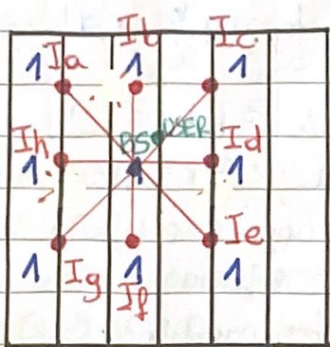


$$\min\left(\frac{S}{I}\right) \cong \frac{P \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^{-2} \cdot \frac{1}{R^2}}{P \cdot \sum_k d_k^{-2}} = 1,21 \quad \text{ή} \quad 0,82 \text{ dB}$$

JB Στο downlink  
μελέτω παρεμβολές  
από mobile user από BSs.

2)



$$\min\left(\frac{S}{I}\right) = \frac{\min(S)}{\max(I)}$$

$$\min(S) \cong P \cdot \left(\frac{R\sqrt{2}}{2}\right)^{-2}$$

$\max(I) \Rightarrow$  Ελάχιστη απόσταση interference  
user και BS ~~target~~

$$\bullet I_a = I_c = I_e = I_g \cong P \cdot \left(\sqrt{\left(\frac{3R}{2}\right)^2 + \left(\frac{3R}{2}\right)^2}\right)^{-2} = P \cdot \left(\frac{3\sqrt{2}}{2} \cdot R\right)^{-2}$$

$$\bullet I_b = I_d = I_f = I_h \cong P \cdot \left(\sqrt{\left(\frac{3R}{2}\right)^2 + 0^2}\right)^{-2} = P \cdot \left(\frac{3R}{2}\right)^{-2}$$

$$\bullet \min\left(\frac{S}{I}\right) = \frac{P \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot R\right)^{-2}}{\sum_k P \cdot d_k^{-2}} \rightarrow 0,74 \text{ ή } -1,3 \text{ dB}$$

Στο uplink μελέτω παρεμβολές  
από BS από mobile users.

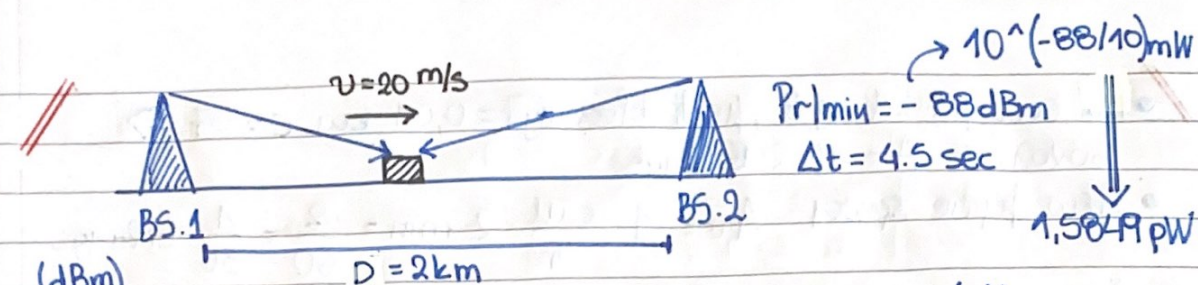


### ΑΣΚΗΣΗ

Έχω έναν κινητό χρήστη με  $v = 20 \text{ m/s}$  πάνω σε οδό που ενώνει BS1 και BS2. Δίνεται η απόσταση μεταξύ BSs  $2 \text{ km}$ . Για model path loss χρησιμοποιούμε απλή κλίση με  $P_0 = 1 \text{ mW}$  και  $d_0 = 1 \text{ m}$ ,  $n = 2.9$ . Ο χρόνος που χρειάζεται για να γίνει μια μεταβολή είναι  $\Delta t = 4.5 \text{ sec}$ . Ελάχιστη ελαστικότητα δέκτη  $P_{\min} = -88 \text{ dBm}$ .

Να υπολογιστεί η ελάχιστη ισχύς μεταβολής για την οποία πρέπει να ξεκινήσει η διαδικασία μεταβολής ώστε να είναι transparent η διαδικασία (απουσία διακοπής δηλαδή). Τι παρατηρείς αν έχουμε μεγάλη και μικρή ισχύ μεταβολής.





$$P_r = P_0 (\text{dBm}) - 10 \cdot n \cdot \log\left(\frac{d}{d_0}\right) = 0 \text{ dBm} - 10 \cdot 2.9 \cdot \log\left(\frac{d}{1}\right) \Leftrightarrow$$

$$P_r = -29 \cdot \log(d) \cdot \text{Αρα, } P_r|_{\min} = -29 \cdot \log(d_{\max})$$

$d_{\max}$ : μέγιστη απόσταση από BS.1 (αυτήνα ραδιοκύβερ)

$$\Rightarrow d_{\max} = 10^{(-P_r|_{\min}/29)} = 1083 \text{ m}$$

$$P_{\text{hand-over}} = -29 \cdot \log(d_{\text{hand-over}}) (\text{dBm})$$

Για transparent hand-over:  $d_{\max} - d_{\text{hand-over}} \geq v \cdot \Delta t$

(να έχει ολοκληρωθεί το hand-over πριν χάσω κύμα).

$$P_{r, \text{BS.2}} > P_r|_{\min}$$

$$1083 - 10^{(-P_{\text{hand-over}}/29)} \geq 20 \cdot 4.5 \Leftrightarrow P_{\text{HO}} \geq -86.9 \text{ dBm}$$

$$\{P_{\text{hand-over}} \equiv P_{\text{HO}}\}$$

Αν το  $P_{\text{HO}}$  αυξάνει, αυξάνεται η πιθανότητα περπατών μεταφορικών.

Αν το  $P_{\text{HO}}$  μειώνει, υπάρχει κίνδυνος να μην ολοκληρωθεί

η μεταφορά πριν γίνει η ζεύξη με τον BS.1

### ΑΣΚΗΣΗ

Ένα κυκλικό σύστημα, στο οποίο οι φασματικές κλίσεις αντιστοιχούν  $\{E_{\text{frag-B}}\}$  αμέσως από το σύστημα με  $P[\text{blocking}] = 0.01$  με μέσο φορτίο χρήστη 1 call/h με διάρκεια (μέση) κλήσης 2 min. Τα καλώδια ανά κύβερ είναι 57 και χρησιμοποιούνται ομοιοπαρεωδυντικές κλίσεις στα BS. Να υπολογιστούν οι απώλειες σε χρήστες λόγω μειωμένου κέρδους ομαδοποίησης αν οι omni-directional κλίσεις αντικαταστούν με sectorized antennas  $60^\circ$ , ώστε κάθε κλίση να καλύπτει 1 τμήμα από τους 6 τομείς.



- Για σύστημα Erlang B, με  $P[\text{blocking}] = 0,01$  και  $C = 57 \Rightarrow$  συνολικά  $A = 44,2$  Erlangs.
- Μέσο φορτίο χρήστη:  $A_u = 1 \cdot \frac{\text{call}}{h} \cdot 2 \cdot \text{min} = \frac{2}{60} = \frac{1}{30}$  Erlangs.
- Διαχωρίζω κανάλια ανά sector: 10, 10, 10, 9, 9, 9  
(δίνω  $C_1 = C_2 = C_3 = 10$ ,  $C_4 = C_5 = C_6 = 9$ ).  
Επομένως,  $\forall$  sector έχω φορτίο:  $A_1 = A_2 = A_3 = 4,45$  Erlangs  
 $A_4 = A_5 = A_6 = 3,75$  Erlangs

$$A_{\text{new}} = \sum_{i=1}^6 A_i = 24,6 \text{ Erlangs συνολικά των κελιών.}$$

- Κέρδισα σε μείωση παρεμβολών (CCI) αλλά έχω σε ηλίθια συνολικά χρήσιμων
- $N_{\text{αρχικό}} = \frac{A}{A_u} = \frac{44,2}{1/30}$ ,  $N_{\text{τελικό}} = \frac{24,6}{1/30} \Rightarrow$  έχω 558 users ✗

### ΑΣΚΗΣΗ

Να υπολογιστούν οι διαστάσεις δικτύου κινητών επικοινωνιών με τα κάτωθι δεδομένα:  $f_c = 900 \text{ MHz}$ ,  $P_{\text{out}} = 0,02$ , Περιοχή κάλυψης  $50 \times 50 \text{ m}^2$ , ισχύς σταθμού βάσης 1 Watt, ελαττώσεις κινητού δέκτη -104 dBm.  
Μοντέλο απώλειών:  $L = -10 + 40 \cdot \log(d)$  (dB) με  $d: \text{m}$ . Πυκνότητα κατοίκων  $1000 / \text{km}^2$ , βαθμός διείσδυσης υπερείας 50%, επιδιωκόμενο περιόδο παρόχου στον αέρα 60%, πρακτική ευδρομική: 1 σταθ 2 κάνει διάγραμμα κλήσης 1,5 min.

- $P_t = 1 \text{ W}$  ή 30 dBm.  $P_{r \text{ min}} = P_t - L(d_{\text{max}}) = P_{th} = -104 \text{ dBm}$   
 $\Rightarrow L(d_{\text{max}}) = P_{th} + P_t = 134 \text{ dB}$  (ΠΡΟΣΟΧΗ, όχι dBm ή dBW)  
Αρα  $40 \cdot \log d_{\text{max}} = 144 \text{ dB} \Rightarrow R_{\text{coverage}} \equiv d_{\text{max}} = 3,981 \text{ km}$



⊗ Αν έχω après διαλείψεις large fading  $\Rightarrow$  Raynormal distribution.

Για εξαγωνική κελιά:  $E_{cell} = \frac{3\sqrt{3}}{2} \cdot R_{coverage}^2 = 41,19 \text{ km}^2$

Αρα, αριθμός κελιών:  $\# cell = \frac{2.500 \text{ km}^2}{E_{cell}} = 61 \text{ cells}$

• Πυκνότητα χρηστών =  $50\% \cdot 1000 / \text{km}^2 = 500 / \text{km}^2$

Πυκνότητα συνδρομητών =  $60\% \cdot 500 / \text{km}^2 = 300 / \text{km}^2$

Αρα,  $\#$  συνδρομητών per cell =  $300 / \text{km}^2 \cdot 41,19 \text{ km}^2 \Leftrightarrow$

$\#$  συνδρομητών per cell = 12.357

• Προφίλ συνδρομής:  $A_{user} = \frac{0,5 \cdot 1,5 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 12,5 \cdot 10^{-3} \text{ Erlangs}$

Αρα, φορτίο ανά κελιά:  $12.357 \cdot 12,5 \cdot 10^{-3} = 155 \text{ Erlang/cell}$

• Με χρήση Erlang-B (M/M/c/c),  $P_{outage} = P[\text{block}] = 0,02$

Βρίσκω ότι χρειάζομαι πλήθος καναλιών/cell:  $c = 168 \text{ channels}$  ✗

### ΑΣΚΗΣΗ

Σύστημα κινητών επικοινωνιών λειτουργεί υπό après διαλείψεις μικρής κλίμακας (Rayleigh distribution) ⊗. Ο μέσος συμπαρονομικός λόγος είναι 4dB. Το σύστημα βγαίνει εκτός λειτουργίας όταν ο συστηματικός SNR είναι  $< -5\text{dB}$  για φωνή,  $< 0\text{dB}$  για data.

- 1) Ποιες είναι οι πιθανότητες εκτός λειτουργίας δύο συστημάτων  
(SC) ← λήψης επιλεγμένου σταθμού 2 και 4 κλάδων.
- 2) Το διαφορετικό μέγεθος θα είναι μεγαλύτερο ή μικρότερο:
- αν είχαμε επιλεγμένο δέκτη μεγίστου λόγου (MRC)
  - αν τα κανάλια ήταν συνδυαζόμενα.

// 1)  $\overline{SNR} = 4\text{dB} = 10^{4/10} = 2,512$

$P_{outage} = [1 - \exp(-SNR_{th} / \overline{SNR})]^L$  για L branches, Selection Combining

$SNR_{th} / \text{voice} = 10^{(-5/10)} = 0,3$

$SNR_{th} / \text{data} = 10^{(0/10)} = 1$



Επομένως  $P_{\text{outage}}|_{\text{voice}, L=2} = 0,01265$

$P_{\text{outage}}|_{\text{voice}, L=4} = 1,60110 \cdot 10^{-4}$

$P_{\text{outage}}|_{\text{data}, L=2} = 0,1076$

$P_{\text{outage}}|_{\text{data}, L=4} = 0,0115$

2) i) Για ίδιο αριθμό κλάδων το διαφορικό υψός του MRC είναι μεγαλύτερο του SC

ii) Για συσχετισμένα branches το διαφορικό υψός είναι μικρότερο γιατί δω έχω πρόσθετο πιθανότητες αλλά συσχετισμένες πιθανότητες.  $\square$