COMPITI : Esercizi ricorrenti

Si consideri il radiometro a scansione conica SSM/I (US Air Force), la cui piattaforma dista 833 km e il cui fascio d'antenna è inclinato di 45° rispetto al nadir.

Se la freq è 19 GHz e la parabola ha diametro di circa 1m, si calcoli il footprint al suolo.

Si illustri quale significato ha tale valore, servendo non più di mezza pagina

$$R_r = \frac{c\tau_p}{2\sin\theta} = \frac{c\tau_p}{1.414} = 0.707 \cdot c\tau_p =$$

$$R_a = \frac{H\lambda}{L\cos\theta} = \frac{833\,\text{km} \cdot \frac{3\cdot 10^8}{19\cdot 10^9}}{1 \cdot \cos 45°} = 18.6\ \text{Km}$$

$$\text{IFOF} = R_r R_a = \tau_p \cdot 3.95 \cdot 10^{12}$$

$$\Omega_A = \frac{\lambda^2}{A_{eff}}$$

$$\text{IFOF} = \Omega_A \cdot r^2$$

Indica qual è il blurring del suolo, ovvero il più piccolo oggetto misurabile in maniera precisa, la dimensione del pixel.

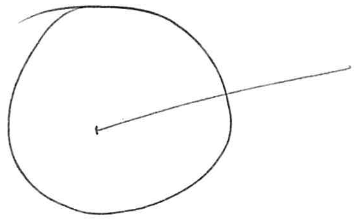
Con un $\tau_p = 1\text{nS} = 1\cdot 10^{-9} \rightarrow \text{IFOF} = 3945\,\text{m}^2$.

È molto ampio sull'angolo, riducibile con SAR.

$$\delta_{az} \simeq \frac{L_a}{2} = 0{,}5\text{m}$$

Si consideri un sistema di radiolocalizzazione terrestre basato sul metodo ibrido ToA + AoA

Qual'è il numero di stazioni fisse minime?
Serve una sola stazione fissa in condizioni ideali, perché in un sistema circolare (cilindrico sul piano z fissato), conoscendo il raggio e angolo ho definito il punto del piano. Graficamente ho una semiretta



che interseca un cerchio in un solo punto.

Sia Γ l'ampiezza del lobo principale e che il ritardo sia affetto da errore aleatorio $-\Delta t_{max} < \Delta t < \Delta t_{max}$.

Calcolare in funzione di Γ e Δt_{max} la massima distanza di funzionamento sapendo che la zona di incertezza deve essere $\leq 200\,m^2$

Bisogna calcolare l'area $a\,[rad]$

$$\frac{a}{2}\left(R_{MAX}^2 - R_{MIN}^2\right) = \frac{a}{2}\left((R+c\Delta t)^2 - (R-c\Delta t)^2\right) = \frac{a}{2}\left(\cancel{R^2}-\cancel{R^2}+\cancel{(c\Delta t)^2}-\cancel{(c\Delta t)^2}\right.$$

$$\left. + 2Rc\Delta t + 2Rc\Delta t\right) = \frac{a}{2}\cdot 4Rc\Delta t = 2acR\Delta t$$

Al massimo deve essere 200, con $a = \Gamma$

$$\cancel{1}200 = \cancel{2}ac\Delta t R$$

$$\frac{100}{\Gamma \cdot c\Delta t} = R_{MAX}$$

Si supponga sia una schiera lineare con n elementi e che Δt_{max} valga $18\,nS$. Quanto deve essere n per avere R almeno $100\,m$?

$$\Gamma = \frac{100}{100 \cdot 1\,\mathrm{GHz} \cdot 3 \cdot 10^8} = 0.185 \text{ rad}$$

$$\Gamma = 2 \arcsin\left(\frac{2}{n}\right) \qquad \arcsin\left(\frac{2}{n}\right) = \frac{\Gamma}{2}$$

$$\sin\left(\frac{\Gamma}{2}\right) = \frac{2}{n} \qquad n = \frac{2}{\sin\left(\frac{\Gamma}{2}\right)} = 21.65 \Rightarrow 22$$

Si supponga che all'interno di un generico scenario propagativo il ricevitore sia raggiunto per semplicità da tre soli contributi distinti, qualunque ne sia la posizione. Si suppone che essi siano dati dalle seguenti espressioni

$$\tau_i = (i-1)\,\tau_0 \qquad i = 1,2,3$$
$$P_i = P_0/i \qquad i = 1,2,3$$

con τ_0 e P_0 costanti

Calcolare il DS in funzione di τ_0 e P_0. Come varia con τ_0 e P_0?

Per calcolare il DS bisogna trovare il τ_{medio}

$$\tau_{med} = \frac{\sum_i \tau_i P_i}{\sum P_i} = \frac{\tau_0 \cdot 1/2\, P_0 + 2\tau_0 \cdot 1/3\, P_0}{P_0 + \frac{P_0}{2} + \frac{P_0}{3}} = \frac{\frac{1}{2}\tau_0 P_0 + \frac{2}{3}\tau_0 P_0}{\frac{6P_0 + 3P_0 + 2P_0}{6}}$$

$$= \frac{\frac{3\tau_0 P_0 + 4\tau_0 P_0}{\cancel{6}}}{\frac{11}{\cancel{6}} P_0} = \frac{7}{11}\tau_0$$

Ora

$$DS = \sqrt{\frac{\sum_i (\nu_i - \nu_{med})^2 P_i}{\sum P_i}} =$$

$\sum P_i$ ← serve a normalizzare

$$\sqrt{\frac{\left(0 - \frac{7}{11}\nu_0\right)^2 P_0 + \left(\nu_0 - \frac{7}{11}\nu_0\right)^2 \frac{P_0}{2} + \left(2\nu_0 - \frac{7}{11}\nu_0\right)^2 \frac{P_0}{3}}{\frac{11}{6} P_0}}$$

$$\sqrt{\frac{\frac{49}{121}\nu_0^2 P_0 + \left(\frac{4}{11}\nu_0\right)^2 \frac{P_0}{2} + \left(\frac{15}{11}\nu_0\right)^2 \frac{P_0}{3}}{\frac{11}{6} P_0}} =$$

$$\sqrt{\frac{\frac{49}{121}\nu_0^2 P_0 + \frac{8}{121} P_0 \nu_0^2 + \frac{75}{121}\nu_0^2 P_0}{\frac{11}{6} P_0}} = \sqrt{\frac{\frac{12}{11}\nu_0^2 \cancel{P_0}}{\frac{11}{6 P_0}\cancel{P_0}}}$$

$$\nu_0 \sqrt{\frac{72}{121}} = \frac{\nu_0}{11}\sqrt{72} = \nu_0 \frac{6}{11}\sqrt{2}$$

Dipende direttamente da ν_0 ed è indipendente da P_0 (per come è definito non dipende da P_0, se P_0 è anche definito come singola potenza e non polinomio: non serve ad esame).

Si supponga di calcolare in tale scenario un sistema di radiolocalizz. cellulare basato su ToA e si supponga che il DS può essere assunto come ragionevole stima dell'errore che affligge ciascuna misura temporale. Si supponga che la regione di incertezza possa essere approssimativamente circolare e pari allo spessore della corona circolare.

Calcolare quale deve essere τ_0 affinché l'errore sia $< 30m$

$\varepsilon \leq 30m$ $\qquad$ $\varepsilon = \frac{DS \cdot c}{2} = 30m$

$DS = \frac{30 \cdot 2}{c} = 200nS$ $\qquad$ $DS = \frac{6}{11}\sqrt{2}\,\tau_0$ $\Rightarrow \tau_0 = \frac{200nS}{\frac{6}{11}\sqrt{2}} = 259$

Per migliorare le prestazioni del sistema si supponga di usare una tecnologia a dispersione di codice e separare i singoli contributi attraverso correlazioni.

Considerando il τ_0 precedente, quale deve essere il T_c al fine di poter risolvere i 3 contributi ricevuti? Quanto vale approssimativamente la banda richiesta?

Per risolverlo il tempo di chip deve essere inferiore al ritardo $\Rightarrow \tau_{chip} \leq \tau_0$

La banda di CDMA $\sim \frac{1}{T_c} \Rightarrow \frac{1}{\tau_0} \sim 3.86MHz$

Si consideri un sistema di radiolocalizzazione basato su tecnica ToA e costituito per semplicità da 3 sole stazioni fisse (FS).
Il radiocollegamento fra l'utente mobile (MS) da localizzare e ciascuna delle stazioni fisse è affetto da multipath. Con riferimento ai cammini multipli tra MS e FS_i, si suppone che la statistica dei ritardi relativi sia descritta da

$$f(\xi) = \lambda_i^2 \xi \, e^{-\lambda_i \xi} \qquad i = 1, 2, 3$$

con λ_i parametro caratteristico

$$\lambda_1 = 3 \cdot 10^7 s^{-1}$$
$$\lambda_2 = 2 \cdot 10^7 s^{-1}$$
$$\lambda_3 = 1.5 \cdot 10^7 s^{-1}$$

Si suppone inoltre che per effetto dei cammini multipli, il ritardo di propagazione stimato t_i della FS_i differisce dal valore ideale t_0^i di una quantità pari al valor medio ξ_M^i della densità di probabilità associata al radiocollegamento, in simboli

$$t_i = t_0^i + \xi_M^i$$

1 Calcolare gli errori commessi nella stima dei raggi delle 3 circonf. necessarie per l'applicazione del ToA

Bisogna calcolare il valor medio

$$\xi_M^i = \lambda_i^2 \int_0^\infty \xi^2 e^{-\lambda_i \xi} d\xi = \cancel{\frac{\lambda_i^2}{-\lambda_i} \left| \xi^2 e^{-\lambda_i \xi} \right|_0^\infty} - 2\lambda_i^2 \int_0^\infty \xi \frac{e^{-\lambda_i \xi}}{-\lambda_i} d\xi$$

$$= 2\lambda_i \int_0^\infty \xi e^{-\lambda_i \xi} d\xi = \cancel{2\lambda_i \left| \xi \frac{e^{-\lambda_i \xi}}{-\lambda_i} \right|_0^\infty} - 2\lambda_i \int_0^\infty \frac{e^{-\lambda_i \xi}}{-\lambda_i} = 2 \int_0^\infty e^{-\lambda_i \xi} = 2 \left| \frac{e^{-\lambda_i \xi}}{-\lambda_i} \right|_0^\infty$$

$$= -\left(-\frac{2}{\lambda_i} \right) = \frac{2}{\lambda_i}$$

Perché

$$e_i = t_0' \cdot c - (t_0' + \xi_M^i) \cdot c = \xi_M^i \cdot c \Rightarrow e_i = \frac{2}{\lambda_i} \cdot c = \begin{cases} @\lambda_1 \Rightarrow e_1 = 20\,m \\ \lambda_2 \Rightarrow e_2 = 30\,m \\ \lambda_3 \Rightarrow e_3 = 40\,m \end{cases}$$

Bisogna ora calcolare la varianza, ~~di~~ la cui radice è il DS, perché il ricevitore è in grado di calcolare il DS

$$\sigma_i^2 = \int_0^\infty \left(\xi - \frac{2}{\lambda_i}\right)^2 \cdot f(\xi)\, d\xi$$

$$= \int_0^\infty \xi^2 f(\xi)\, d\xi + \underbrace{\int_0^\infty \frac{4}{\lambda_i^2} f(\xi)\, d\xi}_{= \frac{4}{\lambda_i^2}} - \underbrace{\frac{4}{\lambda_i} \int_0^\infty \xi f(\xi)\, d\xi}_{\frac{2}{\lambda_i} \cdot \frac{4}{\lambda_i} = \frac{8}{\lambda_i^2}} \Rightarrow$$

$$= \int_0^\infty \xi^2 f(\xi)\, d\xi - \frac{4}{\lambda_i^2}$$

$$\lambda_i^2 \int_0^\infty \xi^3 e^{-\lambda_i \xi}\, d\xi = \cancel{\left[\frac{\lambda_i^2 \xi^3 e^{-\lambda_i \xi}}{-\lambda_i}\right]_0^\infty} - \frac{3\lambda^2}{-\lambda_i} \int_0^\infty \xi^2 e^{-\lambda_i \xi}\, d\xi = 3\lambda_i \int_0^\infty \xi^2 e^{-\lambda_i \xi}\, d\xi$$

$$= \frac{3}{\lambda_i} \underbrace{\lambda_i^2 \int_0^\infty \xi^2 e^{-\lambda_i \xi}\, d\xi}_{\frac{2}{\lambda}} = \frac{6}{\lambda_i^2}$$

$$\Rightarrow \sigma = \frac{6}{\lambda_i^2} - \frac{4}{\lambda_i^2} = \frac{2}{\lambda_i^2} \qquad DS = \frac{\sqrt{2}}{\lambda_i^2}$$

Siccome il sistema riesce a togliere il ΔS all'errore precedente, l'errore totale ora sarà (nell'esercizio si dice $t_i = t_0' + \varepsilon_M' - \Delta S$) (secondo me è $\frac{\Delta S}{2}$ ...)

$$\varepsilon_i = \frac{\varepsilon_M^i}{4} - \Delta S \cdot c = \left(\frac{2}{\lambda_i} - \frac{\sqrt{2}}{\lambda_i}\right) c = \begin{cases} \lambda_1 = \varepsilon = 5.86\,m \\ \lambda_2 = \varepsilon = 8.79\,m \\ \lambda_3 = \varepsilon = 11.72\,m \end{cases}$$

Supponendo che l'errore sulla stima delle posizione sia proporzionale alla somma degli errori commessi nella stima delle circonferenze

$$e = K(e_1 + e_2 + e_3)$$

Calcolare la riduzione percentuale

$$\frac{K(e_1+e_2+e_3) - K(e_1c + e_2c + e_3c)}{K(e_1+e_2+e_3)} \cdot 100 = 70\%$$

Si ha una riduzione del 70% dell'errore

Un sistema di radiolocalizzazione terrestre basato sul metodo ToA è costituito da 3 stazioni fisse che, in un assegnato sistema di riferimento, hanno coordinate $S_1(0,0)$, $S_2(3Km, 0)$, $S_3(0, 6Km)$
Si suppone che inizialmente il sistema operi in condizioni ideali e che i ritardi di propagazione relativi ad un terminale che deve essere localizzato siano rispettivamente $\tau_{01} = 9.428\mu sec$, $\tau_{02} = 7.453\mu sec$, $\tau_{03} = 14.9\mu sec$

Calcolare la posizione P del terminale.

$R_{01} = 2.828\,Km$
$R_{02} = 2.236\,Km$
$R_{03} = 4.470\,Km$

Per trovare il punto in un sistema circolare uso le equazioni

$$x_M = \frac{(y_2-y_1)C_3 - (y_2-y_3)C_1}{2\left[(x_2-x_3)(y_2-y_1) - (x_2-x_1)(y_2-y_3)\right]} = 2\,Km$$

$$C_3 = x_2^2 + y_2^2 - x_3^2 - y_3^2 + R_3^2 - R_2^2 = -12\,K$$
$$C_1 = x_2^2 + y_2^2 - x_1^2 - y_1^2 + R_1^2 - R_2^2 = 12\,Km^2$$

$$y_M = \frac{(x_2-x_1)C_3 - (x_2-x_3)C_1}{2\left[(y_2-y_3)(x_2-x_1) - (y_2-y_1)(x_2-x_3)\right]} = 2\,Km$$

Si supponga ora che, a causa delle imprecisioni del sistema (risoluzione temporale, condizioni di prop. NLoS, ecc) i raggi misurati r_i ($i=1,2,3$) differiscano da r_{0i} per un valore K

$$r_i = r_{0i}\,K \qquad i=1,2,3$$

Si assume K variabile aleatoria $f(k) = \lambda^2 K e^{-\lambda K}$ con λ parametro reale. Sia ε_i l'errore commesso sulla stima raggio della circonferenza i-esima e si supponga che l'errore complessivo ε sulla posizione possa essere espresso con

$$\varepsilon = \frac{\sum_i \varepsilon_i}{3}$$

Calcolare il minimo valore di λ affinchè l'errore medio commesso nella localizzazione di un terminale che si trova in P sia inferiore a 50m

$$Y = aX + b \qquad \langle Y\rangle = a\langle X\rangle + b$$

Calcolo l'errore complessivo

$$\varepsilon_i = R_{0i} - R_i = R_{0i}(1-K)$$

La definizione di questo errore è sbagliata, perchè poi si ha un errore medio negativo

$$\varepsilon = \frac{(R_{01}+R_{02}+R_{03})(1-K)}{3}$$

$$\langle\varepsilon\rangle = \frac{R_{01}+R_{02}+R_{03}}{3}\left(1-\langle K\rangle\right)$$

Si tratta di calcolare $\langle K\rangle$

$$\int_0^\infty K^2\lambda^2 e^{-\lambda K}\,dK = \cancel{\left|\frac{K^2\lambda^2 e^{-\lambda K}}{-\lambda}\right|_0^\infty} - \frac{2\lambda^2}{-\lambda}\int_0^\infty K e^{-\lambda K}\,dK = 2\lambda\int_0^\infty K e^{-\lambda K}\,dK = 2\cancel{\lambda}\left(\cancel{\left|\frac{K e^{-\lambda K}}{-\lambda}\right|_0^\infty} + \int_0^\infty \frac{e^{-\lambda K}}{\cancel{\lambda}}\right)$$

$$= 2\int_0^\infty e^{-\lambda K}\,dK = 2\cdot\left|\frac{e^{-\lambda K}}{-\lambda}\right|_0^\infty = \frac{2}{\lambda}$$

L'errore med è quindi

$$\langle \varepsilon \rangle = \underbrace{\left(\frac{R_{01}+R_{02}+R_{03}}{3}\right)}_{R}\left(1-\frac{2}{\lambda}\right)$$

Posto 50m max

$$50 - R = \frac{-2R}{\lambda} \qquad \lambda = \frac{-2R}{50-R}$$

$R = 3.178$ Km $\Rightarrow \lambda \leq 2.032$ sbagliato: questo se uso -50

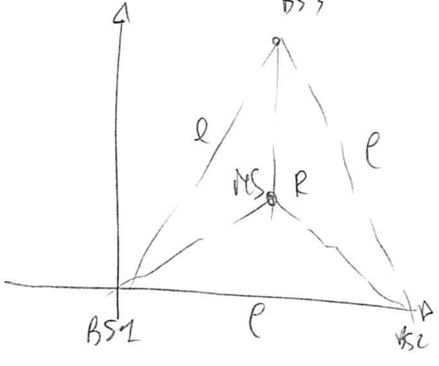
Se l'errore fosse stato definito, GIUSTAMENTE

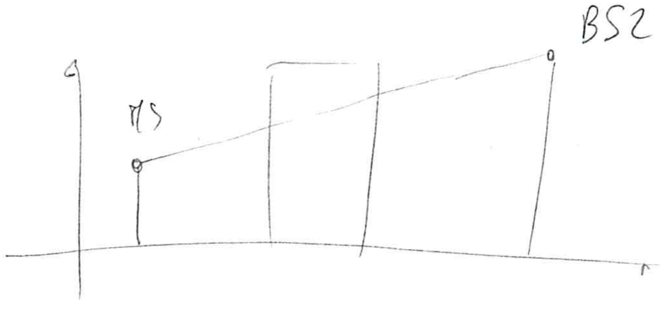
$$\varepsilon = KR_{0i} - R_{0i} \Rightarrow$$

$$\langle \varepsilon \rangle = R\left(\frac{2}{\lambda} - 1\right) \Rightarrow 50 + R = \frac{2R}{\lambda}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{2R}{50+R} = 1.969 \Rightarrow \lambda \geq 1.969$$

Si consideri il sistema di radiolocalizzazione basato sulla semplice rete cellulare in figura





Le 3 stazioni base utilizzate per la localizzazione si trovano ai vertici di un triangolo equilatero di lato $l = 5\,km$. Il mobile si trova nel baricentro di coordinate $l/2$, $\frac{l}{6}\sqrt{3}$ e perciò ad una distanza da ciascuna pari a $R = \frac{l}{3}\sqrt{3}$.
Si suppongono le antenne isotrope e si trascura l'altezza di tralicci. Il metodo è ToA con cui localizzazione parametri l'attenuazione di tratta (non richiamare diversamente!). Per ciascuna delle stazioni base, il mobile misura l'attenuazione e ricava la distanza usando l'attenuazione di spazio libero.
Le 1 e 3 sono LoS e 2 NLoS, con $A_{sup}^{dB} = 3\,dB$.

Calcolare le distanze R_1, R_2, R_3 rispetto $MS \to BS$, stimate

$$P_R = P_T \cdot G_R G_T \left(\frac{\lambda}{4\pi R}\right)^2$$

se +0dB (cioè 1 in lineare)

$$\frac{P_R}{P_T} \cdot \frac{1}{G_R G_T} \cdot \left(\frac{4\pi}{\lambda}\right)^2 = \frac{1}{R^2} \qquad R = \frac{\lambda}{4\pi} \cdot \sqrt{G_R G_T \cdot \frac{P_T}{P_R}}$$

R_1 e R_3 sono $= \frac{l\sqrt{3}}{3} = 2887\,m$

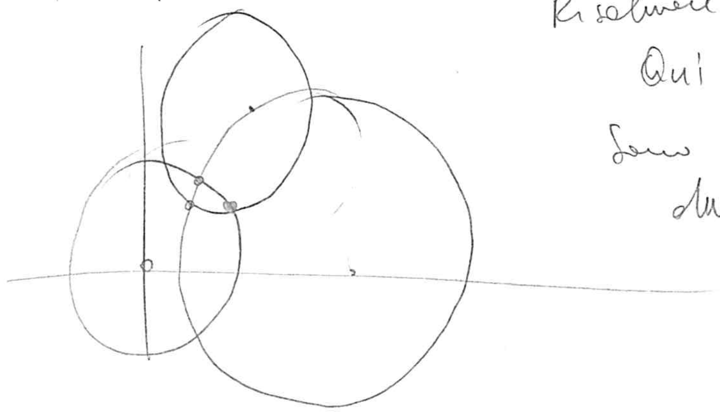
R_2 ha $3\,dB = 1.995$, quindi la potenza ricevuta è attenuata

$$R = \frac{\lambda}{4\pi} \cdot \sqrt{G_R G_T \frac{P_T}{P_R} \cdot A} = R_0 \cdot \sqrt{A} = 4.078\,Km = 4078\,m$$

No, perché stimando la potenza, essendo la potenza ricevuta attenuata da un qualcosa di indipendente dal percorso, la stima è sbagliata.

Supponendo di prendere i 3 punti di intersezione più vicini, calcolare l'errore

Risolvere i tre sistemi...
Qui non torniamo...
Sono sufficienti due sistemi, uno trenta soluzioni doppie si ottengono i due valori.



$$(X_M - X_F)^2 + (Y_M - Y_F)^2 = R_i^2$$

$$\Rightarrow \begin{cases} (X_M - 0)^2 + (Y_M - 0)^2 = (2887)^2 \\ (X_M - 5000)^2 + (Y_M - 0)^2 = (4078)^2 \end{cases} \qquad \begin{cases} Y_M^2 = (2887)^2 - X_M^2 \\ X_M^2 - 10000 X_M + (5000)^2 + Y_M^2 = (4078)^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{———} \\ \cancel{X_M^2} - 10000 X_M + (5000)^2 + (2887)^2 - \cancel{X_M^2} = (4078)^2 \end{cases} \qquad \begin{cases} \\ X_M = 1670 \text{ m} \end{cases}$$

$$Y_M = \pm\sqrt{(2887)^2 - 1670^2} = \pm 2355 \text{ m} \Rightarrow \text{prendo } (1670, 2355)$$

$$\begin{cases} X_M^2 + Y_M^2 = (2887)^2 \\ (X_M - 2500)^2 + (\cancel{Y_M - Y_M} - 2887)^2 = (2887)^2 \end{cases} \qquad \begin{cases} X_M^2 + Y_M^2 = (2887)^2 \\ X_M^2 - 5000 X_M + 2500^2 = 0 \end{cases}$$

$$X = 2500$$

$$Y_M = \pm\sqrt{2887^2 - X_M^2} = \pm 1444$$

$\Rightarrow$ prendo $(2500, 1444)$

$$\begin{cases} (x_M - 5000)^2 + (y_M - 0)^2 = 4078^2 \\ (x_M - 2500)^2 + \left(y_M - \frac{\sqrt{3}}{2}\ell\right)^2 = (2887)^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_M^2 + (5000)^2 - 10000x_M - (4078)^2 + y_M^2 = 0 \\ x_M^2 + (2500)^2 - 5000x_M + y_M^2 + \frac{3}{4}(5000)^2 - 8660y_M - (2887)^2 = \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_M^2 + y_M^2 - 10000x_M + 2893^2 = 0 \\ x_M^2 + y_M^2 - 5000x_M - 8660y_M + 4082^2 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} +577^2 y_M^2 + 553^2 - 616000y_M + y_M^2 - 5.77 \cdot 10^6 y_M \\ \quad -5.53 \cdot 10^6 + 2893^2 = 0 \\ -15000x_M - 8660y_M + 2880^2 = 0 \\ x_M = \frac{8660y_M - 2880^2}{-15000} = -577y_M + 553 \end{cases}$$

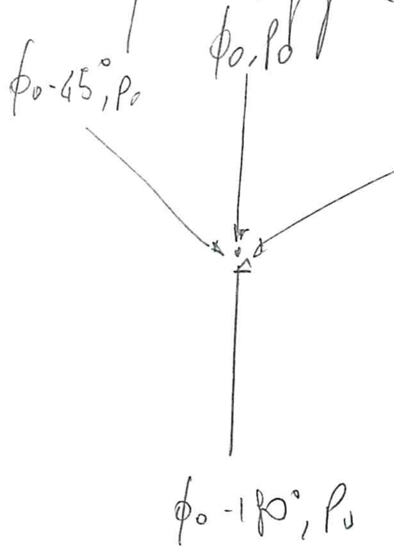
$$\hat{P}_M = (2223, 2340)$$

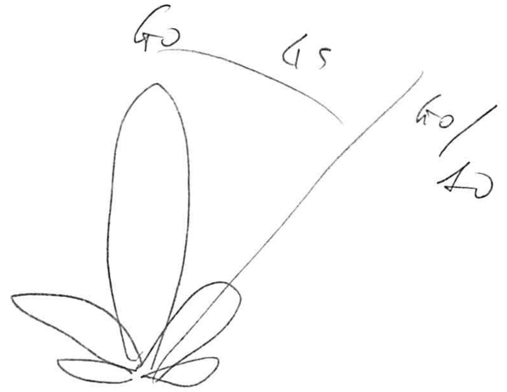
l'errore è la distanza

$$e = \sqrt{(x_M - \hat{x}_M)^2 + (y_M - \hat{y}_M)^2} =$$

$$P_M = (2500, 1443) \Rightarrow e = 938\,m$$

Si supponga che all'interno di un generico scenario propagativo il ricevitore sia raggiunto per semplicità da 4 soli contributi (raggi/cluster), qualunque sia la sua posizione. Si supponga inoltre che le distribuzioni delle direzioni di arrivo (azimut) e le potenze in ingresso all'antenna ricevente siano quelle in figura





Calcolare azimut spread in funzione di ϕ_0 e P_0. Come varia AS in funzione di P_0?

Supponendo invece che la funzione guadagno sia quella in figura calcolare di nuovo AS.

Si supponga di fare un sistema AoA. Calcolare l'errore supponendo la regione circolare e il diametro sia pari all'arco di circonferenza sotteso da AS.

Con max errore 100 m trovare dist

Supponendo di dover garantire

Se l'antenna è isotropa, la potenza ricevuta coincide per ogni raggio con quella che giunge all'antenna ricevente, e dunque P_0. Dalla definizione di azimut spread

$$AS = \sqrt{\frac{\sum (\varphi_i - \varphi_M)^2 \cdot P_i}{\sum P_i}}$$

con $$\varphi_M = \frac{\sum \varphi_i P_i}{\sum P_i}$$

$$\varphi_M = \frac{\varphi_0 \cancel{P_0} + (\varphi_0 \cancel{+45})\cancel{P_0} + (\varphi_0 \cancel{-45})\cancel{P_0} + (\varphi_0 + 180)\cancel{P_0}}{4\cancel{P_0}} = \varphi_0 + \frac{180}{4} = 45° + \varphi_0$$

$$AS = \sqrt{\frac{(\cancel{\varphi_0} - \cancel{\varphi_0} + 45)^2 \cancel{P_0} + (\cancel{\varphi_0 + 45 - \varphi_0 - 45})^2 \cancel{P_0} + (\cancel{\varphi_0} - 45 - \cancel{\varphi_0} - 45)^2 \cancel{P_0} + (\cancel{\varphi_0} + 180 - \cancel{\varphi_0} - 45)^2 \cancel{P_0}}{4\cancel{P_0}}}$$

$$= \sqrt{\frac{(45)^2 + (90)^2 + (135)^2}{4}} = 84° = 1.466 \text{ rad}$$

Con antenna direttiva ricevo, P_0: dunque φ_M

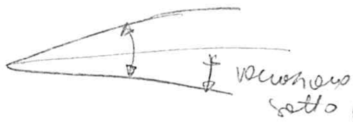
$$\frac{\sum \varphi_i P_i}{\sum P_i} = \frac{\overbrace{\varphi_0 P_0 + (\varphi_0 \cancel{+ 45°})\frac{P_0}{10} + (\varphi_0 \cancel{- 45})\frac{P_0}{10}}^{\frac{6}{5}\varphi_0 P_0}}{\underbrace{P_0 + \frac{P_0}{10} + \frac{P_0}{10}}_{\frac{6}{5}P_0}} = \varphi_0$$

$$AS = \sqrt{\frac{(\cancel{\varphi_0} - \cancel{\varphi_0})^2 P_0 + (\cancel{\varphi_0} + 45 - \cancel{\varphi_0})^2 \frac{P_0}{10} + (\cancel{\varphi_0} - 45 - \cancel{\varphi_0})^2 \frac{P_0}{10}}{\frac{6}{5} P_0}}$$

$$AS = \sqrt{\frac{\left(\frac{(45)^2}{10} + \frac{(-45)^2}{10}\right) \cancel{P_0}}{\frac{6}{5} \cancel{P_0}}} = 18.4^\circ = 0.320 \text{ rad}$$

Per calcolare l'errore massimo

$r \cdot \alpha =$ arco



$$r_\varepsilon = \frac{d_{MAX} \cdot AS}{2} < 100$$

$d_{MAX} < \frac{200}{AS} = 625 \text{m}$ caso 2

$\frac{200}{1.466} = 136 \text{ m}$ caso 1

Per coprire un'area rettangolare di 6×3 Km, sapendo che ognuno può dare contributo alla localizzazione fino a d_{MAX}, preso As l'area di misura

$$N = \frac{A_s}{\pi \underbrace{d_{MAX}^2}_{\text{è il raggio}}} =$$

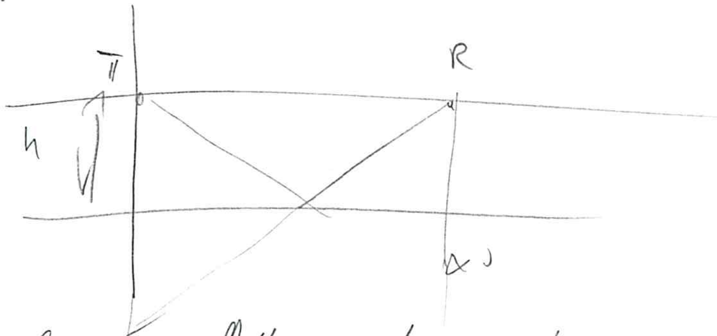
15 caso migliore

310 caso peggiore

Si consideri il radiocollegamento, in figura, in cui R si allontana da T parallelamente all'asse x e a partire da un valore $x_0 >> h$.

Nel cammino diretto
$$E_D = \frac{E_0}{x} e^{-i\beta x}$$

dove $x\ (> x_0)$ è la lunghezza del cammino diretto ed E_0 il campo emesso per semplicità.



A causa delle riflessioni del terreno, il campo effettivamente ricevuto differisce da quello diretto e può essere in generale espresso come
$$E_{TOT}(x) = E_D(x)\, f(x)$$

dove $f(x)$ rappresenta un'opportuna funzione correttiva.

Supponendo che le antenne siano entrambe isotrope e che il coefficiente di riflessione del terreno valga $\rho_T = -1$

Calcolare $f(x)$ supponendo di poter trascurare la differenza fra le lunghezze dei cammini ma

Calcolare $f(x)$, supponendo di poter trascurare la differenza tra le lunghezze dei cammini per quanto riguarda l'ampiezza dei contributi (che differiscono solo nella fase quindi)

$$\sqrt{1+\xi^2} \underset{\xi\to 0}{\sim} 1+\frac{1}{2}\xi^2$$

$$f(x) = e^{-i\beta x} - e^{-i\beta x} = 2\cos(\beta x) \quad \text{--}$$

$$f(x) = e^{-i\beta x} - e^{-i\beta\left(\sqrt{x^2+4h^2}\right)} = e^{i\beta x} - e^{-i\beta x\left(\sqrt{1+\left(\frac{2h}{x}\right)^2}\right)} = e^{i\beta x} - e^{-i\beta x\left(1+\frac{1}{2}\left(\frac{2h}{x}\right)^2\right)}$$

10

$$f(x) = e^{i\beta x} - e^{-i\beta x\left(1+\frac{2h^2}{x^2}\right)} = e^{i\beta x}\left(1 - e^{-i\beta\left(x\left(1+\frac{2h^2}{x^2}\right)-x\right)}\right)$$

$$= e^{i\beta x}\left(1 - e^{-i\beta x\left(\cancel{1}+\frac{2h^2}{x^2}-\cancel{1}\right)}\right) = e^{i\beta x}\left(1 - e^{-i\beta\frac{2h^2}{x}}\right)$$

$$\Rightarrow \quad f(x) = \left(1 - e^{-i\beta\frac{2h^2}{x}}\right)$$

$$E_T(x) = E(x) \cdot 1 - e^{-i\beta\frac{2h^2}{x}}$$

Per la potenza, l'andamento è $|E(x)|^2$

$$P_T(x) = P(x)\underbrace{\left(1 - e^{-i\beta\frac{2h^2}{x}}\right)}\left(1 - e^{-i\beta\frac{2h^2}{x}}\right)^* =$$

$$\left(1 - \cos\left(\beta\frac{2h^2}{x}\right) - i\sin\left(\beta\frac{2h^2}{x}\right)\right)$$

$$|a+ib|^2 = a^2 - b^2 \qquad |a-ib|^2 = a^2 + b^2$$

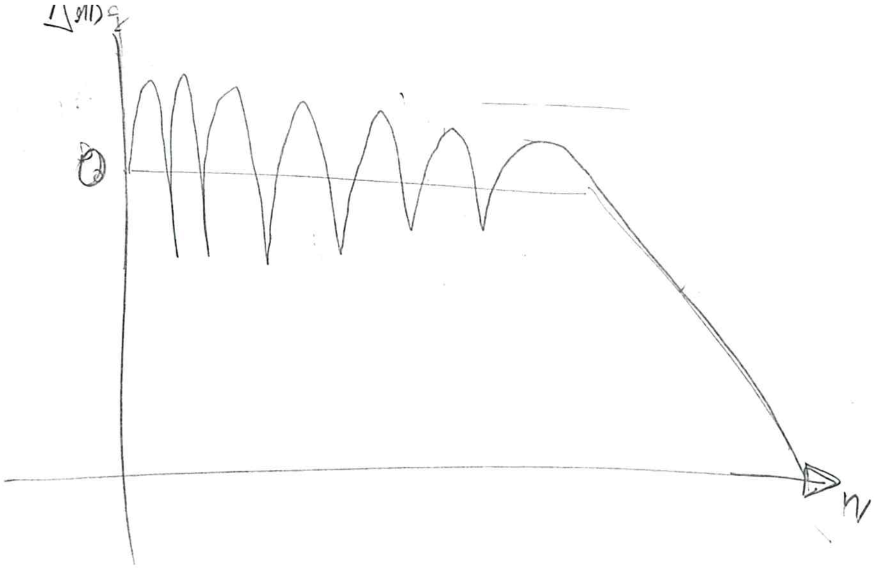
$$\left(1-\cos\left(\beta\frac{2h^2}{x}\right)\right)^2 + \sin^2\left(\beta\frac{2h^2}{x}\right) = 1 + \underbrace{\cos^2\left(\beta\frac{2h^2}{x}\right) + \sin^2\left(\beta\frac{2h^2}{x}\right)}_{1} - 2\cos\left(\beta\frac{2h^2}{x}\right)$$

$$= 2\left(1-\cos\left(\beta\frac{2h^2}{x}\right)\right) = 4\sin^2\left(\beta\frac{2h^2}{x}\right)$$

$$\Delta P = 4\sin^2\left(\beta\frac{2h^2}{x}\right)$$

oscilla con ampiezza massima tra 0 e 4 ($\sin^2 \Rightarrow$ positivo sempre)

Con $x >> 1$, $\sin y \approx y$ perché l'argomento, $\Rightarrow \Delta P = \frac{4\beta^2 2^2 h^2}{x^2}$, cioè tende a zero come $\frac{1}{x^2} \Rightarrow P \searrow$ come $\frac{1}{x^4}$



(Nota, equalizza ed una scheme piena del lobo...)

Il Δ prima esulta solo per rette in dB

Se si deve trovare con equal strength

Dove $0<4\sin^2<1$ si restringe perché di attenuazione

Dove $4\sin^2>1$ si restringe, perché equalizza ed amplifica

Quando $4\sin^2=1$, in particolare

$$\sin^2\left(\frac{\beta 2h^2}{n}\right) = \frac{1}{4}$$

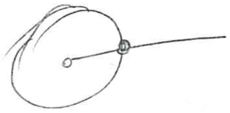
o anche

$$\left(1-\cos\left(\frac{\beta 2h^2}{n}\right)\right) = \frac{1}{2} \qquad \cos\left(\frac{\beta 2h^2}{n}\right) = \frac{1}{2}$$

$$\frac{\beta 2h^2}{n} = \frac{\pi}{4} + k\pi \qquad n = \frac{\beta 2h^2}{\frac{\pi}{4} + k\pi}$$

Si consideri un sistema di radiolocalizzazione terrestre basato su TdA + AdA. Si suppongono inizialmente ideali.

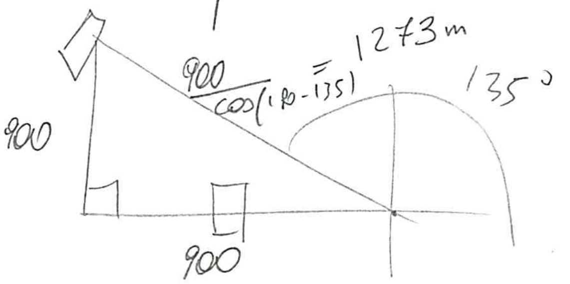
- Serve una sola stazione fissa: ho una circonferenza che è intersecata da una semiretta e si ottiene un punto

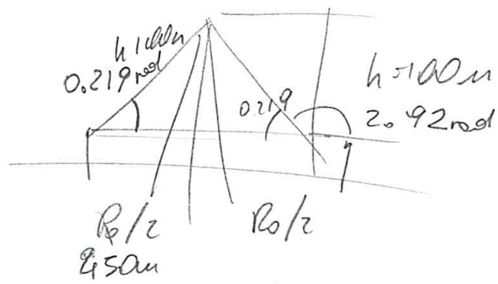


Sapendo che il ritardo di propagazione e la direzione valgono $t_0 = 3\mu sec$ e $\phi_0 = 180°$ calcolare la posizione

- $R = t_0 \cdot c = 900m \Rightarrow 180° \ \phi_0 \Rightarrow P(-900,0)$

Si supponga che la presenza di edifici determini propagazione NLoS e la presenza di due cammini (over the top e riflesso)





Si ipotizzi che a causa dei cammini multipli, il ritardo di propag. misurato e la direzione di arrivo valgano ora rispettivamente $t_0 + DS$ e $\phi_0 - AS$. Si suppone la stessa potenza per raggio.

Calcolare l'errore commesso.

Bisogna calcolare il DS: serve il ritardo; AS: serve angolo

$d_1 = 900 + 1273 = 2173 \Rightarrow \tau_1 = 7.243 \mu s$ | $\phi_1 = 135°$

$d_2 = 2\sqrt{450^2 + 100^2} = 922m \Rightarrow \tau_2 = 3.073 \mu s$ | $\phi_2 = 180°$

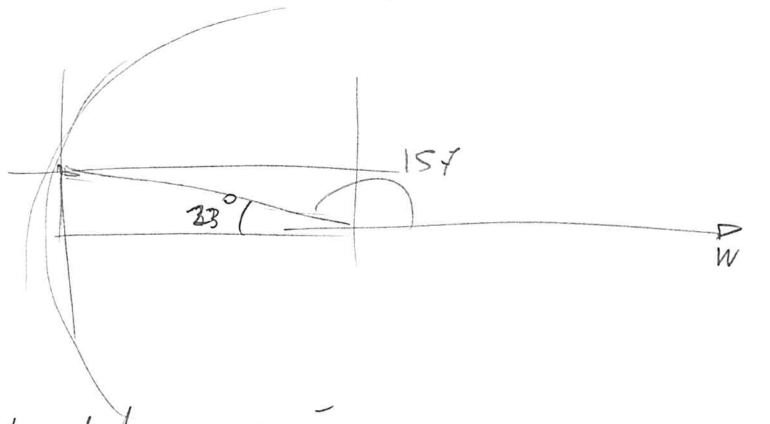
$\tau_m = 5.158$ $\qquad DS = \sqrt{\dfrac{(3.073-5.158)^2 + (7.243-5.158)^2}{2}} = 2.085$

$\phi_M = \dfrac{180^\circ + 135^\circ}{2} = 157.5$ $\qquad AS = \sqrt{\dfrac{(180-157.5)^2 + (135-157.5)^2}{2}} = 22.5^\circ$

Perciò $\tau_{TOT} = 3\mu Sec + 2.085\mu Sec = 5.085\mu s = 1526 m$

$\phi_{TOT} = 180 - 22.5 = 157.5$

La posizione sarà quindi



$P_{TOT} = (-1405, 596)$

La distanza sarà

$$\varepsilon = |P_R - P_{TOT}| = \sqrt{(-900+1405)^2 + (0-596)^2} = 779 m$$

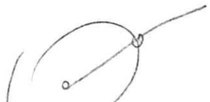
Se il ritardo di prop viene misurato con correlatore, qual è il ~~[illegible]~~ T_c max per risolvere i due cammini?

Per risolverli, il T_c deve essere inferiore alla differenza tra di essi

$T_c < 4.17 \mu s$

Si considera il sistema ToA + AoA. Stazioni fisse?

1: Ho un raggio e un angolo, in coordinate polari ho la posizione. Inoltre l'intersezione tra semiretta e cerchio ha 1 punto di intersezione



Si suppone che il lobo principale abbia apertura di 8° e che per effetto di cammini multipli il DS = 300nS e che possa essere assunto come errore di prop.

$$A = \frac{\alpha}{2}\left(R_{MAX}^2 - R_{MIN}^2\right) = \frac{\alpha}{2}\left(\left(R+\frac{DSc}{2}\right)^2 - \left(\frac{R-DSc}{2}\right)^2\right)$$

$$\int_{-\frac{\alpha}{2}}^{\frac{\alpha}{2}}\int_{R_{MIN}}^{R_{MAX}} r\,d\alpha\,dr = \frac{\alpha}{2}\cdot\left|r^2\right|_{R_{MIN}}^{R_{MAX}}$$

lunghezza arco $r \cdot d\alpha$... superficie...

$$= \frac{\alpha}{2}\left(\cancel{R^2} - \cancel{R^2} + \cancel{\frac{DS^2c^2}{4}} - \cancel{\frac{DS^2c^2}{4}} + 2RDSc\right)$$

$$A = \frac{\alpha\cancel{2}}{\cancel{2}} RDSc = 6283\,m^2$$

A =

Aumentando d la stima peggiora perché l'arco sotteso cresce: la formula precedente indica che A cresce linearmente con R.

Si perché più elementi aumentano la ~~dirett~~ direttività

Si consideri un radiometro a capotta forma disto 800 km dalla superficie di un pianeta ed il fascio di antenna è puntato alla direzione del nadir.
La $f = 20$ GHz e la parabola ha area di bocca di $1 m^2$

Il radiometro punta un oggetto circolare del diametro di 10 km la cui temperatura di brillanza è 300 °K, in un mare con 200 °K.
Si determini l'errore in temperatura.

$$\Omega_A = \frac{\lambda^2}{A_{eff}} = \left(\frac{c}{f}\right)^2 = 225 \cdot 10^{-6} \text{ Sr}$$

$$\Omega_B = \frac{\left(\frac{10000}{2}\right)^2 \pi}{800000^2} = 122.7 \cdot 10^{-6} \text{ Sr}$$

$$T_R = \left(1 - \frac{\Omega_B}{\Omega_A}\right) T_M + \frac{\Omega_B}{\Omega_A} T_B = 254.5 \qquad \varepsilon = 254.5 - 300 = -45.5 °K$$

Si consideri un sistema WiMax operante a 3.5 GHz dotato di 3 stazioni base posizionate nei punti (0,0,20), (50,0,20), (0,50,20), con le coordinate in metri. Si assume che le stazioni base emettono rispettivamente una potenza di 10 W, 5 W, 15 W e che il guadagno d'antenna sia pari rispettivamente a 14 dBi, 18 dBi e 10 dBi.

Si esponga brevemente la normativa Italiana sull'impatto ambientale dei sistemi di radiocom ...

a WiFi 6 V/m, 40 V/m ...

Si determini dapprima la distanza di campo lontano delle sorgenti WiMax aventi dimensione pari a 0.75 m e assumento propagazione ideale di spazio libero → verificare oltre quale distanza che ciascuna radiazione non vengono superati i limiti di esposizione previsti dalla normativa italiana. Si effettui il calcolo delle diverse distanze considerando il contributo di ogni singola sorgente e successivamente si calcoli il contributo totale del campo elettrico dovuto a tutte e tre le stazioni base in un punto corrispondente alla minima distanza individuata.

Campo lontano $r \gg \lambda$ e $r > \frac{2D^2}{\lambda} = \frac{2 \cdot 0.75^2}{0.085} = 13.4\,m$

Il limite di esposizione @ 3.5 GHz è 40 V/m, il limite di attenzione è sempre 6 V/m.

$$40 = \sqrt{\frac{30 P_T G_T}{d}} \Rightarrow d_{MIN} = \frac{\sqrt{30 P_T G_T}}{40}$$

$$d_{1MIN} = \frac{\sqrt{30 \cdot 10 \cdot 25.12}}{40} = 2.170\,m$$

se → 14.67m

6 V/m → 16.2 m

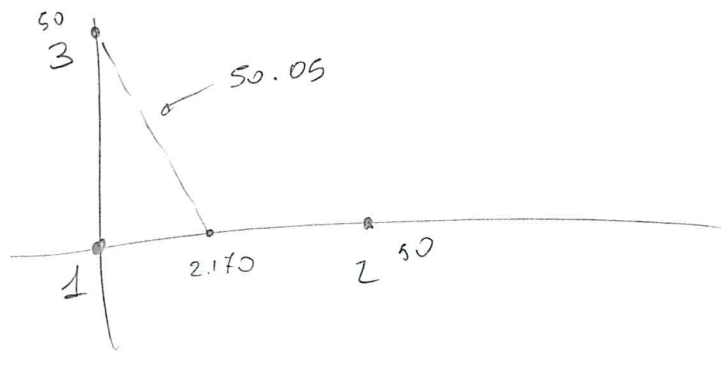
$$d_{2MIN} = \frac{\sqrt{30 \cdot 5 \cdot 63}}{40} = 2.43\,m$$

$$d_{3MIN} = \frac{\sqrt{30 \cdot 15 \cdot 10}}{40} = 1.677\,m$$

→ 11.18 m

Si sommano in potenza

r = 20 m, il piano è



$$E_{TOT}(2.170, 0) = \sqrt{30 \sum \left(\frac{P_{Ti} G_{Ti}}{d_i^2}\right)}$$

$$= \sqrt{30\left(\frac{251}{2.170^2} + \frac{315}{(47.83)^2} + \frac{150}{(50.05)^2}\right)}$$

$= 40.062$

: l'influenza delle altre sorgenti è minima

Si consideri una installazione dove sono presenti diversi impianti

GSM 900 con potenza 20W e guadagno 10 dBi = 10

GSM 1800 con potenza 15W e guadagno 15dBi = 31.6

UMTS 2100 con potenza 10W e guadagno 17dBi = 50

Si esponga brevemente la normativa ...

Attenzione: $6 \frac{V}{m}$

Esp: $20 \frac{V}{m}$

$$d_1^6 = \frac{\sqrt{30 P_T G_T}}{6} = 12.9\,m \qquad d_1^{20} = 1.935 \cdot 2m$$

se singoli

$$d_2^6 = \frac{\sqrt{30 P_T G_T}}{6} = 19.87\,m \qquad d_2^{20} = 2.98 \cdot 2m$$

$$d_3^6 = \frac{\sqrt{30 P_T G_T}}{6} = 20.41\,m \qquad d_3^{20} = 3.06 \cdot 2\,m$$

Si supponga sia aggiunta una stazione radiobase WiMax operante a 5 GHz e con potenza complessiva di 16W e guadagno d'antenna pari a 14 dBi. Si valuti l'aumento del volume di rispetto dovuto all'introduzione nel sito esistente del nuovo impianto wimax

25.12

la domanda precedente se si considerano tutti insieme

$$d^6 = \frac{\sqrt{30(\sum P_i G_i)}}{6} = 24.94\,m \qquad d^{20} = 7.48m$$

Se fosse solo WiMax il valore di attenzione sarebbe 40 V/m.
Ma con le altre, si prende il più restrittivo.

$$d^6 = 36.24\,m \qquad d^{20} = 10.87\,m$$

Se tutte le dimensioni scalano come quella nella direzione di MAX

$$V_1^6 = d \cdot d \cdot h \qquad V_1^{6''} = d \cdot \alpha \cdot d \cdot \alpha \cdot h \cdot \alpha = V_1^6 \cdot \alpha^3 \qquad \frac{V_1^{6''}}{V_1^6} \cdot 100 = \alpha^3 \cdot 100 = 306\%$$

aumento 206%

Si ripete quello precedente ma considerando di enum indoor con il BPL aggiunto

con WiMAX

$$d^{6}_{TOT} = \sqrt{\frac{30\left(\sum_i P_i G_i BPL_i^{-1}\right)}{6}} = 6.65m$$

6.3
31.6
100
316

$$d^{40}_{TOT} = 997\,mm$$

senza WiMAX

$$d^{6}_{TOT} = 6.57$$

$$d^{40}_{TOT} = 985$$

Il volume è 103.7%, con aumento di 3.7%

Si consideri un sistema radiomobile operante a 2.6 GHz e dotato di 3 stazioni base posizionate nei punti (0,0), (2000,0), (0,2000) con coordinate in metri. Sapendo che ciascuna stazione emette una potenza di 5W e che sono isotrope e prive di perdite si determini con il signal strength la posizione. Le potenze ricevute sono

$S_1 = 0.45597\,nW$ $\quad S_2 = 2.2797\,nW$ $\quad S_3 = 0.45597$

$$P_R = P_T\left(\frac{\lambda}{4\pi R}\right)^2 \Rightarrow \sqrt{\frac{P_T}{P_R}}\left(\frac{\lambda}{4\pi}\right) = R = \frac{20.532\cdot 10^{-3}}{\sqrt{P_R}}$$

$R_{01} = 961.5'\,m$

$R_{02} = 430'\,m$

$R_{03} = 961.5'\,m$

Si può quindi calcolare la posizione precisa (meno senza errori)

$$x_P = \frac{(y_2-y_1)c_3 - (y_2-y_3)c_1}{2[(y_2-y_1)(x_2-x_3)-(y_2-y_3)(x_2-x_3)]} = 1185\,m$$

$y_P = 1000\,m$?

Ora supponiamo di sbagliare in ToA !

$r_i = r_{0i}\cdot K \quad i=1,2,3$

$\varepsilon_i = r_{0i}cK - r_{0i}c = R_{0i}K - R_{0i} = R_{0i}(K-1)$

l'errore totale è stimato come

$$\varepsilon = \frac{\sum \varepsilon_i}{3} = \underbrace{\frac{R_{01}+R_{02}+R_{03}}{3}}_{R}(K-1) = R(K-1)$$

l'errore medio

$\langle\varepsilon\rangle = R(\langle K\rangle - 1)$

$\rho(k) = k\lambda^2 e^{-\lambda k}$

$$\langle k\rangle = \int_0^\infty k^2\lambda^2 e^{-\lambda k}dk = \cancel{\frac{\lambda^2}{-\lambda}\left[k^2 e^{-\lambda k}\right]_0^\infty} + \frac{2\lambda^{\cancel{2}}}{+\cancel{\lambda}}\int_0^\infty k e^{-\lambda k}dk = 2\cancel{\lambda}\left(\cancel{\left[\frac{k e^{-\lambda k}}{-\lambda}\right]_0^\infty} + \int_0^\infty \frac{e^{-\lambda k}}{+\cancel{\lambda}}\right)$$

$$= 2\int_0^\infty e^{-\lambda k}dk = \frac{2}{-\lambda}\left[e^{-\lambda k}\right]_0^\infty = \frac{2}{\lambda}$$

Quindi

$$<\varepsilon> = R\left(\frac{2}{\lambda} - 1\right)$$

Se deve essere inferiore a 30m

$$\frac{\cancel{30}}{\cancel{10}} = \frac{784.3}{\cancel{100}}\left(\frac{2}{\lambda} - 1\right) \qquad \frac{2}{\lambda} = 1.0383 \implies \lambda = \frac{2}{1.0383}$$

$$\lambda \geq 1.9263 \qquad \frac{2}{\left(\frac{<\varepsilon>}{R} + 1\right)} = \lambda$$