

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

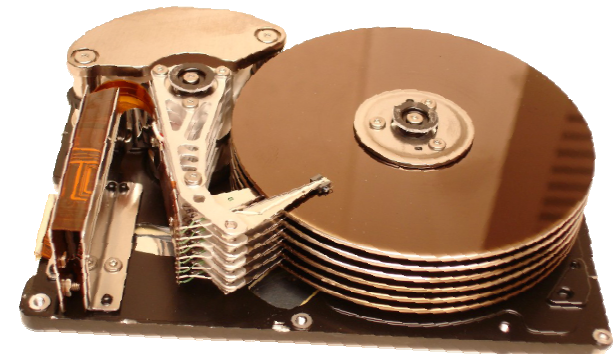
55'000'000 data stream

30-second sampling rate

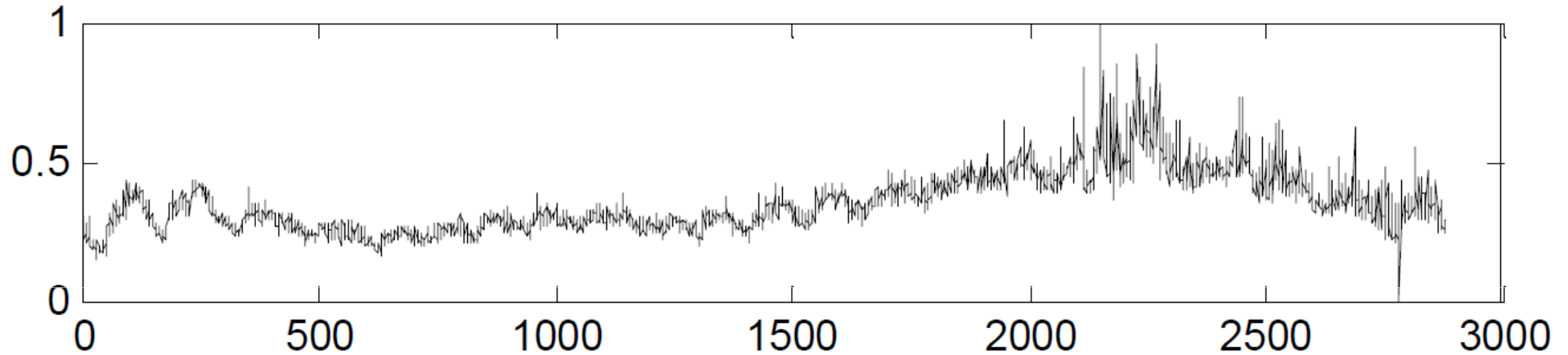
15'000'000'000 record

1 TB-day

- Elevati e costosi accessi alla memoria



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

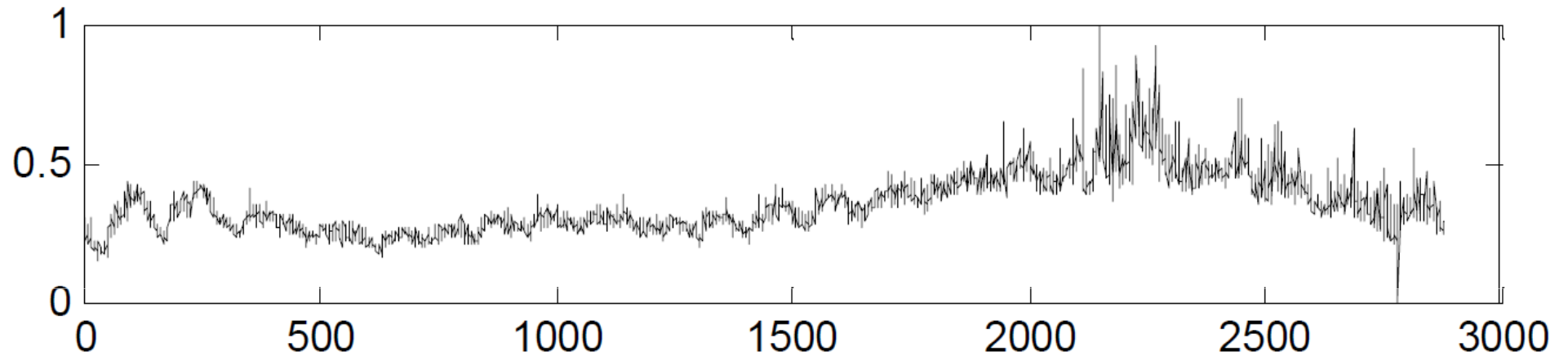


Quanti server hanno raggiunto un utilizzo dell'80% durante l'ultima stagione natalizia?

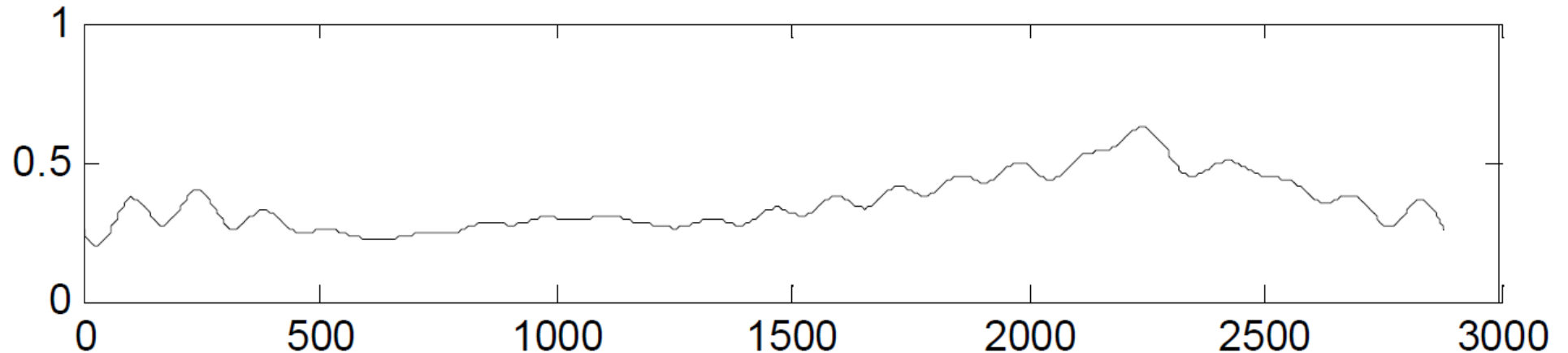
I server appartenenti ad un cluster ricevono carichi bilanciati?

Capacity Planning

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

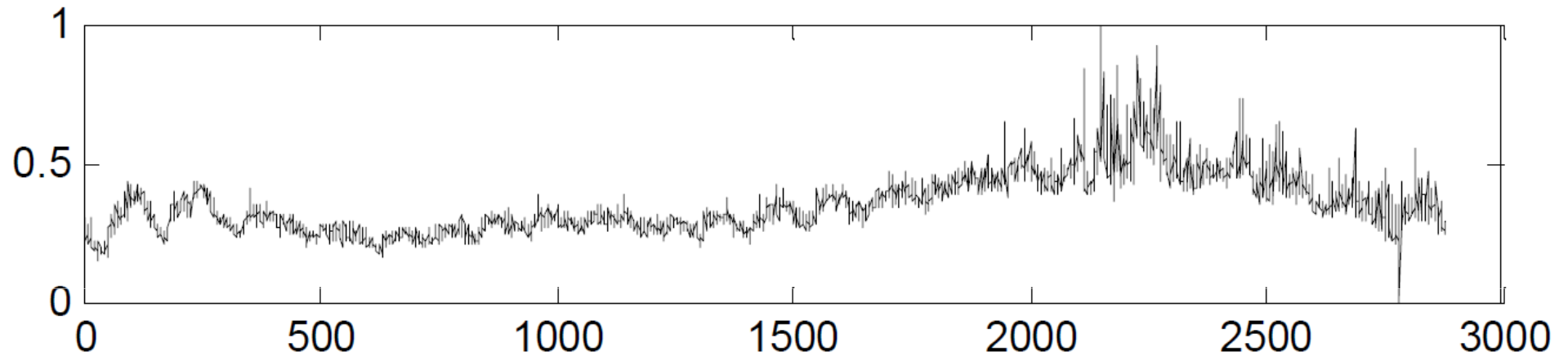


Carico CPU “smussato” per evidenziare l’andamento principale

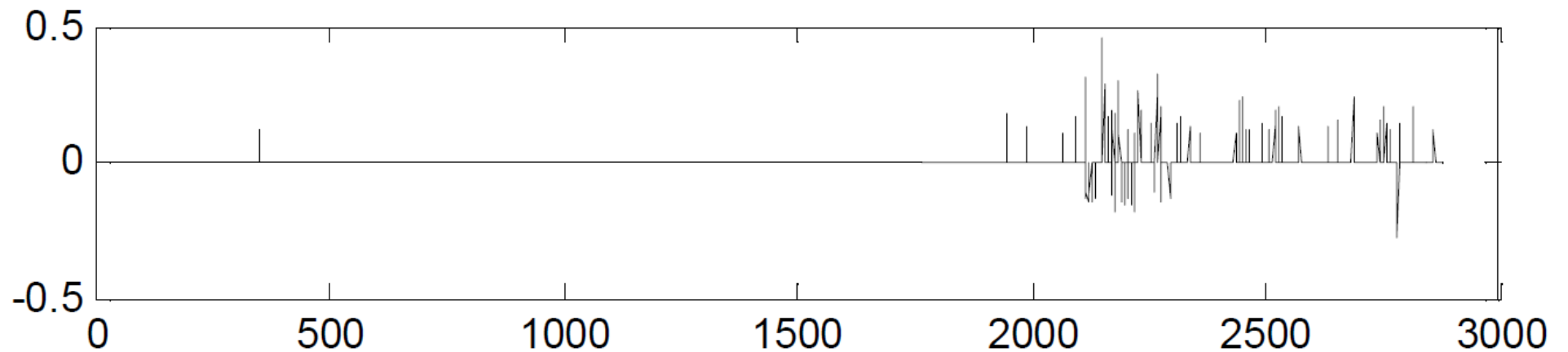


Server provisioning

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

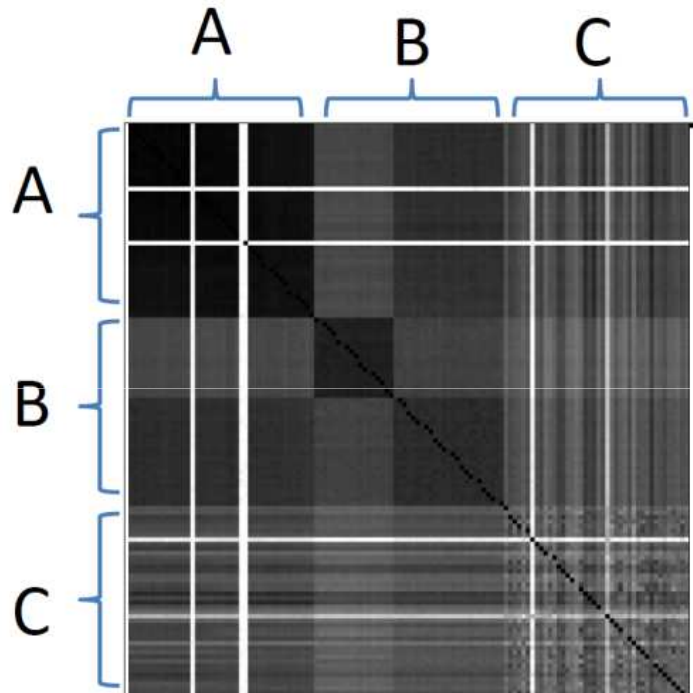


Picchi di carico

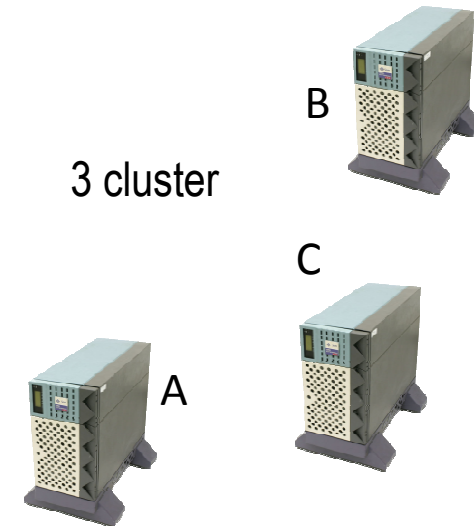


Query di correlazione

I server appartenenti ad un cluster ricevono carichi bilanciati?

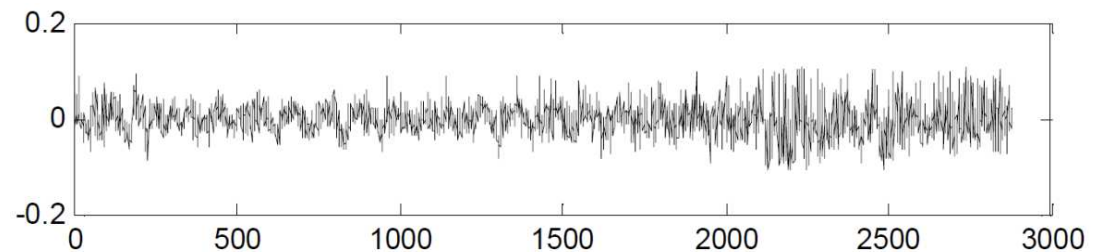


Correlazione tra dati grezzi dei 150 server (1 server – 1 px). Ogni px rappresenta il valore della correlazione fra i due server.



- 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.

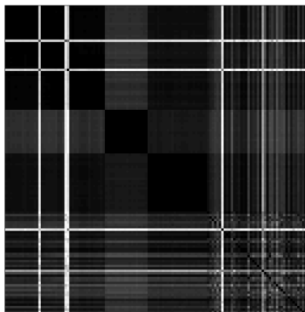
Occorre tenere conto anche del segnale residuo



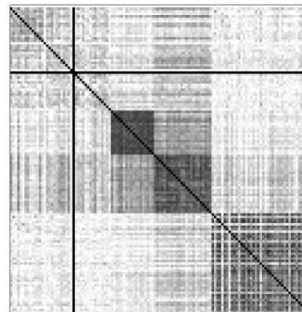
Rumore residuo

Esempi di correlazione

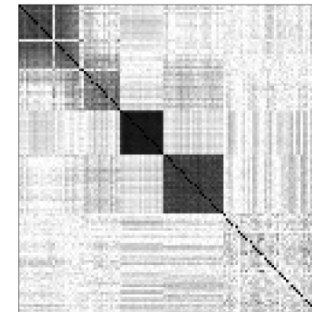
- Dependency analysis: *quali comportamenti dei server di tipo A sono correlati a comportamenti di server di tipo B?*
 - Ricavabile dal confronto degli andamenti
- Anomaly detection: *un certo pattern di picchi di utilizzo di un server è presente anche in altri server?*
 - Ricavabile dal confronto tra 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

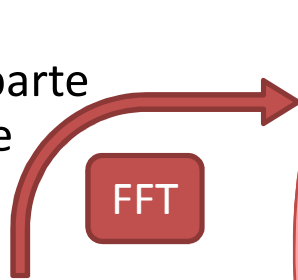


Correlazione tra il rumore. Il cluster B ha un carico bilanciato

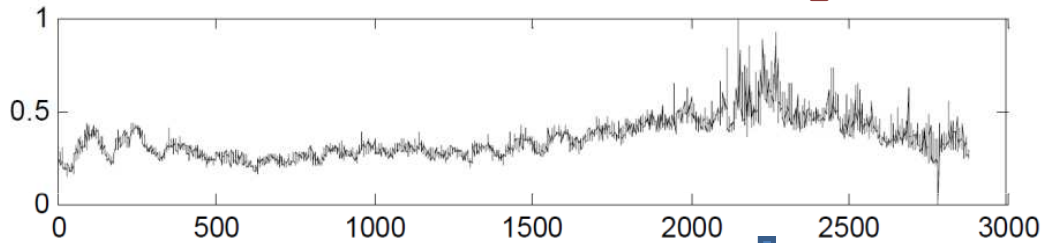
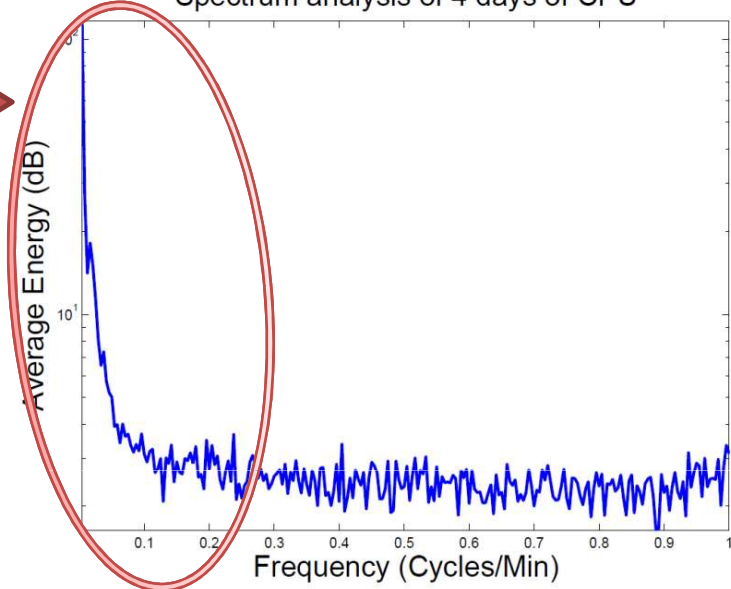
Decomposizione Segnale

Segnale LoF

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



Spectrum analysis of 4 days of CPU

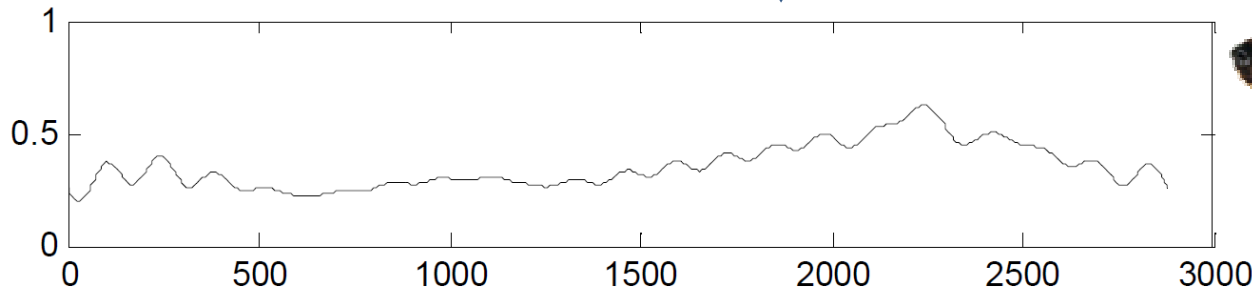


Filtro passabasso

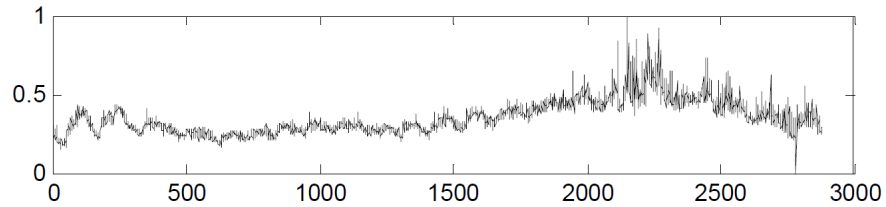
Applicazione del filtro sul segnale grezzo. Si ottiene il segnale **LoF**



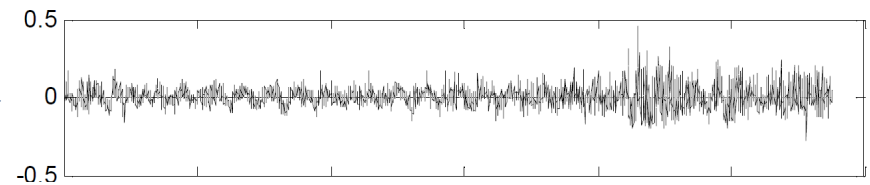
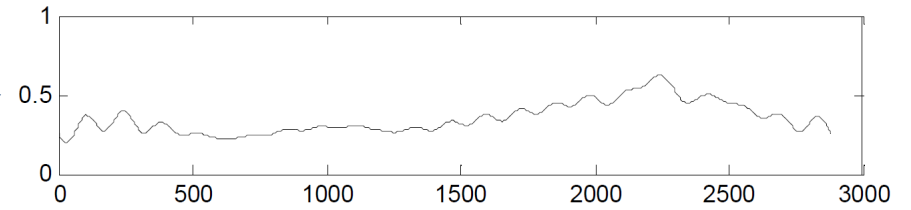
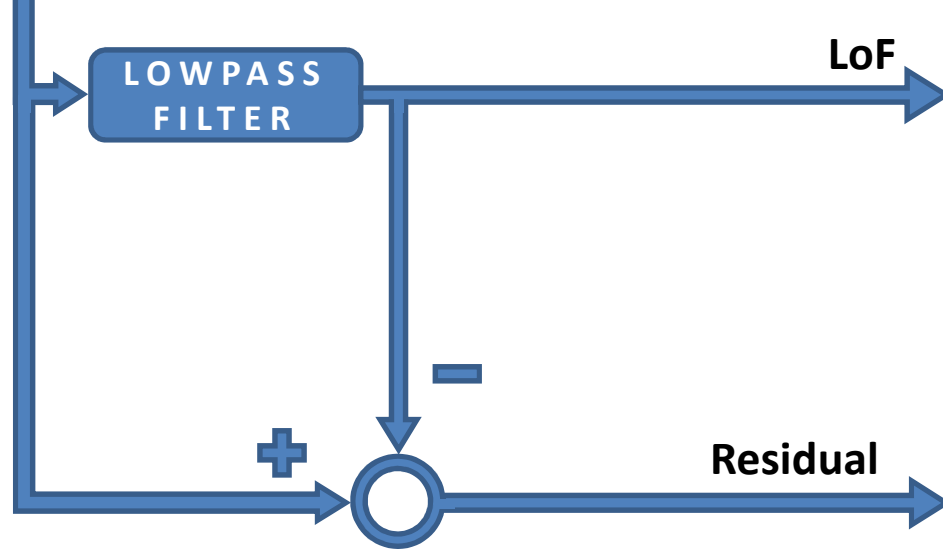
Spettro del segnale
L'energia è contenuta alle basse frequenze



Decomposizione Segnale

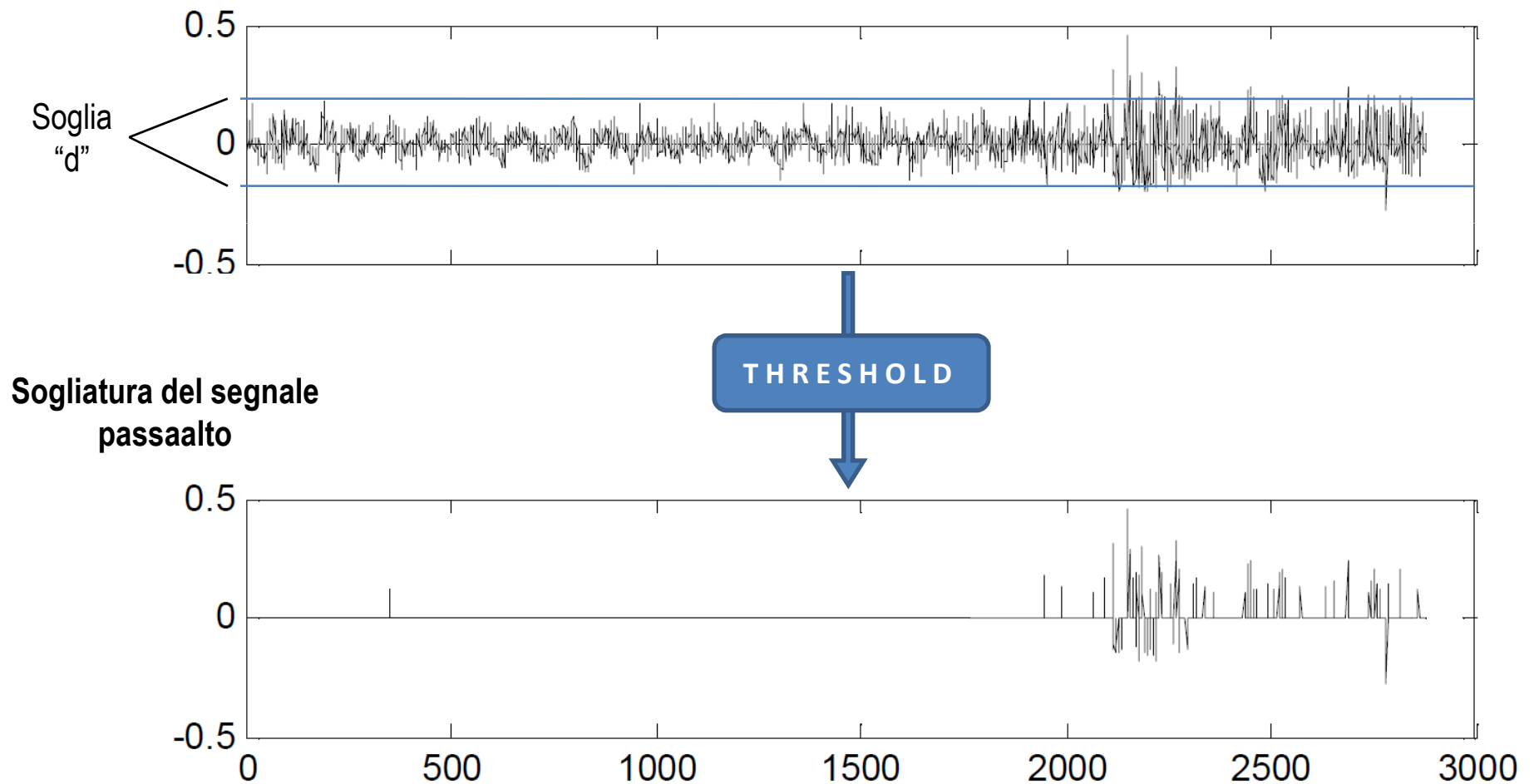


Raw Stream

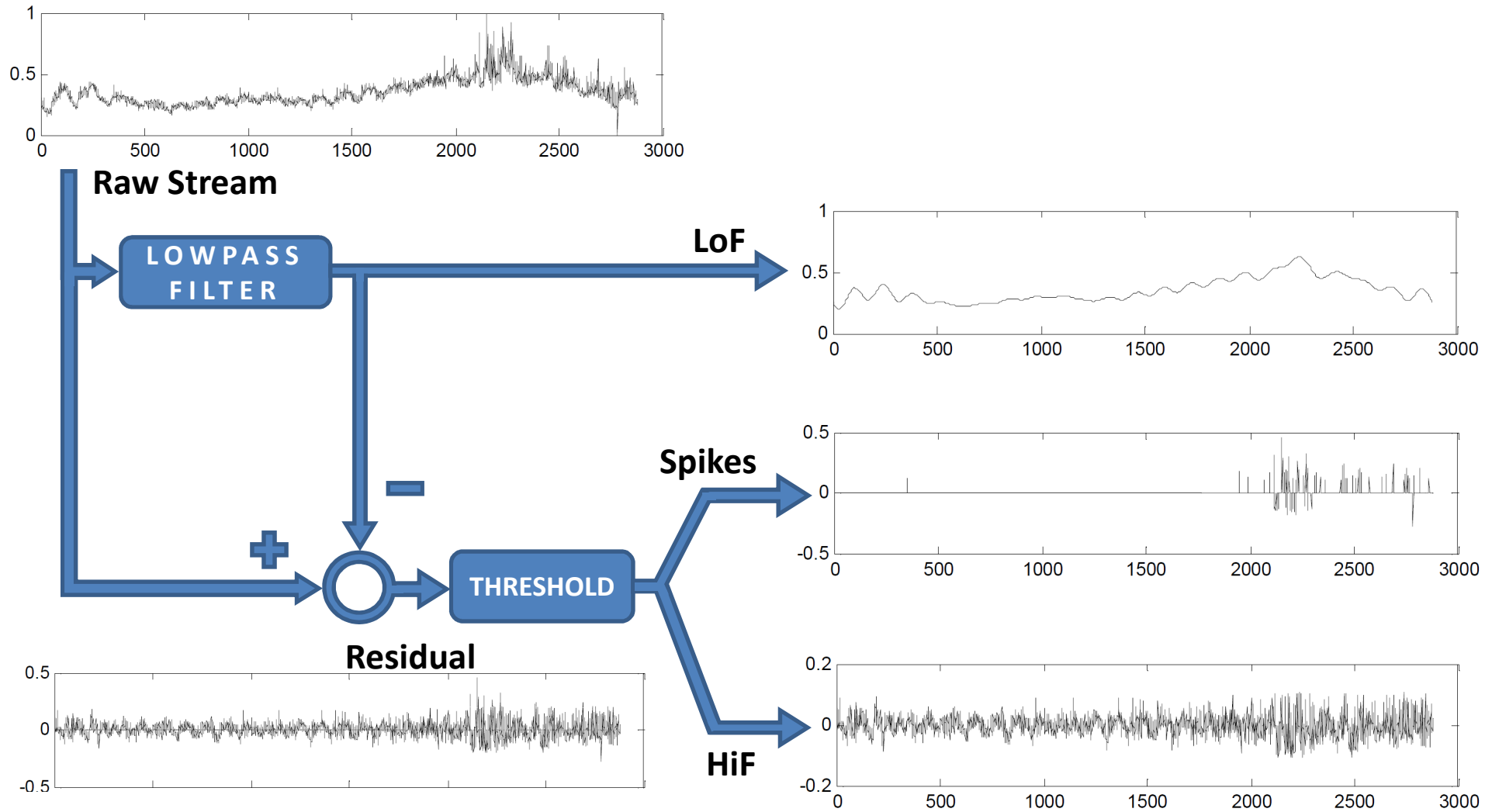


Segnale Spikes

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

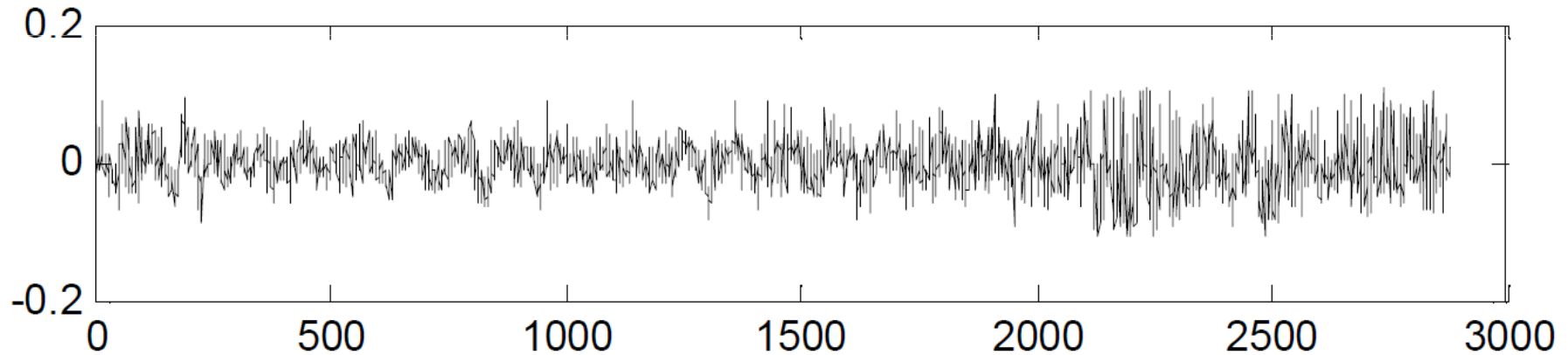


Decomposizione Segnale



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.



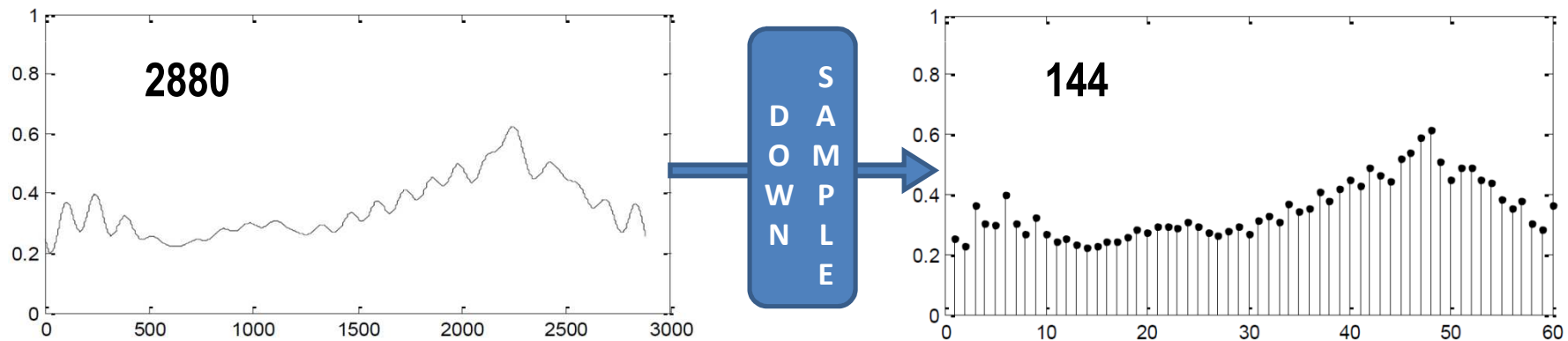
Segnale HiF

Segnale residuo dopo la sogliatura

Compressione

Compressione segnale LoF

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



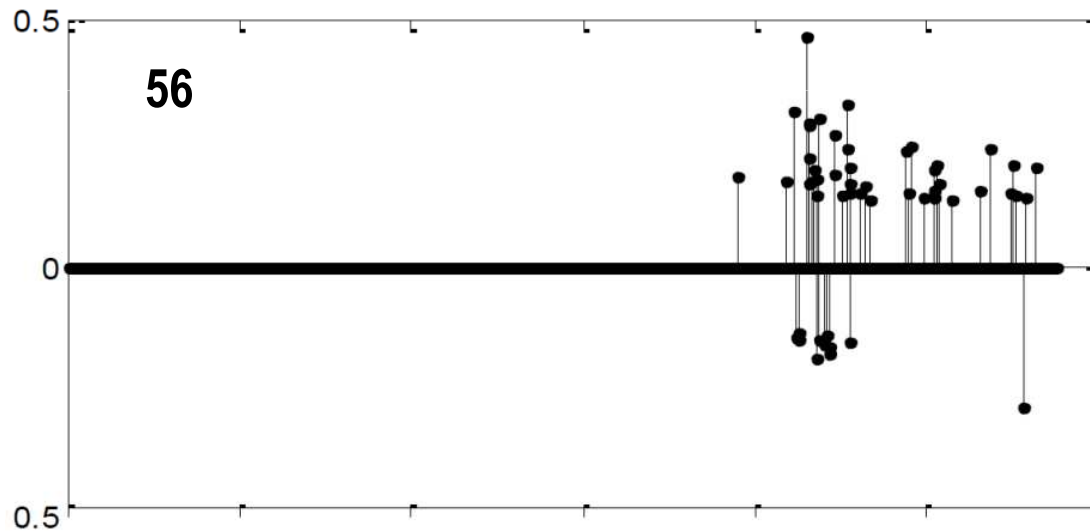
Downsampling LoF

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



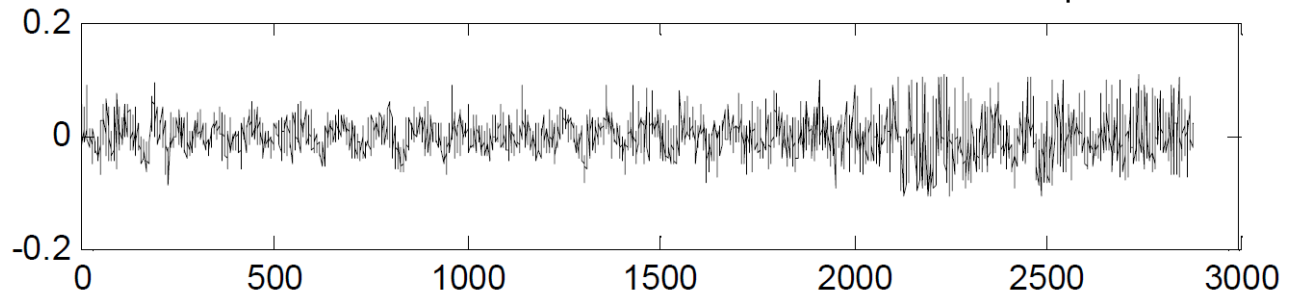
Segnale Spikes
Salvando solo i dati dei
picchi, occupa **56** campioni

≈ 2%

Compressione Hif

- Il segnale HiF dei residui invece è **problematico**:

- Ha **molti dati**
- È un **passaalto**



Segnale HiF
Formato da 2880
campioni

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

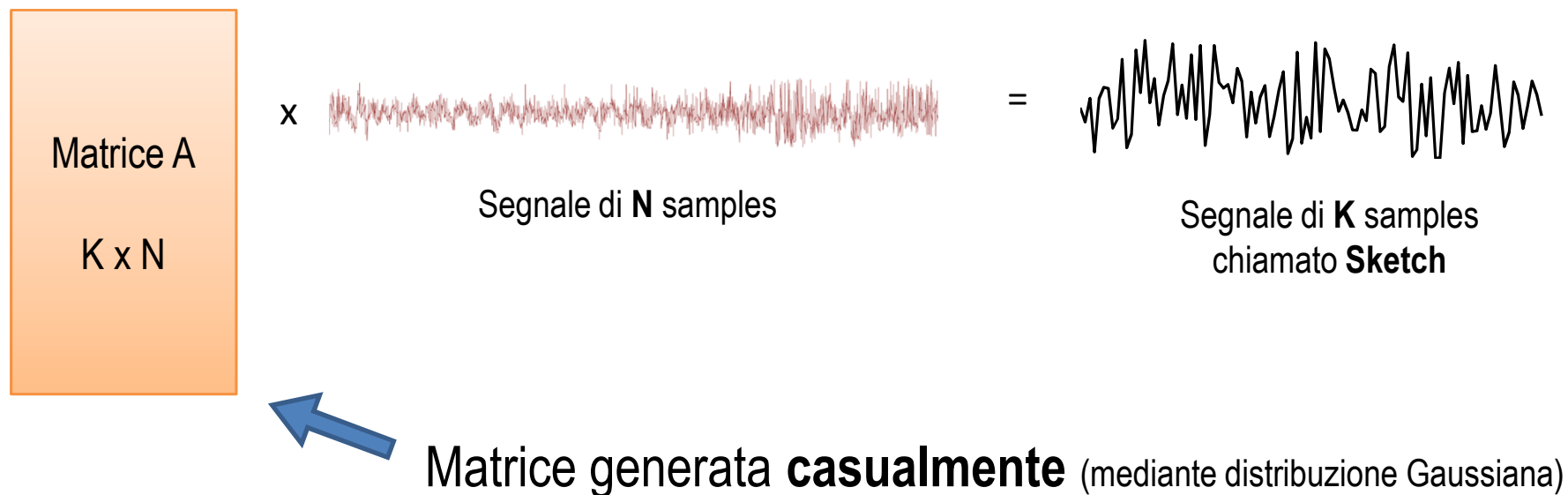
Possiamo ridurre segnali HiF, mantenendo inalterata la distanza tra essi?

Si → Lemma di Johnson-Lindenstrauss

$$f(\text{segnale HiF}) = \text{segnale compresso}$$



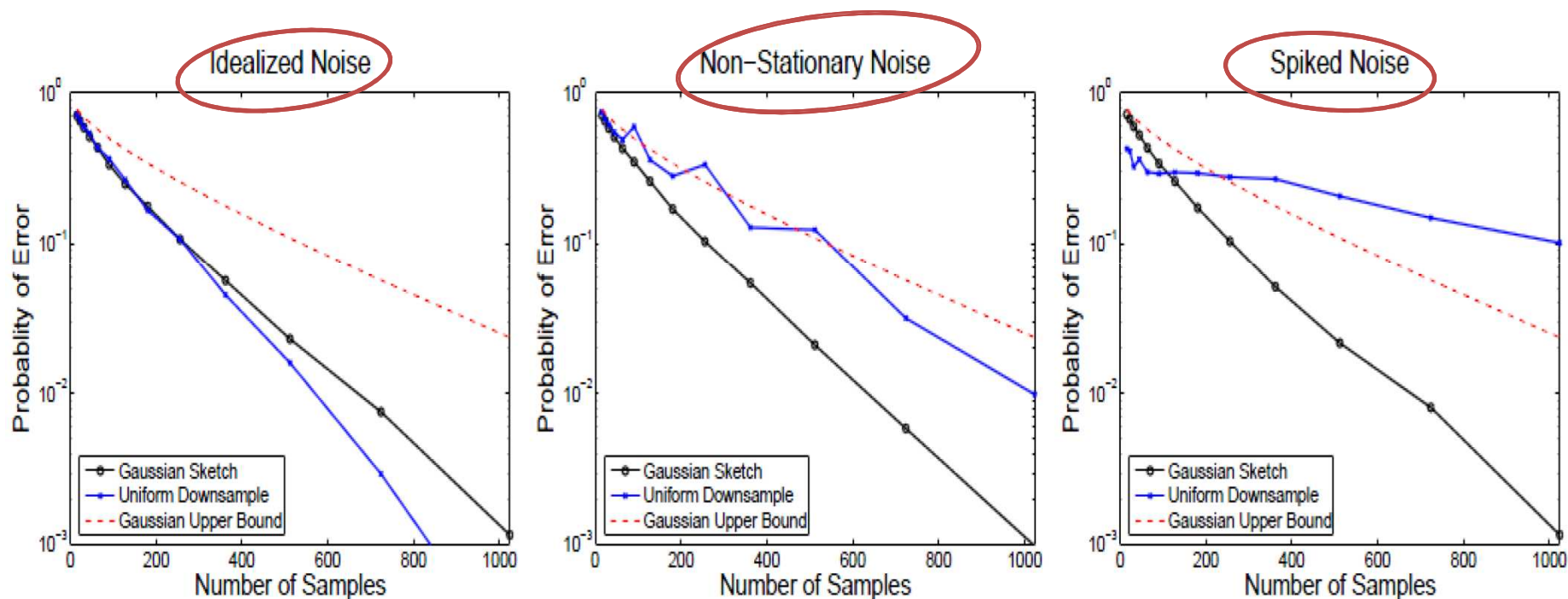
Random Projection (1/2)



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

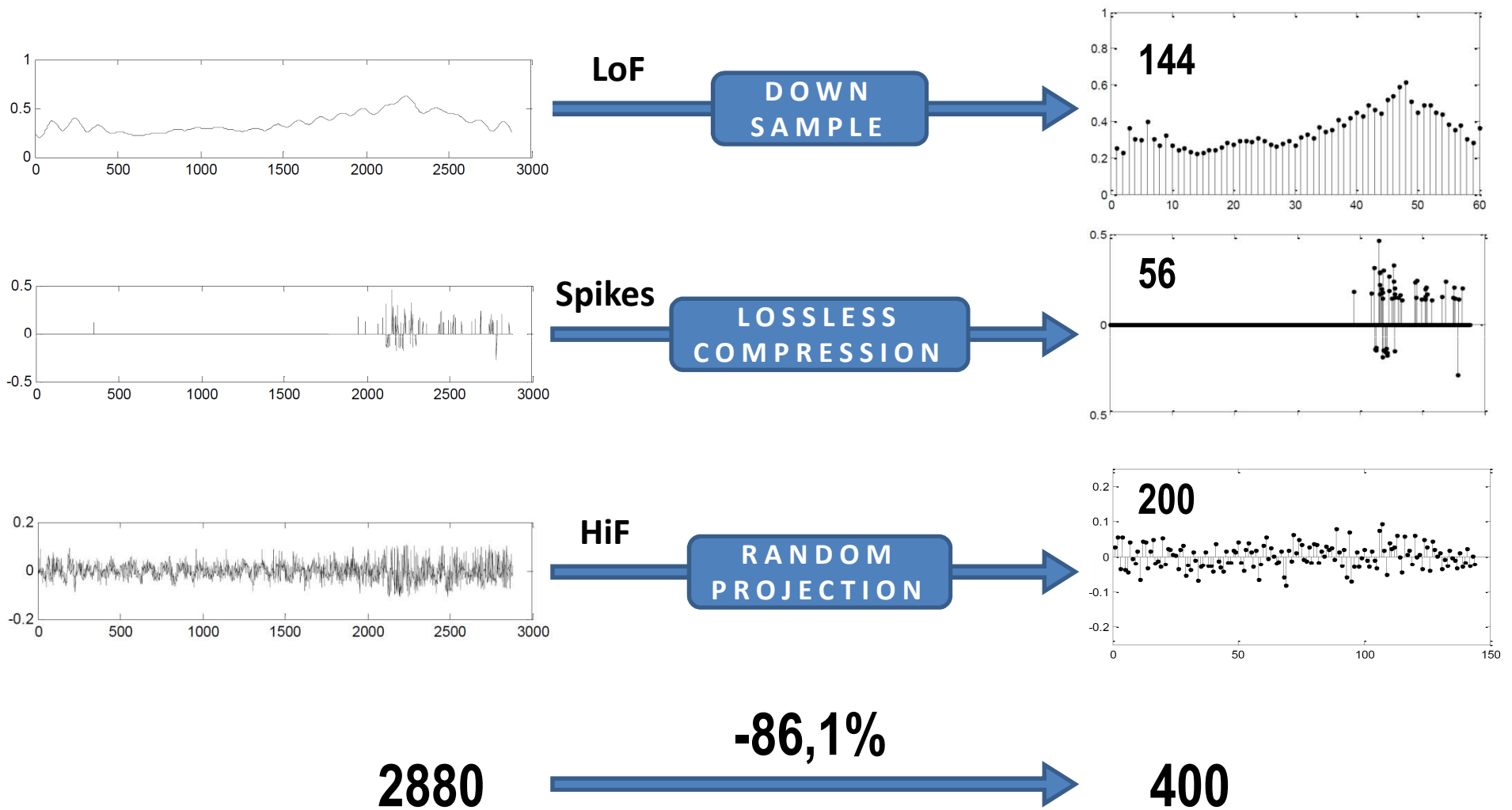
Random Projection (2/2)

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**

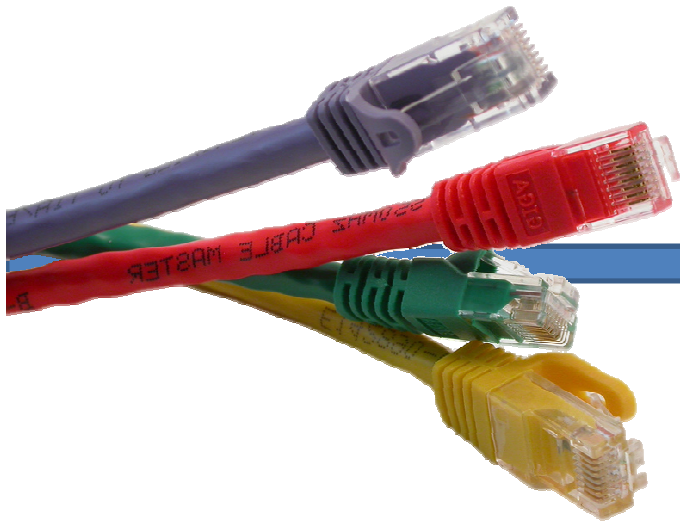


- Tempo di compressione
 - Fattore compressione
 - Accuratezza istogrammi
 - Correlazione

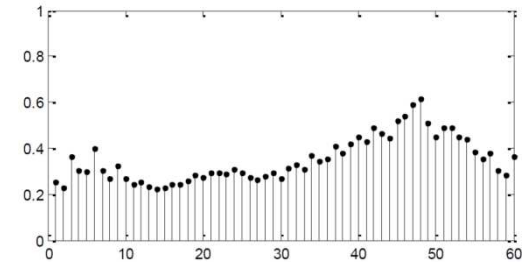
Caso di studio

- 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

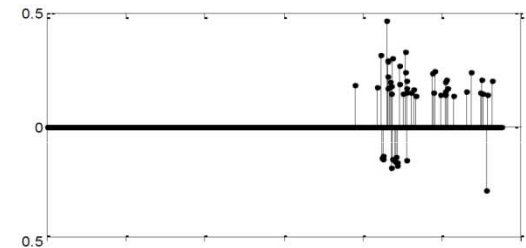
Tempo di compressione (1/2)




LoF



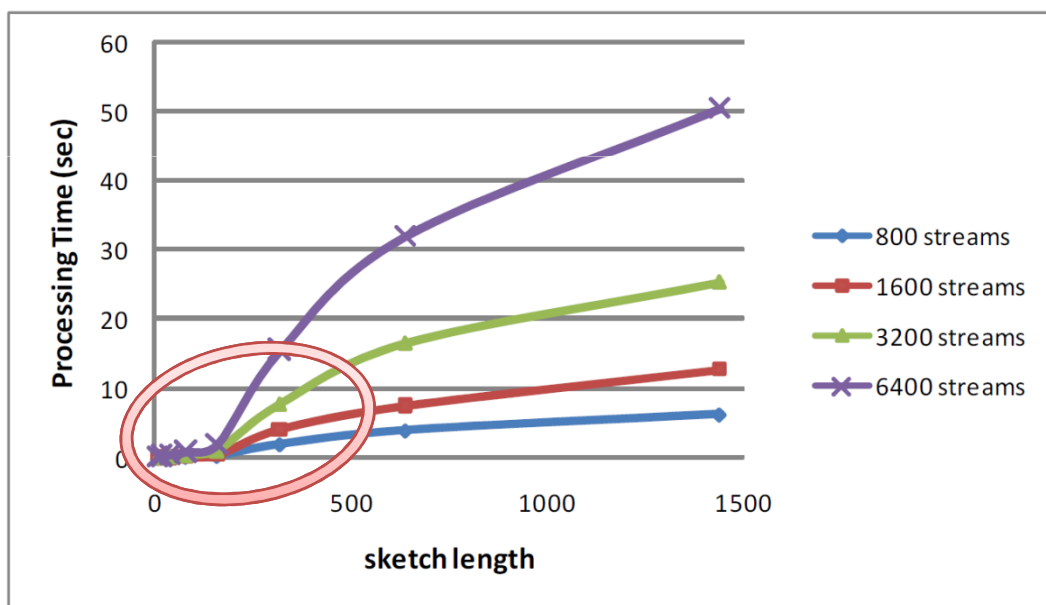
Spikes



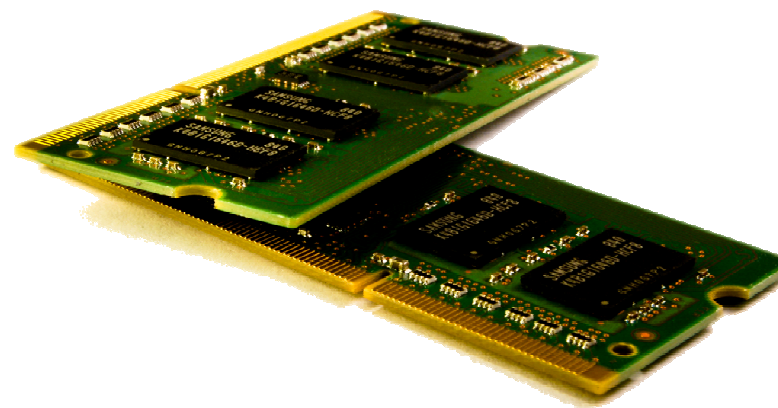
- Il calcolo dei segnali **LoF** e **Spikes** può essere eseguito direttamente sullo stream con **qualche dozzina** di moltiplicazioni, somme e comparazioni per ogni sample.
- Caso di studio  **1.66 sec**

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 \longrightarrow \approx **8 sec**

Fattore compressione

- Test effettuato con finestra di un solo giorno

N_F	LoF Storage	Spike Storage		
		$d = 0,1$	$d = 0,08$	$d = 0,05$
48	1,67%	5,3%	10,3%	25%
96	3,3%	4,7%	9,6%	24%
192	6,6%	4,4%	9,4%	23,5%
384	13,2%	3,8%	6,6%	21,7%



Numero di campioni
di LoF (N_F)



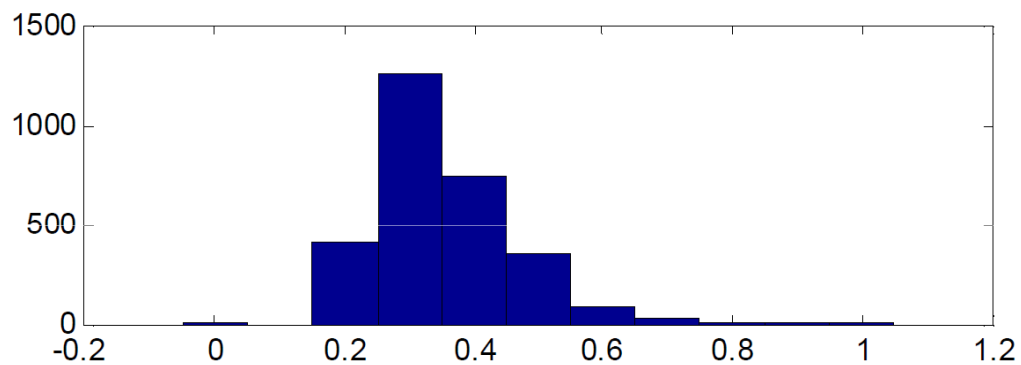
Fattore di compressione
Dati originali / Dati compressi



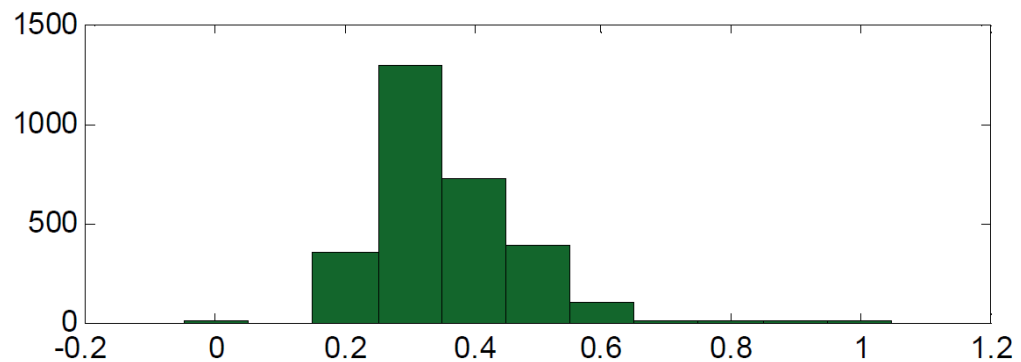
Soglia per
gli Spike (d)

Accuratezza istogrammi

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



Istogramma
dati originali



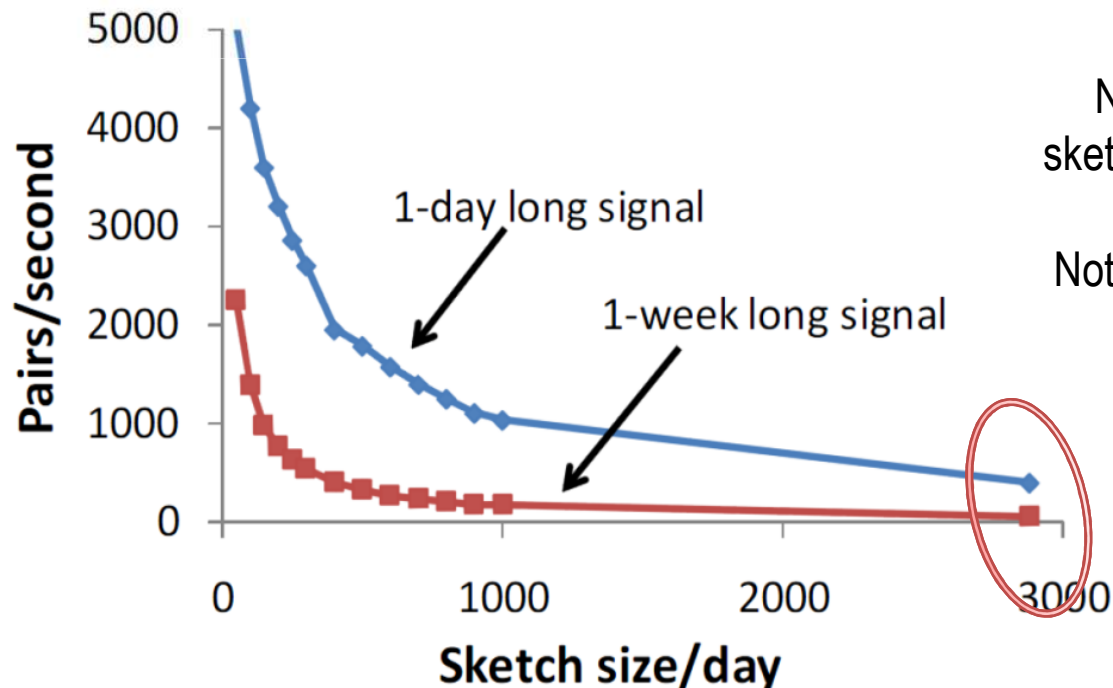
Istogramma
LoF + spikes

\neq HER
6,4%

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**



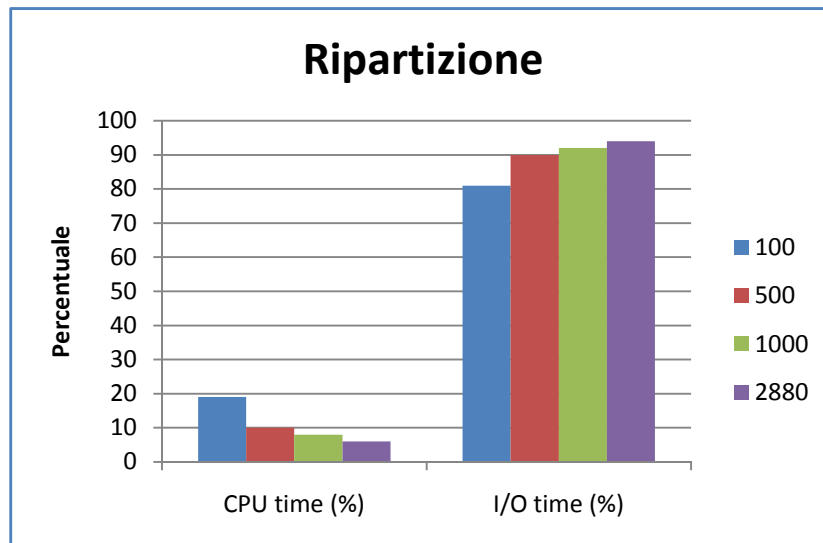
Throughput

Numero di correlazioni tra coppie di sketches calcolati al secondo con diverse lunghezze.

Notare il caso di lunghezza 2880, pari al segnale non compresso

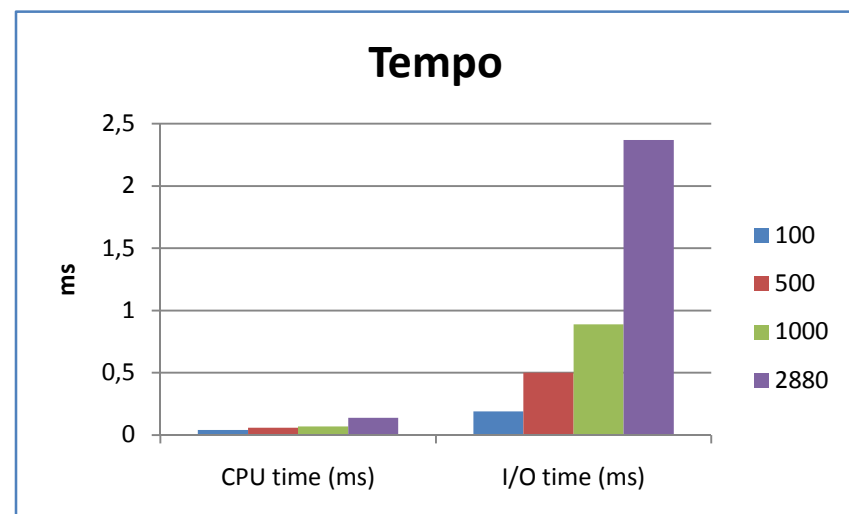
Correlazione (2/2)

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



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

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





Esempio su dati reali

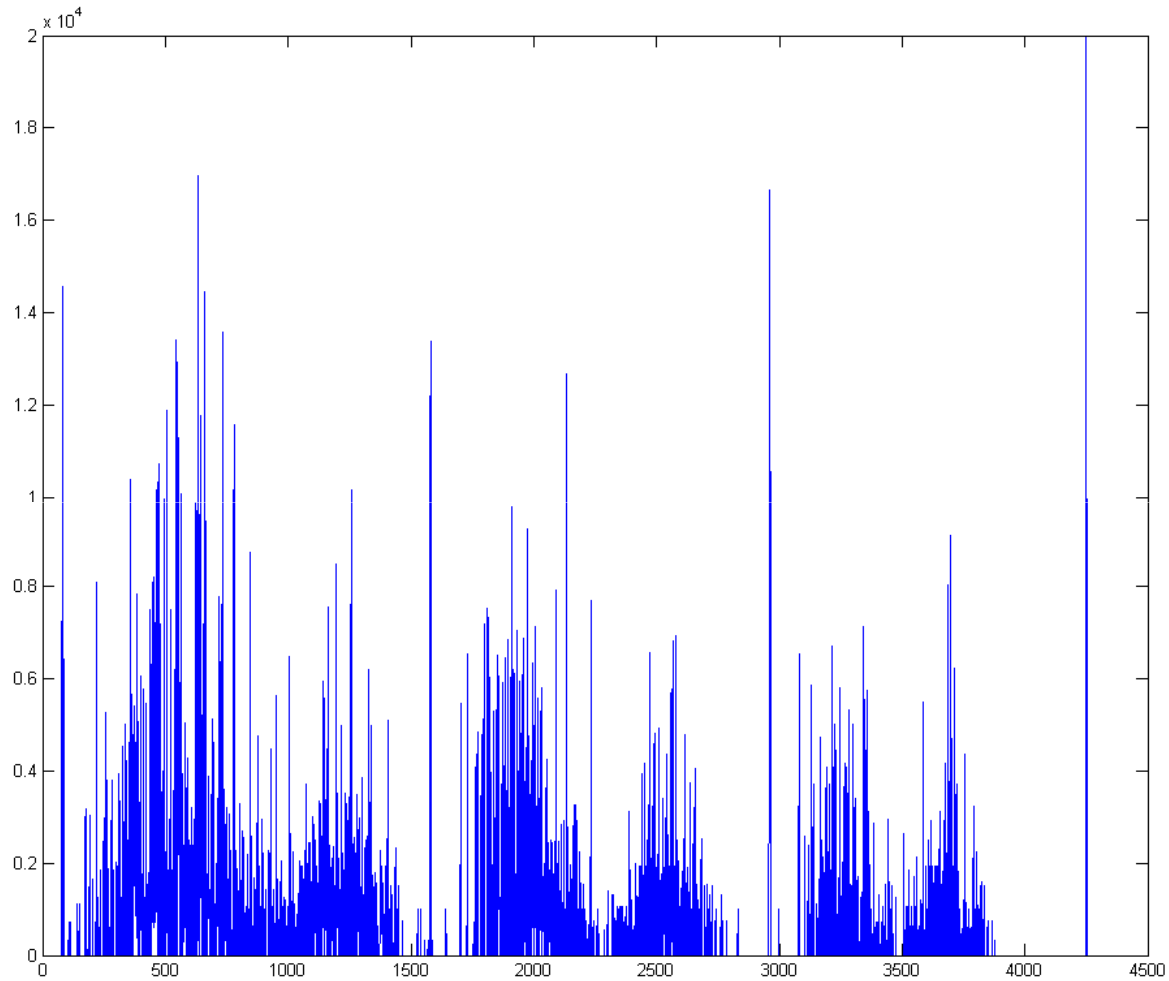
Situazione



Server di pista

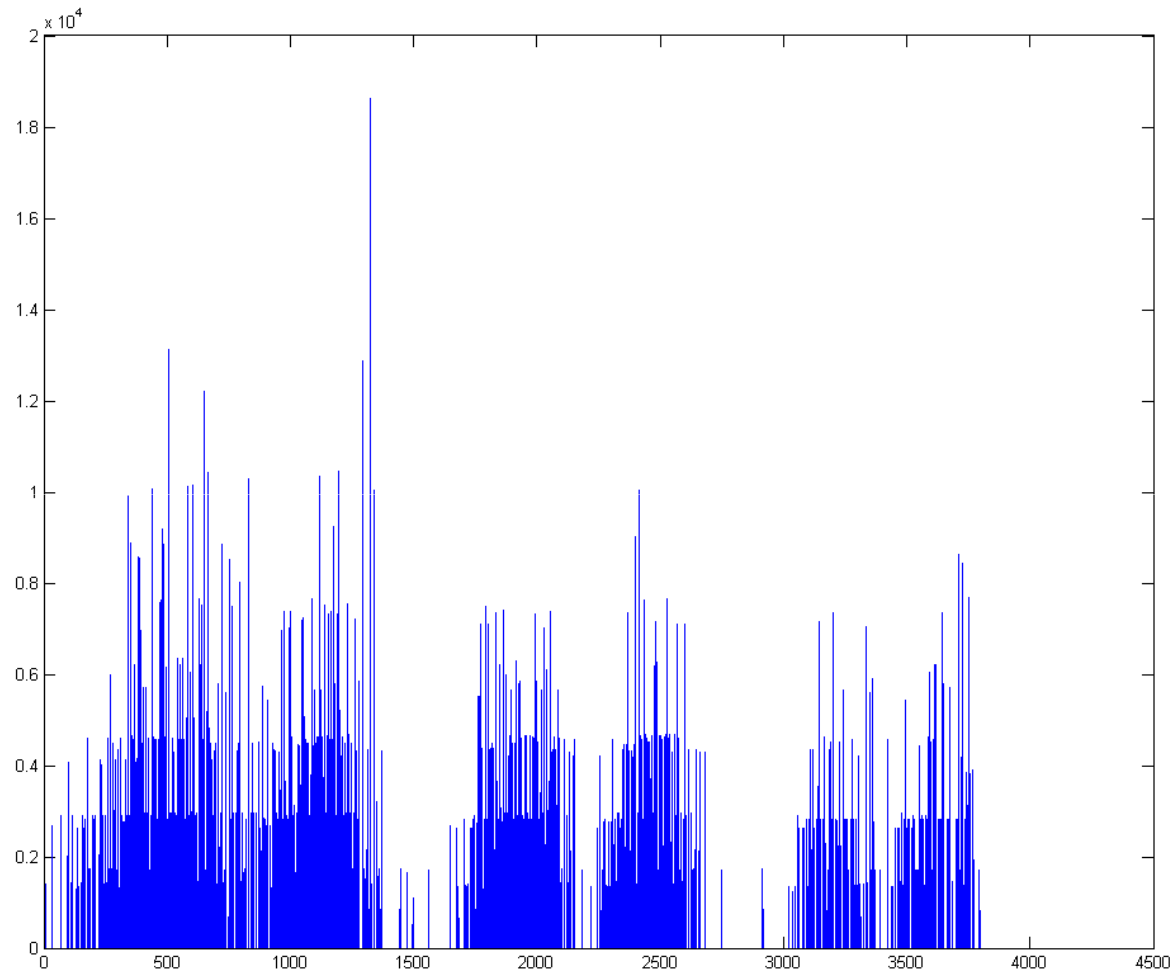
Server di pista che riceve i dati della telemetria dal circuito.
Filtra i dati, gli elabora e spedisce i risultati ad altri server
È stata eseguita una **campionatura** del **traffico di rete** in
ingresso e in uscita

Spagna 2010



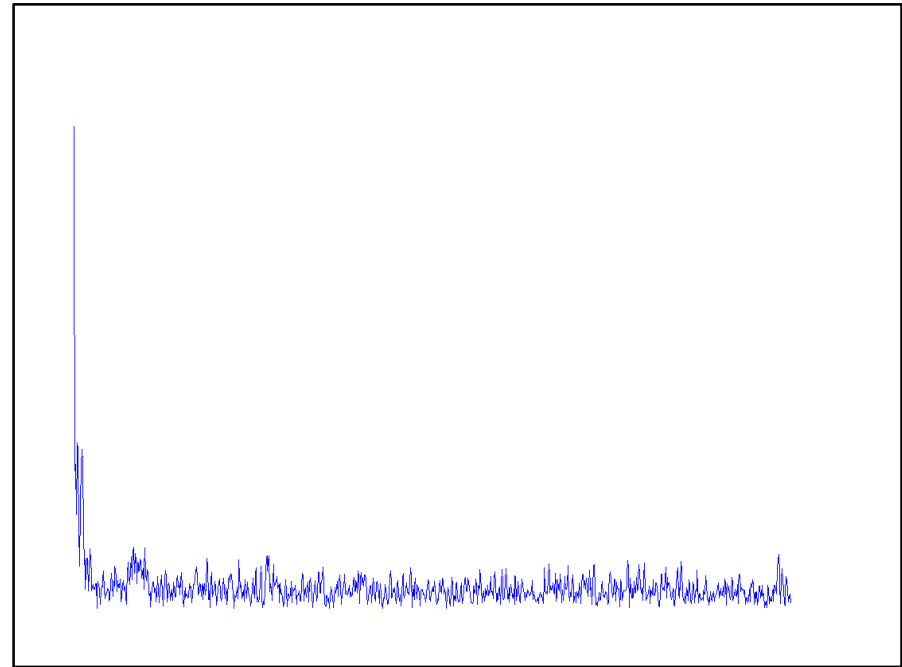
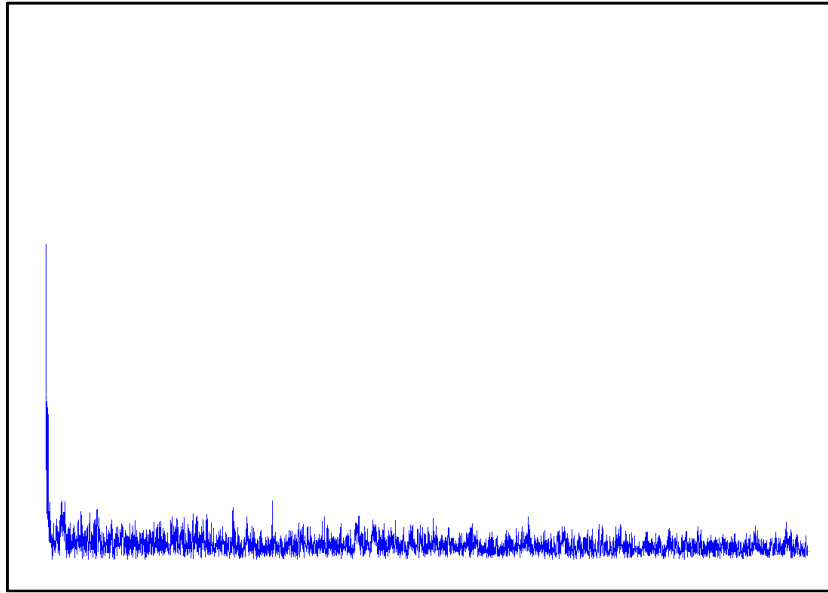
Serie temporale traffico in ingresso

Spagna 2010

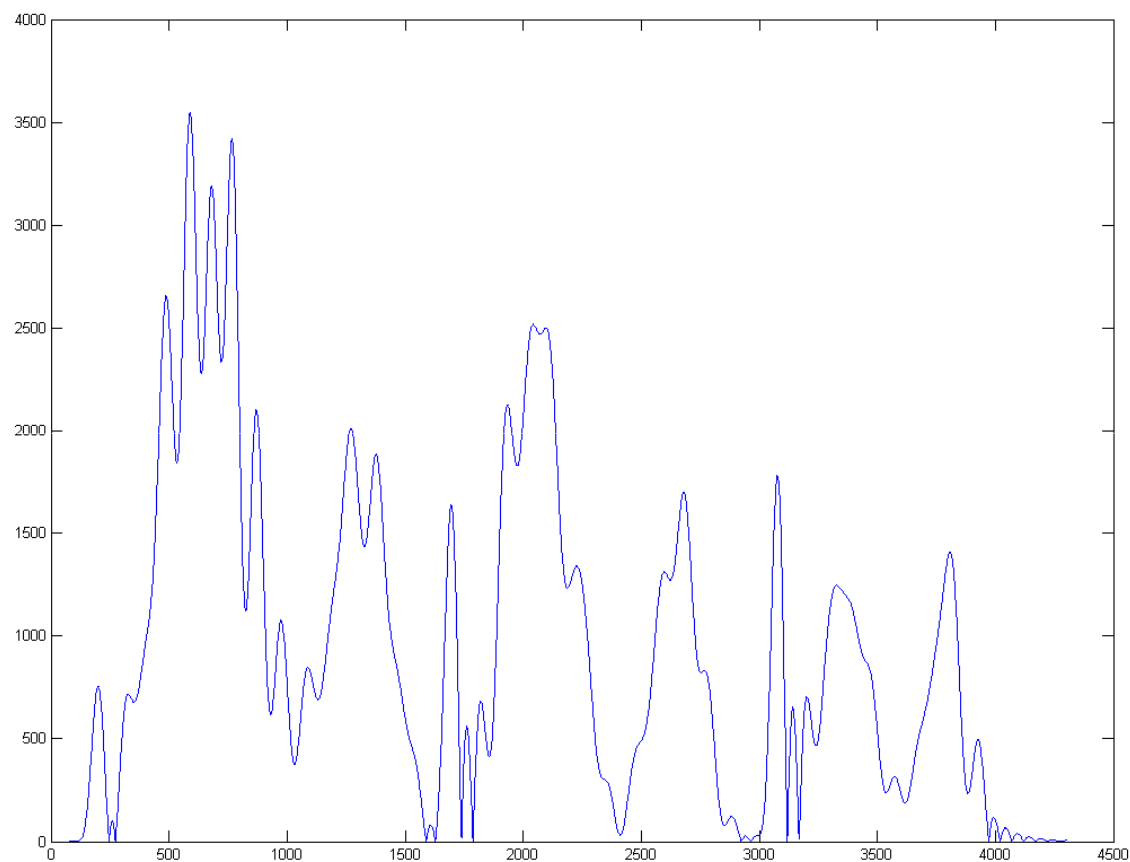


Serie temporale traffico in uscita

Analisi in frequenza



Segnale LoF



Lowpass a 0.01 Hz

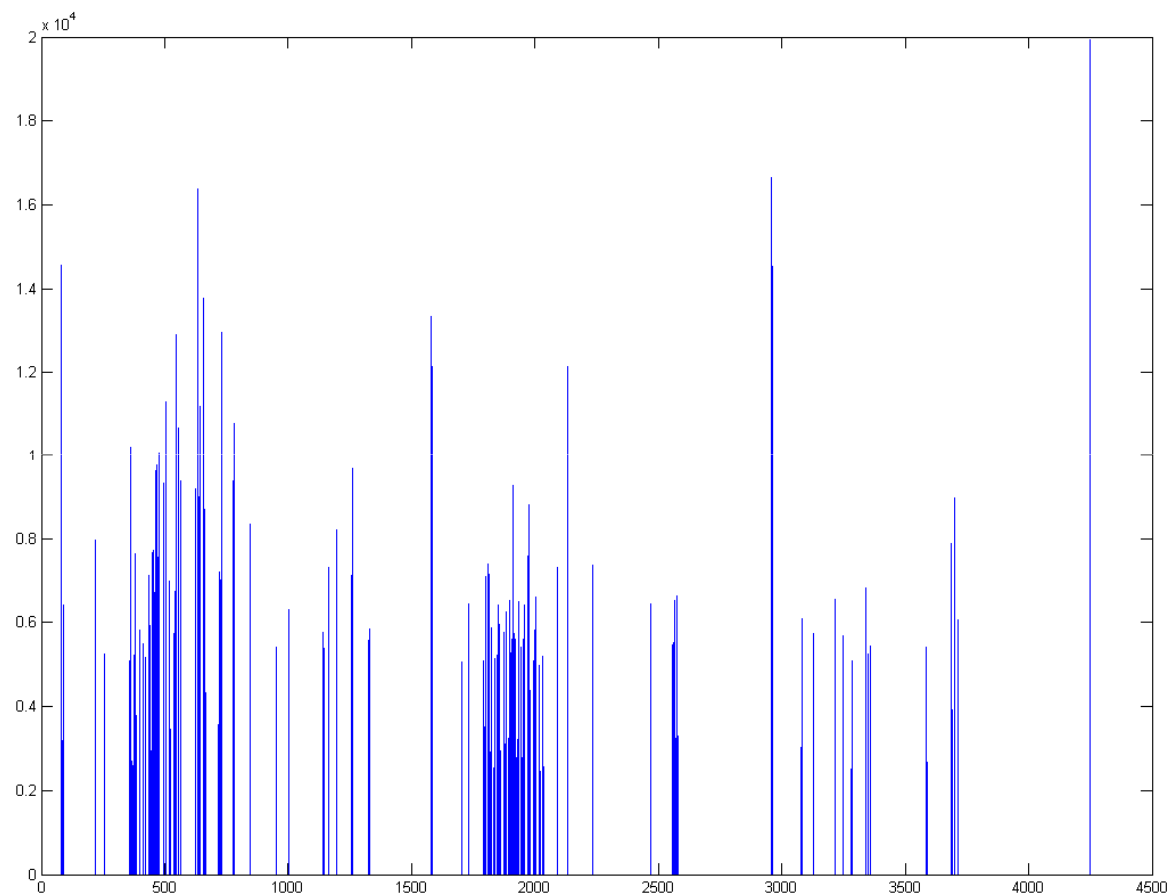
100 campioni

4300

2,32%

100

Segnale Spikes

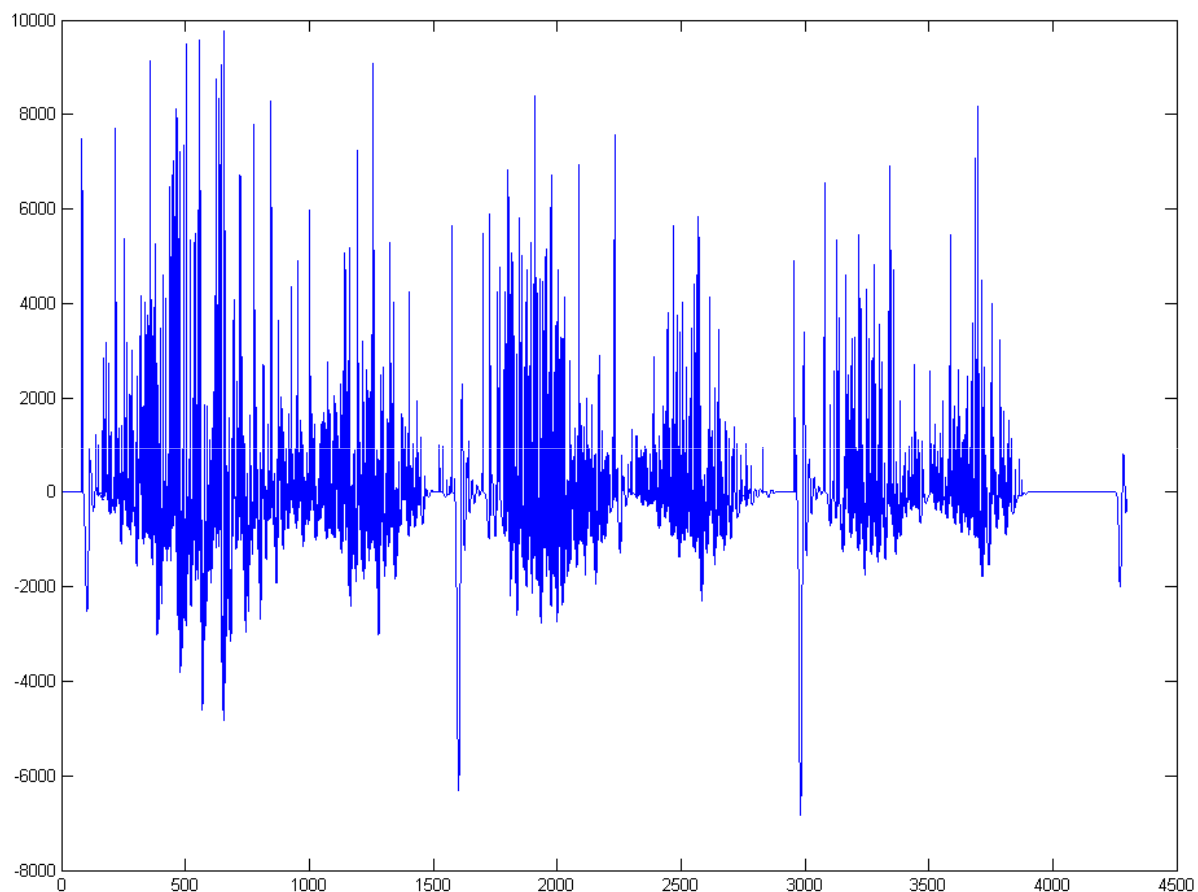


4300

1,9%

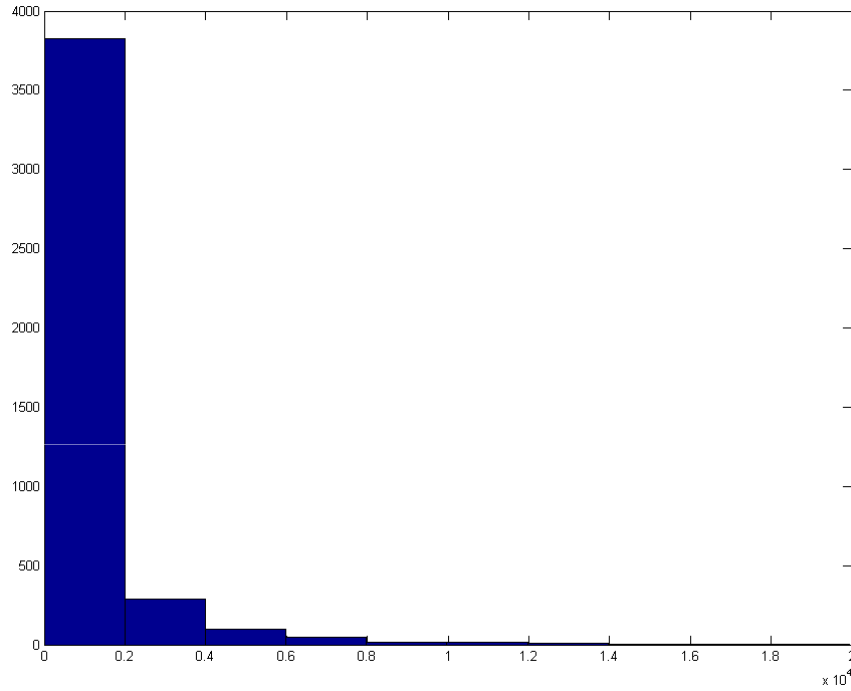
83

Segnale HiF



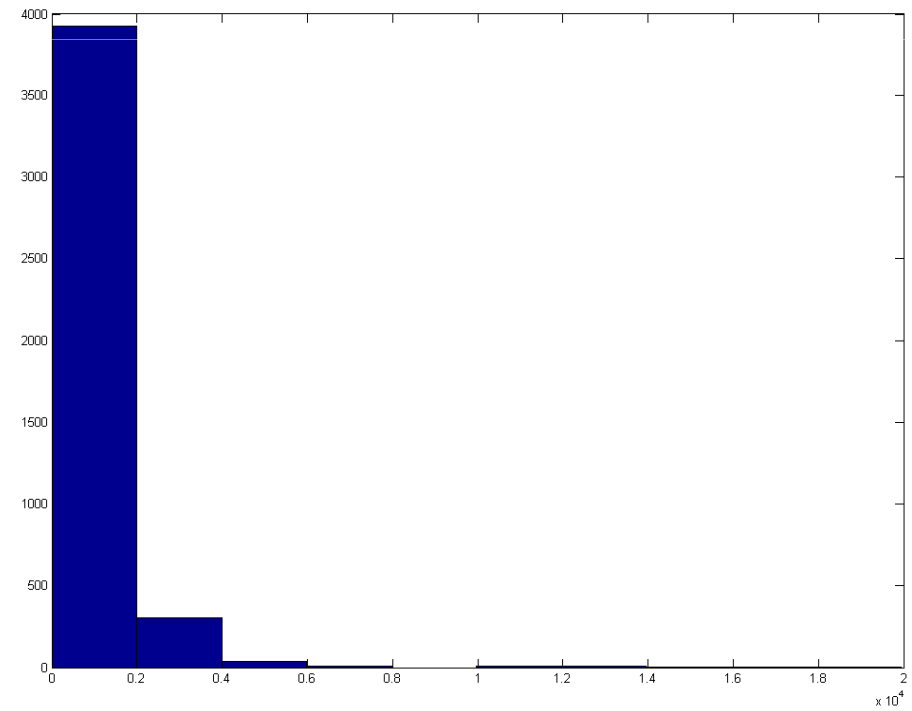
4300 $\xrightarrow{10\%}$ **430**

Istogramma



Istogramma dati originali

HER: 5,72%



Istogramma 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