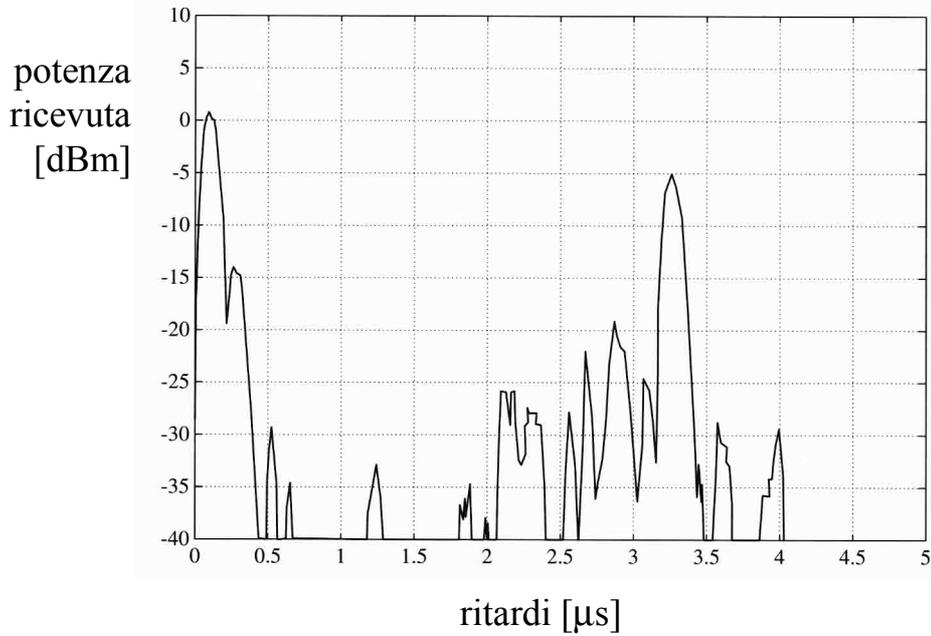
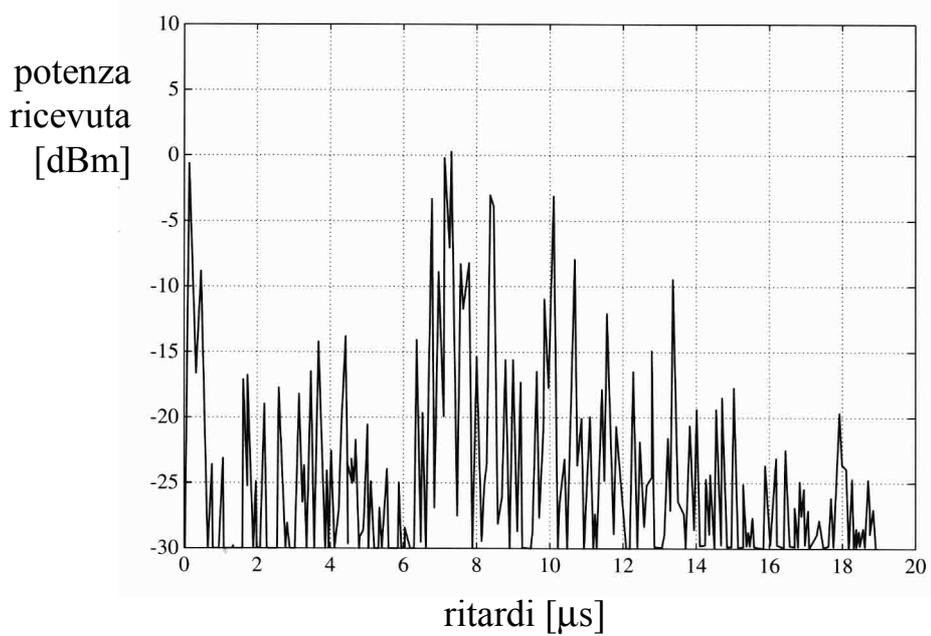


Il canale radiomobile

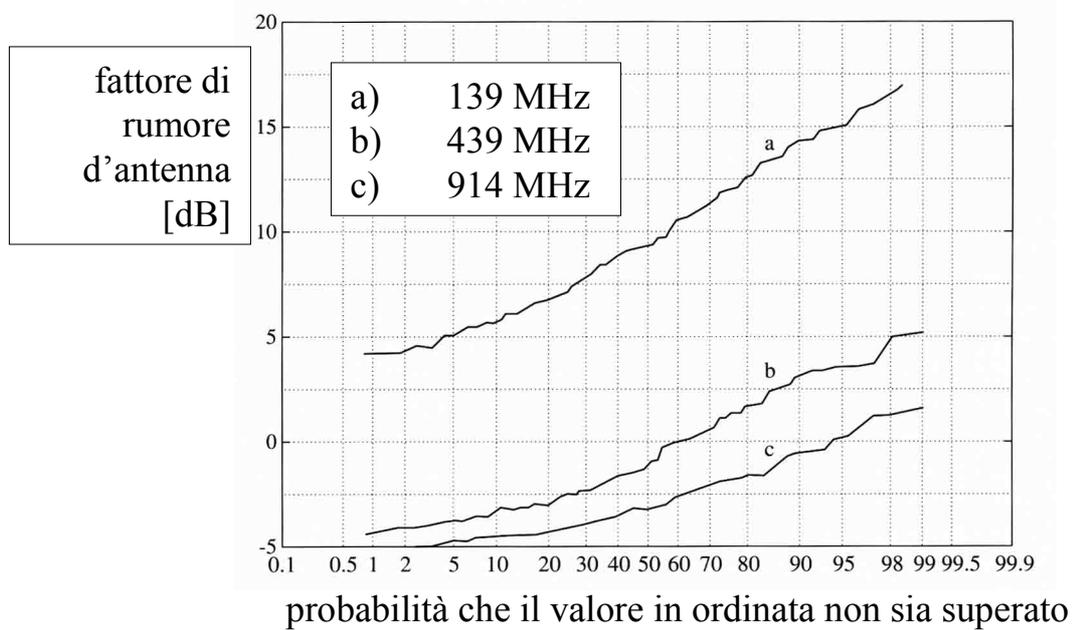
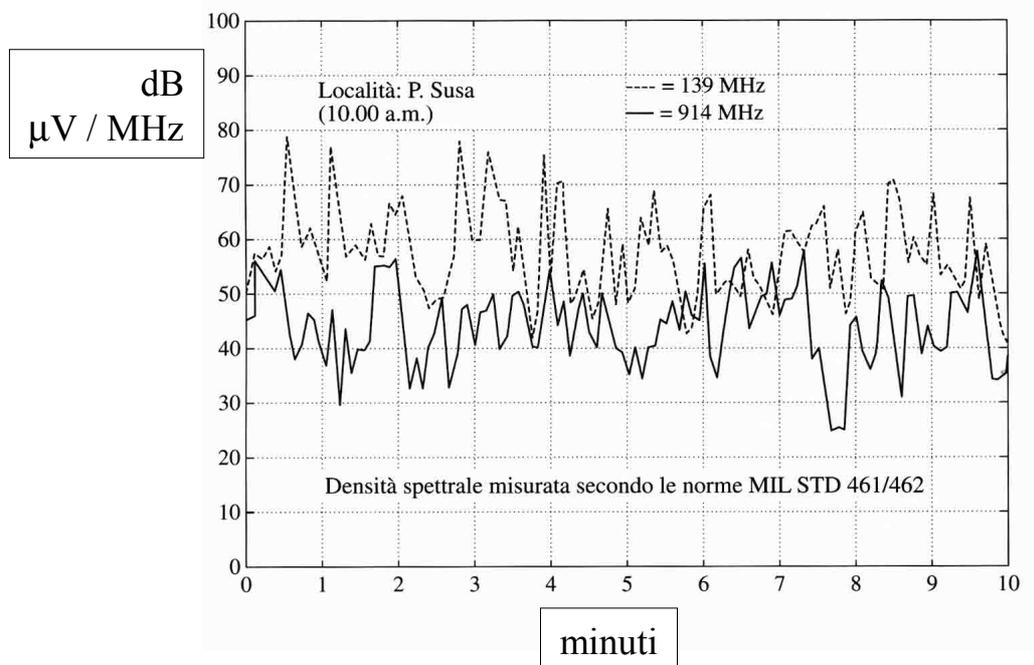
esempio di risposta all'impulso in area urbana



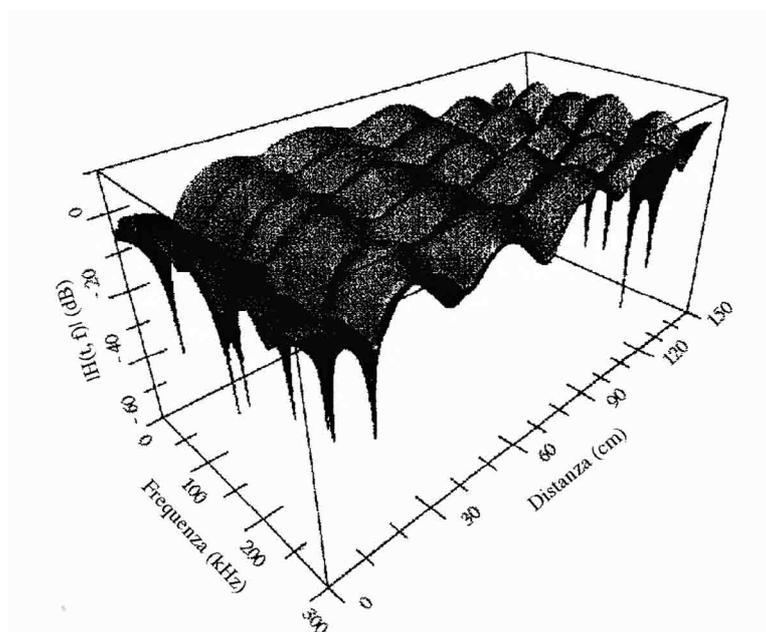
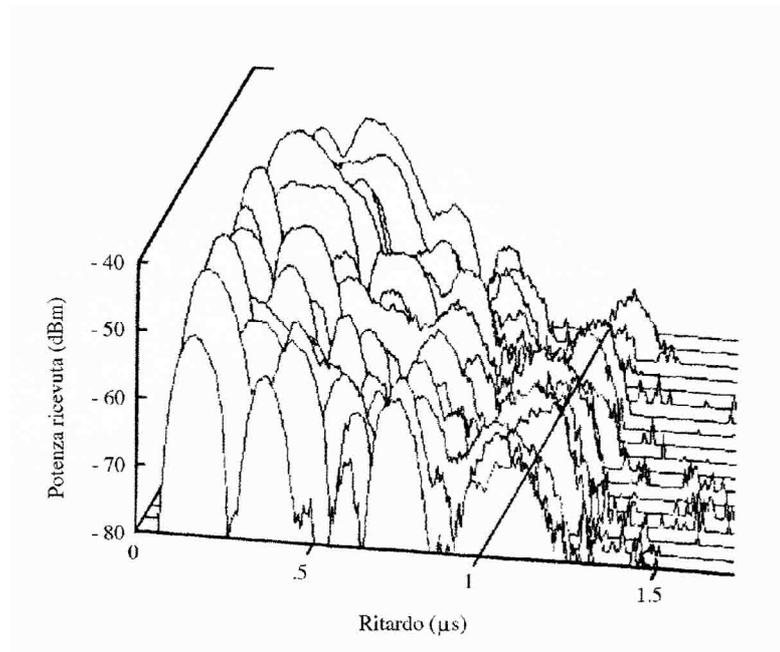
esempio di risposta all'impulso in zona montagnosa



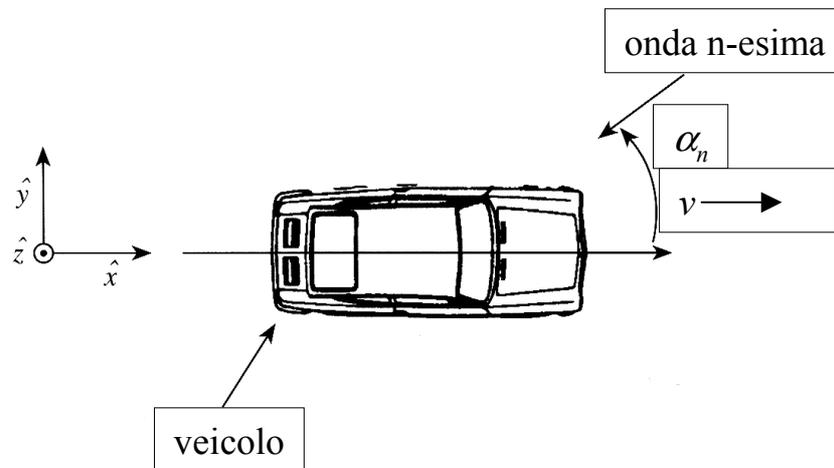
rumore in ambiente urbano



sequenza di risposte all'impulso misurate in
area urbana (separazione) tra i profili 5 cm

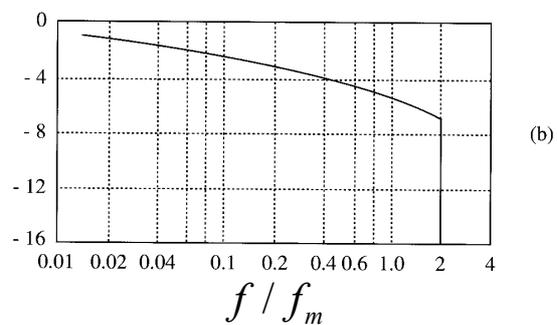
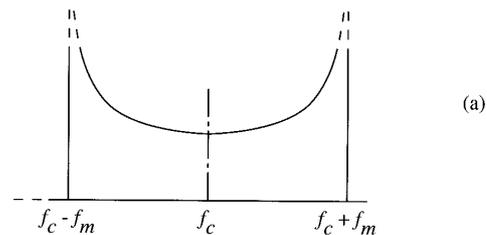


simulazione tridimensionale del modulo della
funzione di trasferimento di un canale tipo GSM
su terreno collinare



- v : velocità del mezzo mobile,
- α_n : angolo di arrivo della n-esima componente
- f_d : spostamento in frequenza dovuto all'effetto Doppler

$$f_d = f_c \frac{v}{c} \cos \alpha_n$$



Esempio qualitativo di spettro Doppler: a) densità spettrale di potenza della componente di campo elettrico; b) densità spettrale di potenza dell'involuppo del segnale (banda base).

Contromisure:

- ricezione in diversità di spazio nella stazione radiobase
- ricezione in diversità di spazio nella stazione radiomobile (inattuabile nelle stazioni portatili)
- codifica convoluzionale
- interleaving
- frequency hopping

Sicurezza:

cifratura

Modellazione del canale di propagazione

si assume che la potenza media ricevuta segua una legge di proporzionalità inversa con una potenza della distanza

$$P_r = A / d^r \quad (3 < r < 4.5)$$

si assume intorno a questa media le variazioni abbiano una distribuzione di probabilità log-normale, con deviazione standard dipendente dalle caratteristiche dall'ambiente circostante;
si assume inoltre che il segnale sia soggetto ad evanescenze, con distribuzione di probabilità di Rayleigh, dovute a riflessioni e diffrazioni multiple nelle vicinanze della ricevente

Modello empirico per aree urbane e sotto-urbane (Hata)

basato sulle misure fatte da Okumura

$$L_p = 69.55 + 26.16 \text{Log } f_c - 13.82 \text{Log } h_e - a(h_m) \\ + (44.9 - 6.55 \text{Log } h_e) \text{Log } d$$

$$a(h_m) = (1.1 \text{Log } f_c - 0.7) h_m - (1.56 \text{Log } f_c - 0.8)$$

L_p	attenuazione totale tra antenne [dB]	
f_c	frequenza della portante [MHz]	(150 ÷ 1500 MHz)
h_e	altezza efficace dell'antenna radiobase [m]	(30 ÷ 200 m)
h_m	altezza dell'antenna mobile [m]	(1 ÷ 10 m)
d	distanza tra stazione radiobase e mobile [km]	(1 ÷ 20 km)

$$h_e = \begin{cases} h_b + h_{ob} - h_{om} & h_{ob} > h_{om} \\ h_b & h_{ob} \leq h_{om} \end{cases}$$

h_b altezza dell'antenna radiobase sul livello del suolo

h_{ob} altezza del suolo sul livello del mare alla stazione radiobase

h_{om} altezza del suolo sul livello del mare alla stazione mobile

Modello empirico per aree urbane e sotto-urbane

(Cost 231 Hata)

$$L_p = 46.3 + 33.9 \text{Log } f_c - 13.82 \text{Log } h_e - a(h_m) \\ + (44.9 - 6.55 \text{Log } h_e) \text{Log } d + C_m$$

$$a(h_m) = (1.1 \text{Log } f_c - 0.7) h_m - (1.56 \text{Log } f_c - 0.8)$$

$$C_m = \begin{cases} 0 & \text{per città di media dimensione e aree suburbane} \\ 3 & \text{per aree metropolitane} \end{cases}$$

L_p attenuazione totale tra antenne [dB]

f_c frequenza della portante [MHz] (1500 ÷ 2000 MHz)

h_e altezza efficace dell'antenna radiobase [m] (30 ÷ 200 m)

h_m altezza dell'antenna mobile [m] (1 ÷ 10 m)

d distanza tra stazione radiobase e mobile [km] (1 ÷ 20 km)

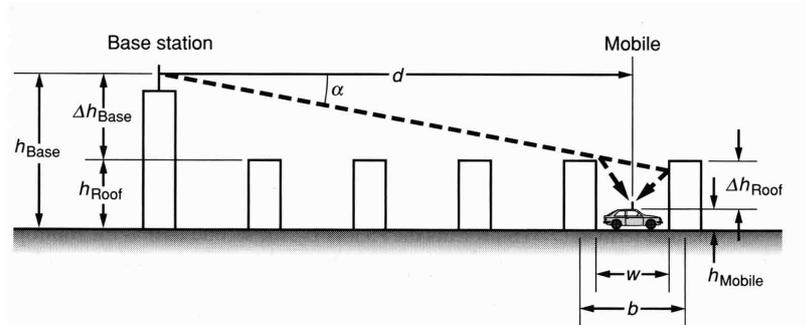
$$h_e = \begin{cases} h_b + h_{ob} - h_{om} & h_{ob} > h_{om} \\ h_b & h_{ob} \leq h_{om} \end{cases}$$

h_b altezza dell'antenna radio-base sul livello del suolo

h_{ob} altezza del suolo sul livello del mare alla stazione radiobase

h_{om} altezza del suolo sul livello del mare alla stazione mobile

Modello empirico per aree urbane e sotto-urbane (Cost 231 Walfish-Ikegami)



$$L_p = \begin{cases} 42.6 + 26 \text{Log } d + 20 \text{Log } f_c & \text{(per stazioni in visibilità)} \\ L_0 + L_{rts} + L_{msd} & \text{(per stazioni non in visibilità)} \end{cases}$$

$$L_0 = 32.4 + 20 \text{Log } d + 20 \text{Log } f_c$$

$$L_{rts} = \text{Max}(0, -16.9 - 10 \text{Log } w + 10 \text{Log } f + 20 \text{Log } (h_r - h_m) + A_{ori})$$

$$L_{msd} = \text{Max}(0, L_{bsh} + k_a + k_d \text{Log } d + k_f \text{Log } f_c - 9 \text{Log } b)$$

L_p attenuazione totale tra antenne [dB]

L_0 attenuazione in spazio libero [dB]

L_{rts} attenuazione per diffusione e diffrazione dal tetto al suolo

L_{msd} attenuazione per schermature multiple [dB]

f_c frequenza della portante [MHz] (800 ÷ 2000 MHz)

h_b altezza dell'antenna radiobase [m] (4 ÷ 50 m)

h_m altezza dell'antenna mobile [m] (1 ÷ 3 m)

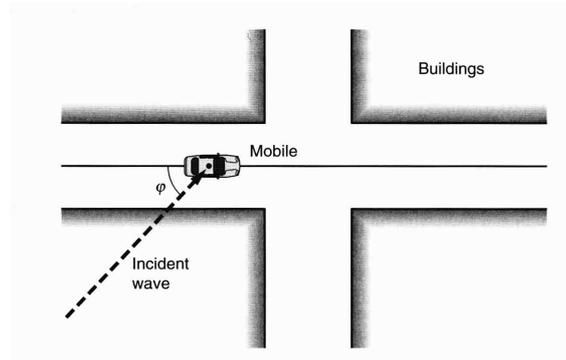
h_r altezza media del culmine dei tetti [m]

d distanza tra stazione radiobase e mobile [km] (0.02 ÷ 5 km)

w larghezza media delle strade [m]

b distanza media tra gli edifici [m] (20 ÷ 50 m)

φ orientamento delle strade rispetto alla congiungente [gradi]



$$A_{ori} = \begin{cases} -10 + 0.35 \varphi & 0 \leq \varphi < 35^\circ \\ 2.5 + 0.075(\varphi - 35^\circ) & 35^\circ \leq \varphi < 55^\circ \\ 4.0 - 0.114(\varphi - 55^\circ) & 55^\circ \leq \varphi < 90^\circ \end{cases}$$

$$A_{bsh} = \begin{cases} -18 \text{Log}(1 + h_b - h_r) & h_b > h_r \\ 0 & h_b \leq h_r \end{cases}$$

$$k_a = \begin{cases} 54 & h_b > h_r \\ 54 - 0.8(h_b - h_r) & d \geq 0.5 \text{ km} \quad e \quad h_b \leq h_r \\ 54 - 0.8(h_b - h_r) \frac{d}{0.5} & d < 0.5 \text{ km} \quad e \quad h_b \leq h_r \end{cases}$$

$$k_d = \begin{cases} 18 & h_b > h_r \\ 18 - 15(h_b - h_r) / h_r & h_b \leq h_r \end{cases}$$

$$k_f = \begin{cases} -4 + 0.7(f_c / 925 - 1) & \text{città medie e aree suburbane} \\ -4 + 1.5(f_c / 925 - 1) & \text{aree metropolitane} \end{cases}$$