Diversità - Multiplazione

Fulvio Babich (babich@units.it)

DIA – Università di Trieste

Diversità in trasmissione

- Si consideri la trasmissione da una radio-base di un sistema cellulare a un dispositivo mobile, e si consideri la diversità di antenna.

- Può essere difficile disporre di un sistema di antenne multiple al dispositivo mobile. È opportuno valutare se si possono ottenere vantaggi in termini di diversità utilizzando un sistema di antenne multiple al trasmettitore.

- Lo schema più semplice è stato messo a punto di Alamouti, e utilizza N_t=2 antenne al trasmettitore e N_t=1 antenne al ricevitore.

S. Alamouti, " A simple transmit diversity technique for wireless communications", IEEE-JSAC, Vol. 16, N.8, 1998, pp. 1451-1458.

Schema di Alamouti (trasmissione)

- Si consideri un sistema con N_t=2 antenne al trasmettitore e N_r=1 antenne al ricevitore. Si ipotizzi che il fading rimanga costante almeno per il tempo necessario a trasmettere due simboli, x_1, x_2.

- Schema di trasmissione (Space Time Coding). Le due antenne trasmittenti secondo il seguente schema:

	Slot 1	**Slot 2**
Antenna 1	x_1	$-x_2^*$
Antenna 2	x_2	x_1^*

Schema di Alamouti (ricezione)

- Siano h_{11}, h_{21}. i due canali tra le antenne trasmittenti e l'antenna ricevente e z_1, z_2. i rumori presenti al ricevitore sui due canali.

- Il segnale ricevuto (nei due slot) è pertanto:
  Slot 1: $r_1 = x_1 h_{11} + x_2 h_{21} + z_1$
  Slot 2: $r_2 = -x_2^* h_{11} + x_1^* h_{21} + z_2$

- Combinazione al ricevitore (i contributi dei simboli sommati in fase):

$$\tilde{r}_1 = r_1 h_{11}^* + r_2^* h_{21} = x_1 \left(|h_{11}|^2 + |h_{21}|^2 \right) + z_1 h_{11}^* + z_2^* h_{21}$$

$$\tilde{r}_2 = r_1 h_{21}^* - r_2^* h_{11} = x_2 \left(|h_{11}|^2 + |h_{21}|^2 \right) + z_1 h_{21}^* - z_2^* h_{11}$$

Guadagno di diversità

- Lo schema di Alamouti ottiene lo stesso guadagno di diversità (pendenza asintotica della curva che esprime il tasso di errore in funzione del rapporto segnale/rumore γ), ζ=2 dello schema classico con N_t=1 antenna al trasmettitore e N_r=2 antenne al ricevitore.

$$\varsigma_L = -\lim_{\gamma\to\infty} \frac{\log(P_e(E[\gamma]))}{\log(E[\gamma])}$$

- Per ottenere le stesse prestazioni dello schema classico (N_t=1, N_r=2) è necessario utilizzare una potenza doppia in trasmissione.

- In generale, se si dispone di N_t antenne al trasmettitore e N_r antenne al ricevitore (schema Multiple Input Multiple Output - MIMO - generale) il guadagno di diversità ottenibile è pari a $N_t N_r$.

Vertical Bell Labs Layered Space-Time (V-BLAST)

- Schema di multiplazione MIMO, con cancellazione dell'interferenza.
- Utilizza N_t>1 antenne al trasmettitore e $N_r \geq N_t$ antenne al ricevitore.
- È in grado di multiplare N_t flussi distinti.
- Vi è un trade-off tra diversità e multiplazione, in quanto uno schema con queste caratteristiche ha un guadagno massimo di diversità pari a $N_r \cdot N_t$.
- Se $M \leq N_t$ è il numero di flussi distinti trasmessi, il grado di diversità residuo è pari a $\zeta=(N_t-M+1)\,(N_r-M+1)$.

V-BLAST

- **a**: vettore di simboli trasmessi N_t x 1
- **H**: matrice risposta del canale N_r x N_t.
- **r=Ha+ν** : vettore simboli ricevuti (essendo **ν** il vettore di rumore)
- Sia $\mathbf{H}^{+}$ (N_t x N_r.) la pseudo-inversa di Moore-Penrose.

$$\mathbf{H}\mathbf{H}^{+}\mathbf{H} = \mathbf{H}$$

$$\mathbf{H}^{+}\mathbf{H}\mathbf{H}^{+} = \mathbf{H}^{+}$$

$$\left(\mathbf{H}\mathbf{H}^{+}\right)^{*} = \mathbf{H}\mathbf{H}^{+}$$

$$\left(\mathbf{H}^{+}\mathbf{H}\right)^{*} = \mathbf{H}^{+}\mathbf{H}$$

Algoritmo V-BLAST

- Inizializzazione

$$i = 1$$
$$\mathbf{r}_1 = \mathbf{r}$$
$$\mathbf{H}_1 = \mathbf{H}$$

$\mathbf{r}$: vettore N_t x 1

$\mathbf{H}_i$: matrice N_r x N_t

$\mathbf{G}_i$: matrice N_t x N_r

$(\mathbf{G}_i)_j$ la j-ma riga di $\mathbf{G}_i$

$\hat{a}_{k_i}$ valore deciso

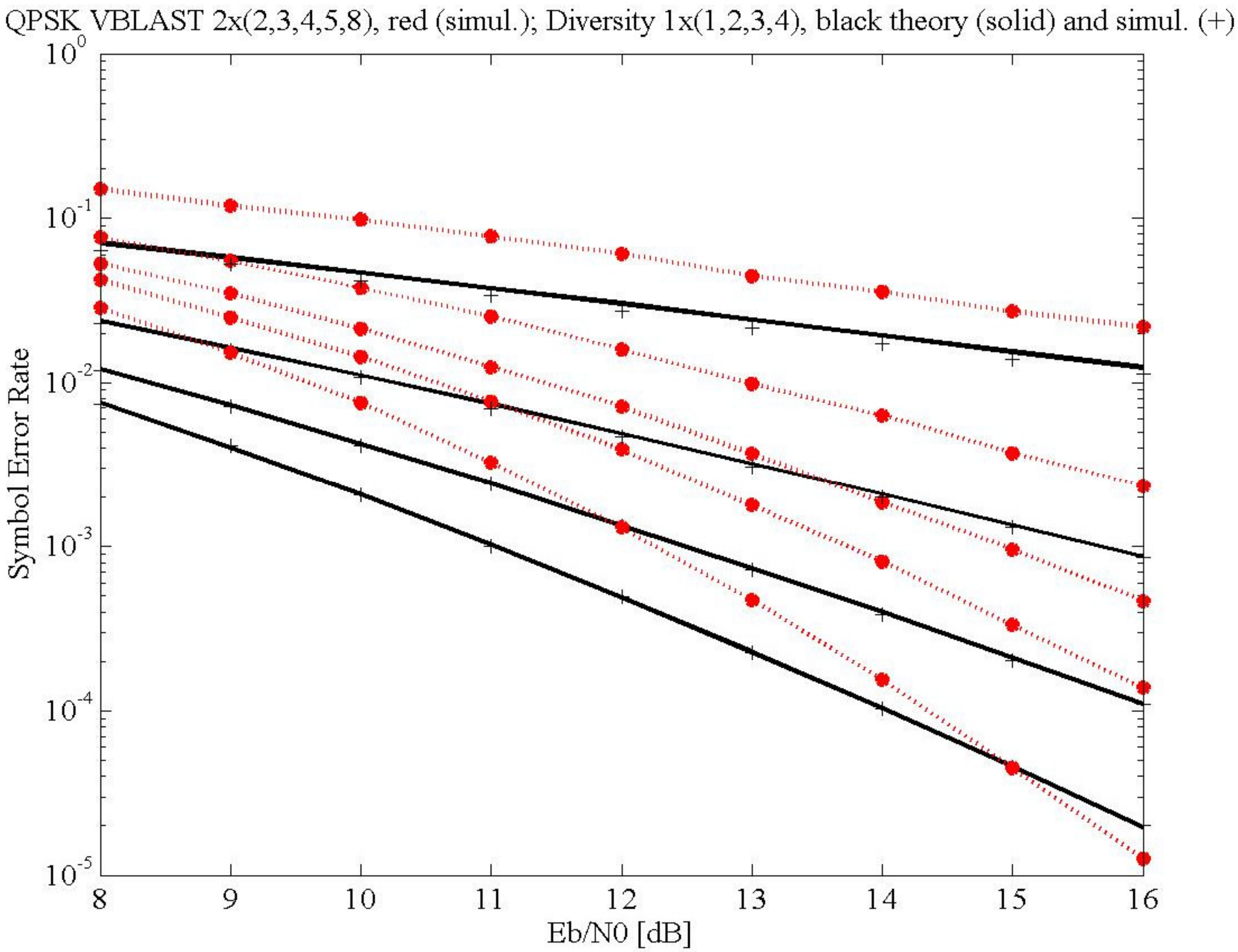
$(\mathbf{H}_i)_{k_i}$ la k_i-ma colonna di $\mathbf{H}_i$

$\left(\mathbf{H}_i\right)_{k_i}^{-}$ matrice $\mathbf{H}_i$ con la colonna k_i posta a zero (cancellazione d'interferenza)

Ricorsione

$$\mathbf{G}_i = \mathbf{H}_i^{+}$$
$$k_i = \arg\min_j \left\| (\mathbf{G}_i)_j \right\|^2$$
$$\mathbf{w}_{k_i} = (\mathbf{G}_i)_{k_i}$$
$$y_{k_i} = \mathbf{w}_{k_i} \mathbf{r}_i$$
$$\hat{a}_{k_i} = Q\left(y_{k_i}\right)$$
$$\mathbf{r}_{i+1} = \mathbf{r}_i - \hat{a}_{k_i} (\mathbf{H}_i)_{k_i}$$
$$\mathbf{H}_{i+1} = \left(\mathbf{H}_i\right)_{k_i}^{-}$$

V-BLAST: prestazioni (Rayleigh)



V-BLAST: prestazioni (Rice K=1)