

# Concetto di Diversità su Canali Radio

## Concetto di diversità su canali radio

Se il ricevitore è in grado di discriminare più repliche del segnale trasmesso e fare una media (pesata) di queste (cosidetto combining), la probabilità di “deep fades” diminuisce e con essa la probabilità di errore, a parità di potenza trasmessa o di SNR. Alternativamente, si possono ottenere le stesse prestazioni in termini di BER diminuendo la potenza trasmessa o lavorando a SNR minore.

Questa tecnica è chiamata diversità e può notevolmente migliorare le prestazioni dei sistemi che lavorano su canali caratterizzati da fading per cammini multipli.

Grossolanamente: se posso trasmettere lo stesso simbolo su **L canali indipendenti** caratterizzati dalla stessa  $P_e \leq 1$  allora la probabilità che tutti gli L simboli siano errati sarà:

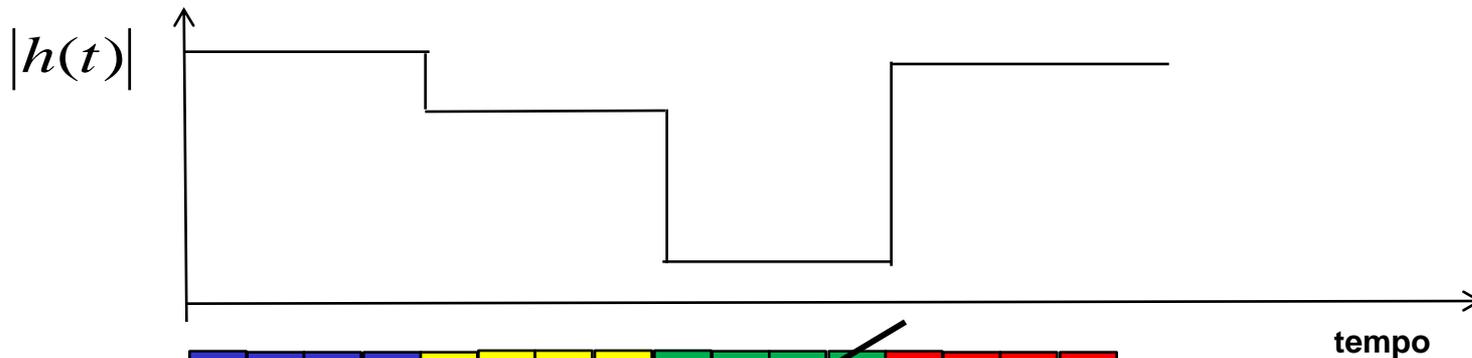
$$P_e^L < P_e$$

# Concetto di diversità su canali radio

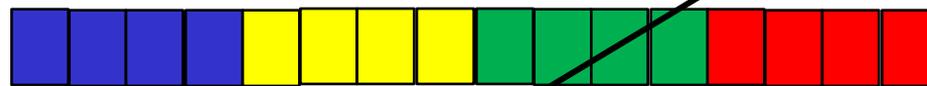
Vari tipi di diversità disponibili in canali radio:

**Diversità temporale:** lo stesso segnale è trasmesso in istanti di tempo diversi, separati da un intervallo maggiore del tempo di coerenza del canale.

*Tecniche di diversità temporale:* codifica di canale con interleaving!!!!



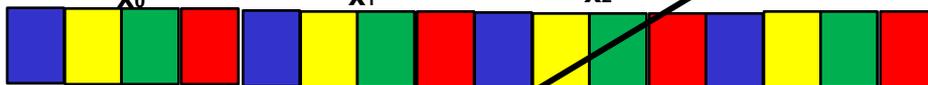
No interleaving



Codeword Codeword Codeword Codeword

$X_0$   $X_1$   $X_2$   $X_3$

Interleaving



# Concetto di diversità su canali radio

## Esempio di diversità temporale nel GSM

E' un sistema FDD (Frequency Division Duplex) e usa due bande di 25MHz, una per l'uplink (mobile to base station) e una per il downlink (base station to mobile).

Le bande sono ulteriormente suddivise in sottocanali di 200kHz e ogni canale è condiviso da 8 utenti in modalità TDMA

I dati degli utenti vengono mandati su time slots di 577microseconds e i time slots degli 8 utenti formano una trama di 4.615ms

La voce, l'applicazione principale del GSM, è codificata da un codificatore vocale in trame di 20ms

# Concetto di diversità su canali radio

## Esempio di diversità temporale nel GSM

I bits in ogni trama vocale sono codificati da un codice convoluzionale di rate  $\frac{1}{2}$  e il numero di bit codificati per trama vocale è 456.

Per avere un guadagno di diversità temporale, questi bit codificati vengono “interlacciati” (interleaved) su 8 time slots consecutivi assegnati allo specifico utente: il bit 0, 8, ....., 448, vengono messi nel primo time slot, i bit 1, 9, ....., 449 nel secondo time slots ect.

Poiché i time slot sono separati da un intervallo pari alla lunghezza della trama 4,615ms per ogni utente, l’interleaving introdurrà un ritardo di approssimativamente 40ms, che è tollerabile per un’applicazione vocale

# Concetto di diversità su canali radio

## Esempio di diversità temporale nel GSM

Il massimo guadagno di diversità ottenibile è 8, ma il guadagno effettivo dipende dal canale, in particolare, da quanto il canale “varia nel tempo” (ossia, è selettivo nel tempo) e questo dipende principalmente dalla velocità  $v$  del terminale mobile.

Se  $v$  è la velocità del terminale, il massimo Doppler spread sarà:

$$D_s = 2fcv/c$$

e il tempo di coerenza approssimativamente:  $1/4D_s$

Perché si abbia il massimo guadagno di diversità nello schema descritto del GSM, il canale deve variare su ogni trama e quindi il tempo di coerenza dovrà essere approssimativamente di 5ms (4.615ms è la durata di una trama e anche la distanza tra due time slots consecutivi). Se  $f_c = 900\text{MHz}$ , allora  $v$  dovrà essere ALMENO 30km/h.

# Concetto di diversità su canali radio

## Esempio di diversità temporale nel GSM

Per i “pedoni”, che hanno una velocità media di 3km/h, il guadagno di diversità temporale è molto PICCOLO



*In tal caso il GSM va nella modalità “frequency hopping” dove trame consecutive saltano (hop in inglese) da un canale di 200kHz all’altro.....così cercando di ottenere un guadagno di diversità in frequenza. Se il delay spread è di  $1\mu s$ , la banda di coerenza è circa 500kHz e la banda totale assegnata all’uplink o downlink, su cui si può fare “hopping”, è 25MHz  $\gg$  500kHz*

## Concetto di diversità su canali radio

Vari tipi di diversità disponibili in canali radio:

**Diversità in frequenza:** il segnale è trasmesso in sottobande di frequenza diverse, larghe almeno quanto la banda di coerenza del canale.

*Tecniche di diversità in frequenza:* ricevitore RAKE, OFDM, equalizzazione

Efficace in canali selettivi in frequenza (alto delay spread!) che sono sempre più comuni nei futuri sistemi di comunicazione per le elevate data rate coinvolte. Per questo motivo queste tecniche (si pensi all'OFDM), hanno assunto grande importanza di recente

## Concetto di diversità su canali radio

**Diversità di polarizzazione:** si usano due antenne con differenti polarizzazioni per trasmettere e/o ricevere

**Diversità spaziale:** antenne multiple, spaziate tra loro in modo che il guadagno di canale su ogni antenna sia indipendente (distanza di coerenza), vengono usate per trasmettere e/o ricevere.

*Nota: la separazione tra gli elementi d'antenna perché il canale tra due diverse coppie di antenne si possa considerare "indipendente" dipende dalla frequenza della portante ma anche dalle caratteristiche propagative dell'ambiente circostante. Per un terminale mobile posto ad altezza uomo e con molti "scatterers" attorno, tale distanza deve essere di mezza lunghezza d'onda. Per le stazioni base, poste su alte torri, la separazione spaziale degli elementi d'antenna deve essere maggiore e pari a diverse decine di lunghezze d'onda.*