

Node selection Simulation

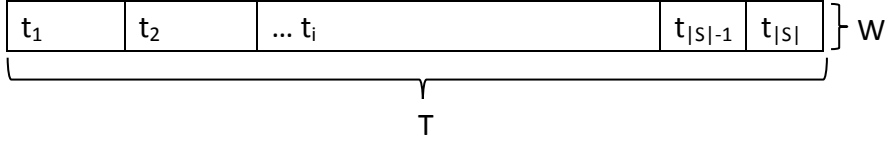
1. 隨機產生 $N=100$ 個 node 的位置，均勻分布在半徑 300m cell 裡，形成一個 node set $V = \{1, 2, \dots, N\}$ ，Cluster Head (CH) 在圓心。均勻分布的產生方法：
 $r = R \cdot \sqrt{\text{rand}(1,N)}$; $\theta = 2 \cdot \pi \cdot \text{rand}(1,N)$;
 $x = r \cdot \cos(\theta)$; $y = r \cdot \sin(\theta)$;
2. 產生 covariance matrix $[\Sigma]_{N \times N}$: $\sigma_{ij} = \sigma_i \sigma_j \exp(-d_{ij}^2/a)$ ，其中 $\sigma_i \sigma_j$ 為 node i, j 的 variance， d_{ij} 為 node i, j 的距離(m)。設 $a = 2500$ ， $\sigma_i = \sigma_j = 0.5$ 。
3. 我們所要解的問題：

$$\begin{aligned} \text{Objective} \quad \max_{S \subseteq V} H(X_S) &= \frac{1}{2} \log_2 [(2\pi e)^{|S|} \det(\Sigma_S)] - |S| \log_2 \Delta \\ &= \frac{1}{2} \log_2 \left[\left(\frac{2\pi e}{\Delta^2} \right)^{|S|} \det(\Sigma_S) \right] \dots (1) \end{aligned}$$

$$\text{Subject to} \quad W \log_2 \left(1 + \frac{G_i P_i}{W N_0} \right) \geq \frac{H(X_i)}{t_i} = \frac{1}{2t_i} \log_2 \left(\frac{2\pi e \sigma_i^2}{\Delta^2} \right) \quad i \in S \dots (2)$$

$$\sum_{i \in S} t_i \leq T \dots (3)$$

也就是我們要在有限的資源 (總傳輸時間 T ，以及頻寬 W) 中上傳最大的訊息量 $H(X_S)$ 。由於我們使用 TDMA 的傳輸方式，因此每個人所分到的傳輸時間總和不能大於資源 T ；此外每個 node 的傳輸速率也不能大於其 channel capacity， $|S|$ 為 set S 的大小 (element 個數)。



4. Cross Entropy Algorithm

- 1) 由不等式(2)算出每個 node 所需最小傳輸時間 t_{mi} : $t_m = \{t_{m1}, t_{m2}, \dots, t_{mN}\}$
- 2) 初始化機率向量值 $p_{1 \times N} = [1/2, 1/2, \dots, 1/2]$ ，每個 element 對應到每個 node 被選到的機率。設 $HM = 0$ ， $S = 0_{1 \times N}$ 。
- 3) 根據機率 p 產生 $8N$ 個 random binary sequence $x = [1, 0, 0, \dots, 1]$ ，其中 1 代表該 node 被選到，0 代表沒被選到。
- 4) 對於每個 binary sequence $x^{(k)}$ ，如果其選到的 node $\sum_i x_i^{(k)} t_{mi} \leq T$ ，則此 sequence 為一可行解，否則將選到的 node 中 t_m 最大者捨棄 ($x_j = 0$)，直到滿足 $\sum_i x_i^{(k)} t_{mi} \leq T$ 。如此這 $8N$ 個 binary sequence 皆為可行解
- 5) 算出每個 sequence 的 objective $\{H_1, H_2, \dots, H_{8N}\}$ 並將他們由大到小排序 $\{H_{l(1)}, H_{l(2)}, \dots, H_{l(8N)}\}$ ， l 為所對應的 index；如果最大的值大於 HM ，則 $HM = H_{l(1)}$ ， $S = x^{l(1)}$ 。

6) 選出前 20%最大的 r 個 H_i 所對應的 sequence ($r=8*100*0.2=160$) $\{x^{l(1)}, x^{l(1)}, \dots, x^{l(1)}\}$, 更新機率向量 $\mathbf{p} = \alpha \cdot \mathbf{p} + \frac{1-\alpha}{r} \sum_{j=1}^r \mathbf{x}^{l(j)}$

7) 重複步驟(3)直到機率向量每個 element 收斂至 0.05 或 0.95 (大概跑 30~100 iterations), 最後得到解 HM 以及 set S。

5. 參數設定

Quantization step: $\Delta = 2^{-8}$

Channel gain: $G_i = 10^{-13.11} \cdot d_i^{-4.281}$, d_i 為 node 與 CH 的距離 (單位 km)

TX power: $P_i = 0.01\text{Watt}$

Bandwidth: $W = 180\text{kHz}$

Noise Power density: $N_0 = 10^{-12}\text{W/kHz}$

Total time length: $T = 10\sim 60\text{ms}$, 可以自己調表示資源的多少。資源少時無法讓所有人上傳, 資源多時則所有人皆能傳。