



# **IL CANALE MAGNETICO: ANALISI DEI LIMITI FONDAMENTALI DEI SISTEMI DI MEMORIZZAZIONE DI MASSA**

Dott.Ing. Riccardo Pighi  
pighi@tlc.unipr.it

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione  
Università degli Studi di Parma

Parma, Venerdì 15 Dicembre 2006



## SOMMARIO DELLA PRESENTAZIONE

1. Calcolo del tasso di informazione
2. I sistemi di memorizzazione
3. Il rumore del mezzo nei sistemi di memorizzazione
4. Conclusione e possibili argomenti di ricerca

## CALCOLO DEL TASSO DI INFORMAZIONE

“L'algoritmo(\*)”

- Osservabile a tempo discreto

$$x_k = \sum_{\ell=0}^{L-1} f_{\ell} a_{k-\ell} + w_k \quad (1)$$

- Il tasso di informazione è definito come

$$I(A; X) = h(X) - h(X|A) \quad (2)$$

- Poiché  $\{x_k\}$  è un processo di Markov ergodico e stazionario, possiamo applicare il teorema di Shannon-McMillan-Breiman, da cui

$$h(X) = - \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \log[p(\mathbf{x}_1^n)] \simeq \frac{1}{n} \log[p(\mathbf{x}_1^n)] \quad (3)$$

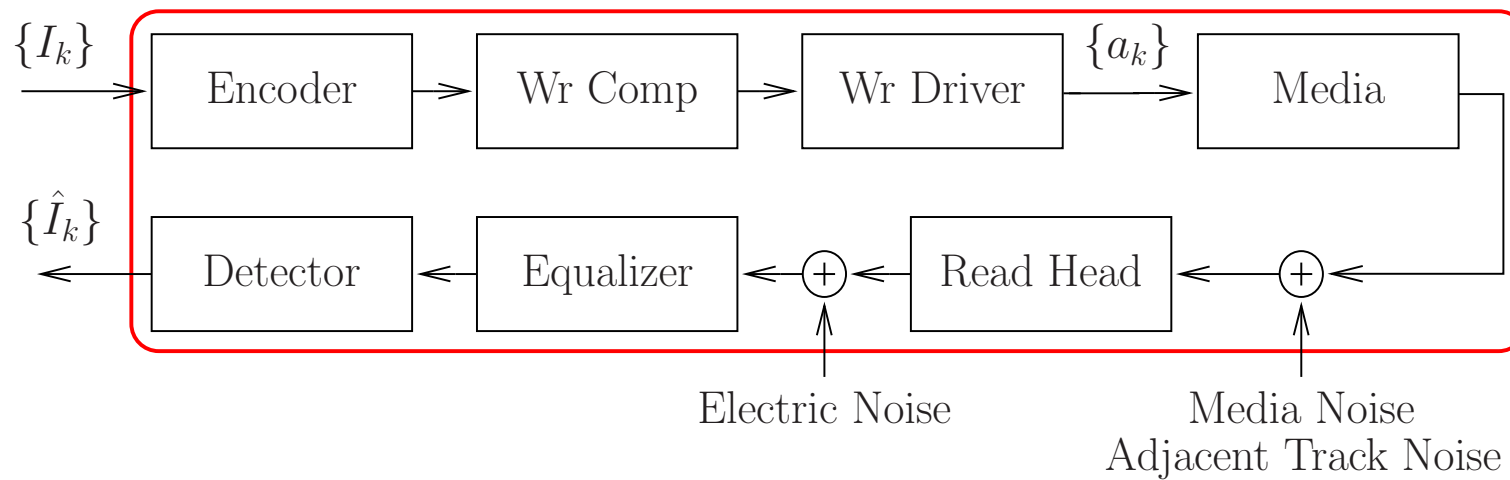
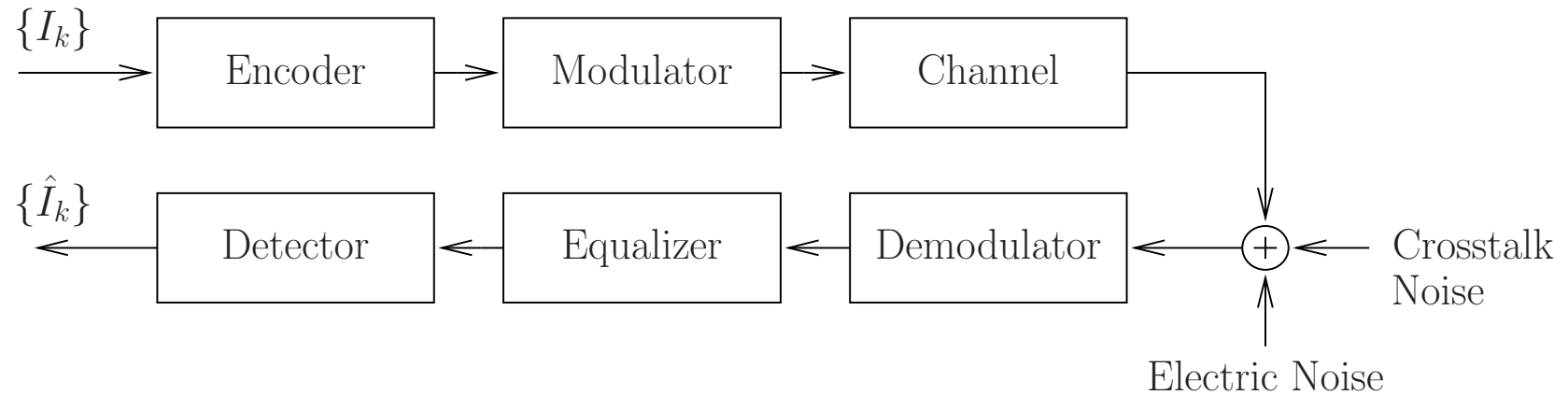
$$h(X|A) = - \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \log[p(\mathbf{x}_1^n | \mathbf{a}_1^n)] \simeq \frac{1}{n} \log[p(\mathbf{w}_1^n)] \quad (4)$$

- $p(\mathbf{x}_1^n)$  può essere calcolata attraverso la ricorsione in avanti del BCJR

(\*) Arnold and Loeliger (ICC '01), Sharma and Singh (ISIT '01) and Pfister, Soriaga and Siegel (Globecom '01).

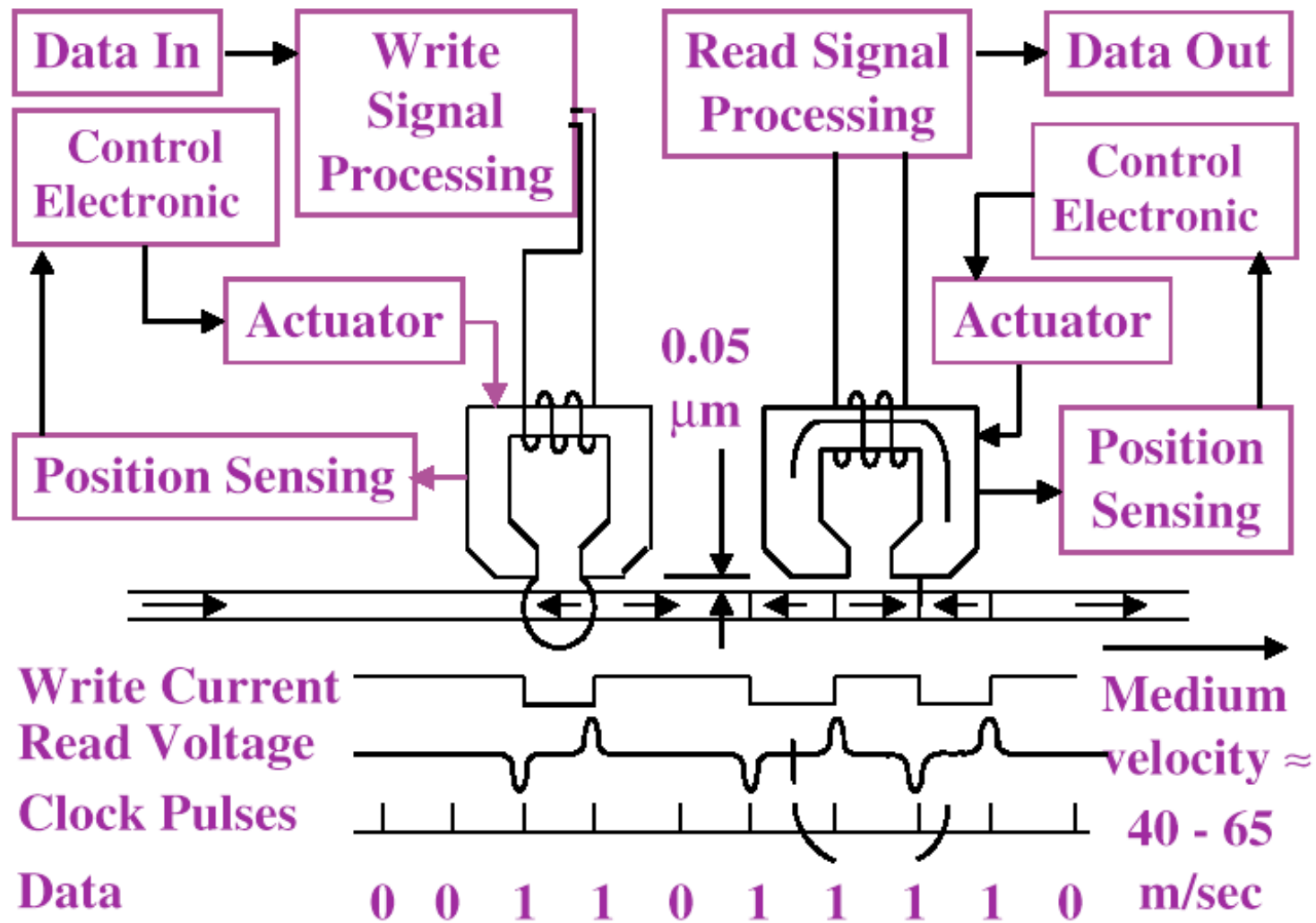
# I SISTEMI DI MEMORIZZAZIONE

## Analogie e differenze con sistemi TLC



# I SISTEMI DI MEMORIZZAZIONE

Lettura e scrittura

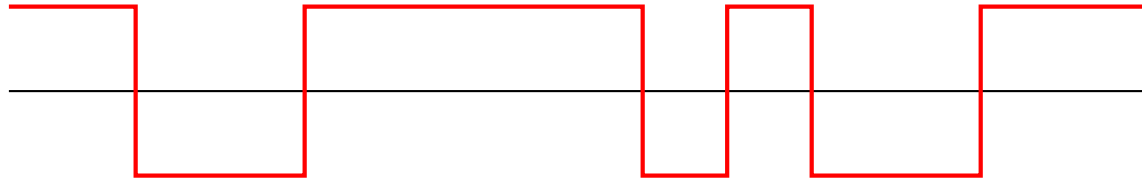


# I SISTEMI DI MEMORIZZAZIONE

## Lettura e scrittura

Data 0 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 0

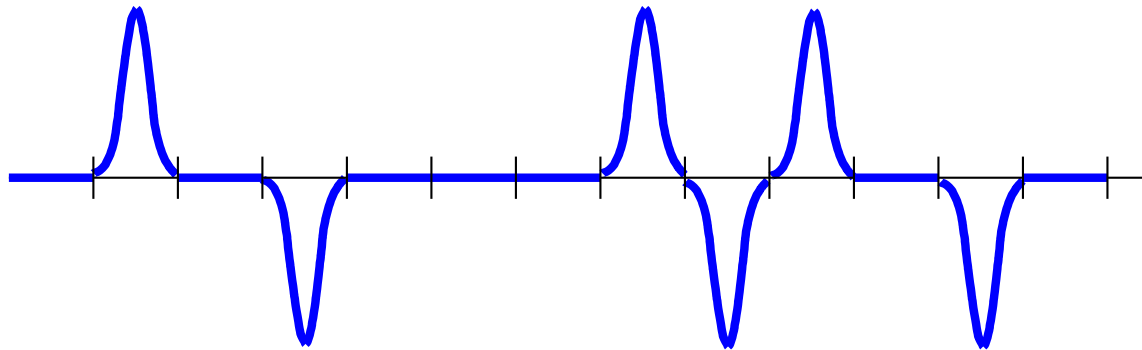
Write current



Magnetic track



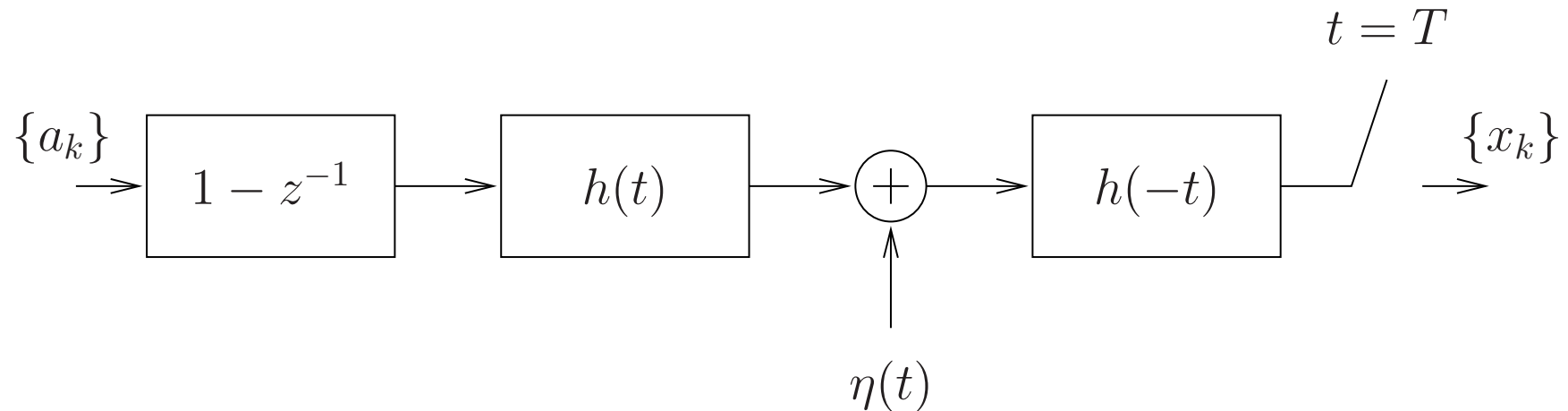
Read voltage



Detected data 0 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 0

# I SISTEMI DI MEMORIZZAZIONE

## Modello di canale



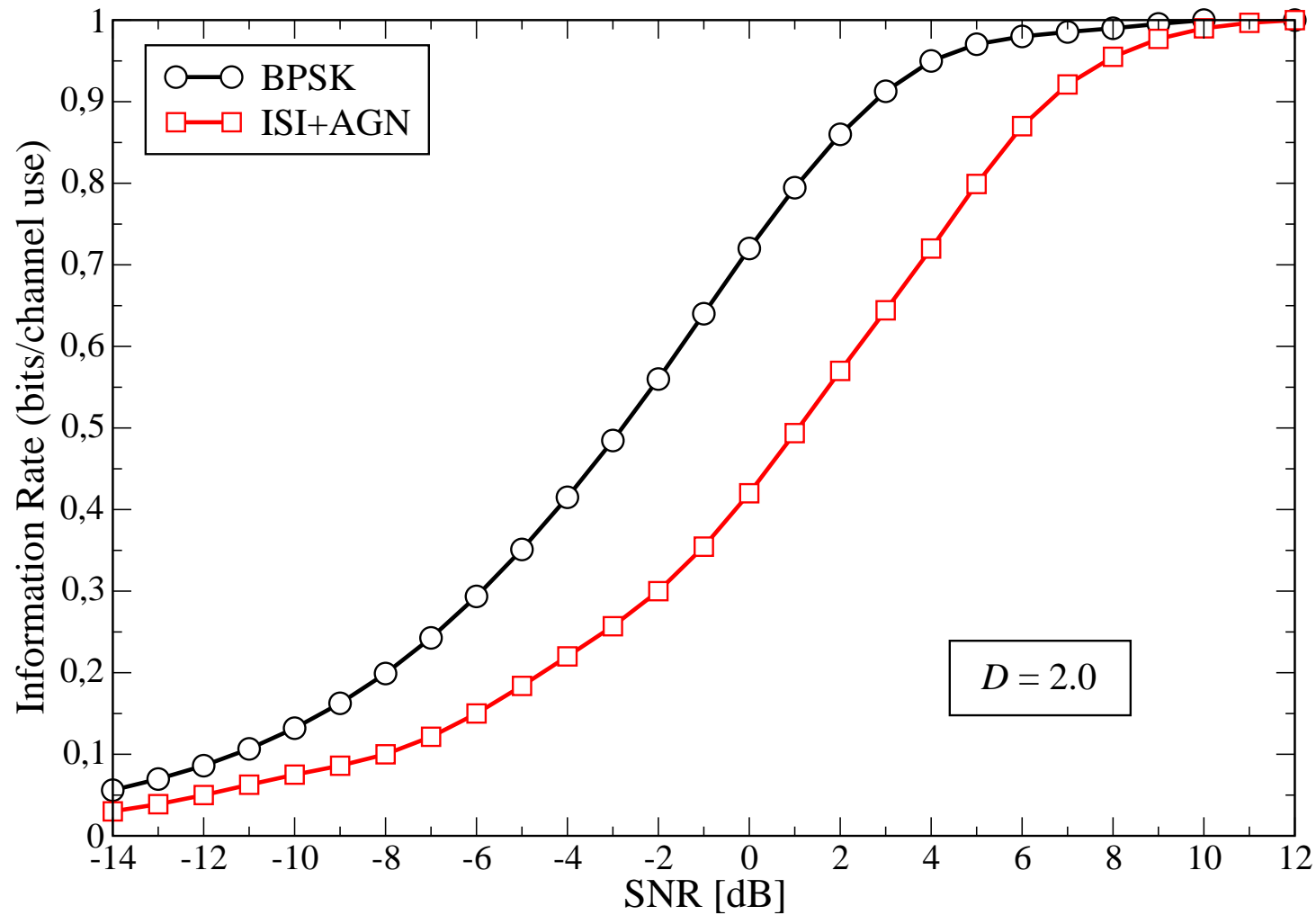
- Al crescere della densità di magnetizzazione, i sistemi di memorizzazione sono affetti da interferenza intersimbolica (ISI)  $\rightarrow$  canale con memoria
- La risposta all'impulso ha andamento Lorentziano

$$h(t) = \frac{1}{1 + (t/w)^2} \quad (5)$$

- Inoltre, il rumore termico all'uscita del filtro adattato è colorato

## I SISTEMI DI MEMORIZZAZIONE

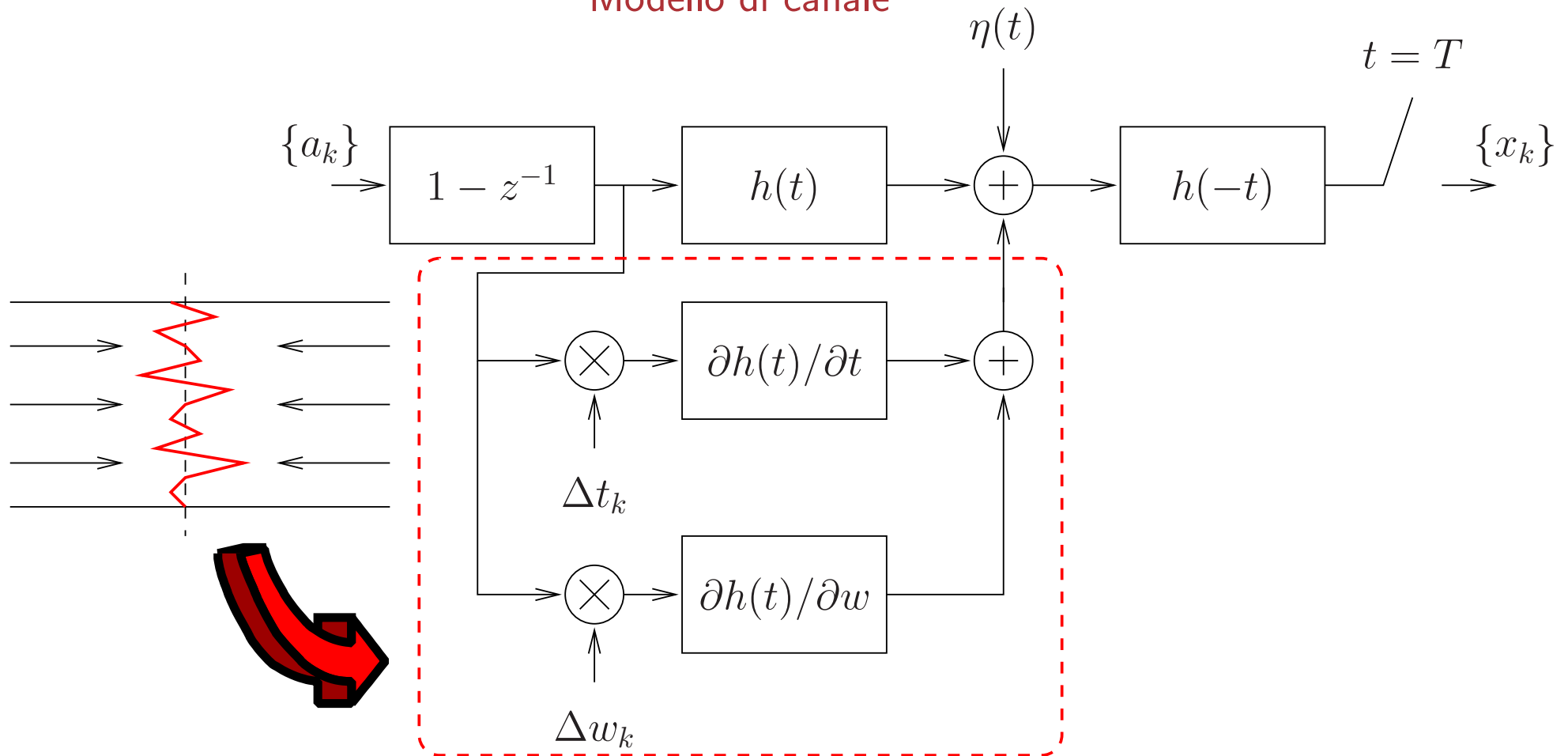
### Calcolo del tasso di informazione: risultati simulativi





# IL RUMORE DEL MEZZO NEI SISTEMI DI MEMORIZZAZIONE

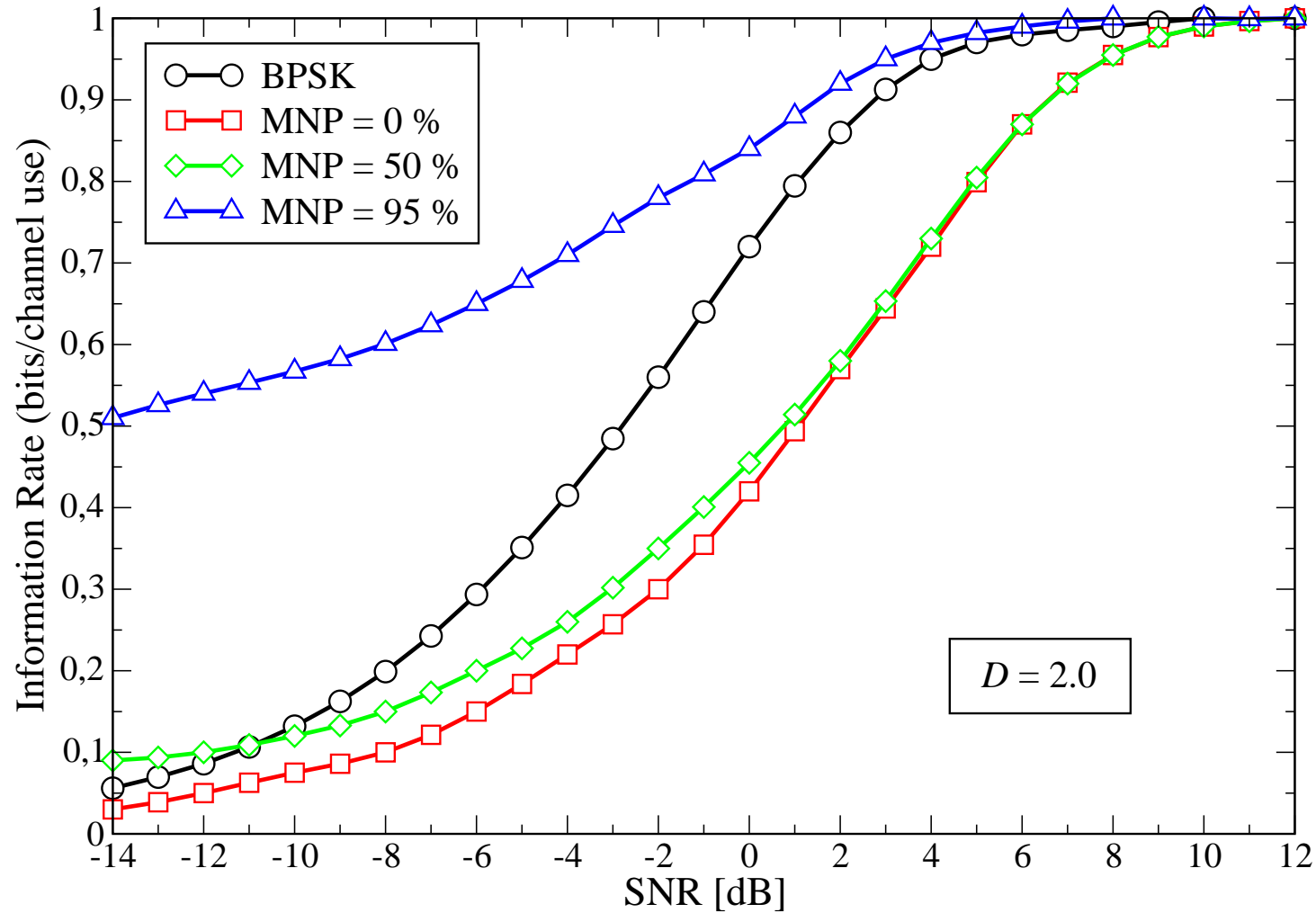
## Modello di canale



- Zhang, Duman and Kurtas estendono l'algoritmo considerando anche il rumore del mezzo (TMAG '03)

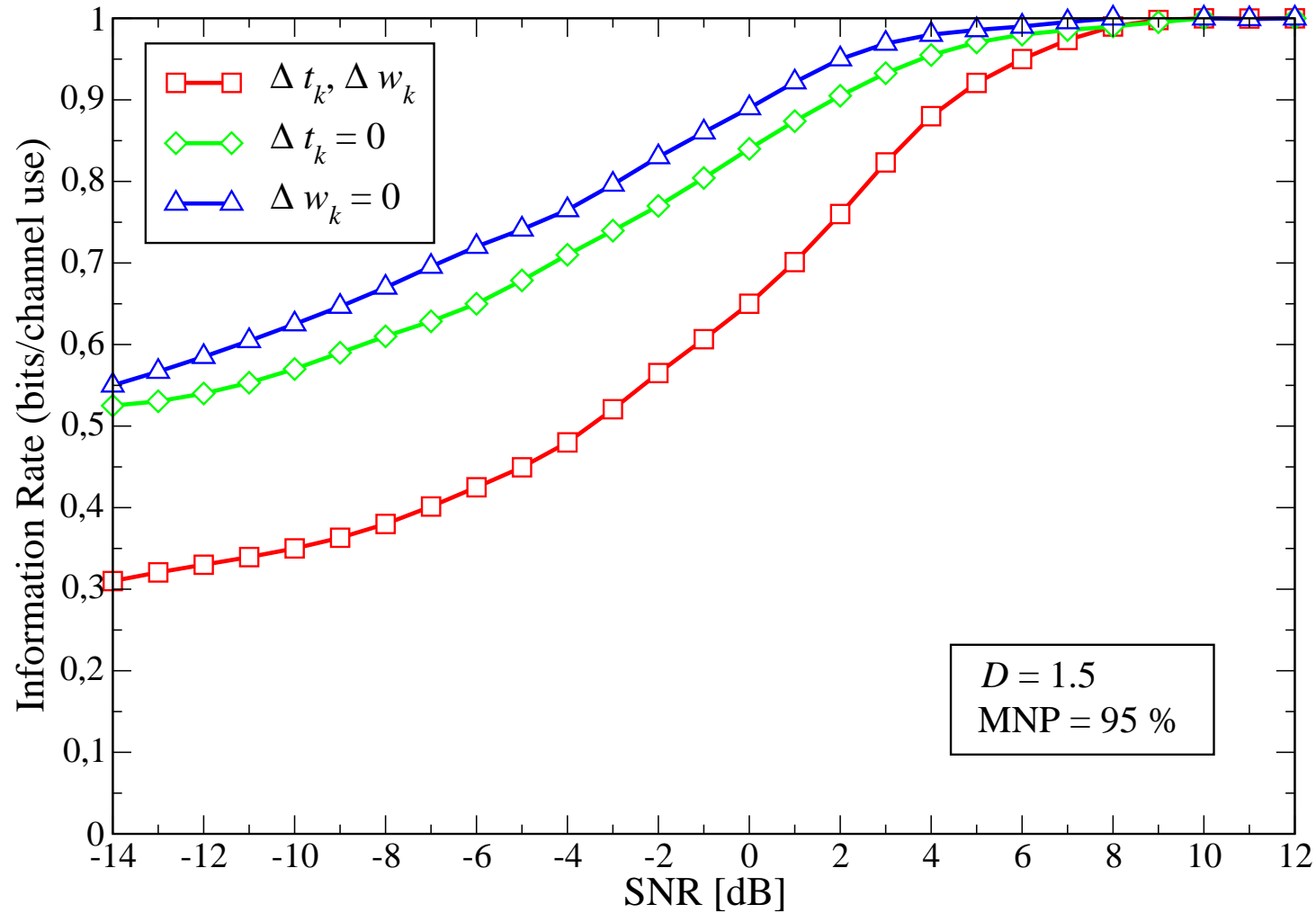
# IL RUMORE DEL MEZZO NEI SISTEMI DI MEMORIZZAZIONE

Calcolo del tasso di informazione: risultati simulativi



# IL RUMORE DEL MEZZO NEI SISTEMI DI MEMORIZZAZIONE

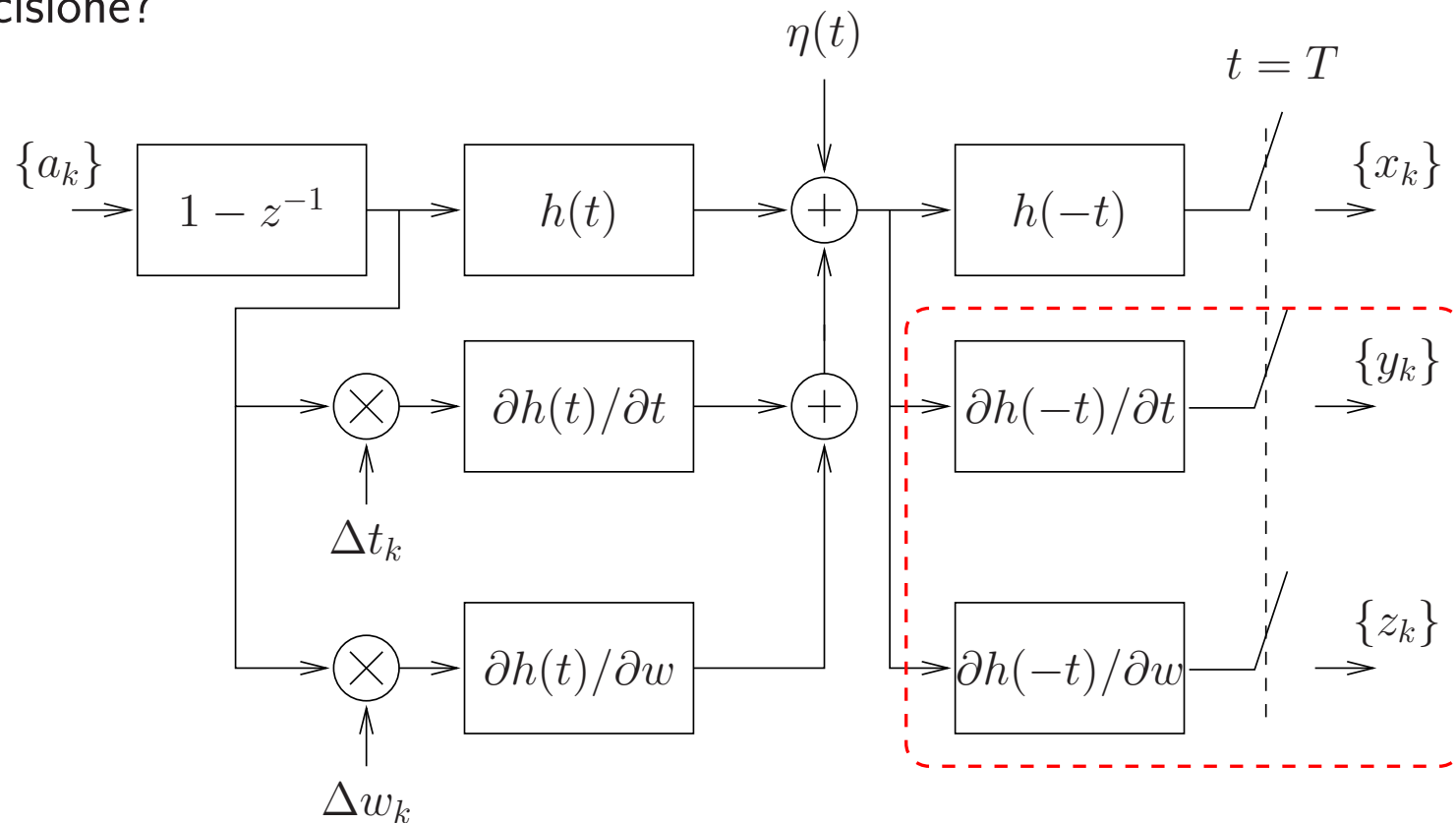
## Calcolo del tasso di informazione: risultati simulativi



# IL RUMORE DEL MEZZO NEI SISTEMI DI MEMORIZZAZIONE

## Statistiche sufficienti ai fini della decisione

- In presenza del rumore del mezzo,  $\{x_k\}$  è ancora una statistica sufficiente<sup>(\*)</sup> ai fini della decisione?



(\*) Pigghi, Raheli e Amadei (TMAG'06)

## IL RUMORE DEL MEZZO NEI SISTEMI DI MEMORIZZAZIONE

### Calcolo del tasso di informazione: estensione al caso multidimensionale

- Il tasso di informazione per il front-end bidimensionale<sup>(\*)</sup> è

$$I(A; X, Y) = h(X, Y) - h(X, Y|A) \quad (6)$$

- Poiché ancora  $\{x_k\}$  e  $\{y_k\}$  sono processi di Markov congiuntamente stazionari ed ergodici, dal teorema di Shannon-McMillan-Breiman si ottiene

$$h(X, Y) = - \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \log[p(\mathbf{x}_1^n, \mathbf{y}_1^n)] \simeq \frac{1}{n} \log[p(\mathbf{x}_1^n, \mathbf{y}_1^n)] \quad (7)$$

$$h(X, Y|A) = - \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \log[p(\mathbf{u}_1^n, \mathbf{v}_1^n | \mathbf{a}_1^n)] \simeq \frac{1}{n} \log[p(\mathbf{u}_1^n, \mathbf{v}_1^n | \mathbf{a}_1^n)] \quad (8)$$

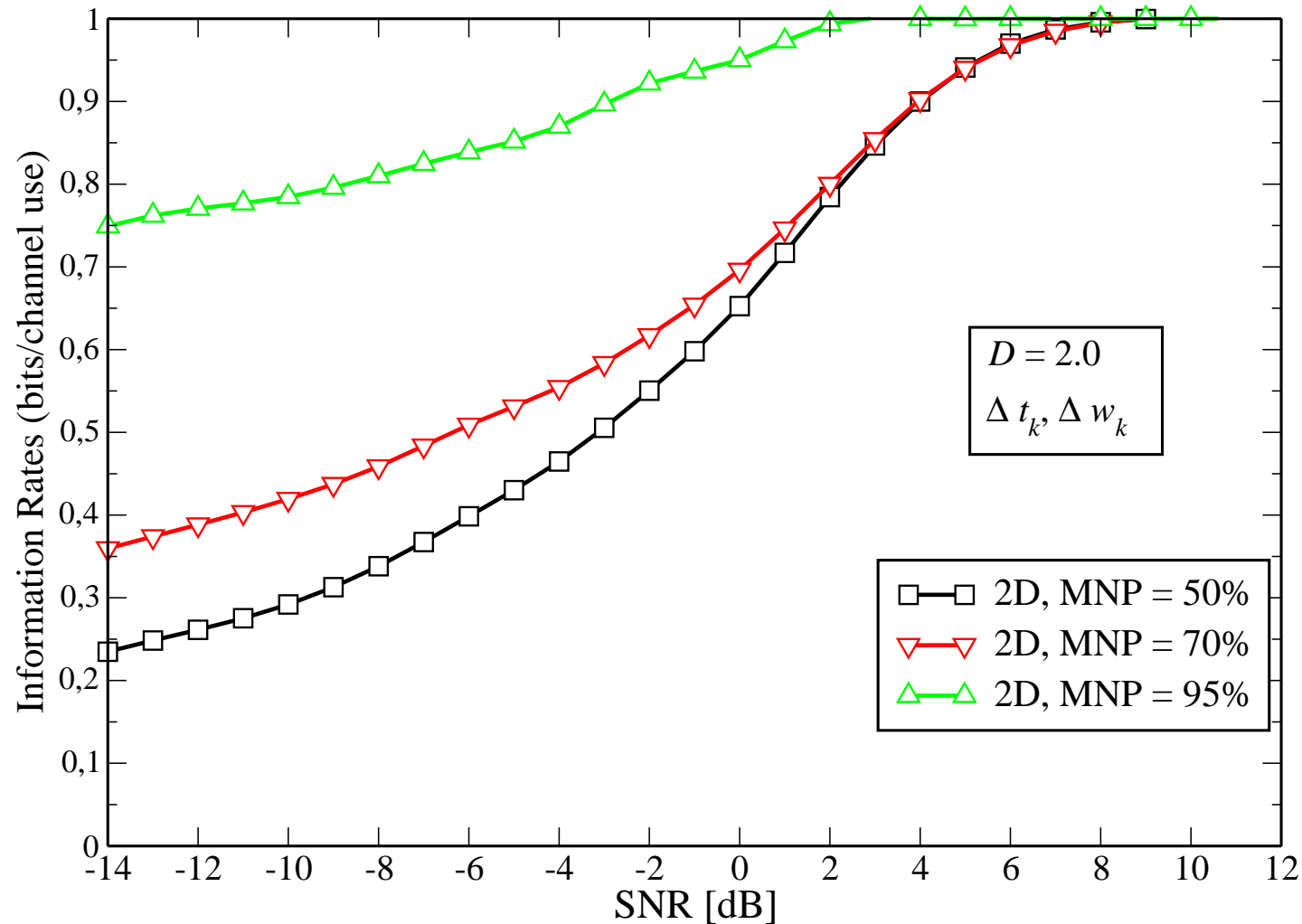
- $u_k$  e  $v_k$  sono i campioni di rumore che affliggono i campioni di segnale  $x_k$  e  $y_k$
- Considerando lo stadio di ricezione ottimo completo, abbiamo

$$I(A; X, Y, Z) = h(X, Y, Z) - h(X, Y, Z|A) \quad (9)$$

<sup>(\*)</sup>Pighi, Raheli e Cappelletti (TMAG '06)

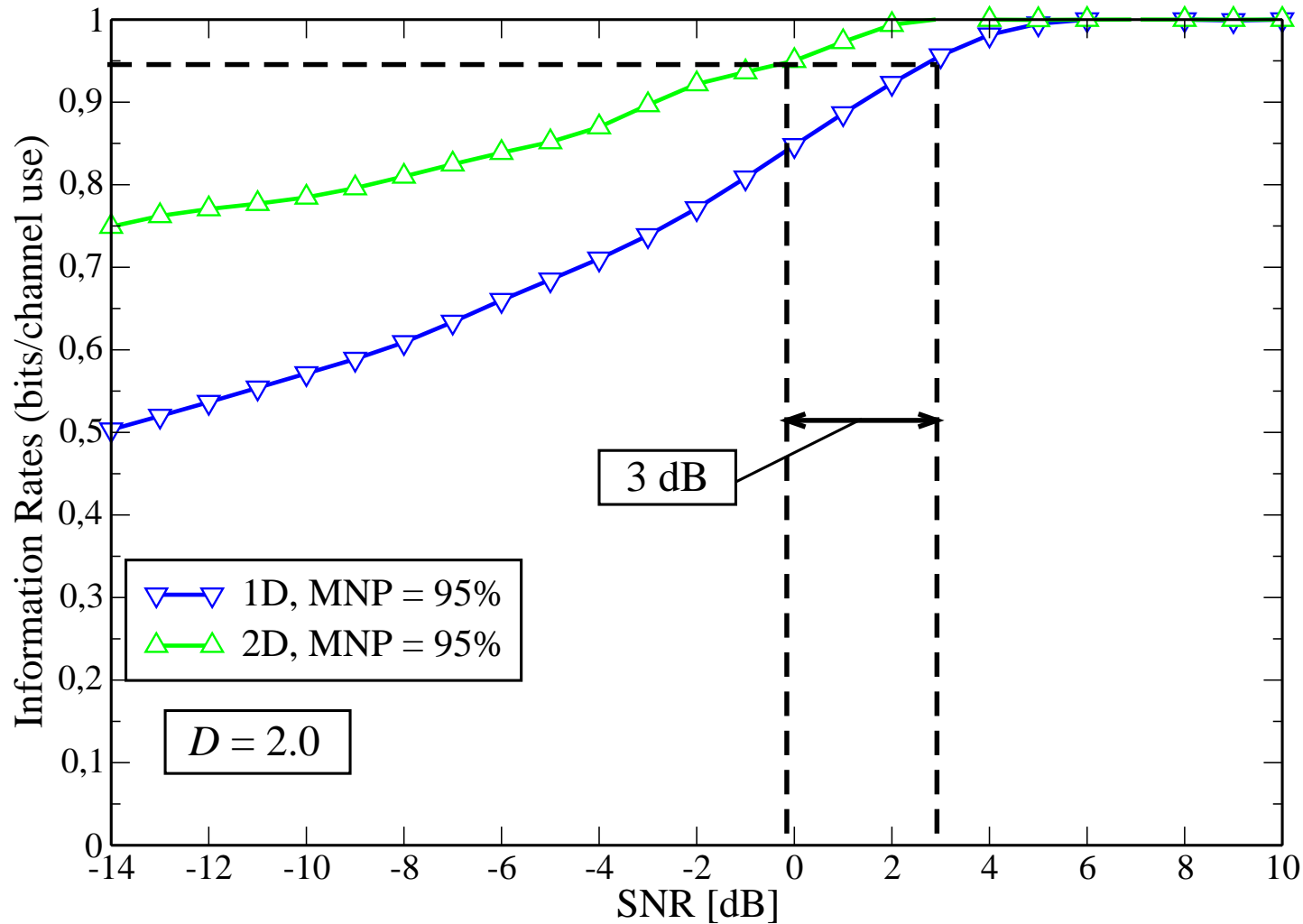
# IL RUMORE DEL MEZZO NEI SISTEMI DI MEMORIZZAZIONE

## Calcolo del tasso di informazione: risultati simulativi



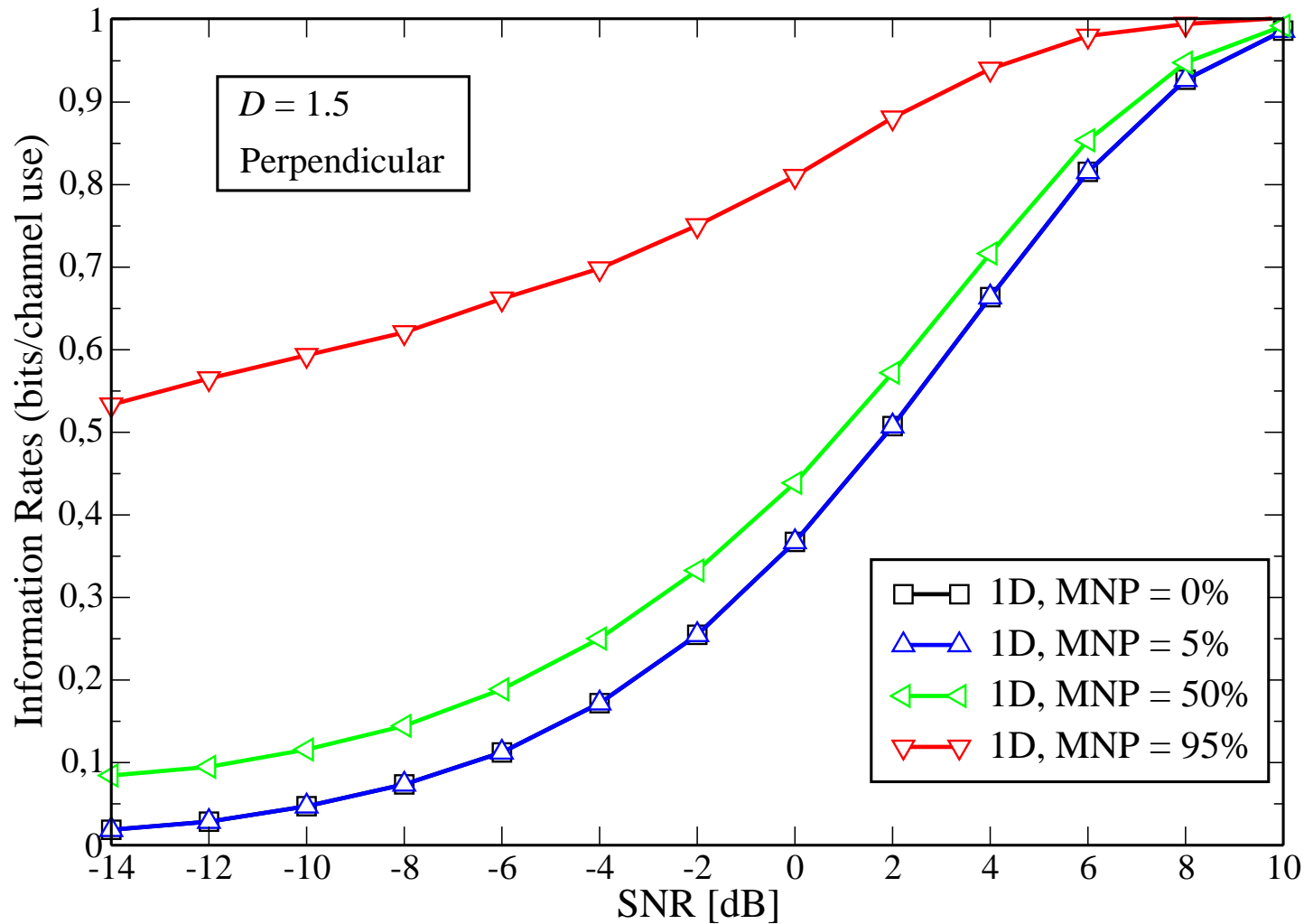
# IL RUMORE DEL MEZZO NEI SISTEMI DI MEMORIZZAZIONE

## Calcolo del tasso di informazione: risultati simulativi



# IL RUMORE DEL MEZZO NEI SISTEMI DI MEMORIZZAZIONE

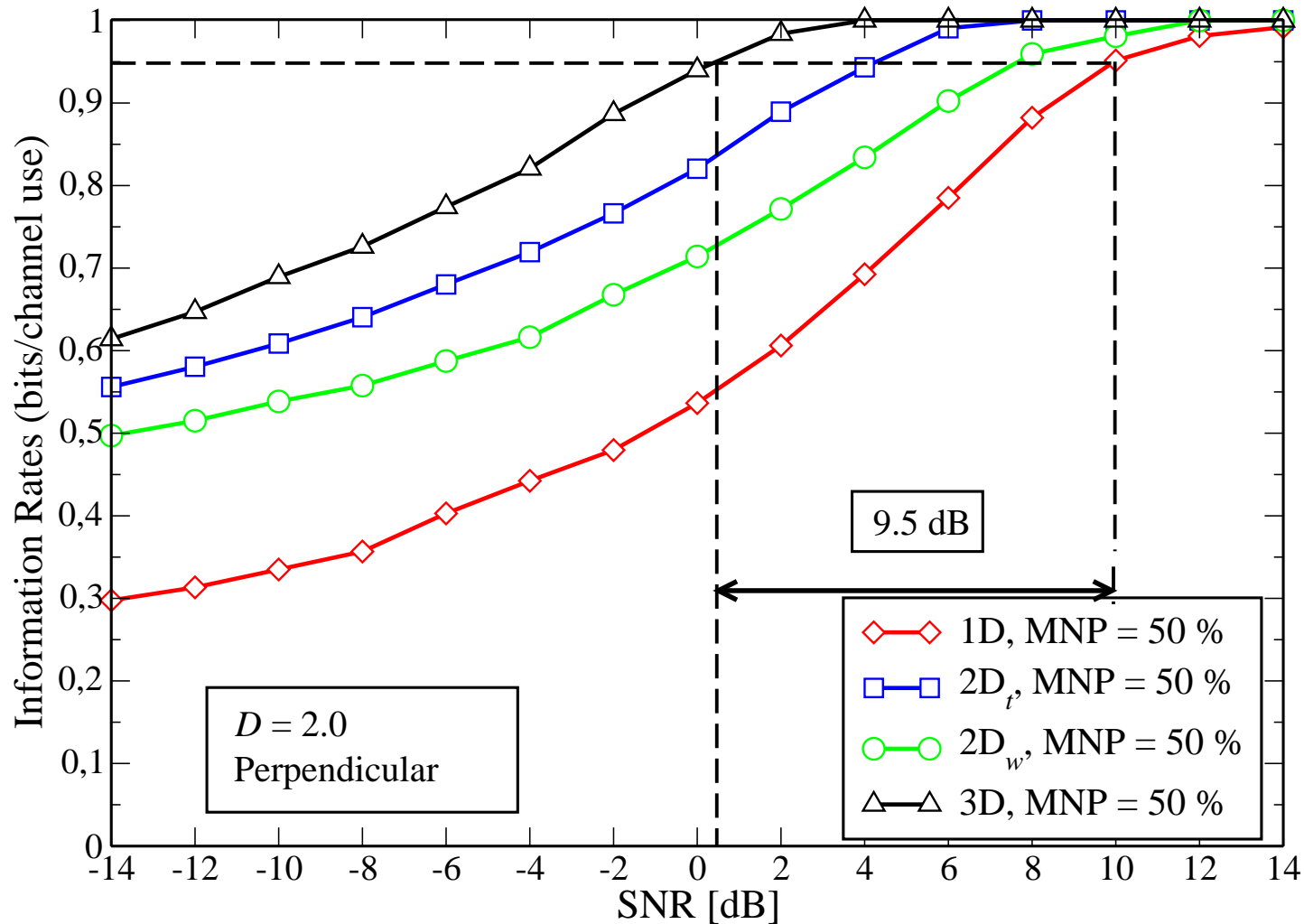
Calcolo del tasso di informazione: risultati simulativi





# IL RUMORE DEL MEZZO NEI SISTEMI DI MEMORIZZAZIONE

## Calcolo del tasso di informazione: risultati simulativi



## CONCLUSIONI ...

- Valutazione del tasso di informazione nei sistemi di memorizzazione in presenza di
  - ▶ Interferenza intersimbolica
  - ▶ Rumore termico colorato
  - ▶ Rumore del mezzo dipendente dai dati
- Determinazione delle statistiche sufficienti in presenza di rumore del mezzo
- Estensione dell'analisi del tasso di informazione al front-end ottimo

### ... E POSSIBILI ARGOMENTI DI RICERCA

- ✓ Calcolo del tasso di informazione in presenza di rumore del mezzo con sovracampionamento
- ✓  $\{x_k, y_k, z_k\}$  sono una statistica sufficiente ai fini della decisione con rumore del mezzo, ma lo sono anche ai fini del tasso di informazione ?
- ✓ Ricerca su sistemi di memorizzazione di nuova generazione (TWODOS)

