Petits apunts de Radiocom

Lluís Batlle i Rossell *

13 de maig de 2004
Última actualització: 8 de juny de 2004

1 Propagació

Propagació a l'espai lliure:

$$P_R = \frac{P_T G_T G_R}{L_p}$$

Atenuació per propagació a l'espai lliure:

$$L_p = \left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2$$

Model de terra plana:

$$P_R = P_T G_T G_R \left(\frac{h_1 h_2}{d^2}\right)^2$$

L'atenuació és proporcional a d^4 i no depen de f. Coeficients d'atenuació de d: $\alpha = 2$ per espai lliure, i $\alpha = 4$ per terra plana.

Esvaiments per *log-normal* (Potències en dB). La *desviació típica del shadowing* σ també en dB:

$$Prob(P > P_{ll}) = \frac{1}{2}\left(1 - erf\left(\frac{P_{ll} - \overline{P}}{\sqrt{2}\sigma}\right)\right)$$

Desviació típica del retard del *Power Delay Profile*, *Delay Spread* D_s. És la mitjana de temps que es retarda la potència (*sick*). Serveix per calcular l'*ample de banda de coherència*, que és l'ample de banda sense distorsió per esvaïments selectius en freqüència:

$$B_c \backsimeq \frac{1}{2\pi D_s}$$

Desplaçament de freqüència per *Dopler*:

$$f_m = \frac{v}{\lambda}$$

Quan fem entrellaçats (de M per N), que provoquen un retard mínim de $2MN$, hem d'intentar que el *temps de coherència* (temps perquè el canal canvii substancialment) no superi N.

$$\tau_c \backsimeq \frac{1}{4.13 f_m}$$

2 Tècniques d'enginyeria de ràdio

Probabilitat d'error de bit *mitjes* ($\overline{P_b}$) per relacions senyal-(soroll+interferent) $\gamma_0 >> 1$:

- BPSK: $P_b = \frac{1}{4\gamma_0}$
- QPSK: $P_b = \frac{1}{2\gamma_0}$

*e-mail: *vindicator@jazzfiesta.com*

- QPSK utilitzant MRC amb $M = 2$: $P_b = \frac{3}{4\gamma_0^2}$
- QPSK utilitzant sel·lecció: $P_b = \frac{3}{2\gamma_0^2}$

L'ordre M té a veure amb un γ_0^2 a la probabilitat d'error de bit.

La relació senyal-(soroll+interferent) γ_0 és:

$$\gamma_0 = \frac{1}{\frac{1}{\mathrm{SNR}} + \frac{1}{\mathrm{CIR}}}$$

La potència del soroll al receptor és (donat el *factor de soroll*):

$$P_N = FKT_0B$$

En FDMA, quan tenim una B_T amb M canals i cadascun amb la mateixa B_c, hi ha separació entre ells de B_g: $B_T = M(B_c) + (M-1)(B_g)$.

Per duplexar canals (ascendent i descendent), tenim FDD i TDD.

3 Sistemes cel·lulars FDMA/TDMA

En un cluster (que conté les cèl·lules de diferents freqüències) s'utilitzen tots els radiocanals. Usuaris de diferents clusters fan servir els mateixos radiocanals. El factor de reutilització K mesura quantes cèl·lules hi ha per cluster.

Per trobar la relació senyal-interferència *CIR* fem servir la distància de reús D (entre antenes d'igual freqüència), i el radi de la cèl·lula R. Per a n interferents

$$CIR = \frac{P_u}{P_I} = \frac{P_u}{nP_{I_1}} = \frac{1}{n}\left(\frac{D}{R} - 1\right)^\alpha$$

El factor de reutilització K ha de complir, essent tots els valors enters:

$$K = u_1^2 + v_1^2 + u_1 v_1$$

Per antenes que tenen interferències en n direccions d'un hexàgon, tenim la relació:

$$\frac{D}{R} = \sqrt{3K}$$

que ens permet trobar les següents relacions entre K i la CIR:

$$CIR = \frac{1}{n}\left(\frac{D}{R} - 1\right)^\alpha = \frac{1}{n}\left(\sqrt{3K} - 1\right)^\alpha$$

$$K = \frac{1}{3}\left(1 + nCIR)^{\frac{1}{\alpha}}\right)^2$$

El número de canals (recursos) per cèl·lula o sector ens permet calcular el màxim tràfic per sector (Erlangs).

4 Handover

Per millorar el càlcul de la SNR rebuda, es promitja. I a més, hi ha un cicle de histèresi.

Relació entre trucades de handover entrants i trucades normals entrants:

$$\frac{\lambda_h}{\lambda} = \frac{(1 - P_{ba})P_h}{1 - (1 - P_{bh})P_h}$$

Variable aleatòria exponencial:

$$f_x(x) = \frac{1}{\overline{x}} e^{x/\overline{x}}$$

La probabilitat de handover per velocitat constant és (on t_{mc} és el temps a la cèl·lula):

$$P_h = \int_{t_{mc}}^{\infty} \frac{1}{T_m} e^{-\frac{t}{T_m}}$$

Promitjant el Rayleigh en T_1 i el Lognormal en $T_2 = NT_1$ obtenim que:

$$\sigma_T^2 = \frac{1}{N}\sigma_{T_1}^2 + \sigma_{T_2}^2$$

on $\sigma_{T_1}^2 < 5.53dB$

5 GSM

S'han de sincronitzar amb l'antena perquè la base rebi les de tots els terminals amb TDMA, estant els terminals a diferents distàncies. Els terminals es configuren, al fer una trucada, per corregir els desplaçaments de temps deguts a la distància.

S'utilitza GMSK, que és una MSK suavitzada per gastar menys ample de banda. Hi ha abans un codificador diferencial, per garantir la possibilitat de detecció no-coherent.

- Enllaç ascendent: 890 a 915 MHz
- Enllaç descendent a +45MHz
- Ample de banda del radiocanal: 400 KHz
- 125 radiocanals bidireccionals disponibles
- Cada radiocanal suporta 8 usuaris simultanis: 8 slots/canal
- Els canals es numeren de 0 a 124 per ARFCN
- Canal 0 banda de guarda entre gsm i altres sistemes

Ràfagues especials:

- Ràfaga d'accés (ASC). Els bits per *Time Advance* T_A són de 0 a 63.
- Ràfaga de correlació de freqüència (DSC)
- Ràfaga de sincronització (DSC)

6 Terra fictícia

Radi de la terra fictícia (per $K > 0.6$). En atmòsfera estàndard, $K = \frac{4}{3}$.

$$R = KR_0$$

Essent h la relació entre l'alçada de la trajectòria i l'alçada de l'obstacle, s'ha de complir:

$$h > 0.6r_1 = 0.6\sqrt{\lambda\frac{d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$$

Degut a la curvatura de la terra, l'obstacle sempre està Δf més enlaire:

$$\Delta f = \frac{d_1 d_2}{2R} = \frac{d_1 d_2}{2KR_0}$$

La discriminació angular $D_a[\varphi]$ és una atenuació, així com la discriminació polar:

$$D_p(\text{dB}) = D_{p0} - \frac{A_f(\text{dB})}{2}$$

6.1 Marge de fading

El marge de fàding és la diferència entre la potència nominal rebuda a l'estació, i la potència mínima necessària (Tot en dBs, L són les pèrdues, l'esvaiment):

$$P_T = P_N + SNR_{min} + MF + L$$

7 CDMA

El guany del senyal a rebre és de:

$$G_p = 10\log\frac{T_b}{T_c}$$

La funció d'autocorrelació de les freqüències utilitzades és:

$$\Phi_{aa}(n) = \begin{cases} 1 & n = lN \\ -\frac{1}{N} & n \neq lN \end{cases}$$

La relació senyal soroll de bit és:

$$\frac{E_b}{N_o} = CIR\, G_p$$

Obtenim el número d'usuaris n per una E_b/N_o per l'equació (Si tots els mòbils emeten a igual potència (RARO en CDMA)):

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{G_p}{n-1}$$

La interferència per part de mòbils en altres cèl·lules és 0.6 vegades la interferència de mòbils de la mateixa cèl·lula:

$$f = \frac{I_{inter}}{I_{intra}} \simeq 0.6$$

En un receptor RAKE la probabilitat d'error de bit és menor, ja que la relació senyal útil / senyals molests és més gran. Per la rebuda de dos senyals sumats constructivament:

$$\gamma_{RAKE} = \gamma_1 + \gamma_2 = \frac{T_b}{2N_0} + \frac{|\rho|^2 T_b}{2N_0}$$

7.1 Cèl·lula aillada

En una cèl·lula aillada que rep a R bits per segon, i té un ample de banda d'espectre de $W = 1/T_c$:

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{S}{N}G_t = \frac{W}{R_i}\frac{h_i P_i}{\sum_{j\neq i} h_j P_j + \eta_0 W}$$

L'augment de soroll ocasionat per les inteferències és (depen del factor de càrrega):

$$\Delta N = \frac{1}{1 - \eta_{UL}}$$

El balanç de potències és:

$$P_T = N_T + \Delta N + 10\log E_b N_0 + 10\log R + L_{max}$$

Respiració cel·lular: Si augmenta ΔN, el radi de cobertura disminueix.

7.2 Probabilitats d'error de bit

- 1 usuari + soroll blanc

$$P_b = \frac{1}{2}erfc\left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}}\right)$$

- M usuaris + soroll blanc

$$P_b = \frac{1}{2}erfc\left(\left(\frac{N_0}{E_b} + \frac{M-1}{G_p}\right)^{-\frac{1}{2}}\right)$$

- M usuaris + soroll blanc + interferent Hammer

$$P_b = \frac{1}{2}erfc\left(\left(\frac{N_0}{E_b} + \frac{M-1}{G_p} + \frac{I^2}{A^2 G_p}\right)^{-\frac{1}{2}}\right)$$