

Sistemi di Telecomunicazioni

Docente: Ing. Andrea Conti
a.conti@ieee.org

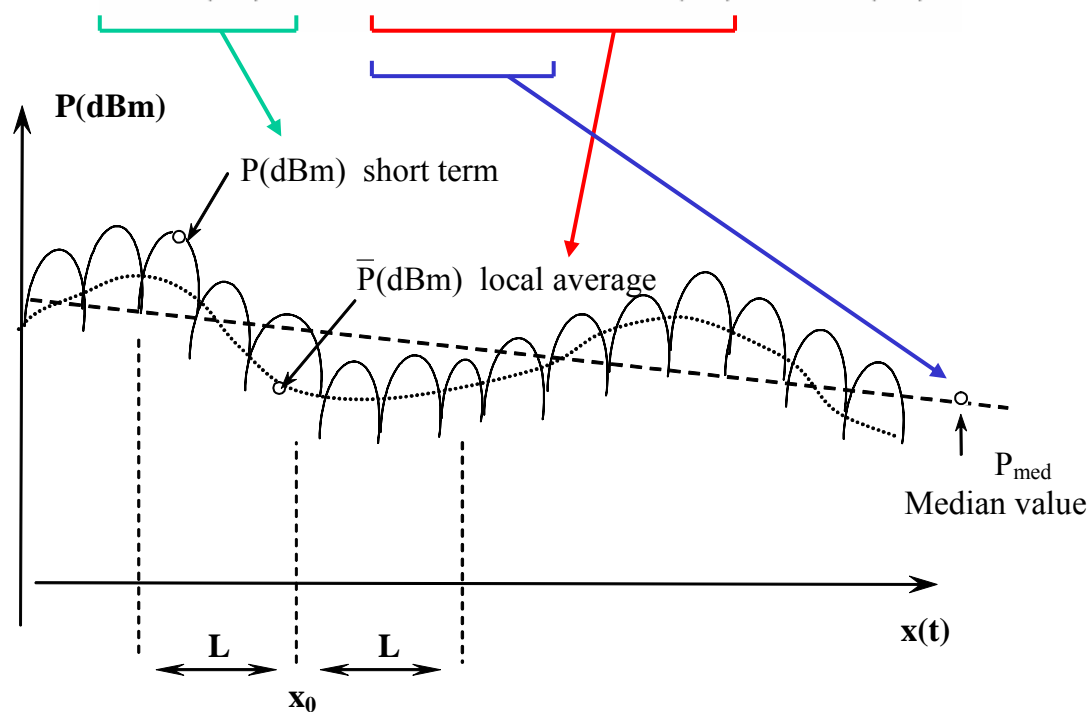
Alcuni cenni su canale radiomobile

Il canale radiomobile

Parte del materiale tratto da *Appunti di Sistemi di Telecomunicazioni – Elementi di progetto di sistemi radiomobili*, O.Andrsiano, D.Dardari, Società Editrice Esculapio

- Cammini multipli → fading rapido
- Adombramenti → shadowing
- Attenuazione deterministica → path-loss

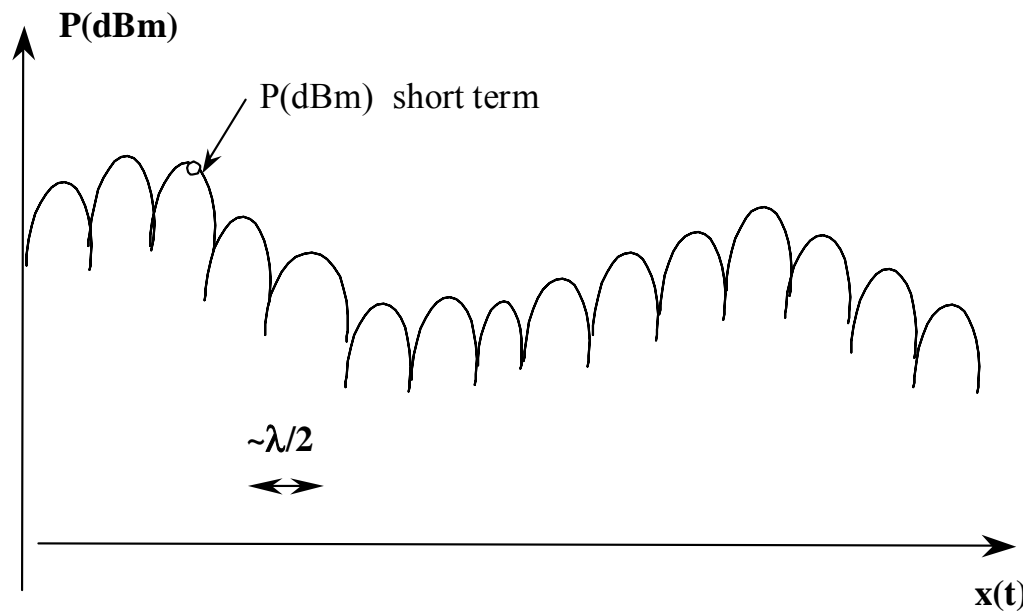
$$P_R(x) = P_{Rmed} \cdot m^2(x) \cdot r^2(x)$$



Potenza rx media a breve termine

(media valutata su un periodo della portante)

- variazioni nell'ordine della lunghezza d'onda
- deviazioni di frequenza per effetto Doppler → dispersione in frequenza → variazione nel tempo del MP
- echi → dispersione temporale → variazione in freq MP



$\lambda \cong 33\text{cm. @ } 900\text{MHz}$
 $\lambda \cong 15\text{cm. @ } 2\text{GHz}$

Potenza rx media a breve termine

- echi → dispersione temporale → variazione in freq MP

Max delay spread τ_{\max} RMS delay spread σ_{τ}

Banda di coerenza (B_c) banda su cui la correlazione di due campioni in frequenza della risposta del canale, presi allo stesso istante, cala sotto un certo valore (es. 0.5)

$$B_c \simeq \frac{1}{5\sigma_{\tau}} \text{ oppure } \frac{1}{\tau_{\max}}$$

Typical case for urban area (TUx): (12 tap setting)

Tap number	Relative time (μ s)		Average relative power (dB)		doppler spectrum
	(1)	(2)	(1)	(2)	
1	0,0	0,0	-4,0	-4,0	CLASS
2	0,1	0,2	-3,0	-3,0	CLASS
3	0,3	0,4	0,0	0,0	CLASS
4	0,5	0,6	-2,6	-2,0	CLASS
5	0,8	0,8	-3,0	-3,0	CLASS
6	1,1	1,2	-5,0	-5,0	CLASS
7	1,3	1,4	-7,0	-7,0	CLASS
8	1,7	1,8	-5,0	-5,0	CLASS
9	2,3	2,4	-6,5	-6,0	CLASS
10	3,1	3,0	-8,6	-9,0	CLASS
11	3,2	3,2	-11,0	-11,0	CLASS
12	5,0	5,0	-10,0	-10,0	CLASS

The reduced TUx setting (6 taps) is:

Tap number	Relative time (μ s)		Average relative power (dB)		doppler spectrum
	(1)	(2)	(1)	(2)	
1	0,0	0,0	-3,0	-3,0	CLASS
2	0,2	0,2	0,0	0,0	CLASS
3	0,5	0,6	-2,0	-2,0	CLASS
4	1,6	1,6	-6,0	-6,0	CLASS
5	2,3	2,4	-8,0	-8,0	CLASS
6	5,0	5,0	-10,0	-10,0	CLASS

Paths profile for GSM
ETSI reccom. 05.05

Potenza rx media a breve termine

- deviazioni di frequenza per effetto Doppler →
dispersione in frequenza → variazione nel tempo del MP

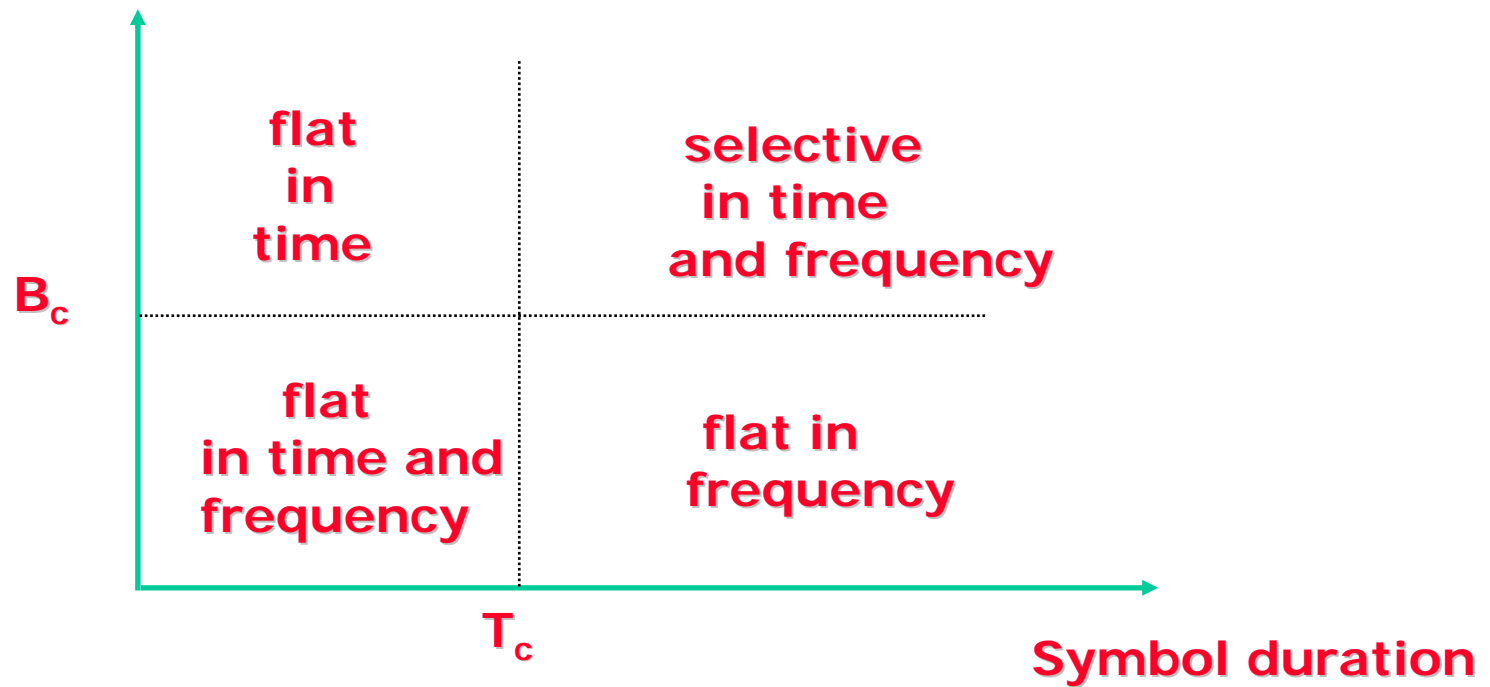
Max Doppler spread $f_{dmax} = \frac{v}{\lambda}$

Tempo di coerenza (T_c) intervallo di tempo su cui la correlazione di due campioni nel tempo della risposta del canale, presi alla stessa frequenza, cala sotto un certo valore (es. 0.5)

$$T_c \simeq \frac{9}{16\pi f_{dmax}} \text{ oppure } \frac{1}{f_{dmax}}$$

Cammini multipli e mobilità

Signal Bandwidth

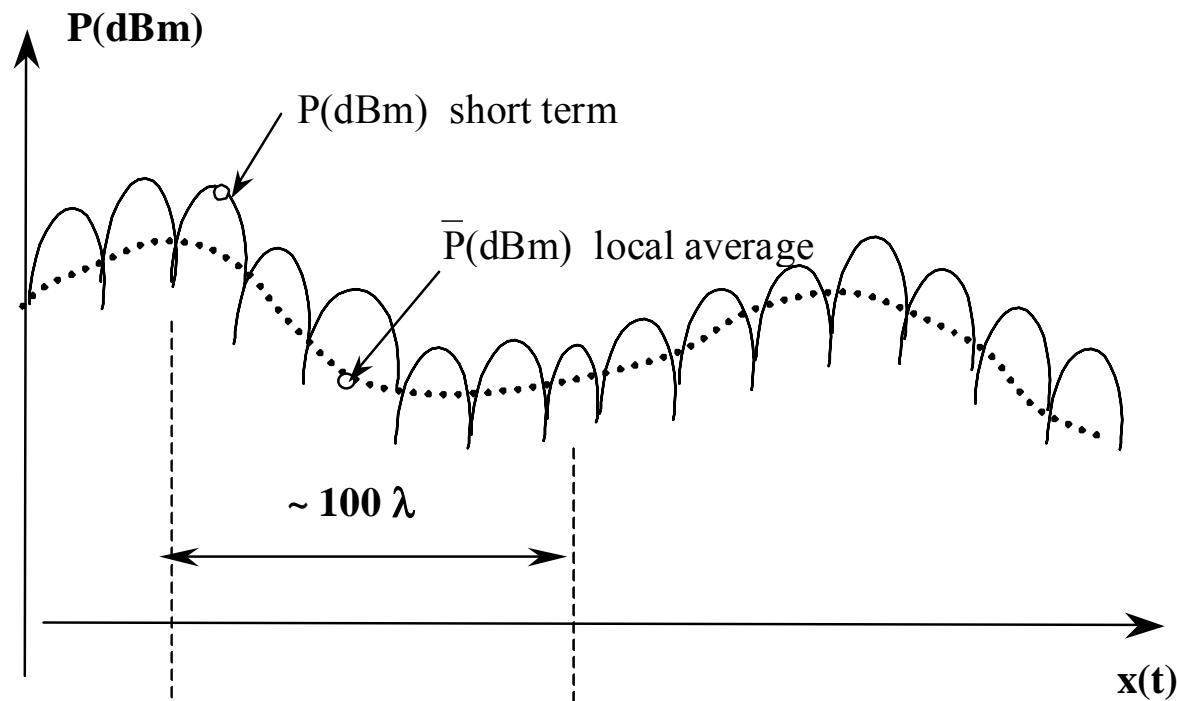


Potenza rx media a lungo termine (media locale)

(media valutata su un intervallo spaziale $[x_0-L, x_0+L]$
con $L=20\lambda - 40\lambda$)

$$\bar{P}_R(x_0) = \langle P_R(x) \rangle_{[x_0-L, x_0+L]}$$

- gli effetti del fading rapido sono mediati e rimangono le variazioni dovute allo shadowing



Potenza rx media a lungo termine (media locale)

- gli effetti del fading rapido sono mediati e rimangono le variazioni dovute allo shadowing

$$P_R(x) = \bar{P}_R(x_0) \cdot r^2(x)$$

Fasi distribuite **uniformemente** $U[-\pi, \pi]$, ampiezze secondo:

Rayleigh

Rice

$$f_R(r) = \begin{cases} \frac{r}{\sigma^2} \exp\left\{-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right\} & r \geq 0, \\ 0 & r < 0. \end{cases} \quad f_R(r) = \begin{cases} \frac{r}{\sigma^2} \exp\left\{-\frac{r^2+A^2}{2\sigma^2}\right\} I_0\left(\frac{Ar}{\sigma^2}\right) & r \geq 0, \\ 0 & r < 0. \end{cases}$$

$$\text{Fattore di Rice } K = \frac{A^2}{2\sigma^2}$$

P.d.f. of the SNR, γ , for some common fading channels

<i>Fading type</i>	$\mathbf{f}_{\gamma}(\gamma)$ (0 for $\gamma < 0$)	
Rayleigh	$\frac{1}{\bar{\gamma}} \exp\left(-\frac{\gamma}{\bar{\gamma}}\right)$	
Rice	$\frac{(1+K)e^{-K}}{\bar{\gamma}} \exp\left(-\frac{(1+K)\gamma}{\bar{\gamma}}\right)$	$0 \leq K$
Nakagami-m	$\frac{m^m \gamma^{m-1}}{\bar{\gamma}^m \Gamma(m)} \exp\left(-\frac{m\gamma}{\bar{\gamma}}\right)$	$\frac{1}{2} \leq m$

Prestazione media (rispetto fading rapido)

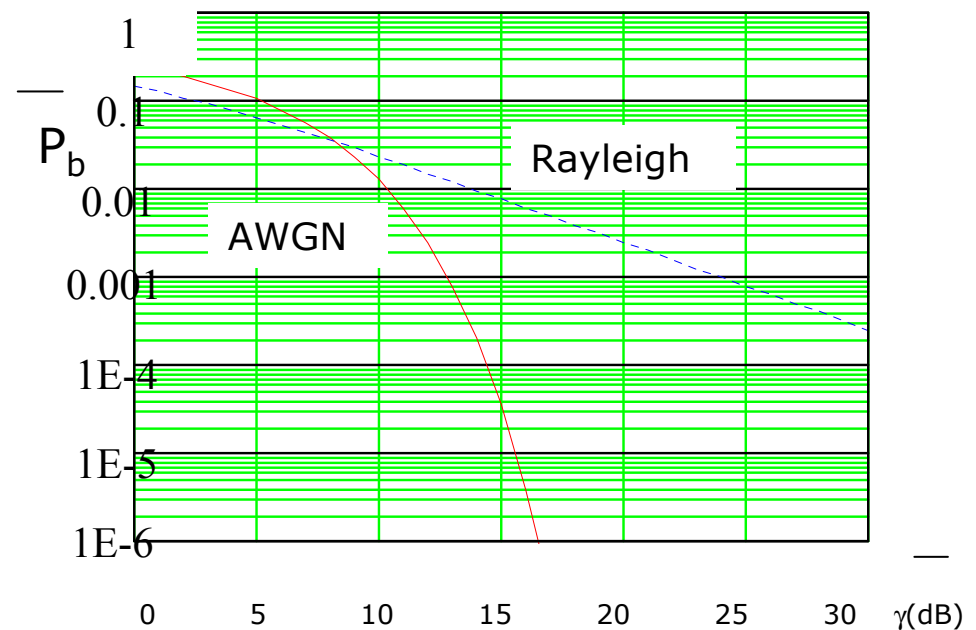
In molte applicazioni (es. voce) la QoS percepita all'utente è il tasso di errore medio su un intervallo di qualche secondo → interessa progettare il sistema sulla base della BEP media rispetto il fading rapido.

$$\bar{P}_b(\bar{\gamma}) = \mathbb{E} \{P_b\} = \int_0^{+\infty} f_\gamma(\xi) P_b(\xi) d\xi$$

Es. BPSK coerente

$$P_b(\gamma) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\gamma}$$

$$\bar{P}_b(\bar{\gamma}) = \frac{1}{2} \left(1 - \sqrt{\frac{\bar{\gamma}}{1+\bar{\gamma}}} \right)$$



QoS-based outage

Fuori servizio definito sulla BEP media

$$P_o = \mathbb{P} \{ \overline{P}_b \geq \overline{P}_{bx} \} = \int_0^{\overline{\gamma}_x} f_\gamma(\xi) d\xi$$

Es. Rayleigh fading

$$P_o(\overline{\gamma}) = 1 - \exp\{-\overline{\gamma}_x/\overline{\gamma}\}$$

Potenza rx mediana

$$\mathbb{P} \{ \bar{P}_R(x) < P_{Rmed} \}_{L \simeq 1000\lambda} = 50\%$$

- gli effetti del fading rapido e dello shadowing sono mediati e risulta un valore deterministico funzione della distanza di collegamento \rightarrow path-loss $\rightarrow A_I$

$$\bar{P}_R(x) = P_{Rmed} \cdot m^2(x)$$

C_r



Shadowing

- il termine di shadowing è statisticamente descritto da una pdf log-normale, ovvero $m^2(x)$ in dB è Gaussiana a valore medio 0 e varianza σ_{dB}^2 (non varianza in dB!)