

## Ôn thi cuối kỳ Mạng không dây

Nội dung tập trung:

1. Bài tập chương 2
2. Mạng tế bào và bài tập liên quan đến quản lý tần số
3. Csma, Aloha và bài tập liên quan
4. Định tuyến trên mạng adhoc không dây, bài tập liên quan
5. Định vị kênh

## 1. Bài tập chương 2 (Các cơ chế lan truyền)

### 1.1. Lí thuyết

Các cơ chế:

- Ground wave ( $2 < \text{MHz}$ ): Sóng thấp, AM, radio
- Sky wave (2-30 MHz): Sóng ngắn bị phản xạ ở tầng điện li  $\rightarrow$  phát thanh quốc tế
- Space wave ( $>30\text{MHz}$ ): Chỉ đi theo đường thẳng  $\rightarrow$  điện thoại di động, hệ thống vệ tinh

Decibel (dB):

$$\text{bel} = \log_{10} \frac{P_1}{P_2} \quad | \quad P_1, P_2 \text{ là các giá trị công suất} \quad | \quad 1 \text{ decibel} = 10 \text{ bel}$$

dBm: - Đơn vị đo (công suất) tuyệt đối

-  $100 \text{ mW} = +20\text{dBm}$

- Có thể dùng công thức:  $P_{\text{mW}} = \log^{-1} \frac{P_{\text{dBm}}}{10}$  |  $P_{\text{dBm}} = 10 \log(P_{\text{mW}})$

**Luật 6dB:** Nếu tăng gấp đôi khoảng cách giữa điểm phát và nhận  $\rightarrow$  tín hiệu nhận được suy hao 6dB.

**Luật 3s&10s:**

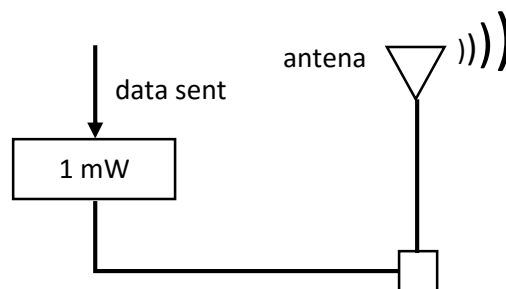
- Với mỗi 3dB khuếch đại,  $\text{mW} = 2\text{mW}$
- \_\_\_\_\_ 10dB \_\_\_\_\_,  $\text{mW} = 10\text{mW}$
- \_\_\_\_\_ 3dB suy hao,  $\text{mW} = 1/2\text{mW}$
- \_\_\_\_\_ 10dB \_\_\_\_\_,  $\text{mW} = 1/10\text{mW}$

### 1.2. Bài tập

**BT 1.1.** Cho nguồn phát  $1\text{mW}$ . Tính công suất dBm sau 3 lần tăng gấp đôi nguồn phát?

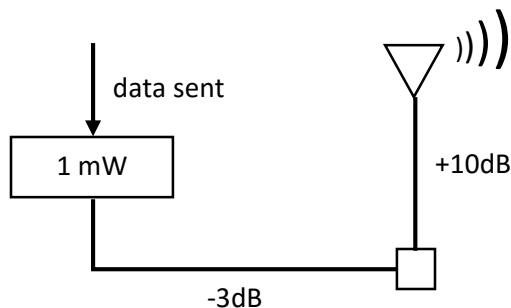
3+				*2
10-				$\div 10$
	dBm	mW		
	0	1		
+3	3	2	*2	
+3	6	4	*2	
+3	9	8	*2	

Đáp số: 9dBm



**BT 1.2.** bridge: 100mW, dây đầu nối: suy hao 3dB, anten: khuếch đại 10dB.

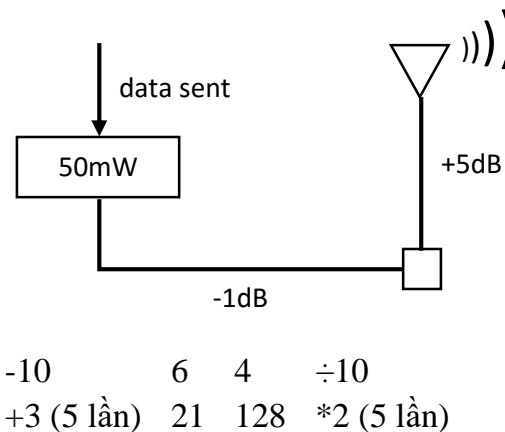
	dBm	mW	
	0	1	
+10	10	10	*10
+10	20	100	*10
-3	17	50	÷2
+10	27	500	*10



Đáp số: 27dBm

**BT 1.3.** bridge: 50mW, dây đầu nối: suy hao 1dB, anten: khuếch đại 5dB

	dBm	mW	
	0	1	
+10	10	10	*10
+10	20	100	*10
-3	17	50	÷2
-10	7	5	÷10
+3 (3 lần)	16	40	*2 (3 lần)
+10 (2 lần)	36	4000	*10 (2 lần)
-3 (5 lần)	21	125	÷2 (5 lần)



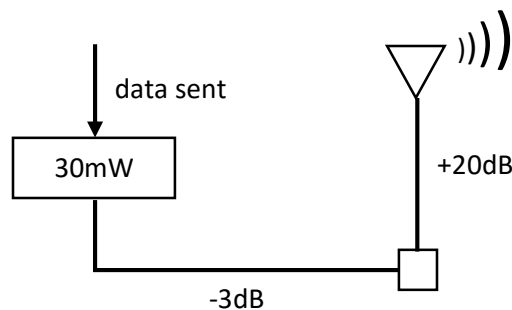
Đáp số: 125 hoặc 128 (cách nào cũng đúng)

**BT 1.4.** bridge: 30mW, dây đầu nối: suy hao 3dB, anten: khuếch đại 20dB

Không thể áp dụng luật 3s&10s

Cách 1:

	dBm	mW	
	x (unkown)	30	
-3	x-3	15	÷2
+10	x+7	150	*10
+10	x+17	1500	*10



Cách 2:

$$P_{dBm} = 10 \log(P_{mW}) = 10 \log(30) = 14,7712$$

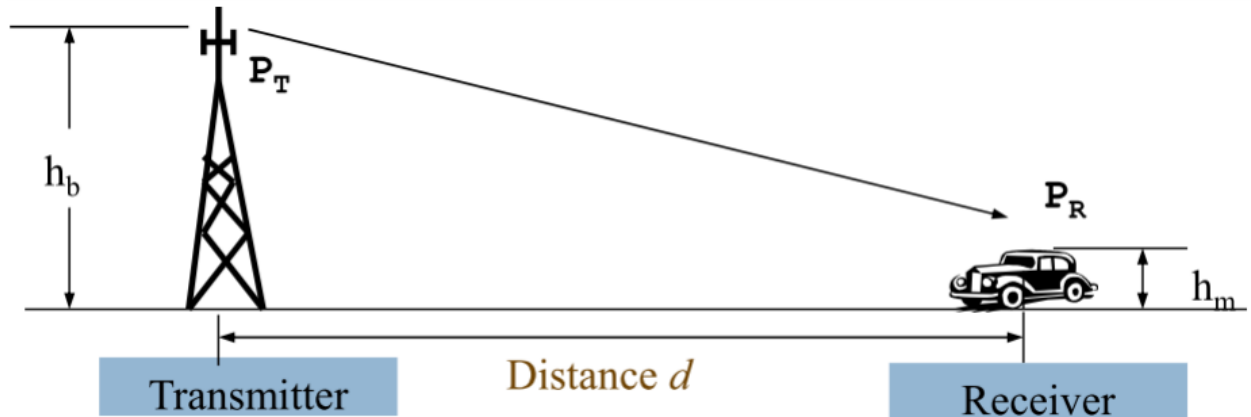
dBm	mW
14.7712	30

## 2. Bài tập chương 2 (Lan truyền)

### 2.1. Lý thuyết

#### Mô hình Free Space Propagation

Page | 4



Mức năng lượng nhận được bởi một anten ở phía nhận (công thức free space Friis)

$$P_r = P_t \frac{G_t G_r \lambda^2}{(4\pi d)^2 L}$$

$P_r$  = Cường độ tín hiệu tại anten nhận

$P_t$  = \_\_\_\_\_ phát

$\lambda$  = Bước sóng của sóng mang =  $\frac{c}{f}$

$G_t$  = Mức khuếch đại (gain) của anten phát

$G_r$  = Mức khuếch đại (gain) của anten thu

$d$  = khoảng cách giữa các anten (đv: mét)

$L$ : Tham số suy hao của hệ thống ( $L \geq 1$ )

#### Mô hình Path Loss

*Path Loss (Suy hao trên đường truyền)*: Mức suy hao tín hiệu được đo bằng dB và là 1 đại lượng  $> 0$ , được định nghĩa là sự khác nhau giữa mức năng lượng hiệu dụng phát ra bởi transmitter và mức năng lượng nhận được.

- Cường độ tín hiệu suy giảm theo hàm mũ của khoảng cách  $d$  giữa transmitter và receiver;
- Tùy theo môi trường, mức độ suy hao tỉ lệ với một giá trị trong khoảng  $d^2$  và  $d^4$

$$L_P = \frac{P_t}{P_r} = \frac{(4\pi d)^2 L}{G_t G_r \lambda^2}$$

#### Lan truyền mặt đất (Land Propagation)

Cường độ tín hiệu nhận được  $P_r = \frac{G_t G_r P_t}{L}$

## 2.2. Bài tập

Page | 5

**BT 2.1.** Giả sử 2 anten \_\_\_\_ mỗi anten có mức khuếch đại tr.tiếp là 3dB, được sắp xếp để gain chính xác. Nếu tần số là 100MHz, năng lượng phát là 1W và 2 anten cách nhau 10km.

Tính mức năng lượng nhận được?

Giải

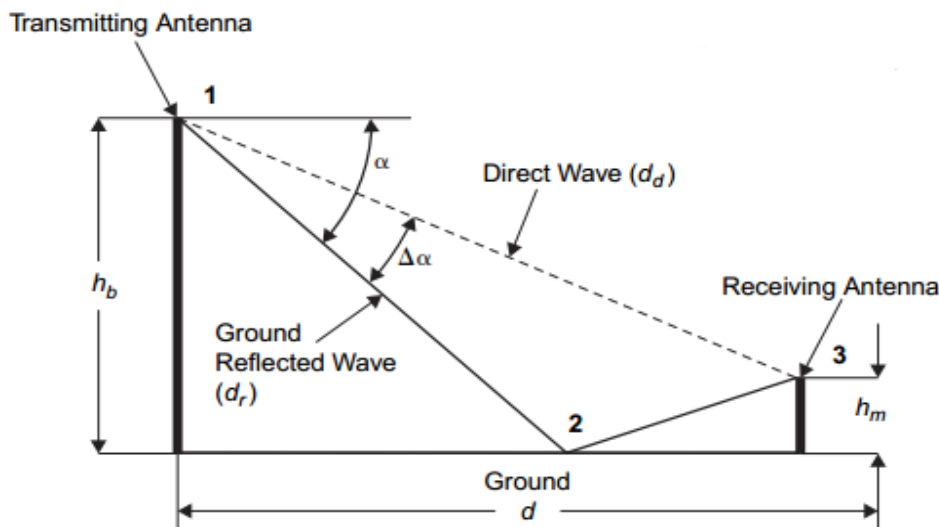
Trong môi trường free space ta có  $L = \frac{P_t}{P_r} = \frac{(4\pi d)^2}{G_t G_r \lambda^2}$

Với  $\lambda \cdot f = c$  ta có mức năng lượng nhận được là:

$$P_r = P_t \frac{G_t G_r c^2}{(4\pi f d)^2} = 2,28 \cdot 10^{-9} \text{ W}$$

Trong đó:  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ,  $f = 100 \text{ Mhz}$ ,  $G_t = G_r = 10^{3/10} = 10^{0.3} = 2$ ,  $P_t = 1 \text{ W}$

**BT 2.2.** Với  $h_b = 100 \text{ ft}$ , và  $h_m = 5 \text{ ft}$ , tần số là 881,52MHz ( $\lambda = 1,116 \text{ ft}$ ), khoảng cách 5000ft. Mức khuếch đại của anten tương ứng là 8dB và 0dB. Tính mức năng lượng nhận được trong không gian tự do và do sự phản xạ?



Giải

$$G_b = 8 \text{ dB} = 10^{0.8} = 6,3; G_m = 0 \text{ dB} = 1,0$$

Mức năng lượng nhận được trong m.tr' tự do:

$$\frac{P_t}{P_r} = \frac{(4\pi d)^2}{G_b G_m \lambda^2} = \frac{(4\pi 5000)^2}{1,6 \cdot 3,1,116^2} = 87 \text{ dB}$$

Mức năng lượng nhận được do phản xạ:

$$\frac{P_t}{P_r} = \frac{(d)^2}{G_b G_m (h_b h_m)^2} = \frac{(5000)^2}{6,3.1(100.5)^2} = 86dB$$

**BT 2.3.** 2 kết nối radio được thiết lập giữa 4 user. User S1 truyền đến R1, S2 => R2. R1=R2 = mức năng lượng phát P. SIR tối thiểu chấp nhận được tại receiver là 10dB. Giả định mô hình lan truyền phụ thuộc vào hàm mũ của khoảng cách:

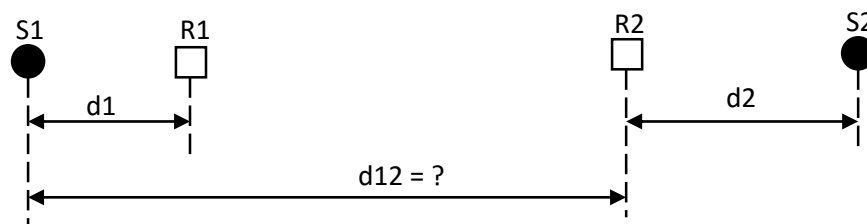
$$P_r = c P_t d^{-\alpha}$$

$\alpha$ : là hằng số suy hao

c: là một hằng số

- Tìm khoảng cách tối thiểu giữa S1, R2 (d12) để S2 đạt được giá trị SIR chấp nhận được tại R2 khi  $\alpha=2$  và  $\alpha=4$
- Biểu diễn d12 theo d2

$$SIR = \frac{S}{I} = \frac{\text{Cường độ tín hiệu}}{\text{Cường độ nhiễu}}$$



Giải

- SIR tại R2:  $\frac{S}{I} = \frac{c P_{t2} / d2^{-\alpha}}{c P_{t1} / d12^{-\alpha}} = \frac{P / d2^{-\alpha}}{P / d12^{-\alpha}} = \left( \frac{d12}{d2} \right)^{-\alpha} \geq 10$   
 $\Leftrightarrow d12 \geq d2.10^{-\alpha}$   
 $\Leftrightarrow d12 \geq \begin{cases} 3,1623d2, \alpha=2 \\ 1,7783d2, \alpha=4 \end{cases}$

- $d12 = d - d2$

**BT 2.4.** Một MT có output 0,1W ở tần số 2GHz. Giả định anten phát và đầu thu đều có dạng parabol và đường kính 1,2m

- Tính độ lợi (độ khuếch đại, gain) của mỗi anten theo dB. Biết  $G = \frac{7A}{\lambda^2}$ , A là diện tích bề mặt parabol.  $G[dB] = 10 \log(G)$
- Tìm mức năng lượng phát hiệu dụng (ERP) của anten phát, có xét đến gain.
- Nếu anten phát & nhận cách nhau 24km trong môi trường free space. Tìm mức năng lượng nhận được tại anten thu, theo dBm.

Giải

-

$$A = S = \pi r^2 = \pi \cdot 0,6^2 = 1,1304; \quad \lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 10^9} = 0,15$$

$$G = \frac{7A}{\lambda^2} = \frac{7 \cdot 1,1304}{0,15^2} = 351,85$$

$$G[dB] = 10 \log(G) = 25,46dB$$

$$b) \text{ ERP} = P_t \cdot G_t = 0,1(W) \cdot 351,85 = 35,185(W)$$

c) Mức năng lượng  $P_r$  tại thiết bị thu được tính theo công thức sau:

$$P_r = \frac{P_t}{L} = \frac{G_t G_r \lambda^2}{(4\pi d)^2} \text{ Với } P_t = 0,1W, L \text{ là suy hao tự nhiên}$$

$$P_r(dBm) = 10 \log(P_r)$$

$$= 10 \log(P_t) - 10 \log(L)$$

$$= 10 \log(100) - 10 \log(L)$$

$$= 20dBm + 10 \log(G_t) + 10 \log(G_r) - 20 \log(4\pi) - 20 \log(d) - 20 \log(\lambda)$$

$$= 20dBm - 75,12dB = -55,14dB$$

$$\text{Với } \lambda = c/f; \quad f = 2,4GHz; \quad d = 2,4 \cdot 10^4 m$$

**BT 2.5.** Tính khoảng cách giữa điểm truyền và nhận với sự suy hao trên đường truyền cho phép là 150dB và shadow effect 10dB. Suy hao được tính bằng công thức:

$$L = 133,2 + 43 \log d. \text{ Với } d \text{ là khoảng cách tính bằng km}$$

*Giải*

$$150 = 133,2 + 40 \log d + 10$$

$$\log d = 6,8/40 = 0,17$$

$$d = 10^{0,17} = 1,48 \text{ km}$$

### 3. Mạng tế bào và bài tập liên quan đến quản lý tần số

#### 3.1. Lí thuyết

##### *Mạng tế bào*

- Ý tưởng từ Bell lab những năm 1950
- Thực hiện đầu tiên vào những năm 1970
- Để quản lý một số lượng lớn user trên một diện tích rộng lớn với tài nguyên phổ có giới hạn. Giải pháp là phải chia nhỏ diện tích để có thể tái sử dụng tần số
- Thuật ngữ “Tế bào - cell” là thực hiện chia vùng phục vụ mặt đất thành những vùng nhỏ “tế bào - cell”, mỗi cell này sẽ có 1 anten phát có chiều cao thích hợp và với công suất thấp.
- Trong mỗi cell có một trạm gốc (BTS – Base Station) có chức năng kết nối vô tuyến với các thuê bao (trạm di động – MS – Mobile Station)
- Sử dụng nhiều tần số sóng mang.
- Các cell kề nhau sử dụng tần số khác nhau

- Thực tế đường kính cell biến đổi từ 100m đến 35km phụ thuộc vào mật độ thuê bao, địa hình và công suất thu phát của trạm gốc
- Khi một thuê bao di chuyển từ cell này sang cell khác, trạm gốc ở cell mới sẽ tiếp quản (handover) thuê bao này từ trạm gốc ở cell cũ

Page | 8

### Cell

- Cell là vùng phủ sóng của một trạm truyền phát hoặc BS
- Cell là một hình lục giác đều có chiều dài cạnh R

Diện tích

$$S = 6 \times \frac{R}{2} \times \sqrt{3} \times \frac{R}{2} = \frac{3\sqrt{3}R^2}{2} = 2.598R^2 \quad \text{Chu vi} = 6R$$

- Các cell phân thành nhóm gọi là Cluster
- Thông thường 1 cluster có 1, 3, 4, 7, 9,... Cell
- Vùng bao phủ của 1 cluster gọi là footprint
- Cluster được lặp lại trong toàn mạng.
- Các kênh tần số sẽ được tái sử dụng trong các cluster.
- Mỗi cluster sẽ sử dụng toàn bộ phổ tần số của mạng
- Mỗi một Base station được cấp phát một nhóm các kênh để sử dụng trong một vùng được bao phủ bởi cell.
- Những BS kề nhau được cấp phát các kênh hoàn toàn khác nhau.
- Anten của BTS được thiết kế sao cho chỉ bao phủ trong một vùng nhất định => tái sử dụng tần số trong mạng.



## Cluster-Cellular: Tổng quát

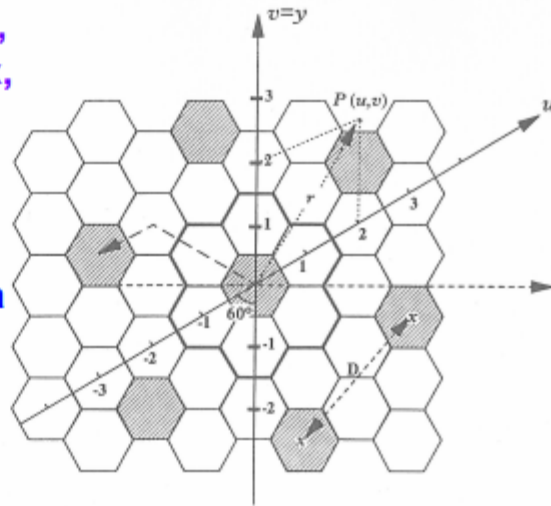
Bắt đầu bằng cell đầu tiên,  
di chuyển  $i$  cell theo trục  $x$ ,  
sau đó  $j$  cell theo trục  $y$ .

Gọi  $N$  là số cell của 1  
cluster

Gọi  $D$  là khoảng cách giữa  
2 cell kế nhau sử dụng  
chung 1 tần số.

$$D = \sqrt{3N} R$$

$$N = i^2 + ij + j^2$$



9:53

Với  $i, j$  là số nguyên dương (0, 1, 2...) thỏa:  $i \geq 1$  và  $i \geq j$

*Kích thước Cell*

- MACRO:
  - Vùng phủ sóng: toàn bộ khu vực đô thị khoảng 80,5km đường kính
  - Anten đặt tại các vị trí cao, không bị cản trở bởi địa hình hoặc nhà cao tầng
  - Macro cell được dùng để bao phủ các phạm vi rộng nhất của mạng tế bào. Thường thấy ở các khu vực nông thôn hoặc dọc đường cao tốc
- MICRO:
  - Sử dụng trên một khu vực nhỏ hơn như trong một khu vực đô thị đông dân cư
  - Cho phép tái sử dụng tần số
  - Phạm vi phủ sóng nhỏ hơn 1,6km
- PICO
  - Nhỏ nhất của cell trong hệ thống truyền thông cá nhân (PCS) hoặc PCN
  - Sử dụng nhiều nhất trong kết nối với 3G system
  - Phạm vi tương đối nhỏ, như một toà nhà đơn lẻ, hoặc một city block
- FEMTO
  - Được sử dụng trong nhà hoặc văn phòng nhỏ
  - Femto cell là nhỏ nhất, là hệ thống 3G có công suất thấp được cắm vào một thiết bị bằng thông rộng để cung cấp tín hiệu điện thoại di động trong nhà

*Nhiều đồng kênh (Co-channel Interference)*

Nhiều đồng kênh là ảnh hưởng giữa các cell dùng chung tần số. Với cấu trúc cell hình lục giác, hệ số tái sử dụng đồng kênh Q được định nghĩa là:

$$Q = D / R = \sqrt{3N}$$

Q nhỏ: dung lượng cao, Q lớn: chất lượng truyền tốt

Gọi S là công suất thu từ BTS mong muốn,  $I_i$  là công suất thu từ các BTS đồng kênh, SIR là tỉ lệ của S/ $I_i$ , ta có:

$$SIR = S / I = \frac{S}{\sum_{i=1}^L I_i}$$

$$Q = D/R$$

Trường hợp N = 7 ta có:

$$Q = D/R = \sqrt{3 \times 7} = 4.58$$

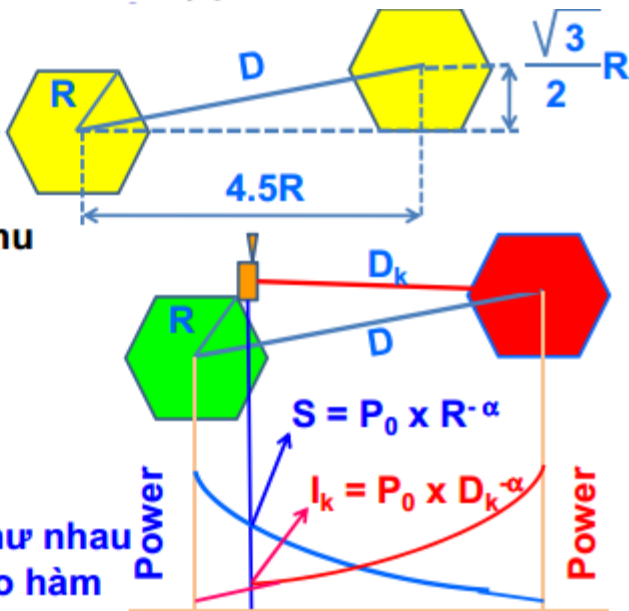
S là công suất tín hiệu thu mong muốn:

$$S = P_0 \times R^{-\alpha}$$

$I_k$  là công suất của BTS thứ k, ta có:

$$I_k = P_0 \times D_k^{-\alpha}$$

BTS phát công suất như nhau  
 $\alpha$  Là hệ số suy hao theo hàm mũ.  $2 < \alpha < 5$



## Downlinks: 1 lớp của 6 Interference

6 nhiễu đồng kênh liền kề

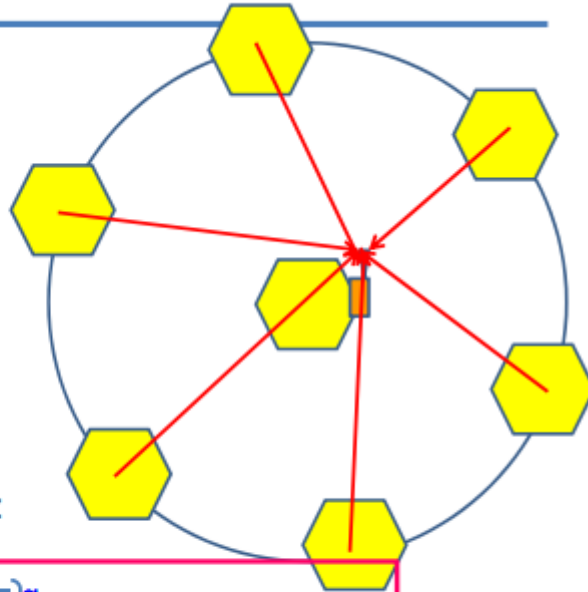
$$\frac{S}{I} = \frac{S}{\sum_{k=1}^6 I_k}$$

$$S = P_0 \times R^{-\alpha} \quad I_k = P_0 \times D_k^{-\alpha}$$

$$SIR = \frac{R^{-\alpha}}{\sum_{k=1}^6 D_k^{-\alpha}} = \frac{1}{\sum_{k=1}^6 \left(\frac{D_k}{R}\right)^{-\alpha}}$$

Giả sử  $D_k \sim D$  với mọi  $k$ , ta có:

$$SIR = \frac{S}{I} = \frac{1}{\sum_{k=1}^6 Q^{-\alpha}} = \frac{Q^\alpha}{6} = \frac{(\sqrt{3N})^\alpha}{6} \iff Q = (6 \times SIR)^{\frac{1}{\alpha}}$$



## Ví dụ 1

Hệ thống AMPS sử dụng điều chế FM có  $SIR = 18\text{dB}$ . Tính hệ số tái sử dụng tần số  $N$ . Giả sử hệ số suy hao đường truyền  $\alpha = 4$

Ta có:  $SIR = 10\log_{10}(S/I) = 18 \rightarrow S/I = 10^{1.8} = 63.1$

$$Q = (6 \times SIR)^{\frac{1}{\alpha}} = (6 \times 63.1)^{0.25} = 4.41$$

$$N = Q^2/3 = (4.41)^2/3 = 6.48 \sim 7$$

## Nhiều kênh liền kề

- ❖ Nhiều kênh kề (Adjacent Channel Interference) gây ra bởi tín hiệu từ các cell kế cận (sử dụng khác tần số) đối với MS trong cell đang xét.
- ❖ Nhiều này xuất hiện do chất lượng bộ lọc tần số không tốt.
- ❖ Cách giải quyết: dùng bộ lọc có hệ số phẩm chất cao hoặc tăng khoảng cách tần số giữa các cell kế cận.

→ Tỷ số SIR trong thực tế sẽ còn nhỏ hơn do tác động của nhiễu kênh kề

## Ví dụ 2

Một hệ thống có 70 kênh, trong đó có 6 kênh được sử dụng để điều khiển. Mỗi cell được cấp 16 kênh. Xác định SIR (dB) của hệ thống giả sử  $\alpha = 5$ .

Số kênh sử dụng thực tế =  $70 - 6 = 64$

$$N = 64/16 = 4$$

$$SIR = \frac{S}{I} = \frac{1}{\sum_{i=1}^6 Q^{-\alpha}} = \frac{Q^{\alpha}}{6} = \frac{(\sqrt{3N})^{\alpha}}{6} \iff Q = (6 \times SIR)^{\frac{1}{\alpha}}$$

$$S/I = (\sqrt{3 \times 4})^5 / 6 = 83$$

$$SIR_{dB} = 10 \log_{10}(S/I) = 10 \log_{10}(83) = 19.1 \text{ dB}$$

### 3.2. Bài tập

**BT 2.1.** Xét một hệ thống cellular với tổng số kênh là 960. Vùng phủ sóng của mỗi cell là  $6 \text{ km}^2$  và tổng vùng phủ sóng của hệ thống là  $2000 \text{ km}^2$ . Tính khả năng hệ thống với:

- Cluster size/N là 4
- N là 7

Nhân rộng bao nhiêu lần với cluster có kích thước là 4 để bao phủ toàn bộ khu vực hệ thống? Giảm yếu tố tái sử dụng  $N$  có tăng khả năng của hệ thống? Giải thích

Giải

Page | 13

- Tổng số kênh sử dụng thực tế = 960
- Vùng cell =  $6\text{km}^2$
- Tổng các vùng =  $2000\text{km}^2$
- Với  $N = 4$ 
  - Vùng bao phủ của cluster:  $4 \cdot 6 = 24\text{km}^2$
  - Số cluster để bao phủ toàn bộ:  $2000/24 = 83,33 \sim 83$
  - Số kênh của mỗi cell:  $960/4 = 240$
  - Khả năng hệ thống:  $83 \cdot 960 = 79680$  kênh
- Với  $N = 7$ 
  - Vùng bao phủ của cluster:  $7 \cdot 6 = 42\text{km}^2$
  - Số cluster để bao phủ toàn bộ:  $2000/42 = 47,62 \sim 48$
  - Số kênh của mỗi cell:  $960/7 = 137,15 \sim 137$
  - Khả năng hệ thống:  $48 \cdot 960 = 46080$  kênh

Khi giảm giá trị của  $N$  từ 7 xuống 4, nó làm tăng năng suất của hệ thống từ 46080 lên 79680 kênh. Do đó, việc tái sử dụng yếu tố  $N$  làm tăng khả năng của hệ thống.

*Cochannel Interference Ratio*

$$N = \frac{1}{3} \left[ 6 \left( \frac{S}{I} \right) \right]^{2/\gamma} \quad \text{Công thức (*)}$$

**BT 2.2.** Xét hệ thống điện thoại di động tiên tiến, trong đó tỉ lệ  $S/I$  là 18dB. Điều gì nên à yếu tố tái sử dụng cho hệ thống? giả định  $\gamma = 4$ . Tương tự với hệ thống GSM có  $S/I$  là 12dB?

Giải

Sử dụng công thức (\*), ta có:

$$N_{\text{AMP}} = \frac{1}{3} [6(10^{1.8})]^{2/4} = 6.486 \approx 7$$

Và

$$N_{\text{GSM}} = \frac{1}{3} [6(10^{1.2})]^{2/4} = 3.251 \approx 4$$

**BT 2.3.**

Consider a cellular system with 395 total allocated voice channel frequencies. If the traffic is uniform with an average call holding time of 120 seconds and the call blocking during the system busy hour is 2%, calculate:

Page | 14

1. The number of calls per cell site per hour (i.e., call capacity of cell)
2. Mean  $S/I$  ratio for cell reuse factor equal to 4, 7, and 12.

Assume omnidirectional antennas with six interferers in the first tier and a slope for path loss of 40 dB/decade ( $\gamma = 4$ ).

**Solution**

For a reuse factor  $N = 4$ , the number of voice channels per cell site =  $395/4 = 99$ . Using the Erlang-B traffic table (see Appendix A) for 99 channels with 2% blocking, we find a traffic load of 87 Erlangs. The carried load will be  $(1 - 0.02) \times 87 = 85.26$  Erlangs.

$$\therefore \frac{N_{\text{call}} \times 120}{3600} = 85.26$$

$$N_{\text{call}} = 2558 \text{ calls/hour/cell}$$

Using Equation 5.16, we get

$$4 = \frac{1}{3} \left[ 6 \left( \frac{S}{I} \right) \right]^{2/4}$$

$$\therefore \frac{S}{I} = 24 \text{ (13.8 dB)}$$

The results for  $N = 7$  and  $N = 12$  are given in Table 5.2.

It is evident from the results that, by increasing the reuse factor from  $N = 4$  to  $N = 12$ , the mean  $S/I$  ratio is improved from 13.8 to 23.3 dB. However, the call capacity of cell (i.e., calls per hour per cell) is reduced from 2558 to 724 calls per hour.



**Table 5.2 Cell reuse factor vs. mean  $S/I$  ratio and call capacity of cell.**

N	Voice channels per cell	Calls per hour per cell ( $N_{\text{call}}$ )	Mean $S/I$ (dB)
4	99	2558	13.8
7	56	1349	18.7
12	33	724	23.3

### Example 5.4

Consider a GSM system with a one-way spectrum of 12.5 MHz and channel spacing of 200 kHz. There are three control channels per cell, and the reuse factor is 4. Assuming an omnidirectional antenna with six interferers in the first tier and a slope of path loss of 40 dB/decade, calculate the number of calls per hour per cell site with 2% blocking during the system busy hour and an average call holding time of 120 seconds. The GSM uses eight voice channels per RF channel.

### Solution

$$\therefore \text{No. of voice channels per cell site} = \frac{12.5 \times 10^6 \times 8}{200 \times 10^3 \times 4} - 3 = 122$$

Using the Erlang-B traffic table for 122 channels with 2% blocking, we find a traffic load of 110 Erlangs. The carried traffic load will be  $(1 - 0.02) \times 110 = 107.8$

$$\therefore \frac{N_{\text{call}} \times 120}{3600} = 107.8$$

$$N_{\text{call}} = 3234 \text{ calls/hour/cell}$$

Using Equation (\*) we calculate the mean  $S/I$  ratio as 13.8 dB.

## 4. Cdma, Aloha và bài tập liên quan

### 4.1. Aloha

Là một giao thức đa truy nhập trong mạng máy tính. Có 2 phương thức truy nhập Aloha: Slotted Aloha và Pure Aloha

- *Pure Aloha*
  - Phát triển trong những năm 1970 cho gói tin của mạng vô tuyến bởi DH Hawaii
  - Mỗi khi thiết bị (MS) có data, nó sẽ truyền
  - Phía gửi sẽ nhận biết quá trình truyền thành công hay thất bại (xảy ra đụng độ) bằng cách lắng nghe tín hiệu broadcast từ trạm đích
  - Nếu thất bại, phía gửi sẽ gửi lại sau một thời gian ngẫu nhiên
- *Slotted Aloha*

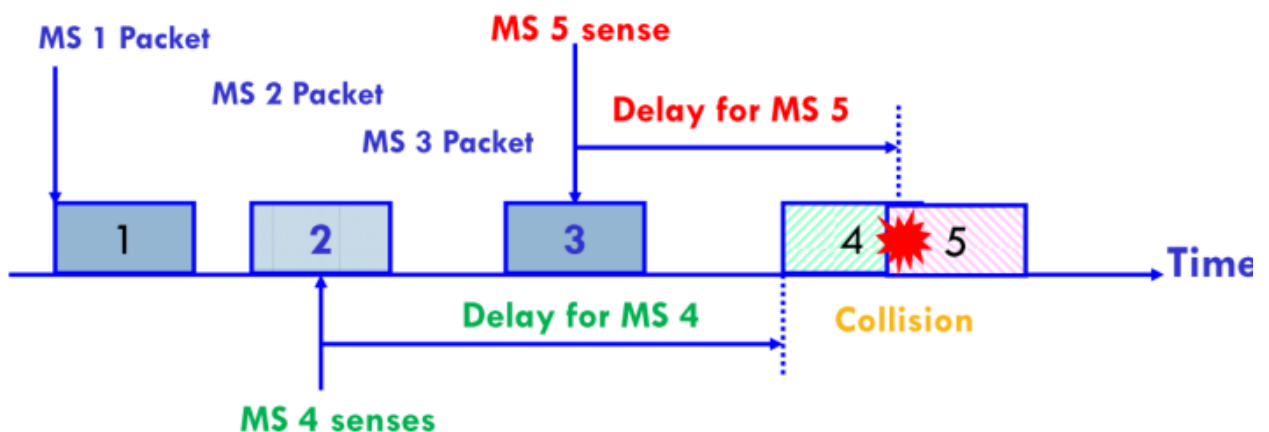
- Cải tiến: Thời gian được chia thành các slot và gói tin chỉ được truyền tại nơi bắt đầu của mỗi slot
- Như vậy nó có thể làm giảm thời gian va chạm

#### 4.2. CSMA

Page | 16

CSMA là viết tắt của từ Carrier Sense Multiple Access : đa truy nhập cảm nhận sóng mang. So với Aloha cứ có dữ liệu là tiến hành truyền, CSMA tìm cách giảm nguy cơ gây va chạm bằng cách trước khi truyền thì cảm nhận xem có sóng mang trên đường truyền không (có tín hiệu đang phát không). Tuy nhiên thì trong lúc phát thì tín hiệu vẫn cần thời gian để đến đích, nếu có trạm nào ở khoảng từ máy phát đến máy thu mà phát (tín hiệu chưa đến nên trạm đó chưa cảm nhận được) thì vẫn có khả năng xảy ra va chạm.

- Trước khi truyền, thiết bị cảm nhận xem có sóng mang trên đường truyền hay không
  - Nếu có, thiết bị sẽ đợi một thời gian ngẫu nhiên, và sau đó truyền (không cảm nhận lại)
  - Nếu không, thiết bị bắt đầu truyền.
- Detection delay là thời gian cần thiết cho thiết bị cảm nhận đường truyền rảnh hay 0
- Propagation delay là mất bao lâu để 1 gói tin đi từ trạm cơ sở đến trạm di động
- Các phiên bản:
  - CSMA/CD (CSMA with Collision Detection). Cải tiến: Ngưng truyền khi có xung đột
  - CSMA/CA (CSMA with Collision Avoidance). Cải tiến: Đợi một thời gian ngẫu nhiên và thử lại khi đường truyền rảnh. Nếu vẫn rảnh, sau đó truyền.
  - CSMA/CA with ACK (tín cậy hơn)
  - CSMA/CA with RTS/CTS
- Va chạm trong CSMA

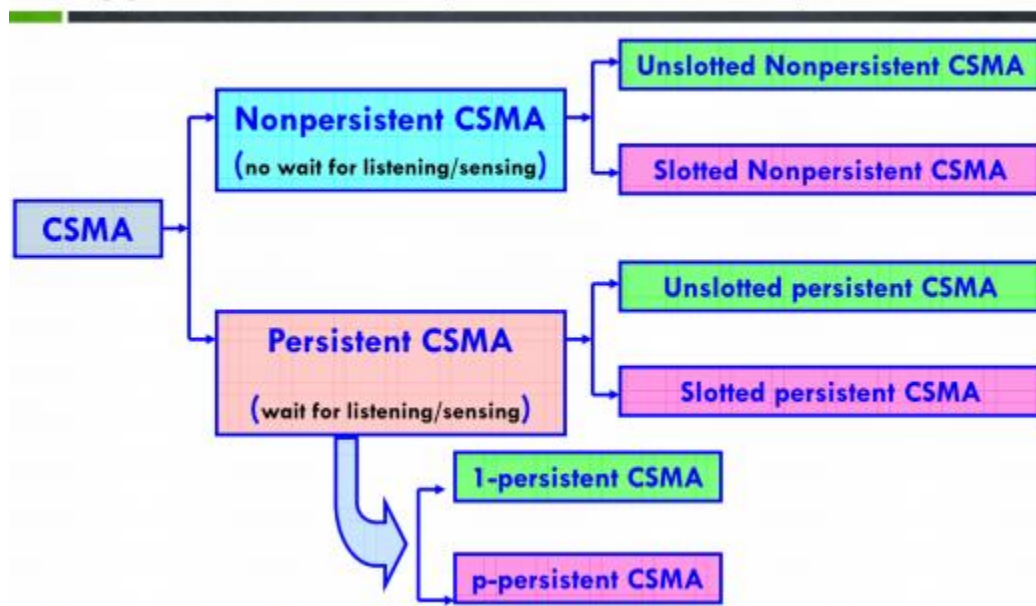


**MS: Mobile Station (trạm di động)**



- Dựa theo hành động khi kênh bận thì có 3 loại CSMA
  - 1-persistent CSMA (nóng vội nhất): Nếu thấy kênh bận thì chờ nhưng nếu rồi là truyền ngay. Độ trễ thấp nhưng hiệu quả thấp
  - Non-persistent CSMA: Đợi một khoảng thời gian ngẫu nhiên, sau đó cảm nhận lại kênh. Trễ lớn nhưng hiệu suất cao
  - p-persistent CSMA: Là loại dung hòa giữa 2 loại trên, với 1 xác suất  $p$  ( $0 < p < 1$ ) thì dùng 1-persistent, nếu không thì truyền kiểu Non
- *1-persistent CSMA*
  - B1: Nếu đường truyền rỗi, truyền ngay
  - B2: Nếu đường truyền bận, tiếp tục lắng nghe tới khi rỗi, và truyền  
Sẽ luôn có va chạm nếu có 2 nút muốn truyền lại (việc truyền sẽ dừng lại sau một vài lần thất bại)
- *Non-persistent CSMA*
  - B1: Nếu đường truyền rỗi, truyền ngay
  - B2: Nếu đường truyền bận, chờ một khoảng thời gian ngẫu nhiên và lặp lại B1  
Thời gian đợi ngẫu nhiên làm giảm va chạm  
Nếu thời gian đợi ngẫu nhiên quá lâu sẽ dẫn đến lãng phí
- *p-persistent CSMA*
  - B1: Nếu đường truyền rỗi, truyền với xác suất (probability)  $p$
  - B2: Nếu việc truyền bị trì hoãn bởi 1 time slot (xác suất của sự kiện là  $1-p$ ), tiếp tục với B1
  - B3: Nếu đường truyền bận tiếp tục lắng nghe cho đến khi rảnh, và đi tới B1

## Types of CSMA (Access modes)



#### 4.3. Bài tập

Công thức tính thông lượng (throughput) cho các giao thức CSMA:

- Unslotted nonpersistent CSMA

$$S = \frac{aGe^{-aG}}{1 - e^{-aG} + a}$$

- Slotted nonpersistent CSMA

$$S = \frac{aGe^{-aG}}{1 - e^{-aG} + a}$$

Unslotted 1-persistent CSMA

$$S = \frac{G[1 + G + aG(1 + G + (aG)/2)]e^{-G(1 + 2a)}}{G(1 + 2a) - (1 - e^{-aG}) + (1 + aG)e^{-G(1 + a)}}$$

Slotted 1-persistent CSMA

$$S = \frac{Ge^{-G(1 + a)}[1 + a - e^{-aG}]}{(1 + a)(1 - e^{-aG}) + ae^{-G(1 + a)}}$$

Với:

S = Thông lượng bình thường

G = Lưu lượng tải bt được cung cấp

$a = \tau/T_p$

$\tau$  = maximum propagation delay (delay do lan truyền)

$T_p$  = thời gian truyền của gói tin

**VD 4.1.** Xem xét một WLAN với maximum propagation delay là  $0,4\mu s$ . WLAN hoạt động ở tốc độ dữ liệu 10Mbps, và một gói tin có 400bit. Tính toán thông lượng bình thường với: (1) unslotted nonpersistent, (2) slotted persistent, và (3) slotted 1-persistent trong giao thức CSMA

Giải

$$T_p = \frac{400}{10} = 40 \mu s$$

$$400/(10Mbps) = 0,00004s$$

$$a = \frac{\tau}{T_p} = \frac{0,4}{40} = 0.01$$

$$G = \frac{40 \times 10^{-6} \times 10 \times 10^6}{400} = 1$$

- Slotted nonpersistent:

$$S = \frac{0.01 \times 1 \times e^{-0.01}}{1 - e^{-0.01} + 0.01} = 0.495$$

- Unslotted nonpersistent:

$$S = \frac{1 \times e^{-0.01}}{(1 + 0.02) + e^{-0.01}} = 0.493$$

- Slotted 1-persistent:

$$S = \frac{e^{-1.01}(1 + 0.01 - e^{-0.01})}{(1 + 0.01)(1 - e^{-0.01}) + 0.01e^{-1.01}} = 0.531$$

## 5. Định tuyến trên mạng adhoc không dây, bài tập liên quan

### 5.1. Lý thuyết

*Các giao thức định tuyến trên mạng Adhoc*

- **DSDV (Destination Sequence Distance Vector)**

- Là giao thức định tuyến theo bảng, dựa trên vector khoảng cách theo chặng.
- Xây dựng dựa trên thuật toán Bellman-Ford nhưng đã được cải tiến để loại bỏ khả năng sinh ra vòng lặp trong các bảng định tuyến.
- Mỗi node sẽ duy trì một bảng định tuyến với:
  - + Các node mạng đích có thể đến trong mạng
  - + Số chặng để tới mỗi node đích trong mạng
- Mỗi bản ghi trong bảng được đánh dấu bằng số thứ tự được gán bởi node đích
  - + Cho phép các node di động phân biệt các tuyến đường cũ và mới
  - + Tránh tình trạng sinh ra vòng lặp

Trong thuật toán này, mỗi nút mạng sẽ duy trì một bảng định tuyến chứa các nút mạng đích có thể đến trong mạng và số chặng tới mỗi đích trong mạng. Để duy trì tính nhất quán trong mạng, DSDV yêu cầu các nút mạng phát quảng bá định kỳ các cập nhật định tuyến tới các nút mạng hàng xóm và phát ngay các cập nhật khi có những thay đổi quan trọng xảy ra trong mạng.

Ngoài ra để tránh việc các thông tin định tuyến Mạng Ad-hoc, được phát quảng bá quá nhiều khi topo mạng có những thay đổi nhanh, DSDV sử dụng một cơ chế hãm các cập nhật tức thời khi có các thay đổi quá nhanh xảy ra trong mạng. Với cơ chế này, DSDV sử dụng hai loại thông điệp cập nhật: cập nhật đầy đủ – chứa tất cả thông tin định tuyến

hiện có và cập nhật thông tin bổ sung – mang những thông tin về những thay đổi từ lần cập nhật đầy đủ gần nhất. Để làm được điều này, DSDV sử dụng hai bảng ghi khác nhau, một để chuyển tiếp các gói tin, một để phát các gói tin cập nhật bổ sung.

Thực tế, nếu những thay đổi trong mạng không xảy ra một cách thường xuyên thì những thông điệp cập nhật đầy đủ sẽ ít được sử dụng. Thay vào đó là những gói tin cập nhật bổ sung. Do đó, các nút mạng di động cũng phải sử dụng một bảng ghi để nhớ những thông tin của các gói cập nhật bổ sung này.

Ngoài ra để tránh lặp tuyến, DSDV còn sử dụng số thứ tự gắn với mỗi đường. Số thứ tự này xác định độ mới của tuyến đường, cho phép các nút mạng di động có thể phân biệt được các tuyến đường mới và các tuyến đường cũ. Số thứ tự của tuyến đường được tăng lên 1 mỗi khi có một tuyến đường mới được phát quảng bá. Đường có số thứ tự cao hơn được xem là tốt hơn. Nếu hai đường có cùng số thứ tự, đường nào có số chặng ít hơn sẽ được sử dụng. Khi có một liên kết hỏng (nút mạng không nhận được các quảng bá định kì), trong lần quảng bá sau, nút mạng phát hiện ra liên kết hỏng sẽ phát quảng bá đường tới đích có số chặng là vô cùng và tăng thứ tự đường.

- **AODV (*Adhoc On-Demand Distance Vector Routing*)**

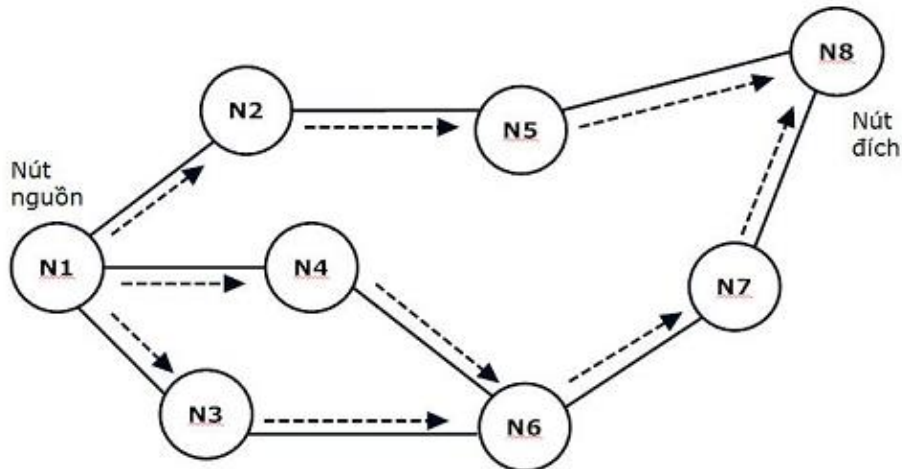
AODV là giao thức định tuyến dựa trên giao thức DSDV được trình bày ở trên.

Nó cùng được phát triển bởi C. Perkins và S. Das tại trung tâm nghiên cứu Nokia thuộc trường đại học California và đại học Cincinnati.

Giống như DSDV, AODV cũng loại bỏ được vấn đề lặp định tuyến của các giao thức Distance Vector khác bằng việc dùng số thứ tự gắn với mỗi đường. Tuy nhiên, nếu như DSDV luôn duy trì một danh sách các tuyến đường hoàn chỉnh, AODV chỉ tạo ra các tuyến đường khi được yêu cầu. Điều này giúp nó tối thiểu hóa được việc phát quảng bá trong mạng.

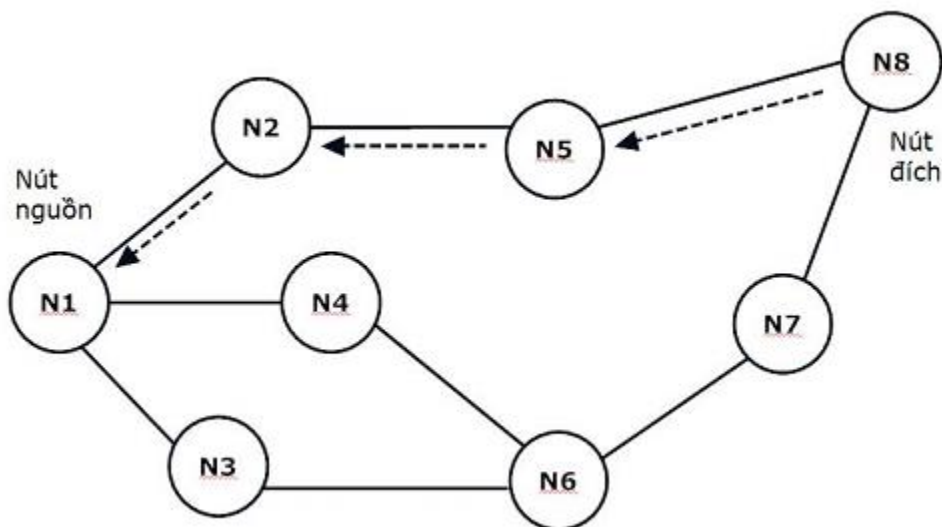
Mỗi nút mạng trong mạng sẽ duy trì một bảng ghi định tuyến chứa thông tin về đường đi (như các nút mạng hàng xóm, thông tin ghi nhận các yêu cầu đã được xử lý) mà nút mạng giao tiếp. Với những nút mạng không nằm trên đường đi đến đích thì không cần phải duy trì thông tin định tuyến hoặc tham gia vào việc trao đổi các bảng định tuyến. Để phát hiện và duy trì liên kết, AODV sử dụng các thông điệp khác nhau là Route REQuest (RREQ) và HELLO.

Khi nút mạng nguồn muốn gửi một gói tin đến nút mạng đích mà tuyến đường chưa được xác lập, nó sẽ gửi thông điệp yêu cầu tuyến đường RREQ đến tất cả các nút mạng hàng xóm. Quá trình này chỉ dừng lại khi gói RREQ tới được đích hoặc một nút mạng có đường đi tới đích. Tại các nút mạng đã đi qua, RREQ cũng lưu định danh các nút mạng để tạo đường quay trở về nguồn tạm thời. Đồng thời, các nút mạng cũng lưu định danh của các RREQ đã nhận để loại bỏ các RREQ được gửi lại.



Quá trình truyền của RREQ

Khi RREQ tới được đích hoặc nút mạng có đường tới được đích, gói tin trả lời Route REply (RREP) được khởi tạo và được chuyển về nút mạng nguồn theo tuyến đường tạm thời mà gói RREQ thiết lập. Trong quá trình đó, RREP thiết lập đường hướng đến đích tại các nút mạng chuyển tiếp. Khi RREP đến được nút mạng nguồn cũng là lúc tuyến đường từ nguồn tới đích được thiết lập. Nếu nút mạng nguồn không nhận được gói tin RREP, nút mạng sẽ gửi lại thông điệp RREQ hoặc giả thiết không có đường tới đích. Mặt khác, do RREP được chuyển tiếp dọc theo các tuyến đường được RREQ thiết lập nên AODV chỉ có thể hỗ trợ tìm đường đi qua các liên kết đối xứng.



Đường đi của gói tin RREP trở về nguồn

Để cảm nhận và duy trì các liên kết, AODV sử dụng thông điệp HELLO phát quảng bá định tuyến đến các hàng xóm. Thông điệp này cho biết sự tồn tại của nút mạng và liên kết tới nút mạng đó vẫn hoạt động. Khi thông điệp HELLO không đến được nút mạng hàng xóm nào đó, điều đó chứng tỏ liên kết bị hỏng. Nút mạng gửi HELOO sẽ đánh dấu liên kết đến hàng xóm đó là hỏng và gửi thông điệp Route ERRor (RERR) báo lỗi tới tất

cả các nút mạng liên quan. Việc phát hiện lỗi này là do lớp vật lý và lớp liên kết thực hiện.

- **DSR (Dynamic Source Routing)**

DSR là thuật toán định tuyến phổ biến trong mạng adhoc hiện nay.

So với các thuật toán định tuyến khác, nó có những điểm vượt trội hơn như: không phát quảng bá định tuyến định kỳ, hỗ trợ tìm đường đi qua cả các liên kết không đối xứng và phù hợp với tính động của topo mạng.

DSR chia cơ chế định tuyến thành hai phần là cơ chế tìm kiếm đường đi (Route Discovery) và cơ chế duy trì tuyến đường (Route Maintenance). DSR sử dụng kỹ thuật định tuyến nguồn (source route). Theo đó, khi muốn gửi một gói tin, một tuyến nguồn sẽ được hình thành và lưu ở tiêu đề của gói tin. Tuyến nguồn này chứa một danh sách có thứ tự và đầy đủ về các nút mạng cần đi qua để tới đích. Do đó, các nút mạng trung gian chỉ cần duy trì liên kết với các nút mạng hàng xóm để chuyển tiếp các gói tin. Nút mạng nguồn thì cần biết toàn bộ thứ tự tuyến đường để đến đích. Mỗi nút mạng đều duy trì một bộ nhớ gọi là route cache để lưu các tuyến đường khởi đầu từ nút mạng này mà nó tìm được.

Khi có yêu cầu về tìm đường đi, nút mạng sẽ kiểm tra trong route cache có tuyến đường mà nó mong muốn hay không. Nếu có, tuyến đường này sẽ được sử dụng để truyền gói tin. Ngược lại, cơ chế tìm kiếm đường đi sẽ được khởi động bằng việc phát quảng bá đi một gói tin yêu cầu đường (Route Request).

Khi một nút mạng nhận được gói tin yêu cầu, nó sẽ kiểm tra trong route cache của mình có địa chỉ nút mạng đích hay không. Nếu không có, nó lại chuyển gói tin đó sang nút mạng hàng xóm của mình, đồng thời, bổ sung địa chỉ của nó vào thứ tự chặng được lưu trong gói tin yêu cầu. Gói tin yêu cầu được truyền trong mạng cho tới khi tới được nút mạng đích hoặc nút mạng có chứa đường đi đến nút mạng đích.

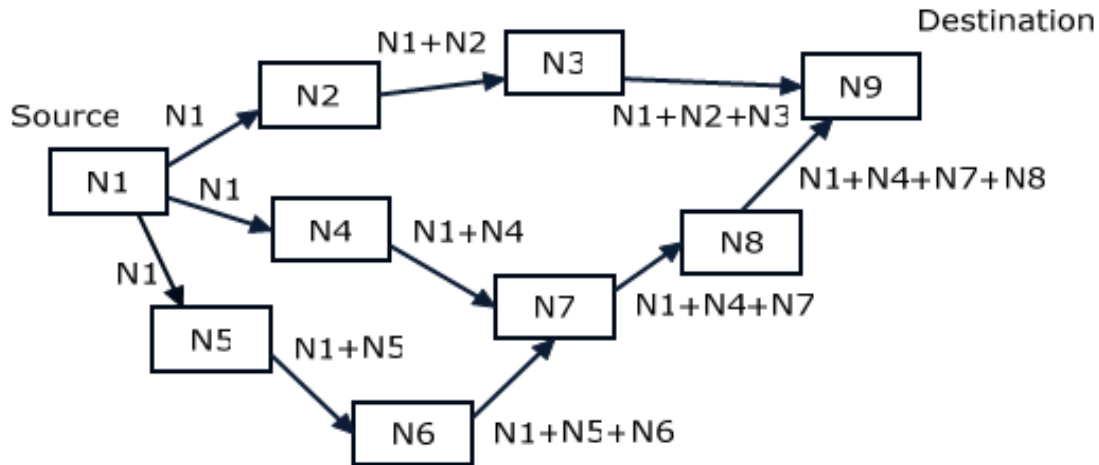
Khi đường được tìm thấy, gói tin trả lời (route reply) chứa toàn bộ tuyến đường sẽ được gửi trở lại nút mạng nguồn. Lúc này cũng cần phải có một cơ chế để loại bỏ gói tin Route Request để tránh cho nó truyền vô hạn trong mạng. Do đó, DSR thêm vào tiêu đề của gói tin một trường time-to-live. Mỗi khi qua một nút mạng, trường time-to-live sẽ được tăng lên một, khi time-to-live vượt quá một giá trị nào đó, nó sẽ bị loại bỏ. Ngoài ra để giảm thời gian tìm kiếm đường, các nút mạng thường xuyên bổ sung những tuyến đường mới mà nó học được trong quá trình các nút mạng khác chọn đường.

Trong quá trình sử dụng route cache để ghi dữ liệu, các nút mạng vẫn có thể theo dõi sự thay đổi của các liên kết thông qua cơ chế duy trì tuyến đường. Cơ chế duy trì tuyến đường thực hiện biên nhận theo chặng hoặc biên nhận đầu cuối, kèm theo đó là cơ chế thông báo lỗi khi có liên kết bị đứt gãy. Khi gói tin Route Error được gửi về nút mạng

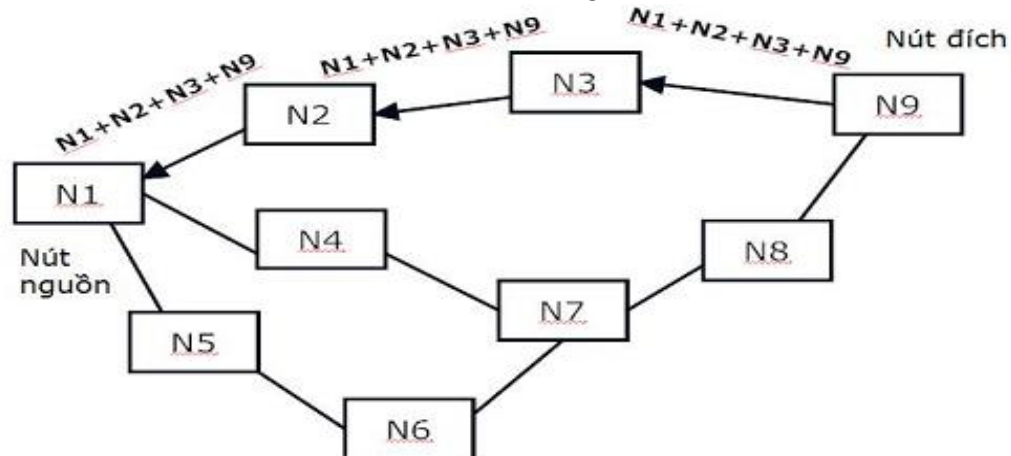


nguồn, nó sẽ xóa bỏ liên kết bị hỏng ra khỏi route cache và tất cả các đường có chứa chặng này được cắt tại điểm có liên kết hỏng. Ngoài ra, các nút mạng trung gian chuyển tiếp gói tin route error có thể cập nhật route cache theo cách tương tự.

Page | 23



Quá trình tìm kiếm đường của DSR



Gửi trả lại tuyến đường về cho nút nguồn

- **TORA (Temporally Ordered Routing Algorithm)**

TORA là giao thức định tuyến phân bố không lặp vòng và độ thích nghi cao dựa theo phương thức đảo ngược các liên kết.

TORA được đề xuất cho môi trường nối mạng có tính linh động cao. Giao thức được thiết kế để phát hiện đường theo yêu cầu, cung cấp nhiều đường, thiết lập đường nhanh và tối thiểu hóa chi phí truyền thông bằng cách cục bộ hóa phản ứng của giải thuật đối với các thay đổi cấu hình khi có thể.

Giao thức chỉ phản ứng khi tất cả đường tới đích bị mất. Giao thức thực hiện ba chức năng cơ bản: tạo tuyến, duy trì tuyến và xóa tuyến.

Giống như các giao thức đảo ngược liên kết khác, việc tạo đường về cơ bản là thực hiện gán các hướng cho các liên kết trong một mạng hoặc phân mạng vô hướng hình thành nên đồ thị có hướng không có vòng lặp (Directed Acyclic Graph - DAG) có gốc đặt tại đích.

TORA gán cho mỗi nút mạng trong mạng một độ cao tương ứng. Các thông điệp trong mạng được truyền từ các nút mạng có độ cao lớn hơn đến các nút mạng có độ cao thấp hơn. Để phát hiện tuyến đường, TORA sử dụng hai gói tin truy vấn (QUERY) và cập nhật (UPDATE).

Khi một nút mạng cần đường đi đến đích, nó sẽ phát quảng bá gói tin truy vấn QUERY. Gói tin sẽ được truyền qua mạng cho đến khi gặp nút mạng đích hoặc gặp nút mạng có đường đi đến nút mạng đích. Khi nút mạng nào nhận được gói tin truy vấn QUERY, nó sẽ gửi phản hồi trở lại gói tin cập nhật (UPDATE) có chứa trọng số của nút mạng đó. Các nút mạng nhận được gói tin cập nhật này sẽ phải thiết lập lại trọng số của nó lớn hơn trọng số của nút mạng hàng xóm gửi gói tin cập nhật cho nó.

Cơ chế duy trì tuyến đường thực ra chính là phản ứng của TORA với các thay đổi cấu hình trong mạng. Khi một nút mạng nào đó phát hiện ra đường đi tới đích không còn hợp lệ, nó sẽ điều chỉnh độ cao của mình là lớn nhất so với nút mạng hàng xóm, đồng thời phát đi một gói tin UPDATE. Các tuyến đường được đảo ngược để phản ánh những thay đổi để thích nghi với mức tham chiếu mới. Việc này có hiệu quả giống như sự đảo hướng của một hay nhiều tuyến đường khi một nút mạng không có tuyến đường xuống các nút mạng dưới. Khi mà có nút mạng nào đó không còn tuyến đường đi đến nút mạng đích, nó sẽ bị đánh dấu là vô hướng và bị xóa ra khỏi đường đi. Việc xóa các tuyến không còn hiệu lực của TORA bao gồm việc phát quảng bá đi thông điệp CLEAR tới toàn mạng.

## 5.2. Bài tập

### 6. Định vị kênh

#### 6.1. Lý thuyết

Định vị kênh bao gồm việc làm thế nào một BS nên gán kênh truyền nào tới MS

Hai cách mà kênh truyền có thể cho phép những cell khác ở trong một hệ thống di động FDMA/TDMA: static và dynamic

*Static (định vị tĩnh):* các kênh phân bổ cho từng cell theo một số lượng cố định

*Dynamic (định vị động):* có nghĩa là việc phân bổ kênh cho từng cell theo cách chủ động, có thể làm việc đó từ một trung tâm

Phương pháp định vị kênh được chi thành:



- Fixed Channel Allocation (FCA)
- Dynamic Channel Allocation (DCA)
- Hybrid Channel Allocation (HCA)

### ***Fixed Channel Allocation (FCA)***

Trong pp FCA, một tập hợp kênh được định vị vĩnh viễn cho từng cell trong mạng

Nếu tổng số kênh sử dụng trong hệ thống được chia thành các tập hợp, số lượng tối thiểu của tập hợp kênh cần thiết để phục vụ cho toàn bộ vùng phủ sóng là có liên quan đến khoảng cách  $D$  và bán kính  $R$  của mỗi cell, như sau:

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

Do dao động ngắn hạn trong lưu thông, FCA thường không thể duy trì chất lượng dịch vụ cao và khả năng có thể đạt được với nhu cầu lưu lượng tĩnh. Nên cần mượn các kênh miễn phí từ các cell lân cận.

### ***Dynamic Channel Allocation (DCA)***

Trong DCA, tất cả các kênh được lưu giữ trong một trung tâm và được gán một cách động.

Sau mỗi cuộc gọi hoàn thành, kênh được trả lại trung tâm

Chọn kênh thích hợp nhất đối với bất kỳ cuộc gọi nào dựa trên định vị hiện tại và lưu lượng hiện tại với mục đích giảm thiểu sự can thiệp

*Phân loại:* DCA có thể tập trung hoặc phân tán

*DCA tập trung:*

- Về mặt lý thuyết có thể cung cấp hiệu suất tốt nhất
- Cung cấp một chuẩn để so sánh với DCA phân tán
- DCA tập trung không thực tế

*DCA phân tán:*

Đối với cuộc gọi mới, một kênh miễn phí từ trung tâm được chọn sẽ tối đa hoá số thành viên trong co-channel...

*DCA phân tán ...*

*cầu trời thầy không ra phần này ☺*

## 6.2. Bài tập