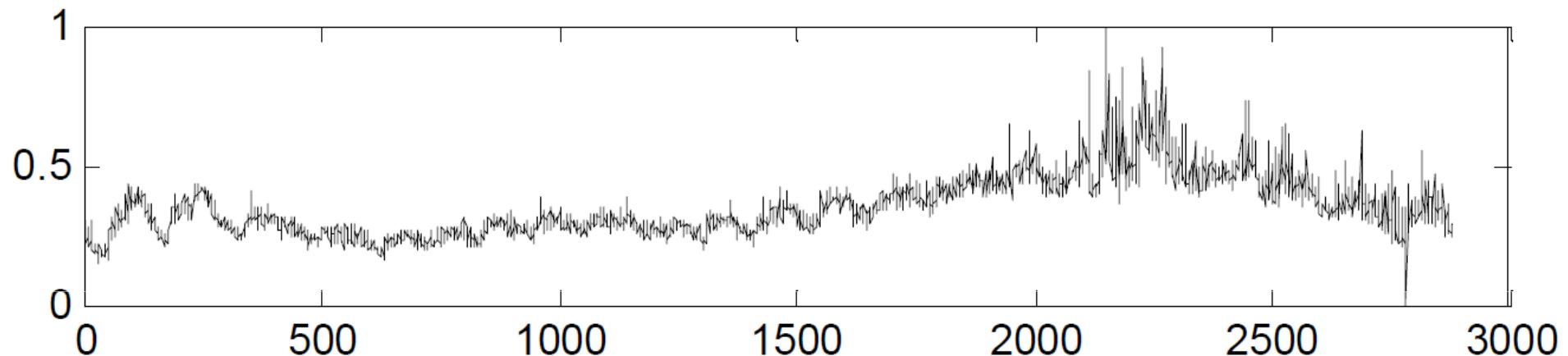


Quanti server hanno raggiunto un utilizzo dell'80% durante l'ultima stagione natalizia?

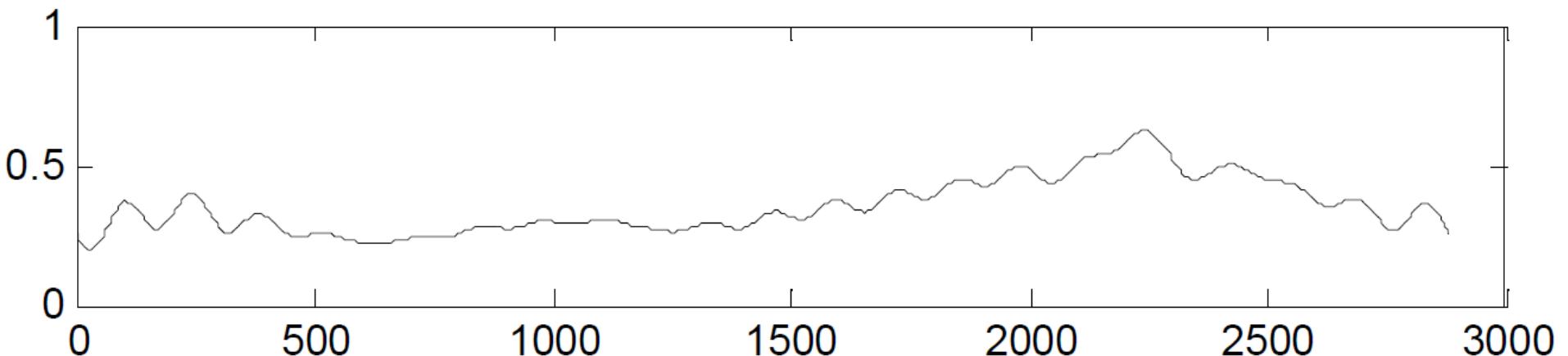
I server appartenenti ad un cluster ricevono carichi bilanciati?

Capacity Planning

Qual è il fattore di crescita medio del carico CPU negli ultimi 3 mesi?

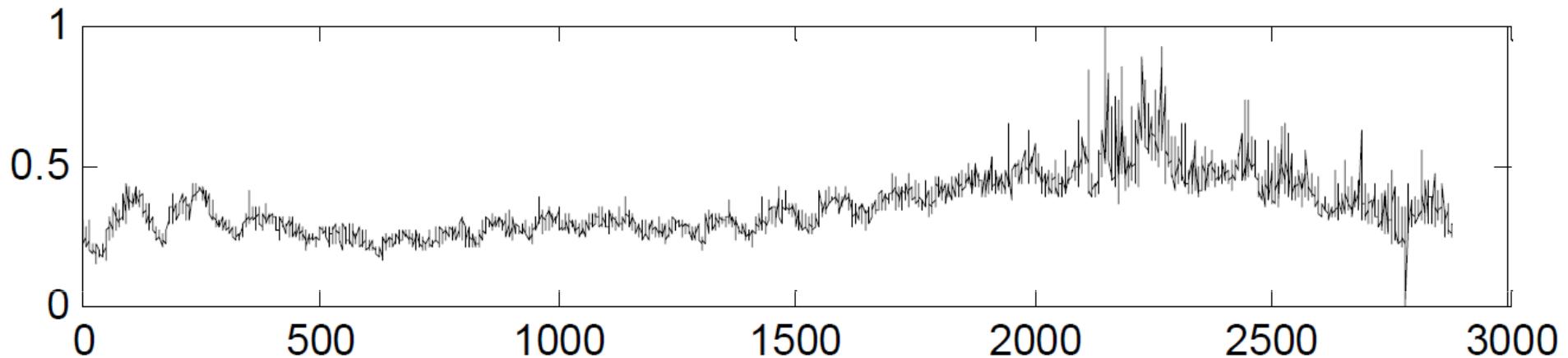


Carico CPU “smussato” per evidenziare l’andamento principale

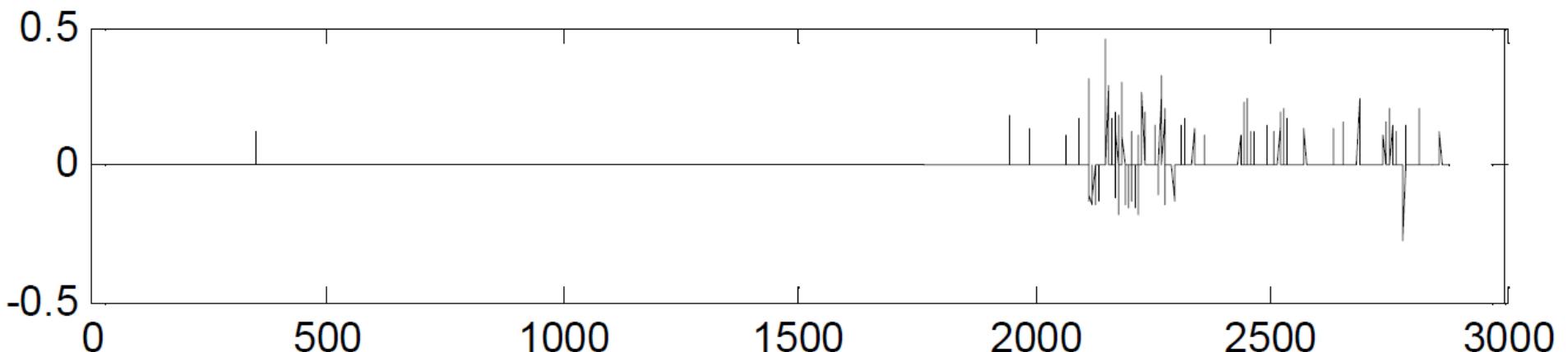


Server provisioning

Quanti server hanno raggiunto un utilizzo dell'80% durante l'ultima stagione natalizia?

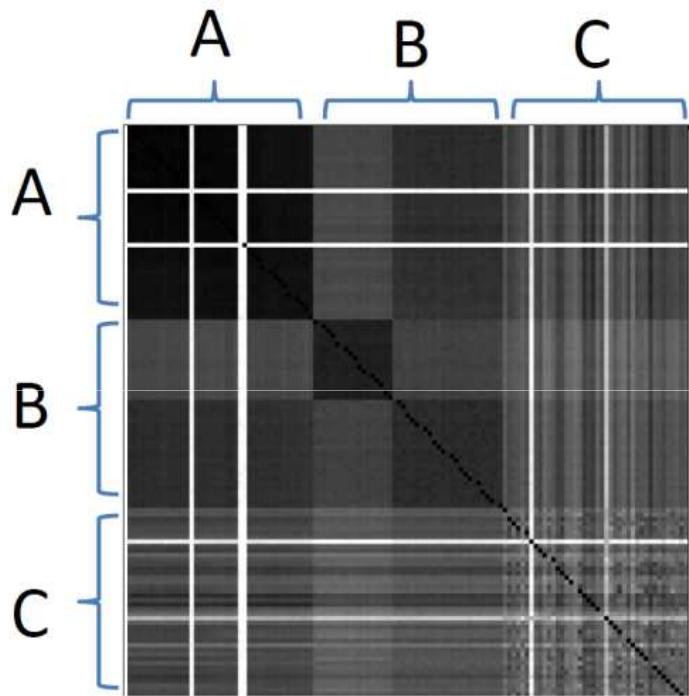


Picchi di carico

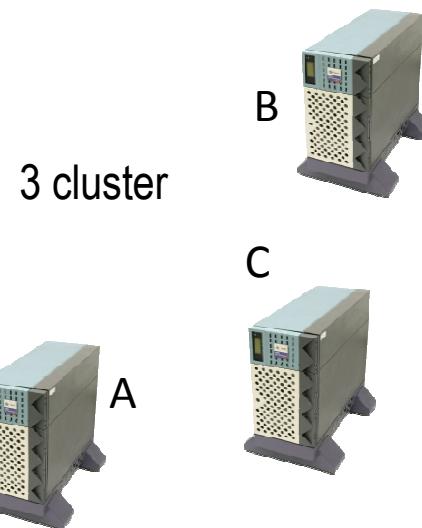


Query di correlazione

I server appartenenti ad un cluster ricevono carichi bilanciati?

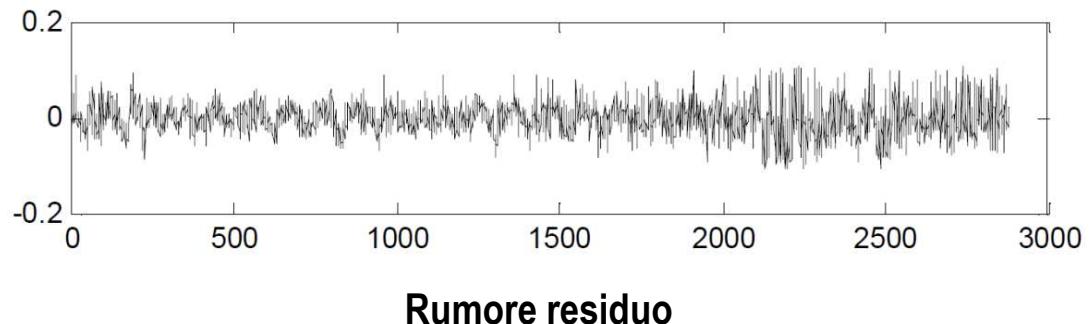


Correlazione tra dati grezzi dei 150 server (1 server – 1 px). Ogni px rappresenta il valore della correlazione fra i due server.



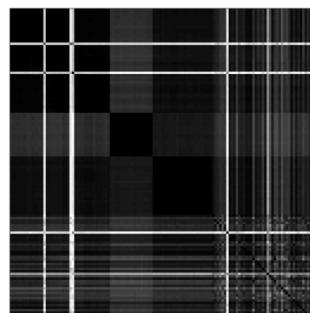
- Più l'elemento ha un colore che tende al nero, più i due server sono correlati.
- La matrice è simmetrica e sulla diagonale gli elementi sono tutti neri.
- Le linee bianche sono server non in funzione.

Occorre tenere conto anche del segnale residuo

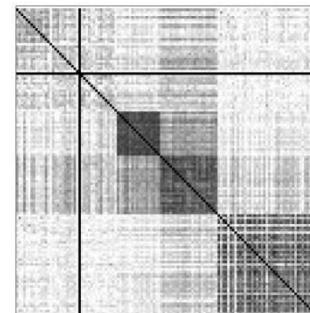


Esempi di correlazione

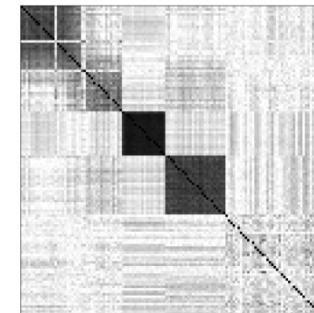
- Dependency analysis: *quali comportamenti dei server di tipo A sono correlati a comportamenti di server di tipo B?*
 - Ricavabile dal confronto degli andamenti
- Anomaly detection: *un certo pattern di picchi di utilizzo di un server è presente anche in altri server?*
 - Ricavabile dal confronto tra i picchi
- Load balancing: *i server appartenenti ad un cluster ricevono carichi bilanciati?*
 - Ricavabile dai dati di rumore



Correlazione tra gli andamenti. Cluster A e B più correlati rispetto a C



Correlazione tra i picchi. Cluster B e C presentano correlazione tra i picchi

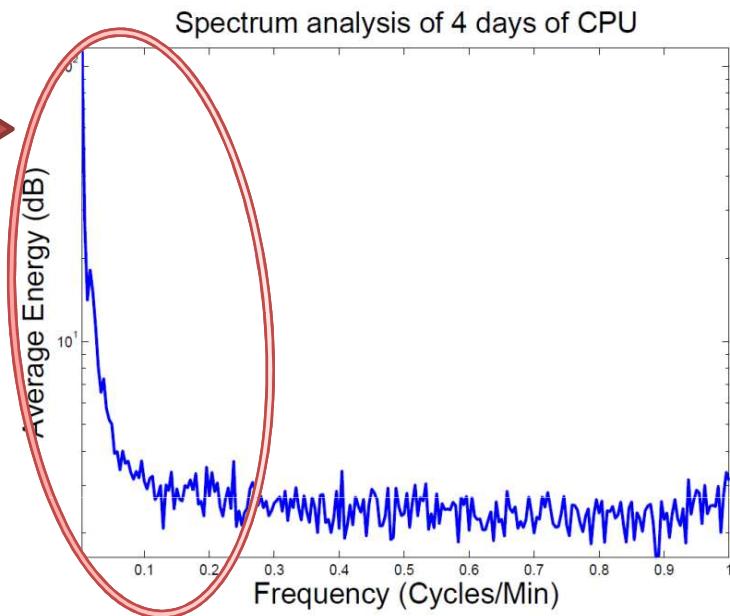
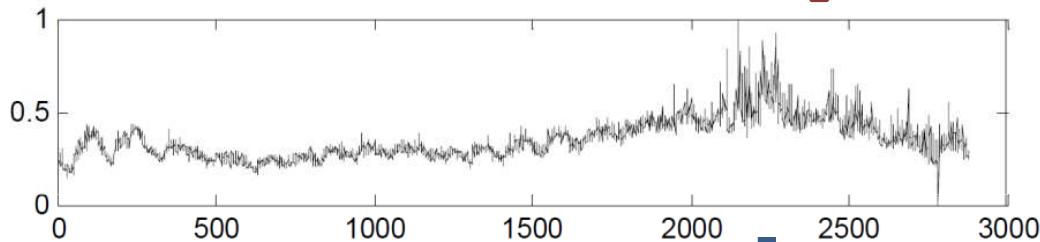


Correlazione tra il rumore. Il cluster B ha un carico bilanciato

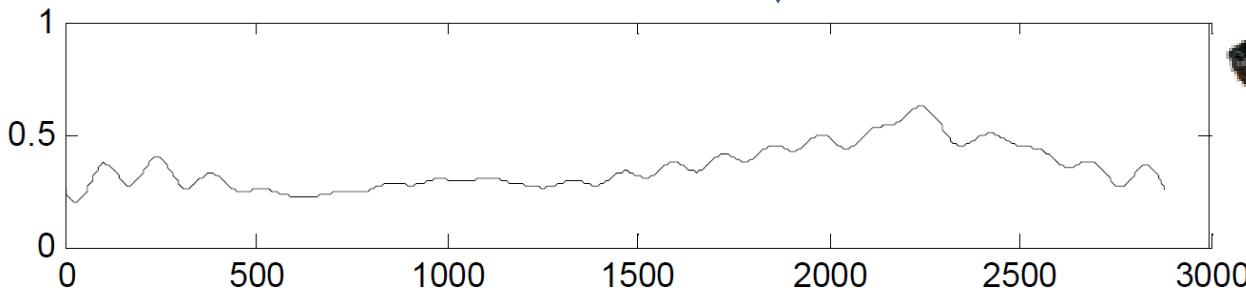
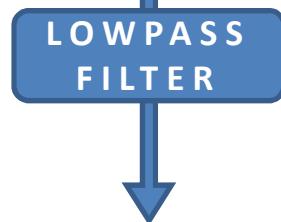
Decomposizione Segnale

Segnale LoF

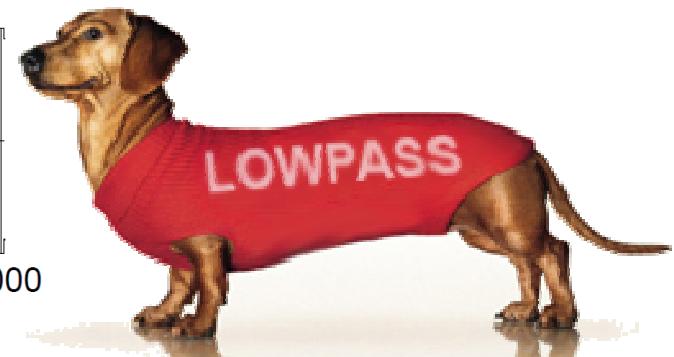
Studiando il segnale grezzo in frequenza, si nota come la maggior parte della energia sia contenuta alle basse frequenze.



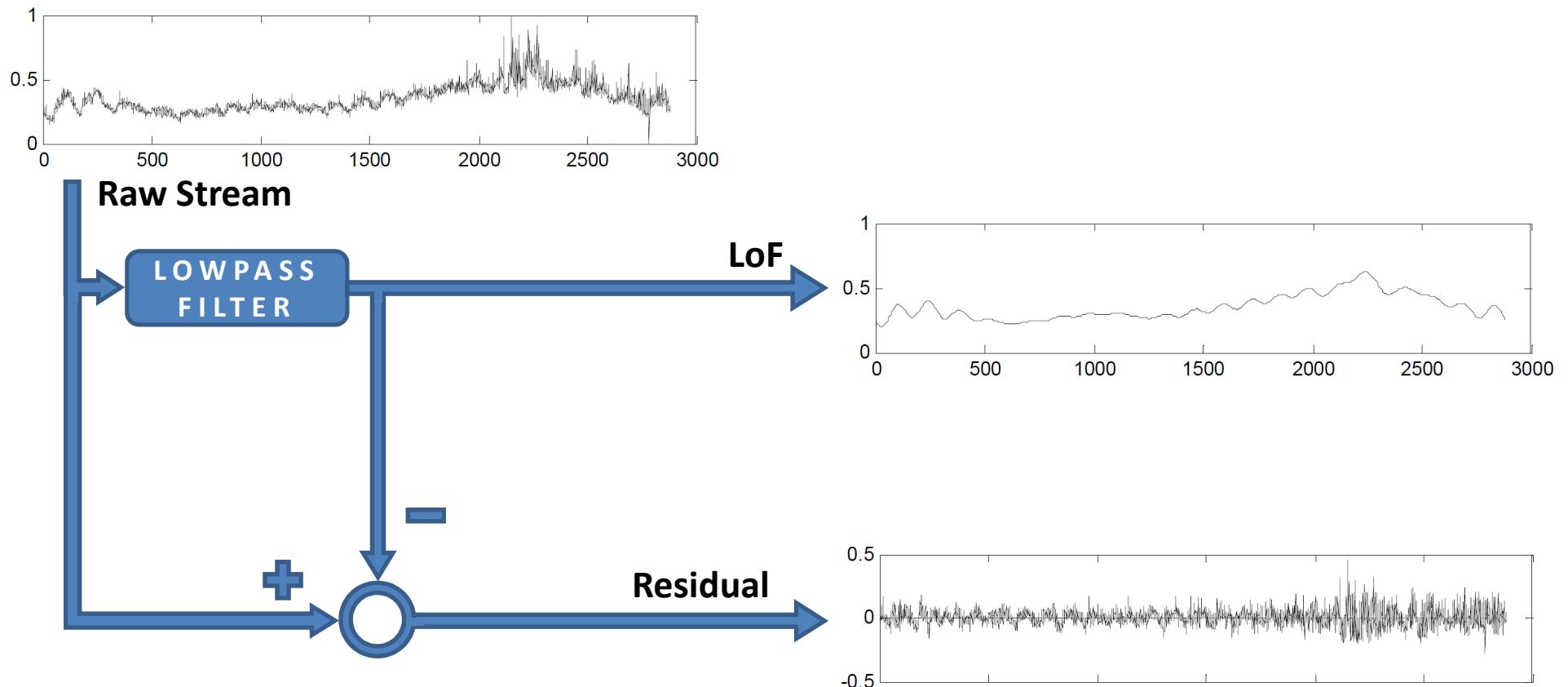
Filtro passabasso
Applicazione del filtro sul segnale grezzo. Si ottiene il segnale LoF



Spettro del segnale
L'energia è contenuta alle basse frequenze

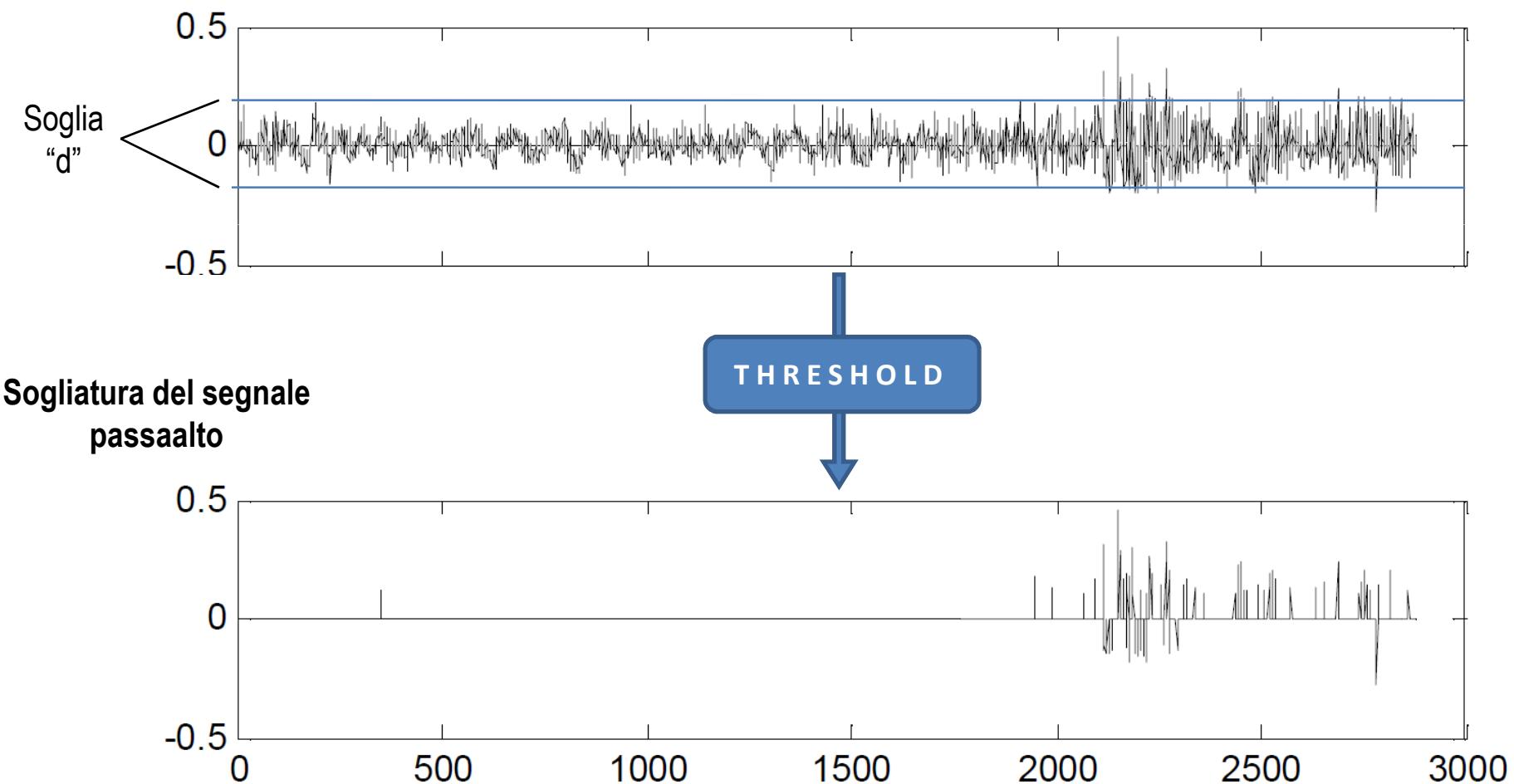


Decomposizione Segnale

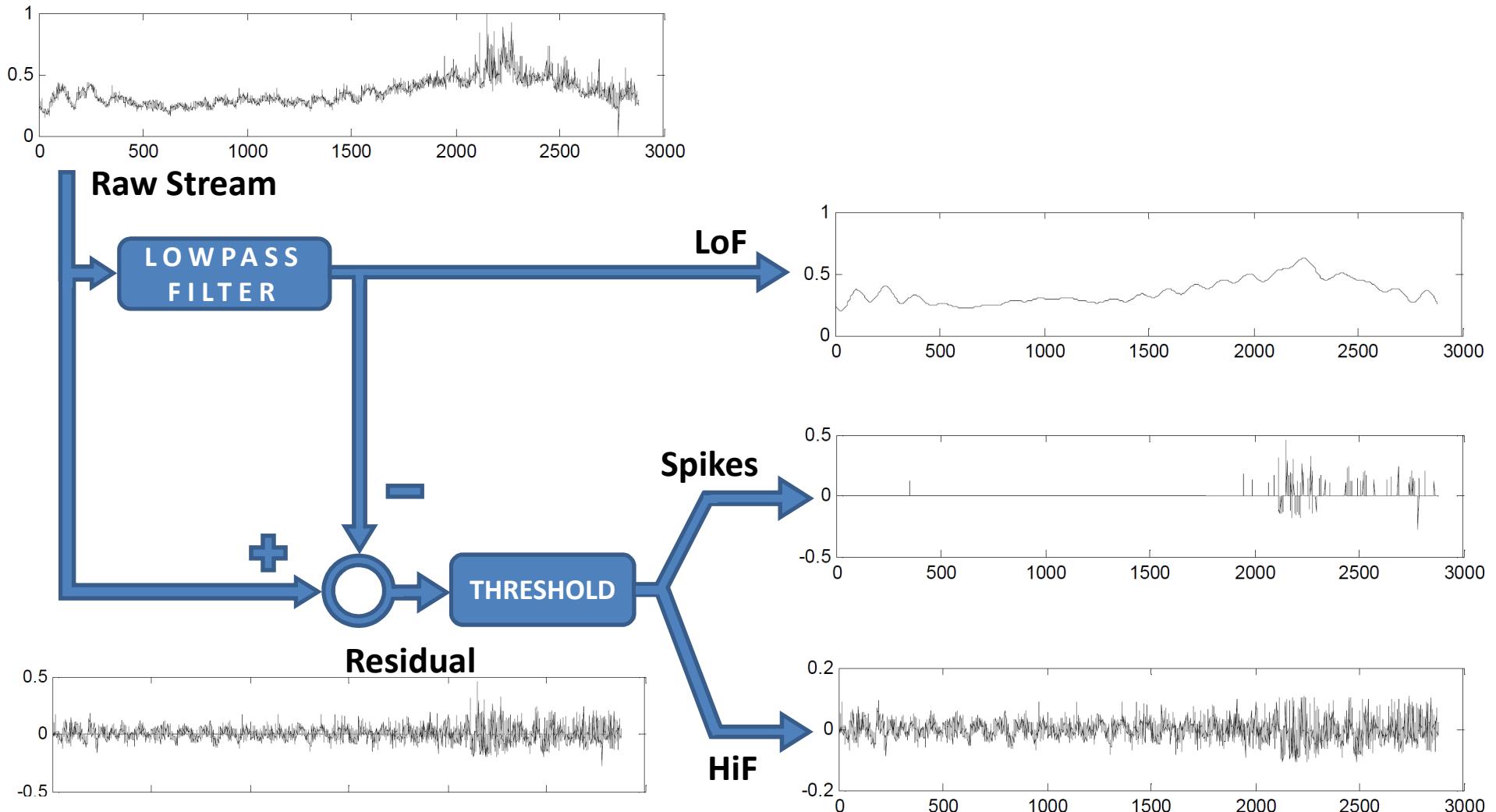


Segnale Spikes

Dal segnale passaalto ottenuto viene fatta una sogliatura, ottenendo un segnale, che chiamiamo **Spikes**, che contiene solo i campioni di valore superiore alla soglia.



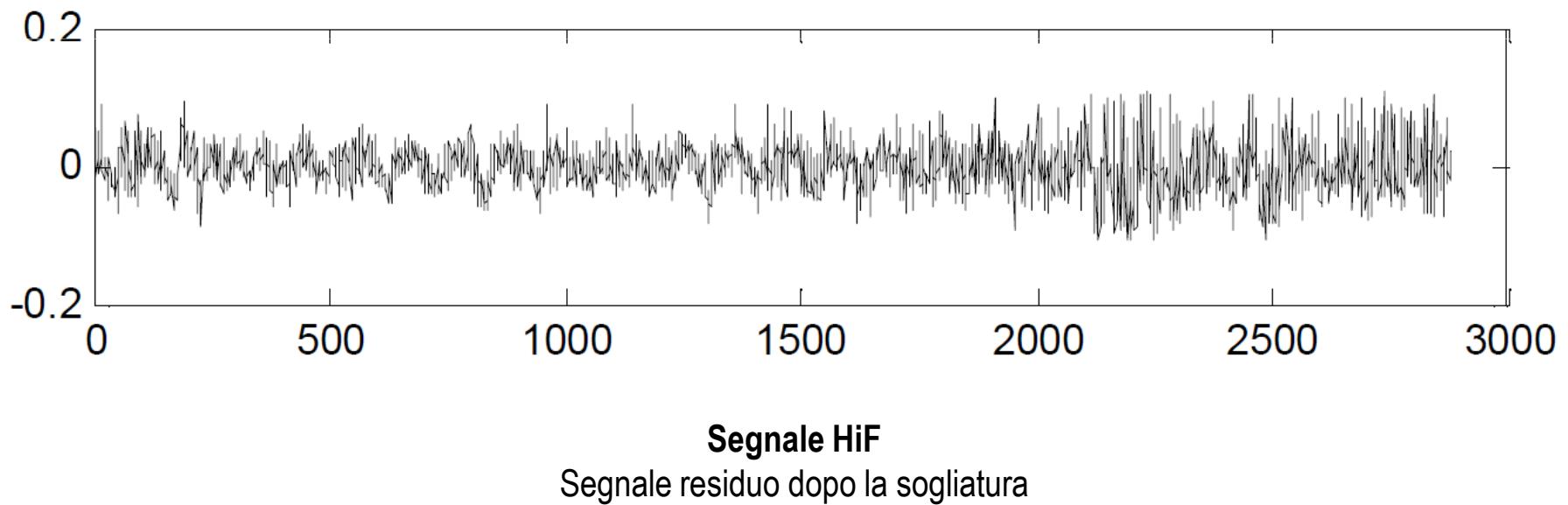
Decomposizione Segnale



Segnale HiF

Ciò che rimane dopo la sogliatura, viene chiamato segnale **HiF**.

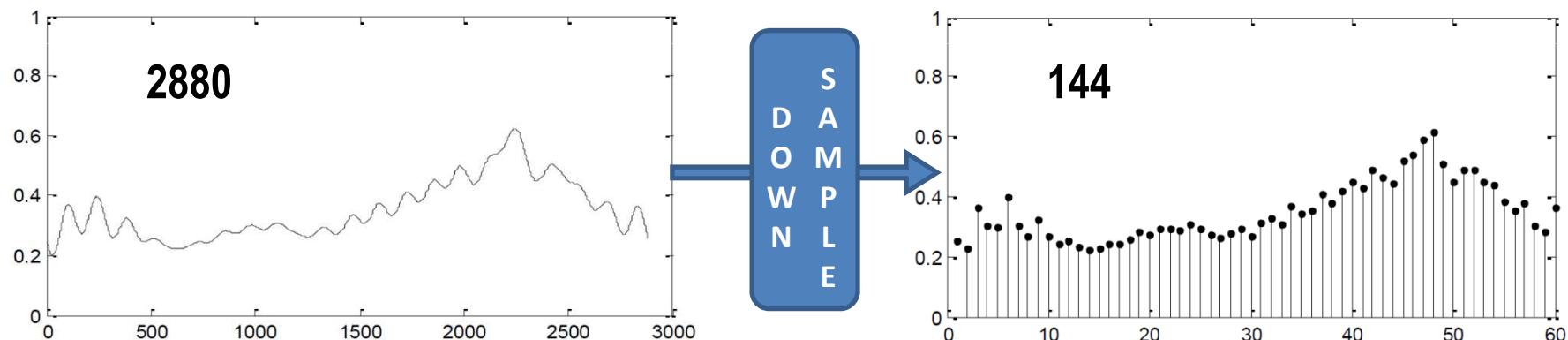
Si tratta di un **segnale limitato** come valore, ma con **grande banda** in frequenza.



Compressione

Compressione segnale LoF

Il segnale LoF è un **passabasso** (ha f_{\max} molto minore), perciò è possibile **sottocampionarlo** senza problemi



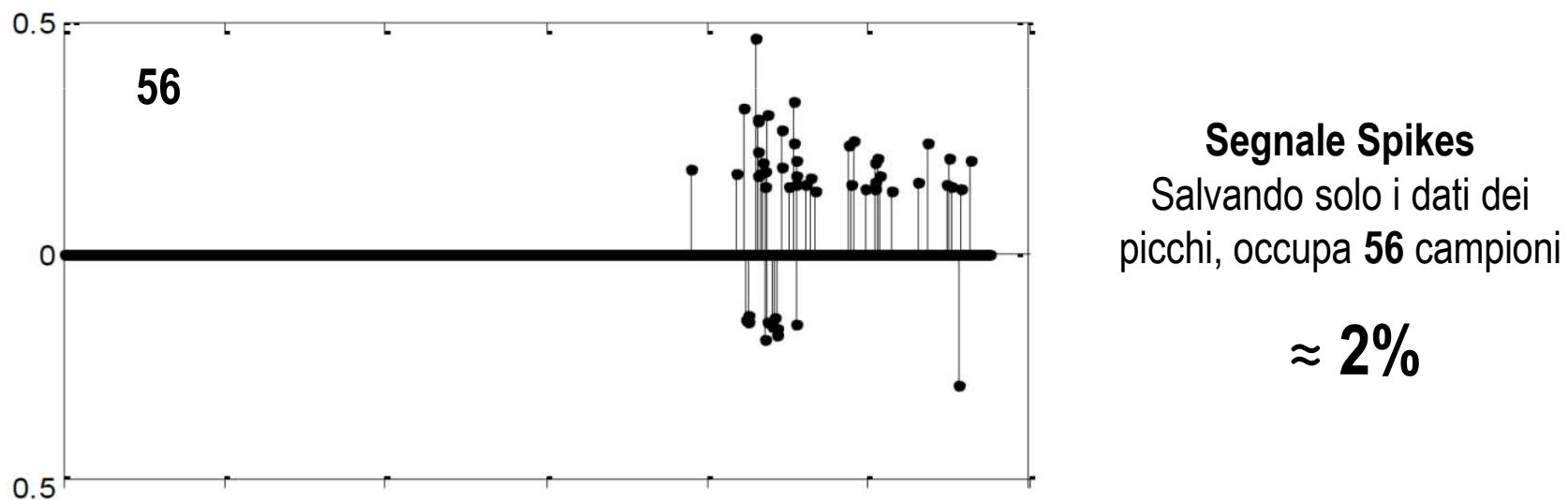
Downsampling LoF

Viene sottocampionato il segnale.
Si passa da **2880** campioni a **144**

5%

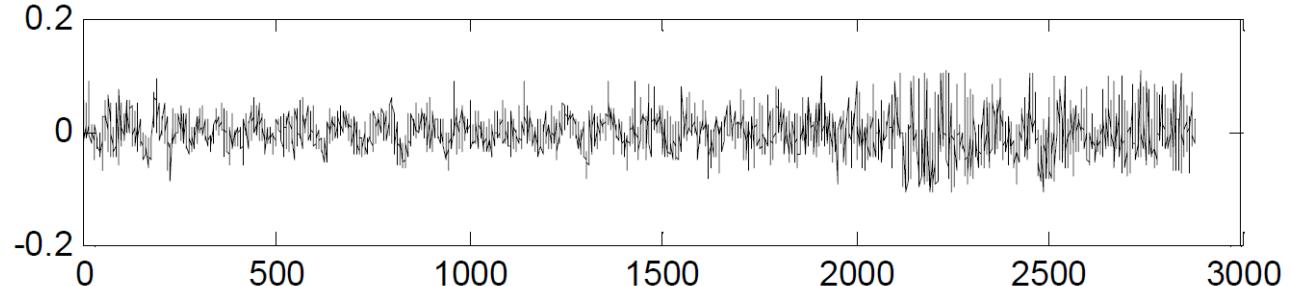
Compressione Spikes

- Il segnale Spikes contiene **solo i picchi** (poca informazione).
Può essere salvato direttamente



Compressione HiF

- Il segnale HiF dei residui invece è **problematico**:
 - Ha **multi dati**
 - È un **passaalto**



Serve → **correlazione** tra segnali (dipende dalla loro **distanza euclidea**)

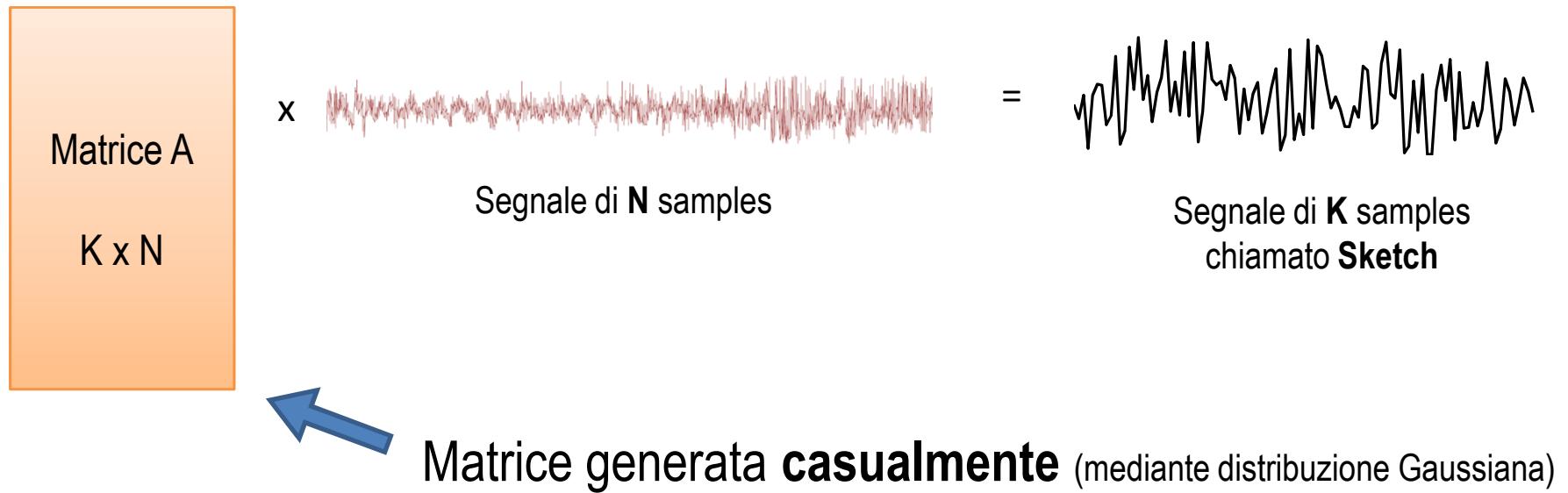
Possiamo ridurre segnali HiF, mantenendo inalterata la distanza tra essi?

Si → Lemma di Johnson-Lindenstrauss

$$f(\text{HiF signal}) = \text{compressed signal}$$



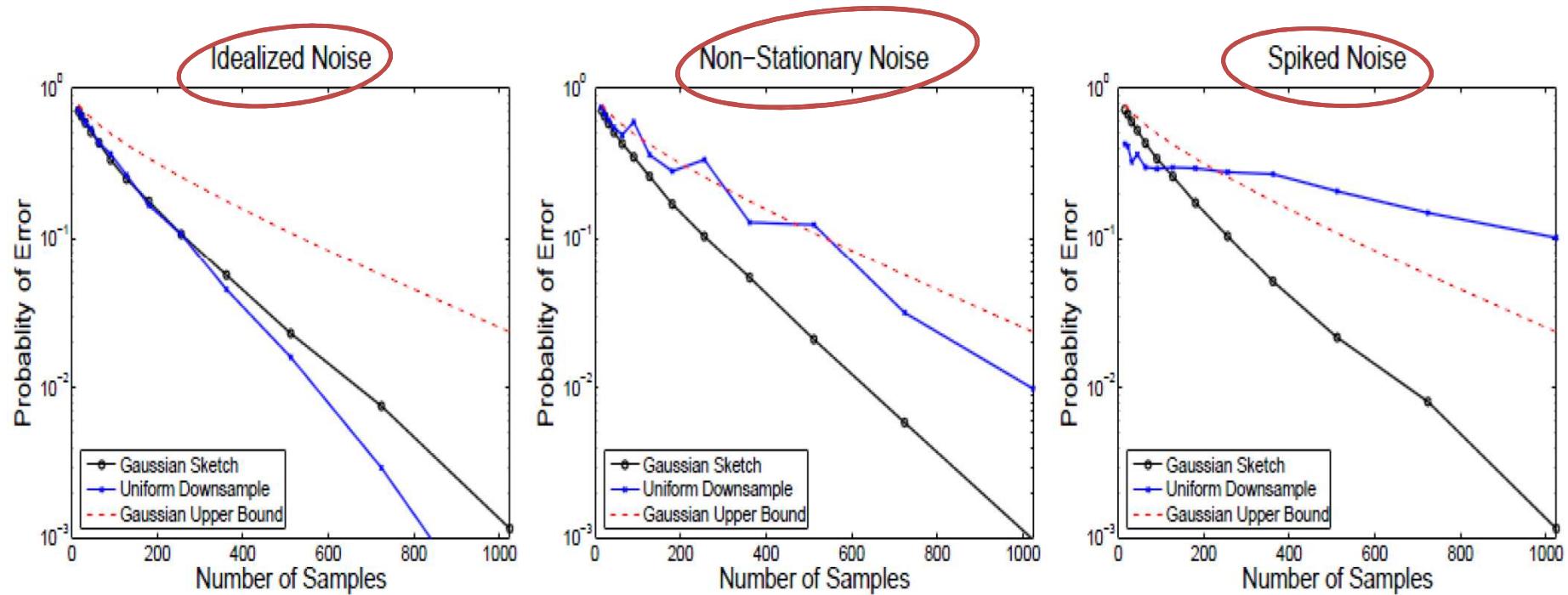
Random Projection (1/2)



- Il lemma di **Johnson-Lindenstrauss** ci assicura che, scegliendo un K opportuno, la correlazione rimane **inalterata** a meno di un errore ε

Random Projection (2/2)

Si è **verificato sperimentalmente** che la probabilità di errore della Random Projection non dipende dalla **natura del segnale**



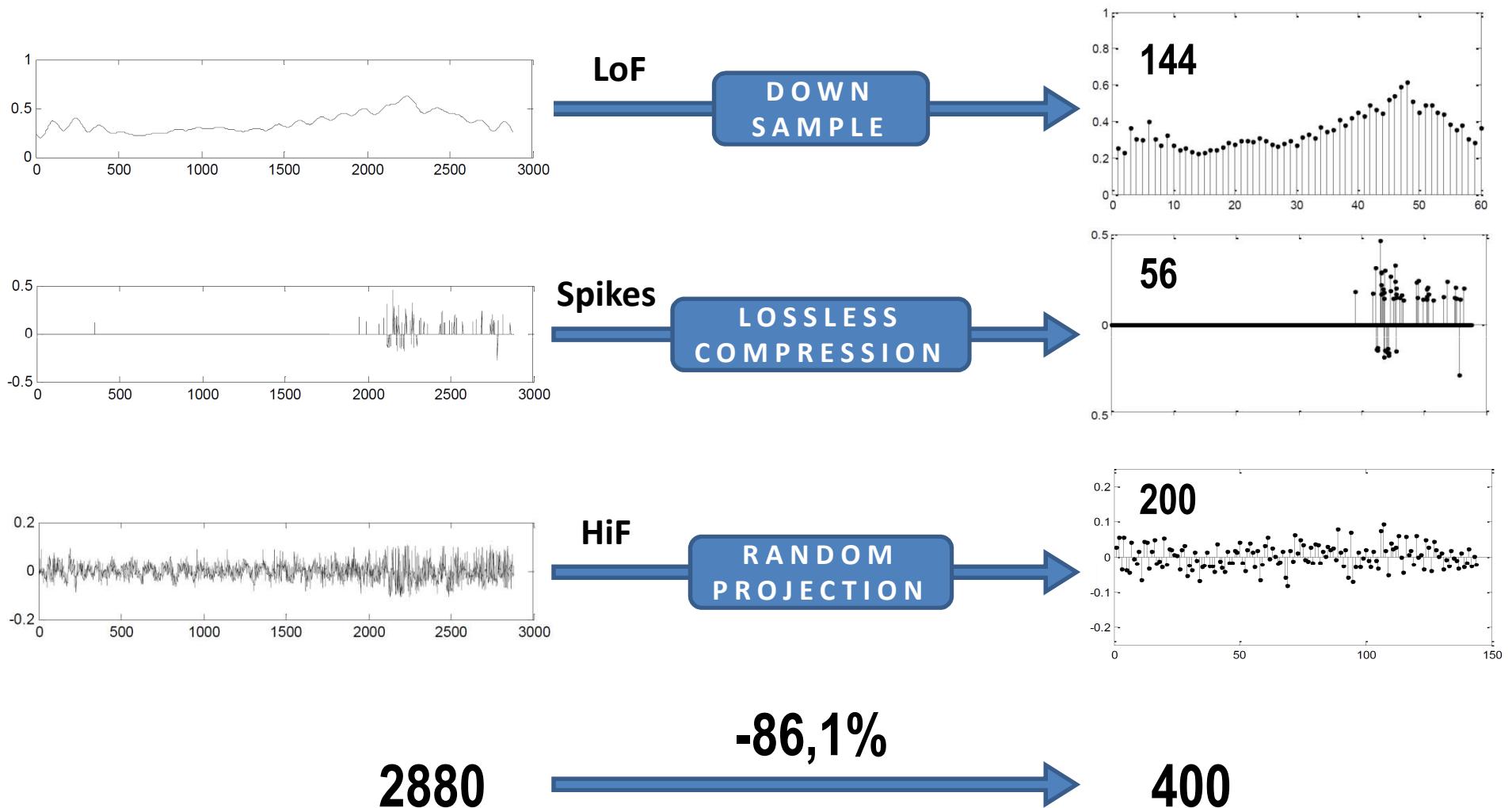
Probabilità di errore

massima ottenuta **matematicamente**

sperimentale (Random Projection)

di un altro sistema di compressione (il sottocampionamento)

Componenti di compressione



Galen Reeves

-

Jie Liu

-

Suman Nath

-

Feng Zhao



Valutazione del framework **Cypress**

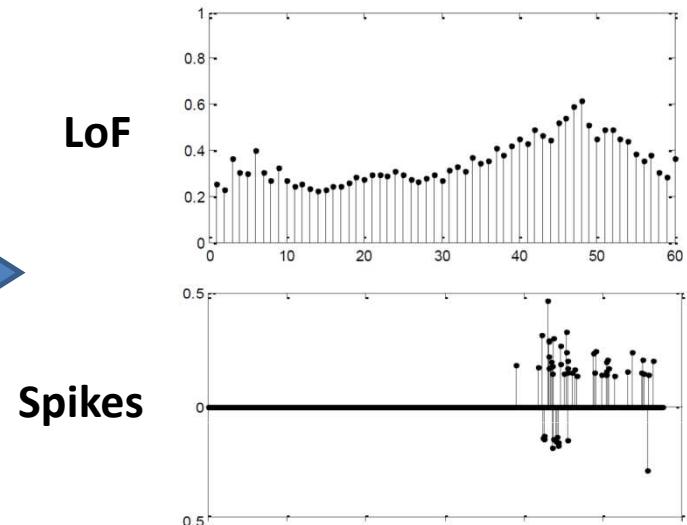
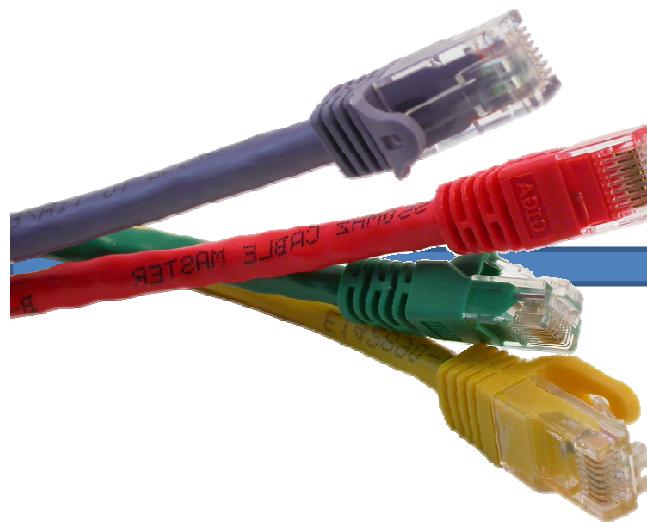


- Tempo di compressione
 - Fattore compressione
 - Accuratezza istogrammi
 - Correlazione

Caso di studio

- Considerati **800 streams** di dati
- Ogni stream composto da **2880 samples** per giorno
- Collezionati gli streams per una settimana
- Totale: più di **16 milioni** di records

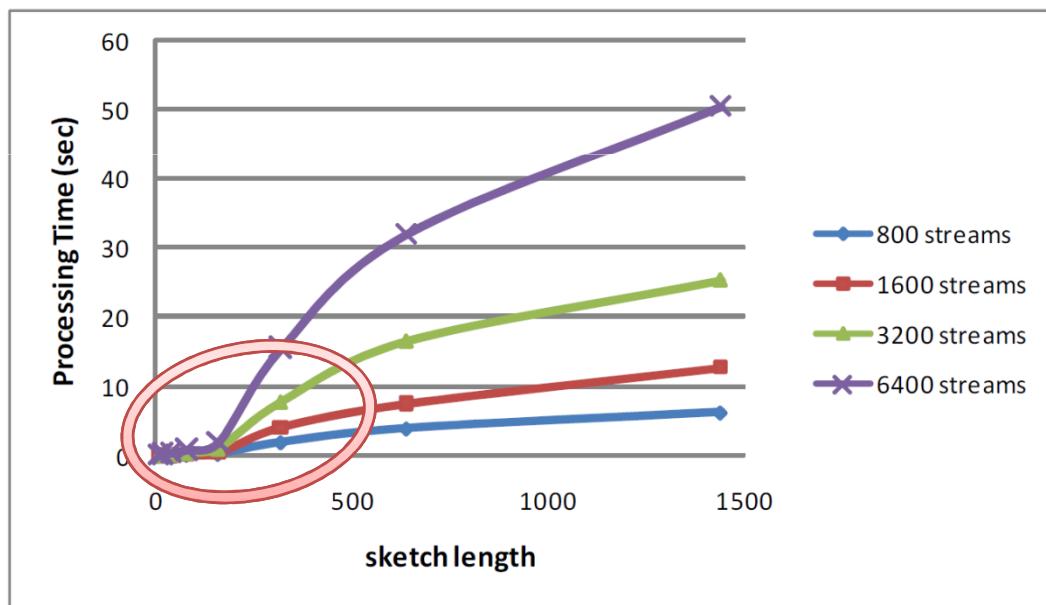
Tempo di compressione (1/2)



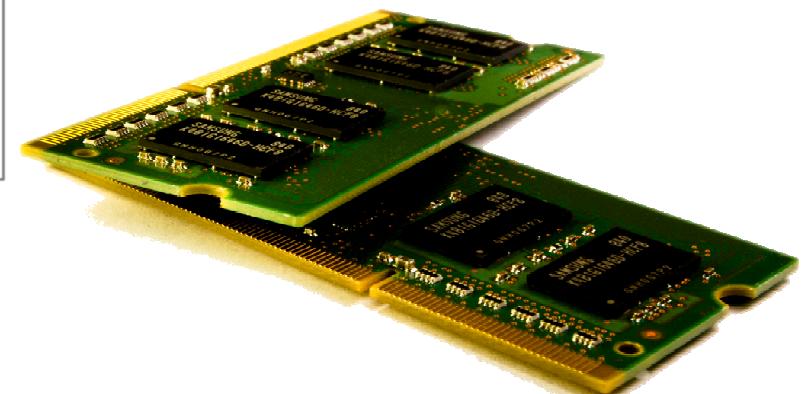
- Il calcolo dei segnali **LoF** e **Spikes** può essere eseguito direttamente sullo stream con **qualche dozzina** di moltiplicazioni, somme e comparazioni per ogni sample.
- Caso di studio  **1.66 sec**

Tempo di compressione (2/2)

- Più complicato il calcolo degli **sketches** per vari motivi
 - Non può essere eseguito sullo stream
 - La matrice di proiezione casuale è densa
 - Una singola proiezione comporta un numero **molto elevato** di moltiplicazioni e somme.



Il salto tra le lunghezze 160 e 320 probabilmente è dato dallo swapping



- Caso di studio ≈ 8 sec

Fattore compressione

- Test effettuato con finestra di un solo giorno

N_F	LoF Storage		Spike Storage	
48	1,67%	$d = 0,1$	$d = 0,08$	$d = 0,05$
96	3,3%	5,3%	10,3%	25%
192	6,6%	4,7%	9,6%	24%
384	13,2%	4,4%	9,4%	23,5%

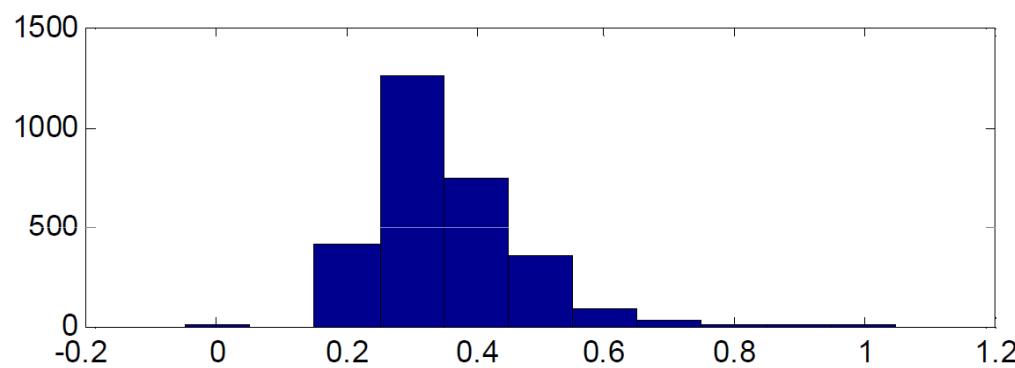
Numero di campioni
di Lof (N_F)

Fattore di compressione
Dati originali / Dati compressi

Soglia per
gli Spike (d)

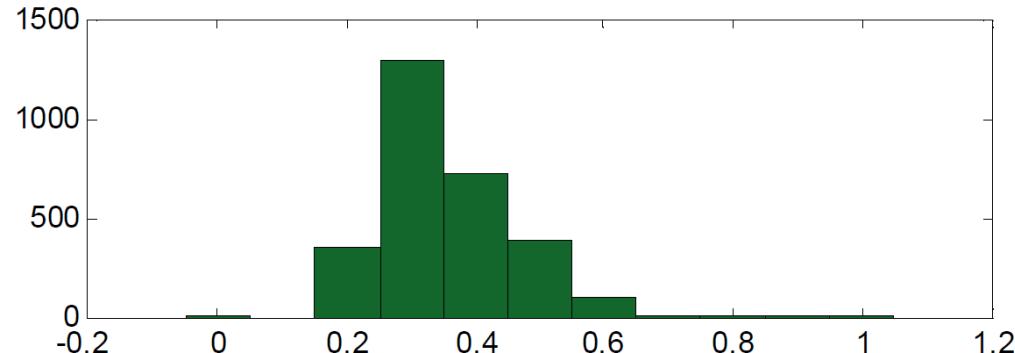
Accuratezza istogrammi

- **Confronto** tra l'istogramma generato dai dati compressi e quello dei dati originali



Iistogramma
dati originali

 HER
6,4%

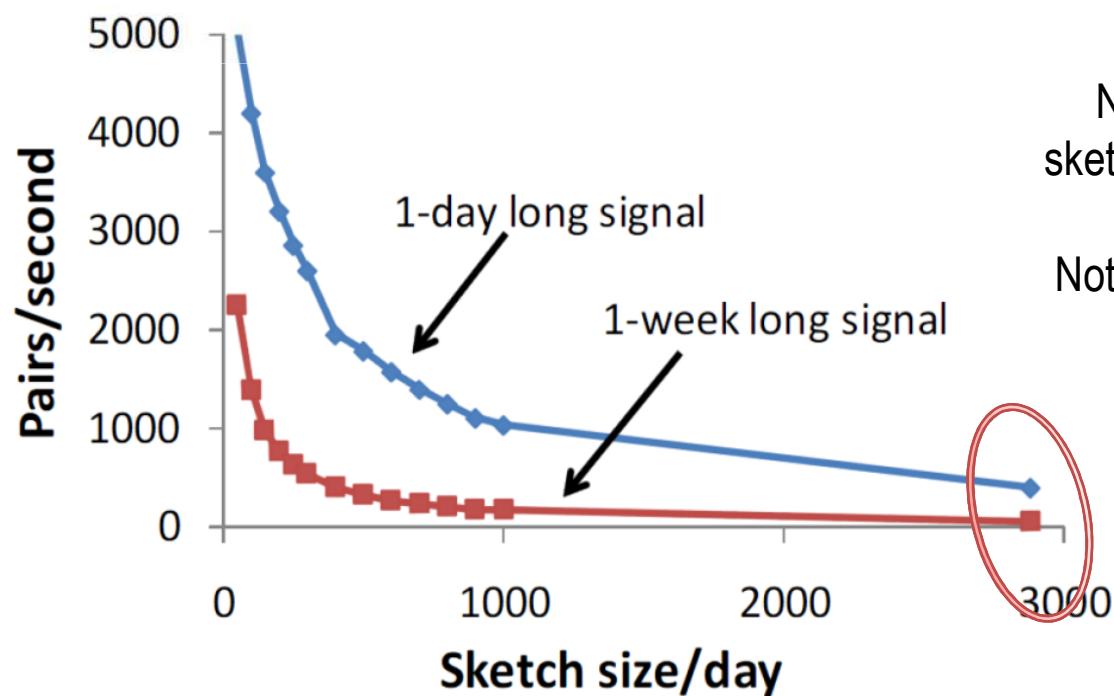


Iistogramma
LoF + spikes

La **somiglianza** tra gli istogrammi viene calcolata con l'indice **HER**: un valore che indica l'errore percentuale del secondo istogramma rispetto al primo.

Correlazione (1/2)

- La correlazione tra sketches risulta **molto più veloce** rispetto a quella sul segnale originale, perché gli sketches sono **notevolmente più corti**



Throughput
Numero di correlazioni tra coppie di sketches calcolati al secondo con diverse lunghezze.
Notare il caso di lunghezza 2880, pari al segnale non compresso

Correlazione (2/2)

- La velocità di esecuzione della correlazione dipende fortemente dai **tempi di I/O**

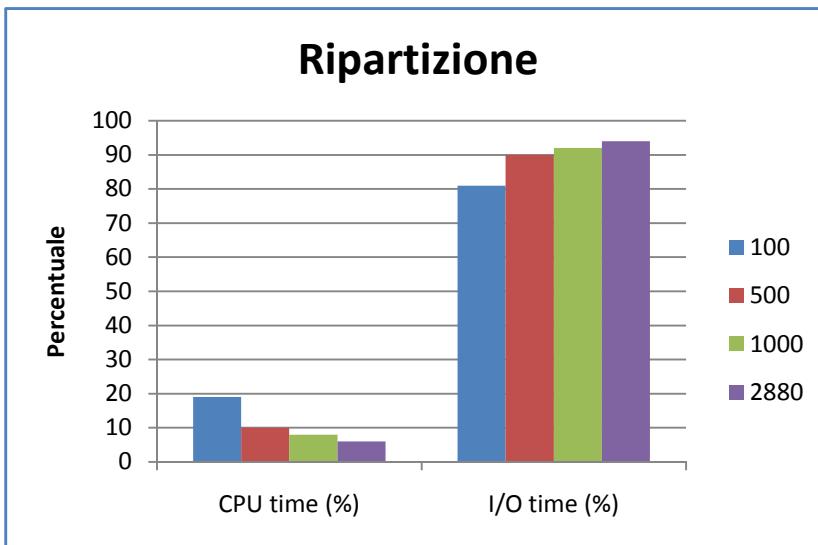
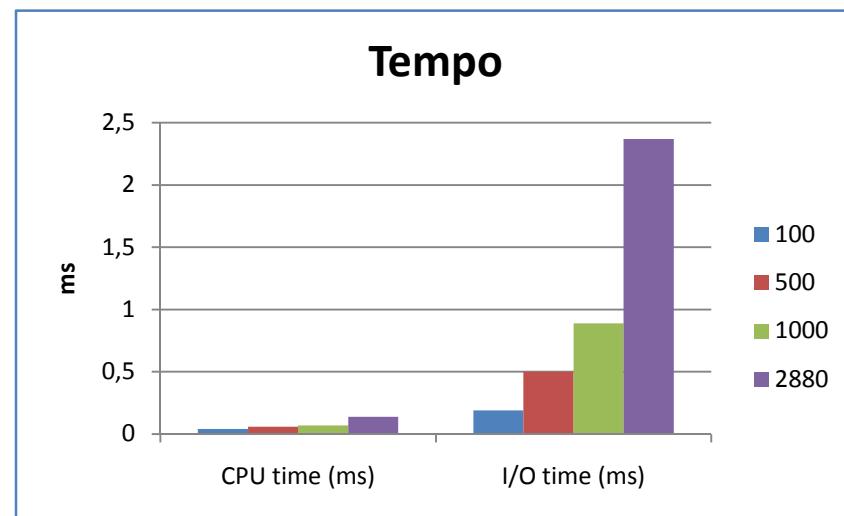


Grafico dei tempi
Più le serie si allungano, più il tempo di I/O diventa rilevante

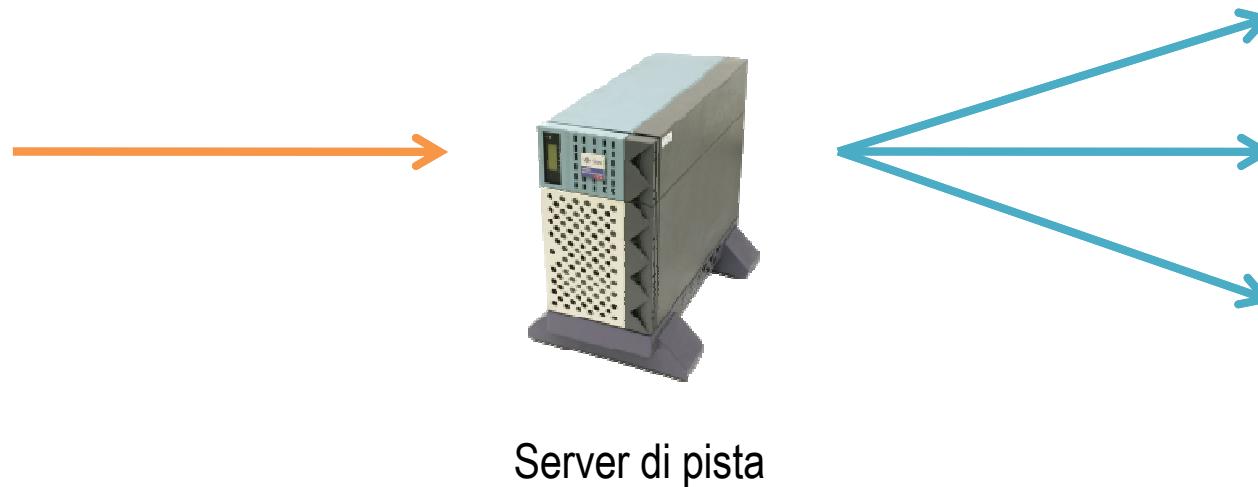
Ripartizione del tempo
Il tempo è notevolmente sbilanciato sul I/O.
Nella legenda la lunghezza degli sketches correlati





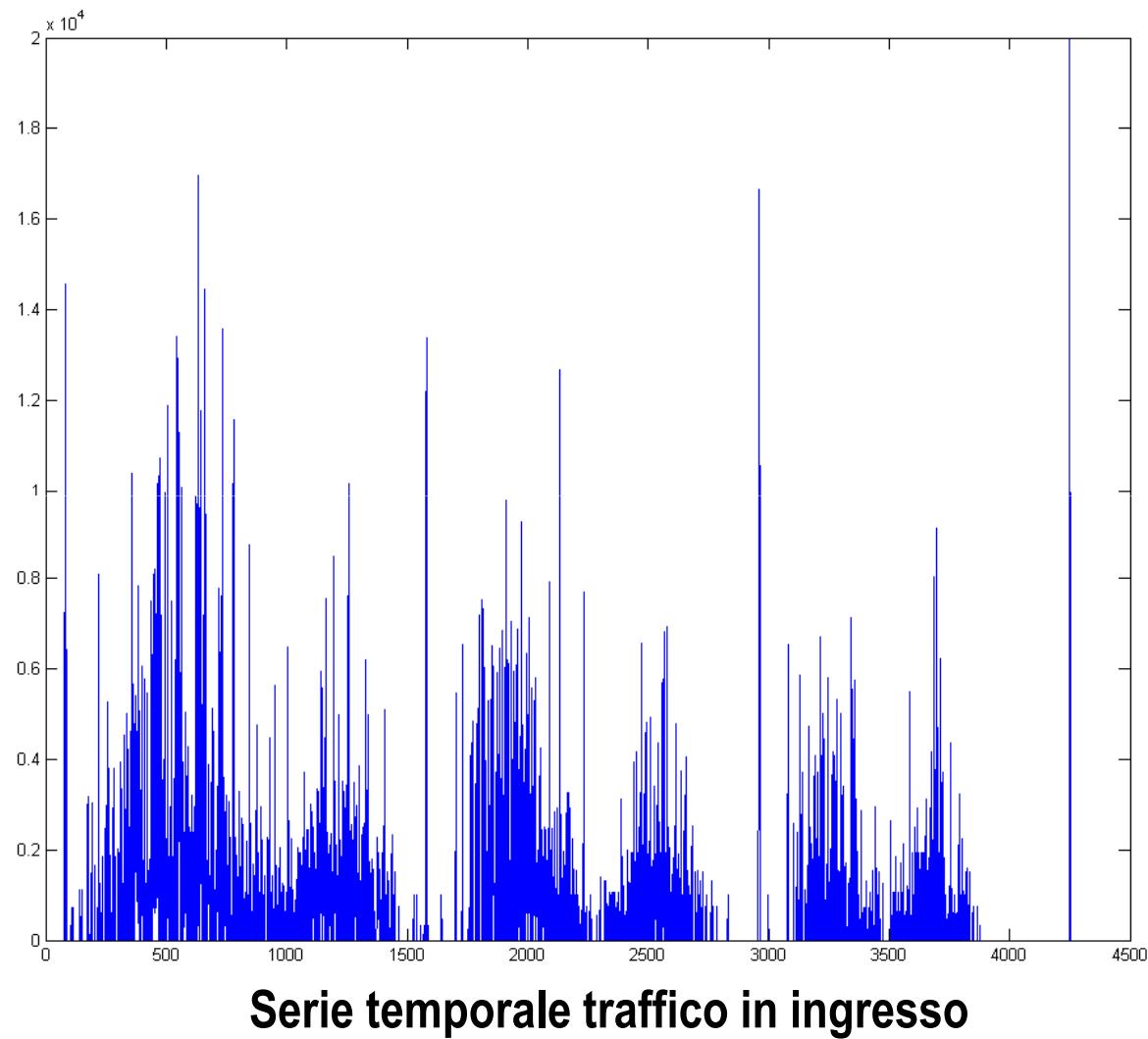
Esempio su dati reali

Situazione

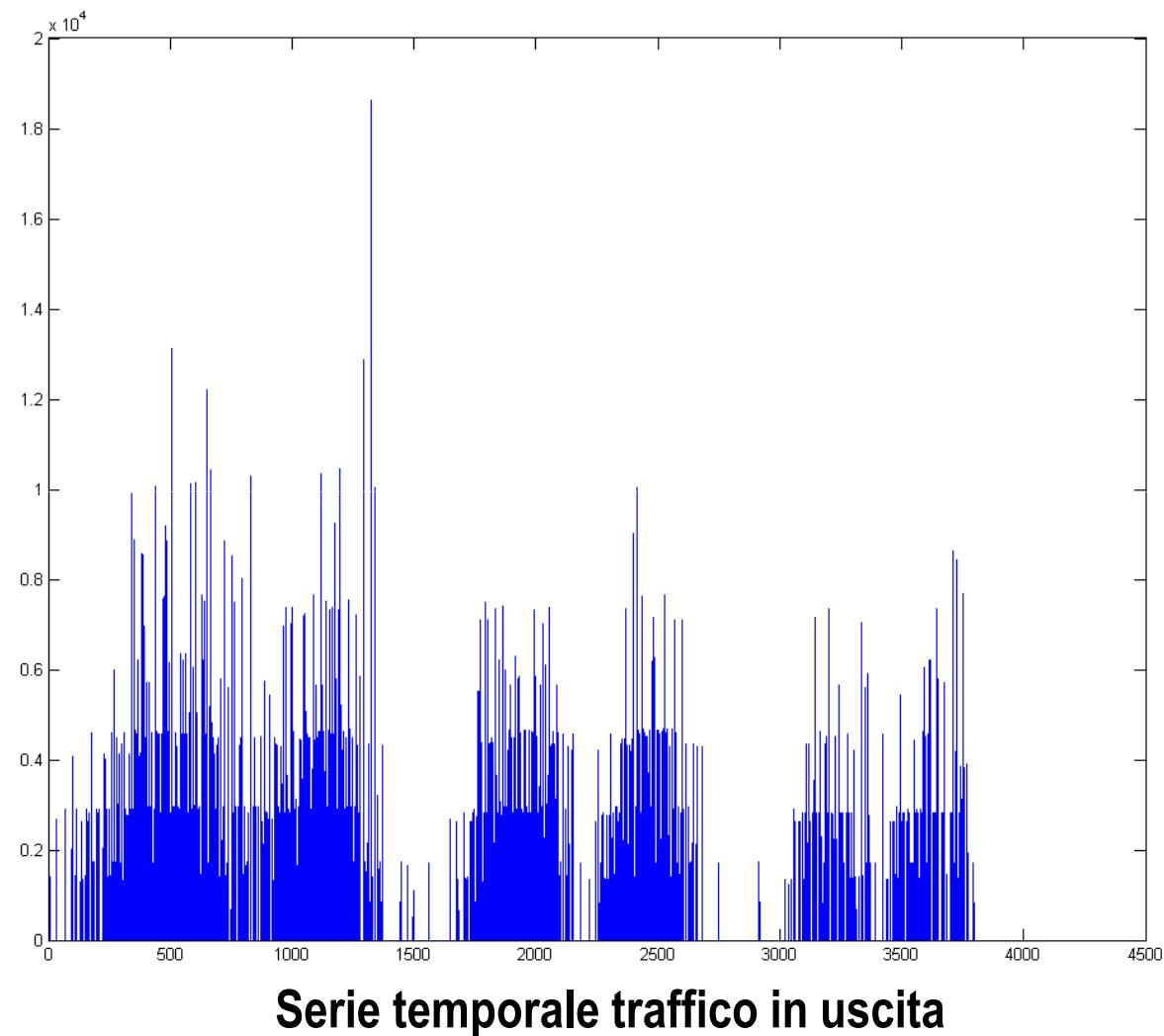


Server di pista che riceve i dati della telemetria dal circuito.
Filtrà i dati, gli elabora e spedisce i risultati ad altri server
È stata eseguita una **campionatura del traffico di rete** in
ingresso e in uscita

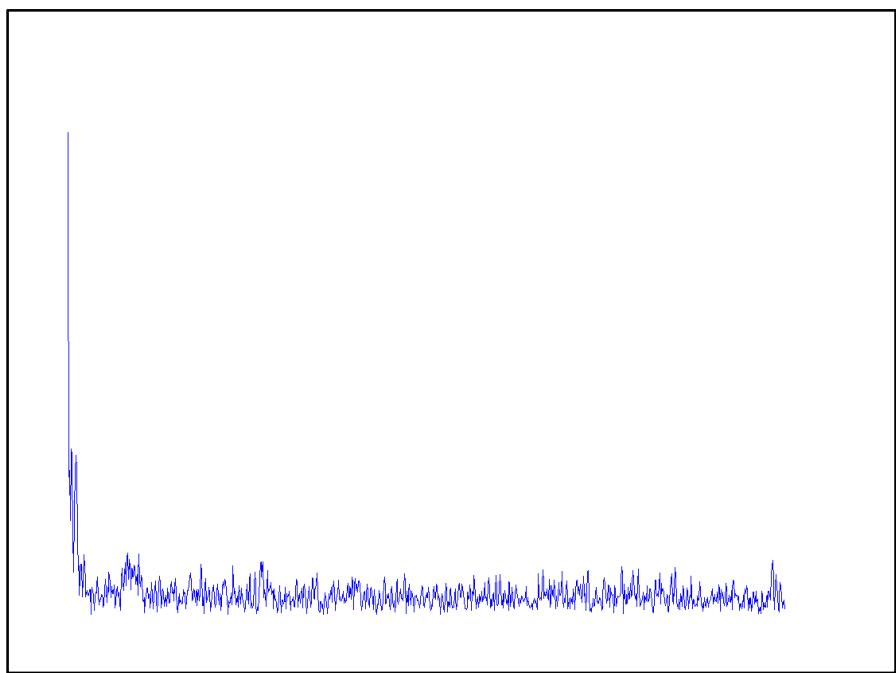
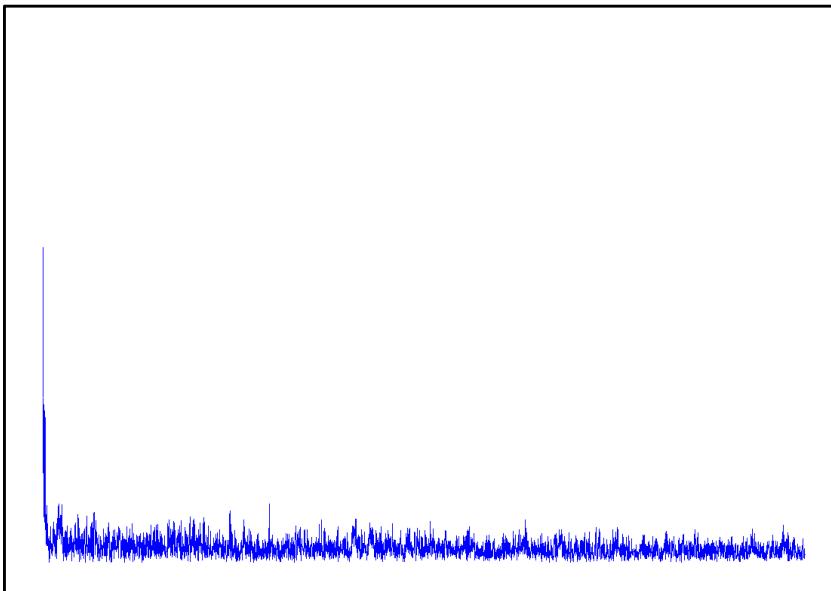
Spagna 2010



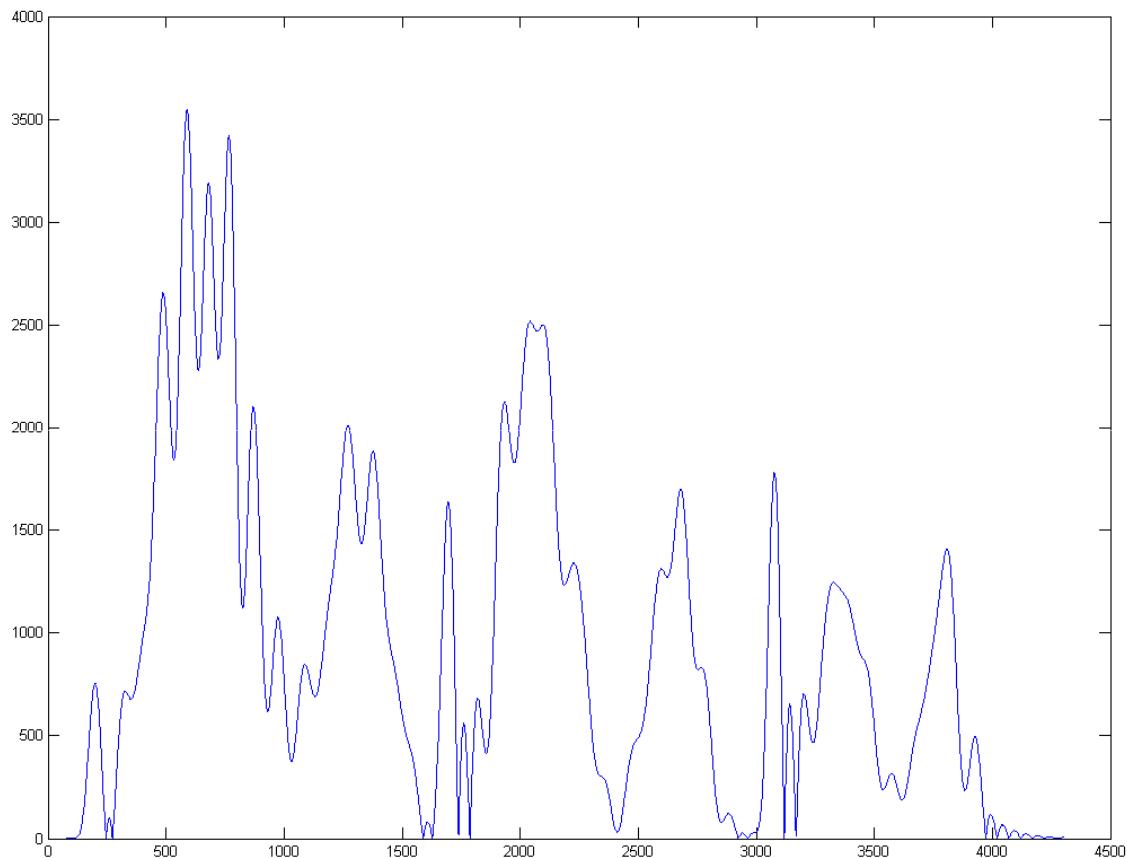
Spagna 2010



Analisi in frequenza



Segnale LoF

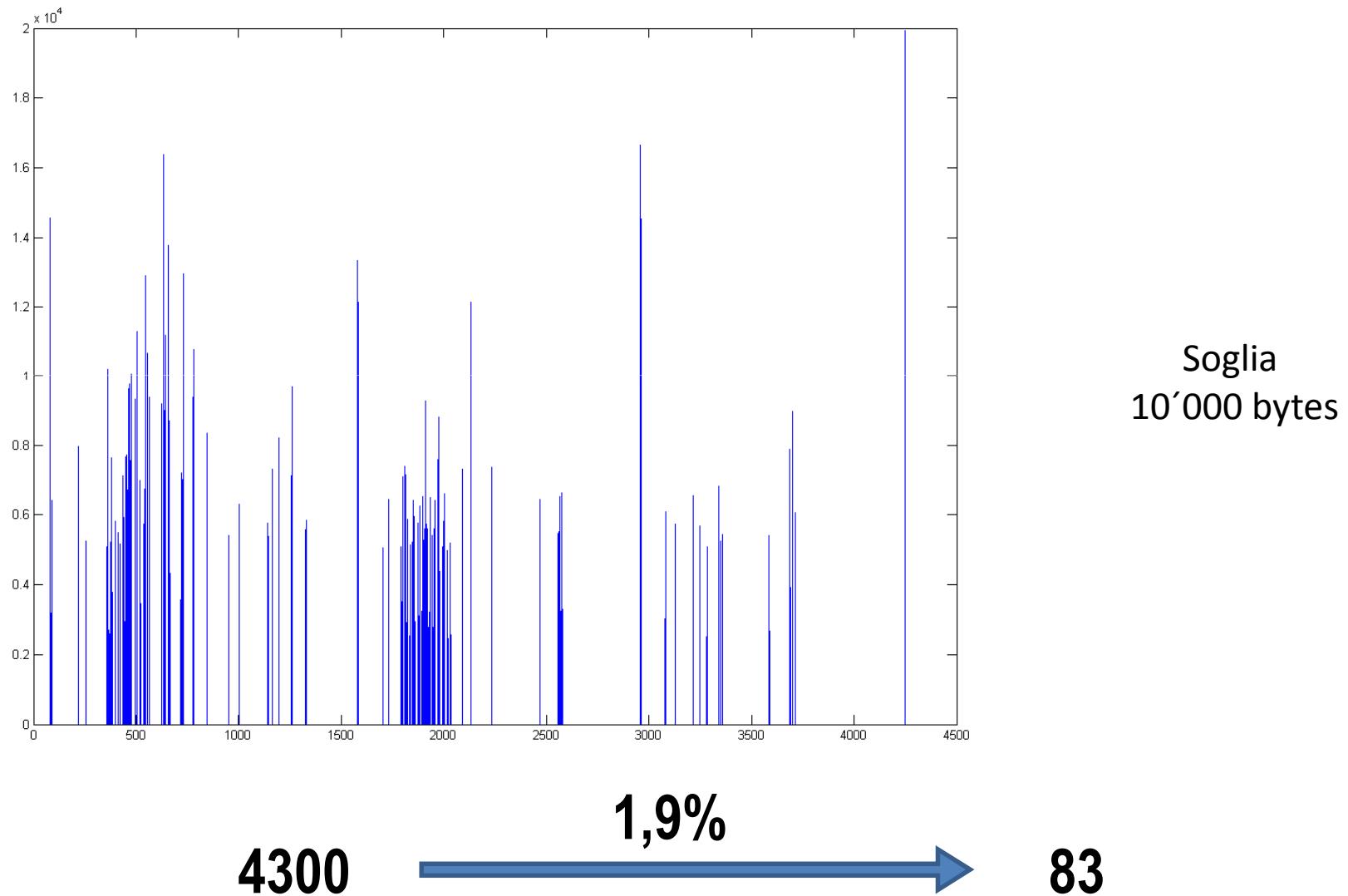


Lowpass a 0.01 Hz

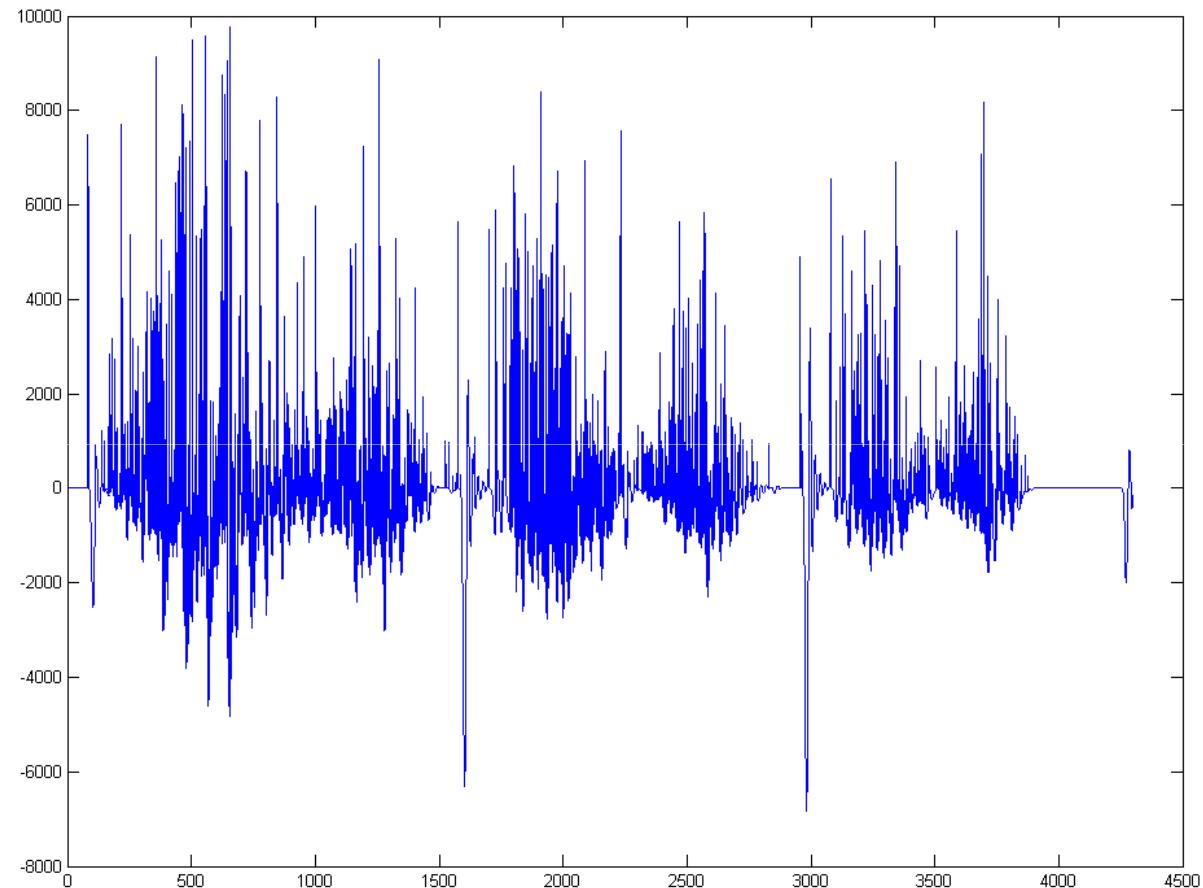
100 campioni

4300 **2,32%** 100

Segnale Spikes

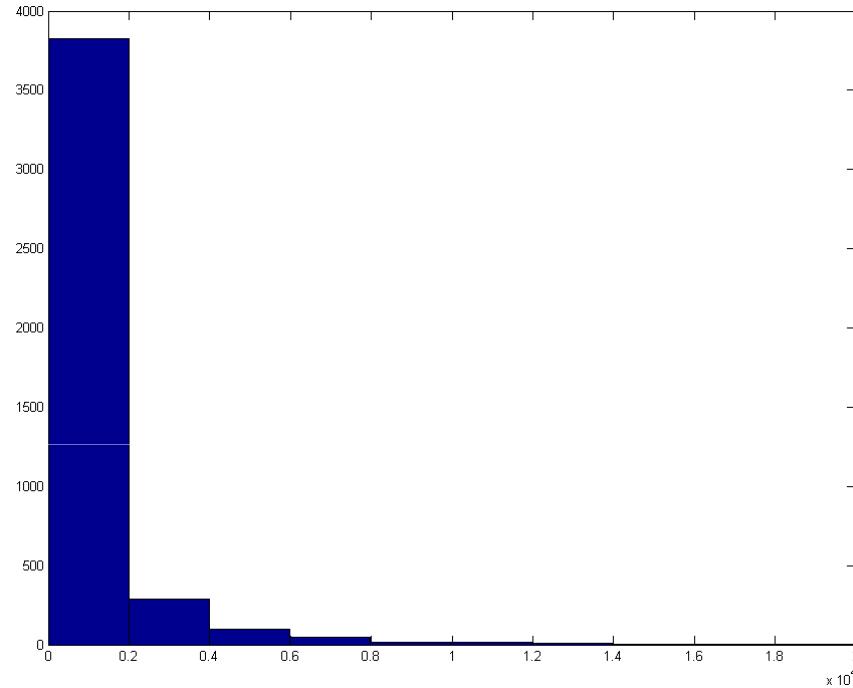


Segnale HiF



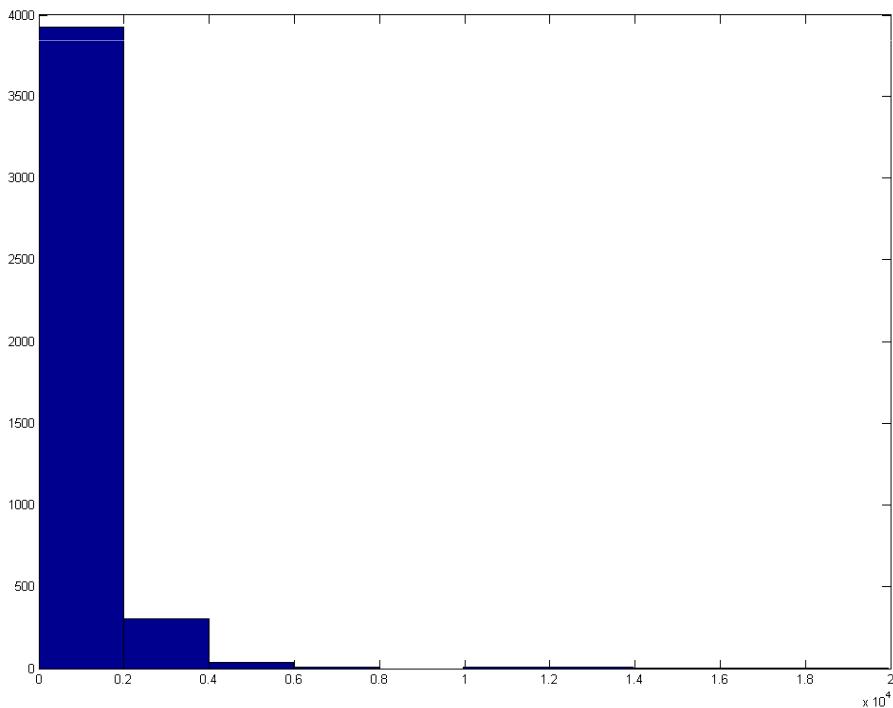
4300 **10%** 430

Iistogramma



Iistogramma dati originali

HER: 5,72%



Iistogramma LoF + spikes

Correlazione

- Lower Bound $K \approx 428$, $\varepsilon = 0.1$
- Scelto **$K = 430$**

Norma segnali **Hif** non compressi: 1.3263

Norma segnali compressi: 1.3006

Differenza: $0.0257 < \varepsilon$

Grazie

GRUPPO 21