



ATTIVITÀ DI RICERCA NELL'AMBITO DELLA TRASMISSIONE NUMERICA

Prof. Riccardo Raheli
Ing. Michele Franceschini
Ing. Riccardo Pighi

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
Università degli Studi di Parma

Parma, Lunedì 12 Gennaio 2004



ALCUNE POSSIBILI AREE DI LAVORO

- Sistemi di memorizzazione
- Sistemi di trasmissione ad onda convogliata
- Tecniche di codifica per canali reali
- Circuiti analogici per la codifica e la decodifica



I SISTEMI DI MEMORIZZAZIONE

I sistemi di memorizzazione, siano essi magnetici che ottici, presentano caratteristiche comuni ai sistemi di comunicazione radio o via cavo. Essi infatti sono caratterizzati da:

- **canale non lineare** (come nelle comunicazioni via satellite);
- **interferenza cocanale** (simile al cross-talk nelle comunicazioni radio);
- **rumore colorato** e **non stazionario** (sistemi con equalizzatori).

Analizziamo alcuni aspetti ...



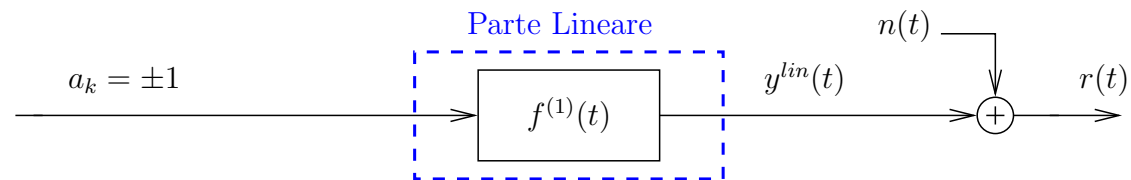
I SISTEMI DI MEMORIZZAZIONE: CANALE NON LINEARE

- Nei **link satellitari**, la presenza di un amplificatore ad onde progressive (TWTA) spinto in saturazione provoca sul segnale trasmesso una distorsione non lineare: si parla di effetti di conversione AM/AM e AM/PM.
- Nei sistemi di memorizzazione, l'intrinseca non linearità dei fenomeni di lettura e scrittura provoca sul segnale memorizzato una distorsione non lineare analoga a quella precedente.

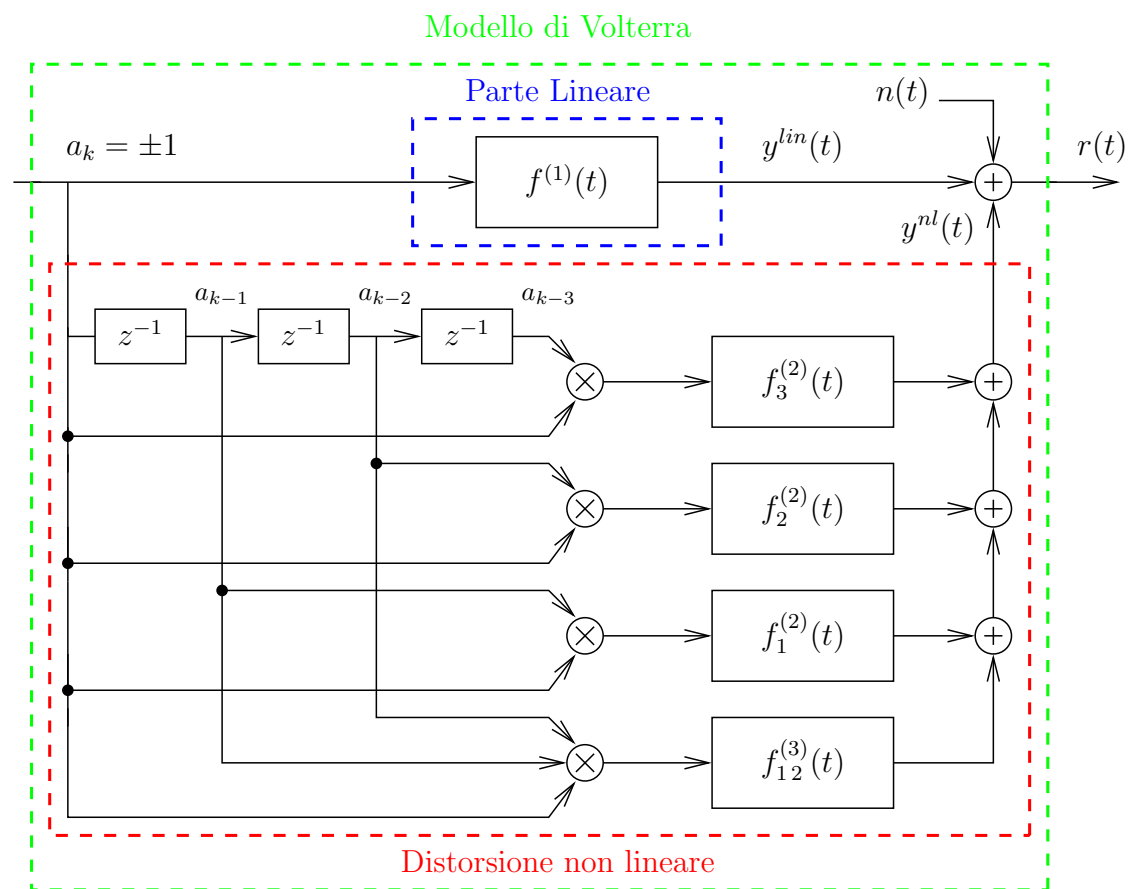
In letteratura è stato proposto uno schema, basato sull'espansione dei segnali in **serie di Volterra**, che permette di analizzare il problema sia nei sistemi satellitari sia nei sistemi di memorizzazione.



I SISTEMI DI MEMORIZZAZIONE: CANALE NON LINEARE



I SISTEMI DI MEMORIZZAZIONE: CANALE NON LINEARE



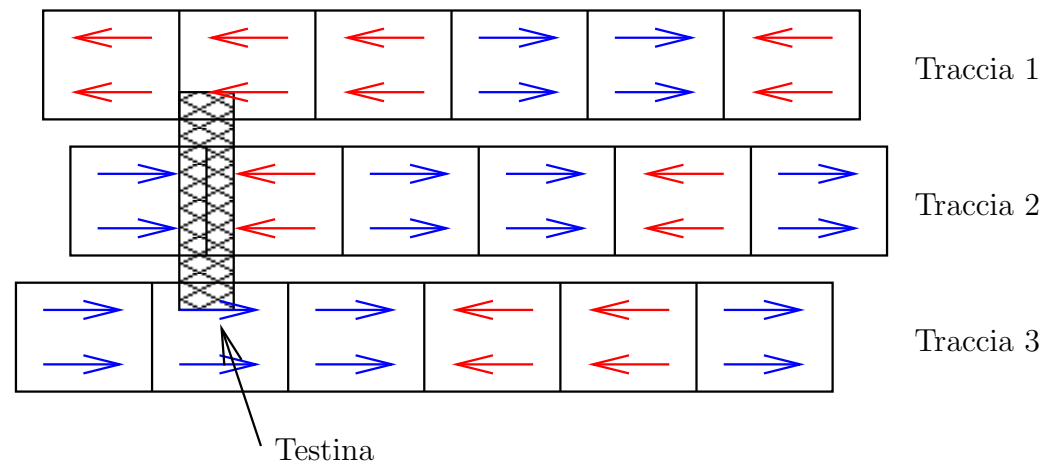


I SISTEMI DI MEMORIZZAZIONE: CANALE NON LINEARE

- In letteratura sono emerse alcune possibili soluzioni in presenza di forti non linearità:
 1. **Predistorsione** del segnale in ingresso alla non linearità (al trasmettitore);
 2. **Sovracampionamento** del segnale in uscita dalla non linearità (al ricevitore);

Possibile titolo di tesi: “Studio e analisi delle prestazioni di un ricevitore a sovracampionamento per combattere gli effetti non lineari nei sistemi di memorizzazione”

I SISTEMI DI MEMORIZZAZIONE: INTERFERENZA COCANALE



Possibile titolo di tesi: “Studio e analisi delle prestazioni di codici per la riduzione dell’interferenza cocanale nei sistemi di memorizzazione”



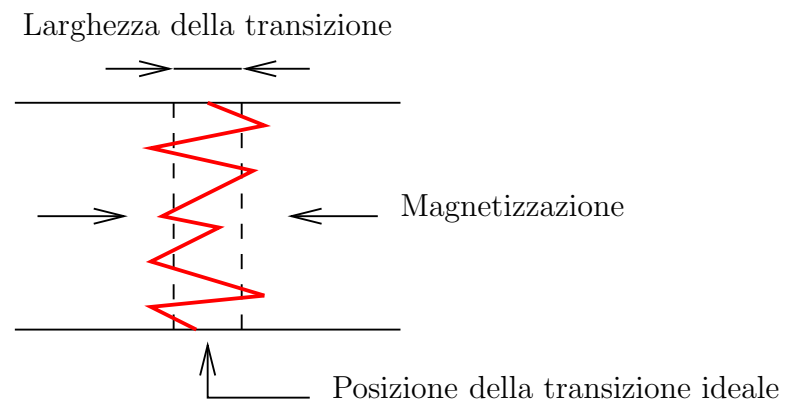
I SISTEMI DI MEMORIZZAZIONE: CODICI

Applicazione di algoritmi di codifica avanzata quali:

- Codici Turbo;
- Codici a bassa densità;
- Codici per la sincronizzazione.

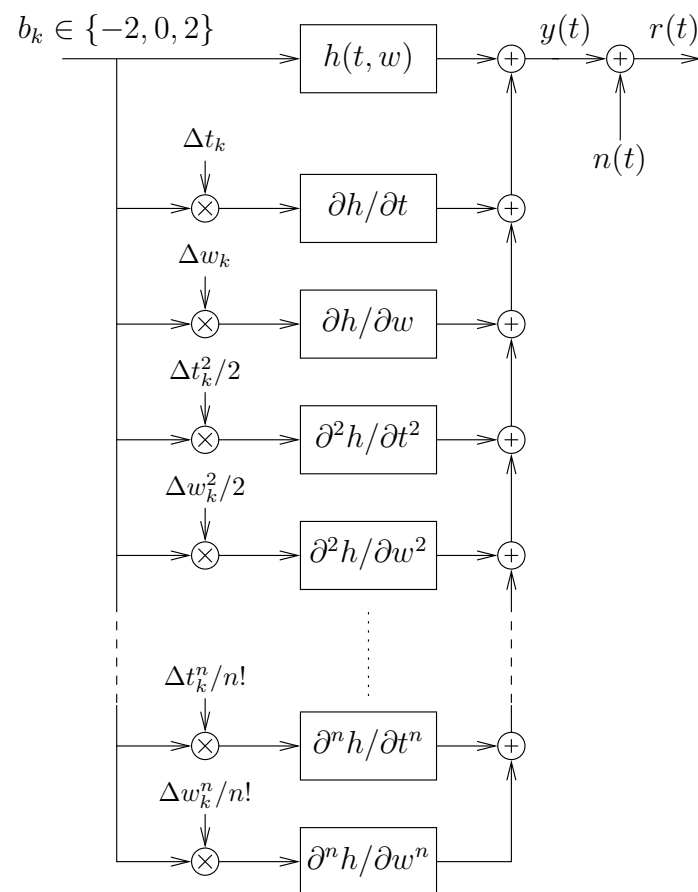
Possibile titolo di tesi: “Studio di tecniche di codifica avanzata per i sistemi di memorizzazione ed analisi delle prestazioni”

I SISTEMI DI MEMORIZZAZIONE: RUMORE DEL MEZZO

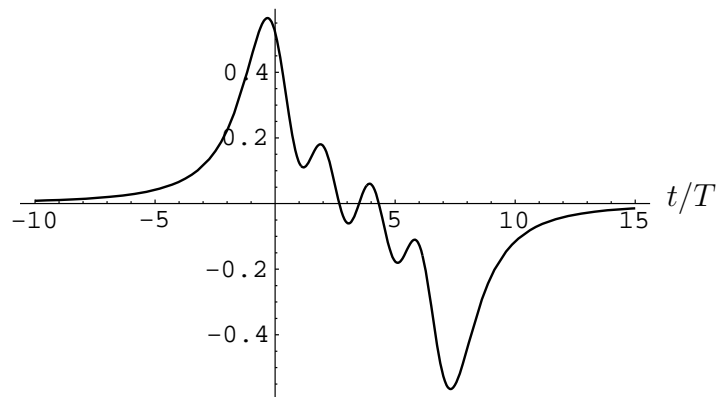


- Il rumore del mezzo si genera dall'interazione magnetica tra zone adiacenti del supporto magnetico provocando una variazione di ampiezza ed in posizione dell'impulso prelevato dalla testina di lettura.
- Tale disturbo può essere rappresentato come un processo stocastico non stazionario perchè funzione della sequenza di informazione.

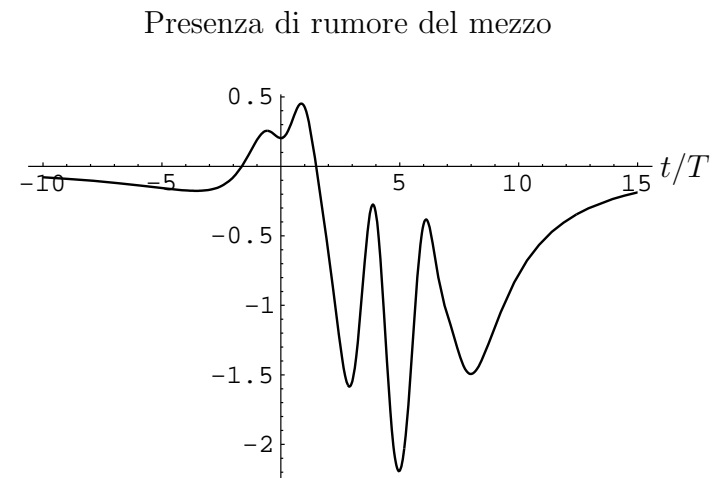
I SISTEMI DI MEMORIZZAZIONE: RUMORE DEL MEZZO



I SISTEMI DI MEMORIZZAZIONE: RUMORE DEL MEZZO

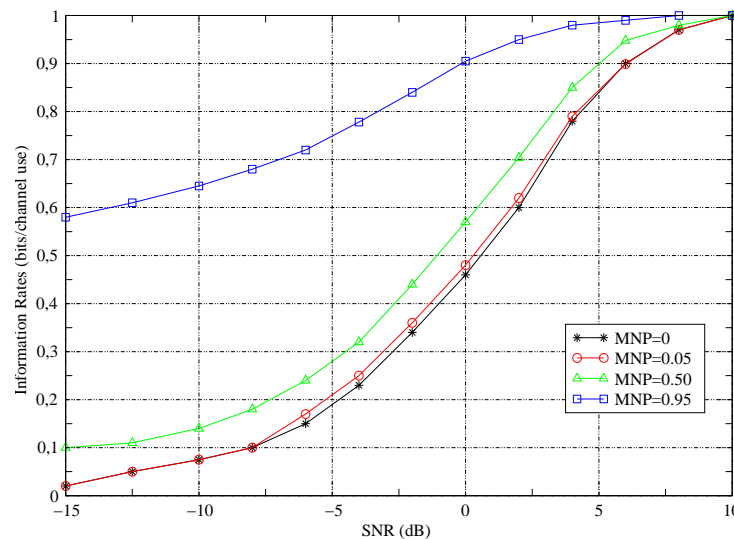


Assenza di rumore del mezzo

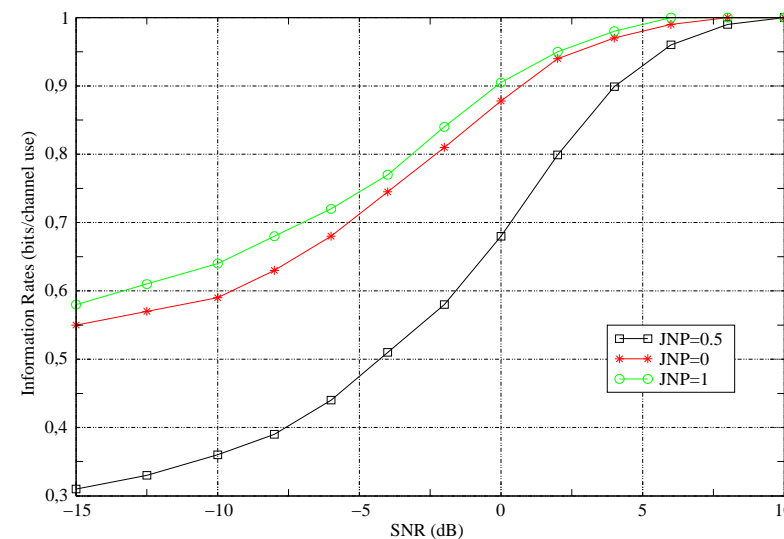


- Il rumore del mezzo, **dipendendo** dalla sequenza memorizzata, è un “*rumore*” dal quale è possibile estrarre informazioni utili ai fini della decisione.
- Quale è la capacità di un canale affetto da tale rumore?

I SISTEMI DI MEMORIZZAZIONE: RUMORE DEL MEZZO



Information rates for Lorentzian channels, $D=1.5$



Information rates for Lorentzian channels, $D=1.5$, $MNP=0.95$

- A parità di condizioni, la **capacità** del canale in presenza di rumore del mezzo è **maggiore** di quella di un canale AWGN !!!

Possibile titolo di tesi: “Studio del tasso di informazione di un sistema affetto da rumore del mezzo con stadio di ingresso multidimensionale”



I SISTEMI DI MEMORIZZAZIONE: DVD E CD-ROM

- Vista la stretta analogia tra un sistema di memorizzazione con supporto magnetico ed uno con supporto ottico, le problematiche delineate possono essere estese anche ai sistemi ottici quali:
 - CD-ROM
 - DVD
- ... anche il rumore del mezzo è presente nei sistemi ottici, anche se l'origine è ora legata a fenomeni di scattering e di diffrazione
- ... è possibile fornire un modello non lineare anche per i sistemi di memorizzazione ottica

Possibile titolo di tesi: “Riduzione degli effetti del rumore nei sistemi di memorizzazione ottica quali CD-ROM e DVD”



SISTEMI DI TRASMISSIONE AD ONDA CONVOGLIATA

- Sono sistemi di comunicazione che sfruttano come vettore dell'informazione le linee di trasporto dell'energia elettrica
- Il canale presenta attenuazione variabile legata alle condizioni atmosferiche
- Il canale presenta zeri in banda, le cui posizioni possono anche fluttuare nel tempo
- È presente un particolare tipo di rumore noto come “effetto corona” che limita le prestazioni

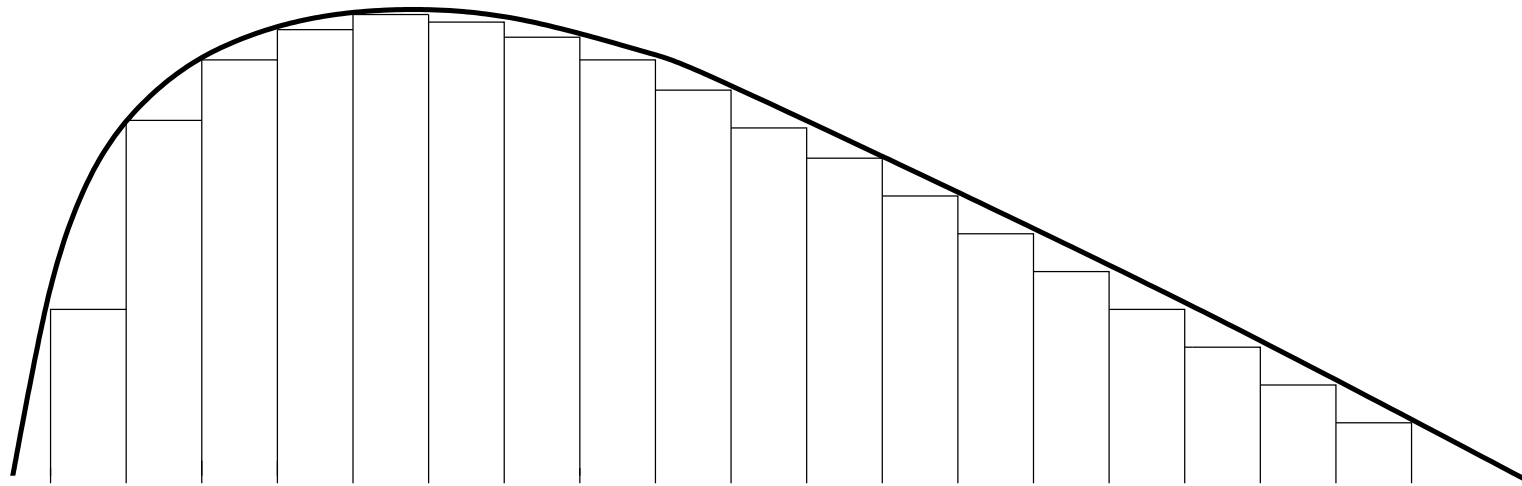
Soluzione: sfruttare algoritmi avanzati di elaborazione del segnale, quali OFDM e DMT, e modulazioni ad alta efficienza spettrale.



ONDA CONVOGLIATA: MODULAZIONE MULTICANALE

- I modem ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) sfruttano modulazioni discrete multi-tono (DMT, Discrete Multitone) per raggiungere i flussi fino a 9 Mb/s in down-stream e 1 Mb/s in up-stream
- Le **caratteristiche** del modulatore variano **adattativamente** in funzione delle caratteristiche misurate del canale
- L'idea è di trasformare un canale a larga banda in un insieme di N sottocanali operanti in parallelo
- DMT operano tale trasformazione sia nel dominio del tempo che in quello della frequenza

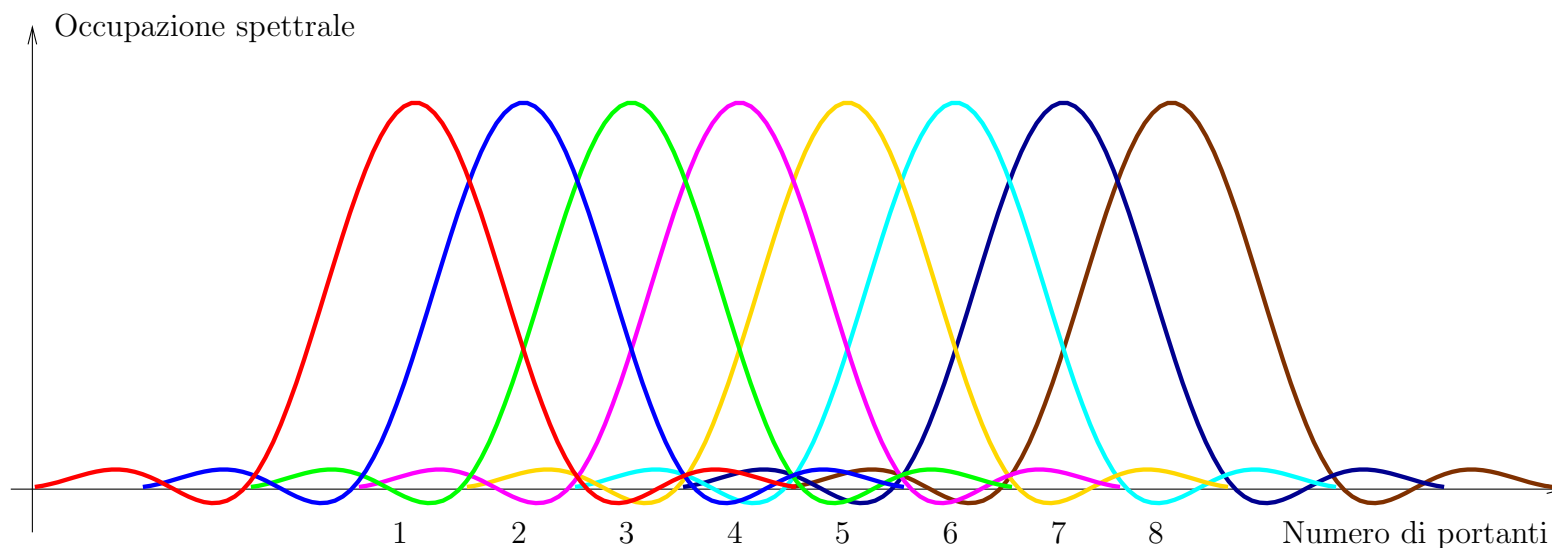
ONDA CONVOGLIATA: MODULAZIONE MULTICANALE



- Si suddivide la risposta in frequenza del canale in tanti sottocanali
- Ciascun sottocanale può essere pensato come un canale AWGN isolato esente da interferenza intersimbolica
- Ciascun sottocanale utilizza un formato di modulazione ad elevata efficienza spettrale (QAM M -arie)

ONDA CONVOGLIATA: MODULAZIONE MULTICANALE

- Occupazione in banda



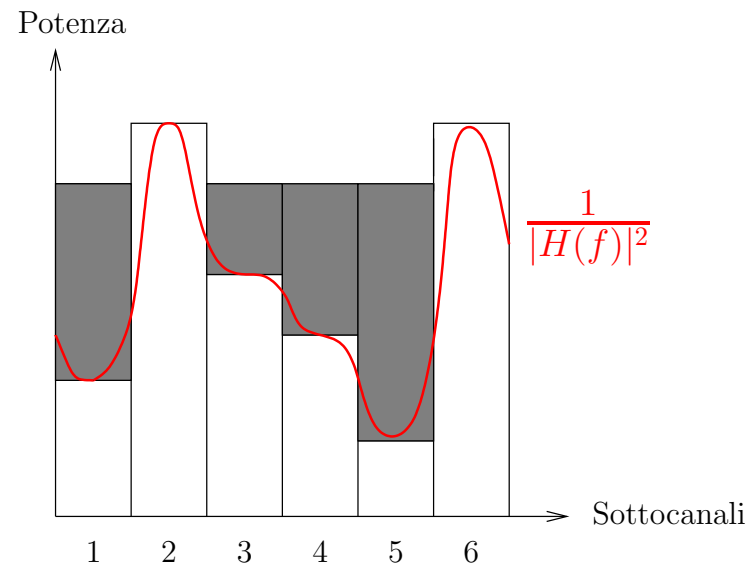
- Diversamente da FDMA, i canali possono sovrapporsi
- La condizione di ortogonalità permette al ricevitore di separare i canali



ONDA CONVOGLIATA: MODULAZIONE MULTICANALE

- Il problema di trasmettere un segnale a larga banda viene trasformato in un problema di trasmissione di tanti segnali a banda stretta ed ortogonali tra loro (**OFDM**, Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
- Il bisogno di una equalizzazione complessa per il canale a larga banda viene sostituito nel bisogno di moltiplicare e demoltiplicare il flusso di dati in ingresso su un numero elevato di sottocanali a banda stretta che sono contigui e disgiunti.

ONDA CONVOGLIATA: MODULAZIONE MULTICANALE



- In base al rapporto segnale rumore di ogni canale, il modulatore “carica” (**Bit Loading**) le varie portanti con un numero di bit differente, in maniera tale che il tasso d'errore per sottocanale sia uniforme (**Water Filling**)
- Alcune sottoportanti possono essere spente



ONDA CONVOGLIATA: PROBLEMI APERTI

Alcuni possibili argomenti di ricerca:

- Occorre effettuare un'analisi **adattativa** ed **accurata** della risposta del canale
- Occorre determinare l'algoritmo di bit loading
- Il sistema è sensibile alle non linearità dell'amplificatore nel trasmettitore
- Il sistema è sensibile ad offset di frequenza e di fase per ciascuna sottoportante
- Studio e applicazione di tecniche di codifica di sorgente e di canale avanzate
- Studio e applicazione di tecniche di recupero di sincronismo e di equalizzazione



ONDA CONVOGLIATA: ARGOMENTI DI TESI

Alcuni possibili titoli di tesi:

- Studio e implementazione di algoritmi di stima del canale
- Applicazione di tecniche di codifica avanzata per sistemi DMT
- Applicazione di tecniche di elaborazione del segnale avanzata per sistemi OFDM
- Progetto ed analisi di prestazione di ricevitori robusti alle non idealità del canale