

MODELLO DI OKUMURA - HATA MODIFICATO

Macrocelle : raggio > 1 km
 altezza BS > 30 m

ATTENUAZIONE VALIDA PER AMBIENTI URBANI :

$$A_u = P_T - P_R = - K_1 - K_2 \log d_m - K_3 \log h_{\text{ebs}} - K_4 \log h_{\text{ebs}} \log d_m - K_6 (h_m)$$

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₆
f = 900 MHz , h _m = 1.5 m	- 12.1	- 44.9	- 5.83	+ 6.55	+ 0.2

ATTENUAZIONE COMPLESSIVA :

$$A_{\text{TOT}} = A_u - K_{\text{CLU}} - K_5 A_{\text{obs}}$$

K_{CLU} → guadagno di clutter : dipende fortemente dalla densità di edificato α .

A parità di α l'attenuazione che ci si deve aspettare in una città europea è minore di quella prevista dalle misure di Kozono - Watanabe in città giapponesi .

Kozono - Watanabe (CCIR) → zero scala per α = 16%

Hata (Tokyo) → zero scala per α = 30% (a -6 dB di K-W)

A_{obs} → attenuazione per diffrazione :

K₅ < 1 perché i metodi visti tendono a sovrastimare l'attenuazione .

K _{CLU} HATA (Tokyo)			K _{CLU} CSELT (Torino)	
450 MHz	900 MHz	1800 MHz	900 MHz	ambiente
26 dB	28.5 dB	31.9 dB	28.5	open
21 dB	23.5 dB	26.9 dB	23.5	rural
8.3 dB	10 dB	11.9 dB	14.8	suburban
0	0	0	9	urban

α %	K _{clu} ^{CSELT} - K _{clu} ^{CCIR}
15 %	5 dB
20 %	6 dB
30 %	7 dB
40 %	8 dB
50 %	8.5 dB
70 %	10 dB

FORMULA SEMPLIFICATA :

$$\boxed{P_R = P_T - K \log d_{Km} + A_{suppl}}$$

⇒ A_{suppl} deve essere negativo !

- **PATH LOSS** = $\boxed{PL = P_T - P_R}$ (- perdite / - margini / + guadagni)

DOWNLINK → $PL = P_S - S_M$

UPLINK → $PL = P_M - S_S$

- **RAGGIO DI CELLA** $\boxed{\log d_{Km}} = \frac{PL + A_{suppl}}{K}$

- **AREA DI CELLA (supposta circolare)** $S = \pi d^2$

Bisogna sempre considerare il più restrittivo dei due collegamenti : in genere è l'uplink il più critico , per la ridotta potenza di uscita del mobile .

MARGINE DI FADING :

La formula di Okumura - Hata è una formula statistica , che fornisce il valore mediano delle fluttuazioni lente del campo elettromagnetico che viene superato per il 50 % dei casi . Questa percentuale però non è sufficiente al dimensionamento del collegamento , e quindi dovrà essere portata a valori > 90 % .

Questo viene fatto introducendo un margine M , che sposta l'intera d.d.p. traslando il suo valor medio verso destra , cioè spostando la soglia a sinistra verso il 90 % o più .

LINK BUDGET :

- Potenza SRB	(P_S)	+
- Potenza del mobile	(P_M)	+
- Sensibilità della SRB	(S_S)	-
- Sensibilità del mobile	(S_M)	-
- Guadagno dell' antenna della BS	(G_{BS})	+
- Guadagno dell' antenna della MS	(G_{RX})	+
- Perdite dei sistemi di trasmissione	(FL , DL)	-
- Perdite dell' antenna della MS	(Rx FL)	-
- Margine di fading	(M_F)	-
- Human Body Loss	(H_{BL})	-
- Building Loss	(M_{BL})	-

TRAFFICO :

Grade of Service $\boxed{GOS (A)} = E_{1,N} (A) = \frac{A^N}{N!} \sum_{k=0}^N \frac{A^k}{k!}$ (Erlangiana)

N → numero di canali

METODI DI PREVISIONE PER SISTEMI MINICELLULARI

MODELLO DI WALFISH - IKEGAMI

Minicelle : raggio 0.2 Km ÷ 3 Km
 altezza BS al di sopra dell' altezza media dei palazzi (4 - 50 m)
 altezza MS 1 - 3 m
 f 80 - 2000 MHz

Rispetto al modello di Okumura - Hata consente una caratterizzazione più accurata dell' edificato .

1) PROPAGAZIONE SENZA LINEA DI VISTA (N-LOS) :

$$\boxed{PL = L_0 + L_{rts} + L_{msd}} \quad \text{per } L_{rts} + L_{msd} > 0$$

$$\boxed{PL = L_0} \quad \text{per } L_{rts} + L_{msd} \leq 0$$

PERDITA DI SPAZIO LIBERO :

$$\boxed{L_0} = 32.4 + 20 \log d_{\text{Km}} + 20 \log f_{\text{MHz}}$$

ATTENUAZIONE DA DIFFRAZIONE NEL PERCORSO MOBILE - TETTO DELL' EDIFICIO PIÙ VICINO ALLA MS :

$$\boxed{L_{rts}} = -16.9 - 10 \log w + 10 \log f + 20 \log (h_{\text{roof}} - h_r) + L_{\text{street}}$$

w → larghezza della strada

α → orientazione della strada rispetto al percorso radio

$$L_{\text{street}} = -10 + 0.354 \alpha \quad \text{per } 0^\circ < \alpha < 35^\circ$$

$$L_{\text{street}} = 2.5 + 0.075 (\alpha - 35) \quad \text{per } 35^\circ < \alpha < 55^\circ$$

$$L_{\text{street}} = 4 + 0.114 (\alpha - 55) \quad \text{per } 55^\circ < \alpha < 90^\circ$$

ATTENUAZIONE DA DIFFRAZIONE NEL PERCORSO AL DI SOPRA DEI TETTI :

$$\boxed{L_{msd}} = L_{\text{bsh}} + k_a + k_d \log d + k_f \log f - 9 \log b$$

b → distanza di separazione media tra gli edifici

2) PROPAGAZIONE IN VISIBILITA' (LOS) :

$$\boxed{PL = 42.6 + 26 \log d_{\text{Km}} + 20 \log f_{\text{MHz}}}$$

METODI DI PREVISIONE PER SISTEMI MICROCELLULARI

MODELLO DUAL SLOPE (doppia pendenza)

Microcelle : raggio 0.1 Km ÷ 1 Km
altezza BS minore dell' altezza media dei palazzi (livello lampioni)

1) PROPAGAZIONE LOS :

La curva di PATH LOSS lungo un percorso LOS è caratterizzata da due pendenze e da un breakpoint corrispondente al punto di Fresnel , il cui valore è : $b = (4 h_b h_m) / \lambda$.

$$PL = PL (d_0) + 10 n \log (d / d_0)$$

- per $d < b$ (distanza di break ≈ 150 m) l' attenuazione segue un andamento simile a quello di spazio libero ($n \approx 2$) .
- per $d > b$ le attenuazioni crescono molto più velocemente con la distanza ($n \approx 6$) , dato che diventa predominante il contributo dei cammini multipli .

2) PROPAGAZIONE N-LOS : il mobile si trova dietro l' angolo di un edificio .

Il modello di propagazione presume in questo caso che il mobile venga illuminato da una sorgente fittizia in prossimità dell' angolo dell' edificio , con una potenza data da quella ricevuta dalla BS sull' angolo .

APPROCCIO DETERMINISTICO RAY - TRACING :

L' attenuazione viene calcolata sommando i contributi originati dalla propagazione attraverso i differenti percorsi che dalla BS giungono al mobile , valutati tracciando le traiettorie dei percorsi stessi .

2-D ray tracing : nel caso in cui le antenne delle BS siano al di sotto degli edifici .

3-D ray tracing : nel caso in cui le antenne delle BS siano al di sopra degli edifici .