

Họ và tên: Phùng Thị Linh

Mã sinh viên : 22174600001

Lớp : DHKL16A1HN

BÀI TẬP CHƯƠNG 2 PHẦN 2

A. CÂU HỎI LÝ THUYẾT

1. Trình bày mô hình mạng tế bào và vai trò của trạm thu phát gốc (BS) trong hệ thống viễn thông di động.

- Mạng tế bào (Cellular Network) là mô hình tổ chức mạng không dây, trong đó vùng phủ sóng được chia thành nhiều ô nhỏ gọi là cell.
- Mỗi cell có một trạm thu phát gốc (Base Station - BS) đóng vai trò kết nối thiết bị di động với hệ thống mạng lõi
- Mạng tế bào đóng vai trò hạ tầng cốt lõi trong viễn thông di động, cho phép hàng tỷ người dùng trên thế giới thực hiện cuộc gọi thoại, truyền dữ liệu và truy cập Internet một cách linh hoạt.

2. Tại sao mạng tế bào được thiết kế theo mô hình lục giác thay vì hình tròn hoặc hình vuông?

- Mô hình lục giác giúp dễ dàng phân tích và quy hoạch mạng. Các cell lục giác giúp tránh chồng lấn vùng phủ sóng và tối ưu hóa việc sử dụng phổ tần.

3. Nêu các ưu điểm của mạng tế bào so với các hệ thống vô tuyến truyền thống.

- Tăng dung lượng hệ thống: Sử dụng lại tần số giúp hỗ trợ nhiều người dùng hơn.
- Cải thiện vùng phủ sóng: Hệ thống tế bào có thể mở rộng dễ dàng bằng cách thêm các cell mới.
- Tối ưu hóa sử dụng băng thông: Giảm nhiễu và cải thiện hiệu suất truyền dữ liệu.
- Hỗ trợ chuyển vùng (roaming): Người dùng có thể di chuyển giữa các cell mà không bị mất kết nối.

4. Hệ thống mạng tế bào gồm những thành phần nào? Mô tả chức năng của từng thành phần.

- Mobile Station (MS - Thiết bị di động): Điện thoại, máy tính bảng, thiết bị IoT có thể kết nối mạng.
- Base Station (BS - Trạm gốc): Quản lý kết nối vô tuyến giữa thiết bị di động và mạng lõi.
- Base Station Controller (BSC): Điều khiển nhiều trạm gốc, phân bổ tài nguyên tần số.
- Mobile Switching Center (MSC): Quản lý cuộc gọi, chuyển giao giữa các BSC, kết

nối đến mạng PSTN.

- Gateway MSC (GMSC): Kết nối giữa mạng di động với các mạng bên ngoài (PSTN, VoIP).
- Home Location Register (HLR) & Visitor Location Register (VLR): Cơ sở dữ liệu lưu thông tin thuê bao.
- Packet Core Network: Hỗ trợ kết nối dữ liệu (GPRS, LTE, 5G).

5. Phân biệt các loại trạm thu phát gốc (macrocell, microcell, picocell, femtocell).

- Macrocell: Vùng phủ sóng lớn (hàng chục km), dùng cho khu vực đô thị và nông thôn.
- Microcell: Vùng phủ sóng nhỏ hơn (vài trăm mét đến 2 km), sử dụng trong thành phố.
- Picocell: Vùng phủ sóng trong tòa nhà (dưới 200 m).
- Femtocell: Phạm vi hẹp nhất (10-50 m), sử dụng trong gia đình hoặc văn phòng.

6. Giải thích sự khác nhau giữa MSC (Mobile Switching Center) và BSC (Base Station Controller).

- MSC: Xử lý chuyển mạch cuộc gọi, quản lý số thuê bao và kết nối giữa các mạng khác nhau.
- BSC: Điều khiển các trạm gốc (BTS), phân bổ tài nguyên vô tuyến và quản lý chuyển giao cuộc gọi giữa các trạm gốc trong cùng khu vực.

7. Giải thích khái niệm cụm tế bào (cell cluster) và vai trò của nó trong quản lý tần số.

- Cụm tế bào: Nhóm các cell sử dụng tần số khác nhau để giảm nhiễu đồng kênh.
- Vai trò: Giúp tối ưu hóa tái sử dụng tần số, đảm bảo chất lượng dịch vụ, hạn chế nhiễu.

8. Hệ số tái sử dụng tần số K là gì? Công thức xác định K dựa trên các bước di chuyển i, j, trên lưới tổ ong?

- Định nghĩa: Số lượng cell trong một cụm mà mỗi cell sử dụng một tần số khác nhau.
- Công thức: $K = i^2 + ij + j^2$ với i, j là số bước di chuyển trên lưới tổ ong.

9. Khi tăng hệ số K, chất lượng mạng thay đổi như thế nào? Khoảng cách giữa các cell đồng kênh được tính như thế nào?

- Tăng K → Giảm nhiễu đồng kênh, nhưng giảm số lượng kênh có sẵn cho mỗi cell.
- Khoảng cách giữa các cell đồng kênh: $D = R \times \sqrt{3K}$ (R là bán kính cell).

10. Nếu một mạng GSM có T=490 kênh và sử dụng K=7, mỗi cell sẽ có bao nhiêu kênh khả dụng?

Mỗi cell sẽ có 70 kênh khả dụng

11. Chuyển giao cuộc gọi (handover) trong mạng tế bào là gì? Nêu các loại handover trong mạng GSM và LTE. Phân biệt handover cứng (hard handover) và handover mềm (soft handover).

- Handover: Quá trình chuyển đổi kết nối từ một cell sang cell khác mà không làm mất cuộc gọi.
- Các loại handover trong GSM và LTE:
 - + Handover nội cell: Giữa các tần số trong cùng một trạm gốc.
 - + Handover liên cell: Giữa hai trạm gốc khác nhau.
 - + Handover liên mạng: Giữa các công nghệ khác nhau (GSM ↔ LTE).
- Phân biệt handover cứng và mềm:
 - + Hard Handover: Ngắt kết nối trước khi thiết lập kết nối mới (phổ biến ở GSM).
 - + Soft Handover: Duy trì kết nối với nhiều trạm gốc cùng lúc (sử dụng trong CDMA).

12. Nhiễu đồng kênh (co-channel interference) là gì?

Nhiễu xảy ra khi nhiều cell sử dụng cùng một tần số, làm giảm chất lượng tín hiệu.

13. Làm thế nào để giảm nhiễu này? Hệ số K ảnh hưởng như thế nào đến nhiễu đồng kênh?

- Tăng hệ số tái sử dụng tần số K.
- Giảm công suất phát của BTS để tránh ảnh hưởng đến cell lân cận.
- Sử dụng kỹ thuật Beamforming để tập trung tín hiệu vào hướng mong muốn.

B. BÀI TẬP

1. Một hệ thống GSM có tổng số $T=600$ kênh tần số. Nếu sử dụng sơ đồ tái sử dụng tần số với $K=7$, hãy tính:

- a) Số kênh tần số mà mỗi cell có thể sử dụng.
- b) Tổng dung lượng hệ thống nếu có $M=10$ cụm cell.

2. Giả sử một mạng di động sử dụng hệ số tái sử dụng $K=12$, với bán kính cell là $R=2\text{km}$. Hãy tính khoảng cách tối thiểu D giữa các cell đồng kênh.

3. Một hệ thống viễn thông có $K=19$ và $R=1.5\text{ km}$. Hãy tính khoảng cách tối thiểu giữa hai cell đồng kênh.

4. Một hệ thống di động có 106 thuê bao hoạt động đồng thời. Giả sử mỗi cuộc gọi chiếm 2 kênh và tổng số kênh trong hệ thống là 5000, hãy tính:

- a) Số cụm cell cần thiết để phục vụ toàn bộ hệ thống nếu $K=7$.
- b) Tổng dung lượng của hệ thống.

Bài làm

1.

a) Số kênh tần số mà mỗi cell có thể sử dụng:

$$C = \frac{T}{K} = \frac{600}{7} \approx 85.71$$

Vì số kênh phải là số nguyên, nên mỗi cell sẽ có khoảng 85 hoặc 86 kênh

b) Tổng dung lượng hệ thống với $M = 10$ cụm cell:

$$C_{\text{total}} = C \times K \times M = 85.71 \times 7 \times 10 = 6000$$

Vậy tổng dung lượng hệ thống là 6000 kênh.

2. Ta có : Hệ số tái sử dụng $K=12$, với bán kính cell là $R= 2\text{km}$.

Công thức khoảng cách giữa các cell đồng kênh:

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

Thay số:

$$D = 2 \times \sqrt{3 \times 12} = 2 \times 6 = 12 \text{ km}$$

Vậy khoảng cách tối thiểu giữa hai cell đồng kênh là 12 km.

3. Ta có: Khoảng cách tối thiểu giữa hai cell đồng kênh với $K=19$, $R=1.5 \text{ km}$

Sử dụng công thức:

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

Thay số:

$$D = 1.5 \times \sqrt{3 \times 19} = 1.5 \times \sqrt{57} \approx 1.5 \times 7.55 = 11.33 \text{ km}$$

Vậy khoảng cách tối thiểu giữa hai cell đồng kênh là 11.33 km.

4. Ta có: Hệ thống di động với 106 thuê bao hoạt động đồng thời, mỗi cuộc gọi chiếm 2 kênh, tổng số kênh $T=5000$, hệ số $K=7$.

a) Số cụm cell cần thiết để phục vụ toàn bộ hệ thống:

Số kênh mà mỗi cell có thể sử dụng:

$$C = \frac{T}{K} = \frac{5000}{7} \approx 714.29$$

Số cell trong một cụm: $K=7$, vậy tổng số cell trong hệ thống là :

$$\frac{5000}{C} = 7$$

Tổng số cụm cell cần thiết:

$$M = \frac{106 \times 2}{C} = \frac{212}{714.29} \approx 0.3$$

phải là số nguyên, nên ta làm tròn lên 1 cụm cell.

b) Tổng dung lượng hệ thống: Dung lượng hệ thống được tính bằng tổng số kênh tần số là 5000 kênh.

C. BÀI TẬP TÌNH HUỐNG THỰC TẾ

1. Quy hoạch mạng di động:

Anh là một kỹ sư tư vấn di động cho một thành phố mới. Anh/Chị được giao nhiệm vụ lựa chọn hệ số K phù hợp.

1. Bạn sẽ chọn $K=7$, $K=12$ hay $K=10$?
2. Lựa chọn của Anh/Chị dựa trên những yếu tố nào?

Bài làm

Việc chọn hệ số tái sử dụng tần số (KKK) phụ thuộc vào sự cân bằng giữa dung lượng mạng và mức độ nhiễu đồng kênh.

- $K=7$:
 - + Cung cấp dung lượng lớn hơn vì mỗi cell có nhiều kênh hơn.
 - + Nhiễu đồng kênh cao hơn do khoảng cách giữa các cell đồng kênh nhỏ hơn.
 - + Phù hợp với các khu vực có mật độ dân cư cao cần tối đa hóa dung lượng mạng.
- $K=10$:
 - + Cung cấp sự cân bằng giữa dung lượng và mức độ nhiễu.
 - + Hạn chế nhiễu đồng kênh mà không giảm dung lượng quá nhiều.
 - + Phù hợp với khu vực bán đô thị (vừa có nhu cầu cao, vừa cần kiểm soát nhiễu).
- $K=12$:
 - + Giảm nhiễu đồng kênh đáng kể nhờ khoảng cách giữa các cell đồng kênh lớn hơn.
 - + Tuy nhiên, dung lượng bị giảm, vì mỗi cell có ít kênh hơn.
 - + Thích hợp cho vùng nông thôn hoặc khu vực có ít người dùng.

Các yếu tố quyết định lựa chọn K:

- Mật độ dân cư:
 - + Khu vực đô thị: Chọn $K=7$ để tối đa hóa dung lượng.
 - + Khu vực bán đô thị: Chọn $K=10$ để cân bằng giữa dung lượng và nhiễu.
 - + Vùng nông thôn: Chọn $K=12$ để giảm nhiễu.
- Mức độ nhiễu chấp nhận được:
 - + Nếu nhiễu đồng kênh cao, tăng K để giảm nhiễu.
- Tần số sẵn có:
 - + Nếu băng tần hạn chế, có thể cần chọn K nhỏ hơn để tận dụng tối đa dung lượng.

Kết luận: Nếu thành phố mới có mật độ dân cư cao, nên chọn $K=7$ để tối đa hóa dung

lượng. Nếu là khu vực bán đô thị, $K=10$ sẽ là lựa chọn tốt. Nếu thành phố có không gian rộng rãi và ít người, $K=12$ sẽ giúp giảm nhiễu.

2. Giảm nhiễu đồng kênh:

Một thành phố đang gặp vấn đề về nhiễu đồng kênh nghiêm trọng trong mạng GSM hiện tại. Hãy đề xuất 3 giải pháp giúp cải thiện vấn đề này.

Bài làm

Thành phố đang gặp vấn đề về nhiễu đồng kênh, có thể do các cell đồng kênh đặt quá gần nhau hoặc tái sử dụng tần số không hợp lý.

Ba giải pháp giảm nhiễu đồng kênh:

1. Tăng hệ số tái sử dụng tần số (K)

- Sử dụng cụm tế bào lớn hơn ($K=10$ hoặc $K=12$) để tăng khoảng cách giữa các cell đồng kênh.
- Điều này giúp giảm sự chồng lấn sóng và nhiễu.

2. Sử dụng kỹ thuật điều chỉnh công suất (Power Control)

- Giảm công suất phát của các trạm gốc (BTS) để hạn chế nhiễu từ các cell lân cận.
- Điều chỉnh công suất động giúp giảm ảnh hưởng lên các kênh đồng tần số.

3. Triển khai các loại cell nhỏ (Microcell, Picocell, Femtocell)

- Thay vì chỉ sử dụng Macrocell lớn, có thể triển khai các cell nhỏ trong khu vực có nhiễu cao.
- Các Microcell/Picocell giúp cung cấp dịch vụ tốt hơn trong khu vực đông đúc, giảm tải cho các Macrocell chính.

Kết luận: Kết hợp cả ba giải pháp trên giúp giảm nhiễu đáng kể trong mạng GSM.

3. Mạng LTE ở vùng nông thôn:

Mạng LTE được triển khai ở một vùng nông thôn rộng lớn. Bạn có nghĩ rằng hệ số $K=3$ là phù hợp không? Tại sao?

Bài làm

Hệ số $K=3$ tức là số lượng cụm tế bào nhỏ, nghĩa là các cell đồng kênh rất gần nhau, có thể gây nhiễu đồng kênh cao.

Phân tích:

- Ưu điểm của $K=3$:
 - + Cung cấp dung lượng lớn hơn, vì mỗi cell có nhiều kênh hơn.
 - + Tối ưu hóa việc sử dụng tần số trong điều kiện tài nguyên có hạn.
- Nhược điểm của $K=3$ trong vùng nông thôn:
 - + Khoảng cách giữa các cell đồng kênh quá nhỏ, làm tăng nhiễu.
 - + Vùng nông thôn có ít người dùng, nên không cần tối ưu dung lượng quá mức.

- + Khoảng cách lớn giữa các trạm gốc làm tăng nguy cơ mất sóng nếu không đủ trạm.

Kết luận: Hệ số $K=3$ không phù hợp cho vùng nông thôn vì gây nhiễu quá lớn. Nên chọn $K=7$ hoặc $K=12$ để đảm bảo chất lượng tín hiệu tốt hơn và giảm nhiễu.

D. BÀI TẬP THỰC HÀNH (MÔ PHỎNG)

1. Mô phỏng quy hoạch tần số

- Viết chương trình Python để hiển thị sơ đồ cell với các giá trị $K=3, 7, 12$.
- Mô phỏng cách xác định vị trí của các cell đồng kênh bằng cách sử dụng công thức

Bài làm

Chương trình Python để hiển thị sơ đồ cell với các giá trị $K=3, 7, 12$:

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib.cm as cm
def hexagon(center_x, center_y, size):
    """Vẽ một lục giác tại vị trí (center_x, center_y) với kích thước size"""
    angles = np.linspace(0, 2 * np.pi, 7)
    x_hex = center_x + size * np.cos(angles)
    y_hex = center_y + size * np.sin(angles)
    return x_hex, y_hex
def plot_cells(K, size=1, num_layers=2):
    """Vẽ sơ đồ tế bào với hệ số tái sử dụng K"""
    plt.figure(figsize=(8, 8))
    colors = [cm.viridis(i/K) for i in range(K)]
    dx = 3/2 * size
    dy = np.sqrt(3) * size
    cell_index = 0
    for i in range(-num_layers, num_layers + 1):
        for j in range(-num_layers, num_layers + 1):
            x = i * dx
            y = j * dy + (i % 2) * (dy / 2)
            cluster_id = (cell_index % K)
            color = colors[cluster_id]
            x_hex, y_hex = hexagon(x, y, size)
            plt.fill(x_hex, y_hex, color=color, alpha=0.5)
            # Keep font size fixed
            fontsize = 10
            plt.text(x, y, str(cluster_id), ha='center', va='center',
                    fontsize=fontsize, color='black')

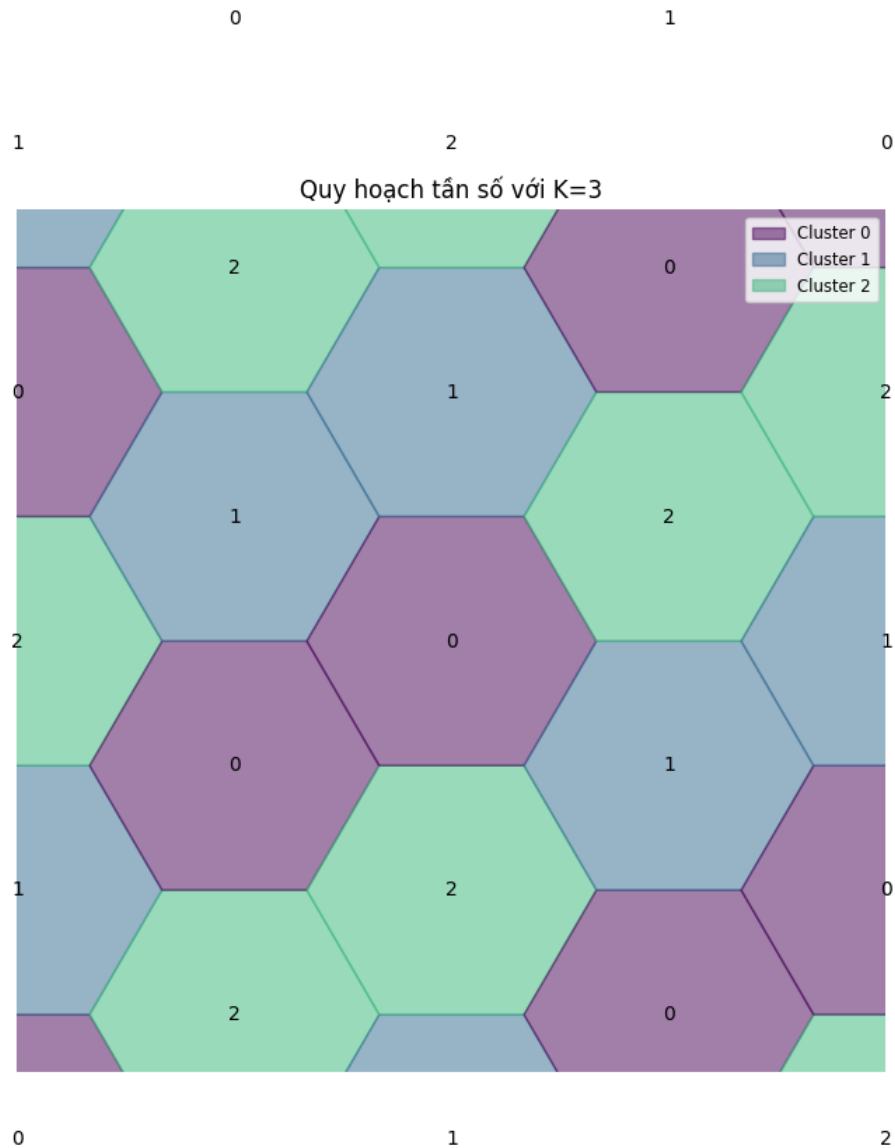
            cell_index += 1
    plt.xlim(-3 * size, 3 * size)
    plt.ylim(-3 * size, 3 * size)
    plt.title(f'Quy hoạch tần số với K={K}')
    plt.axis('off')
    # Add legend
```

```

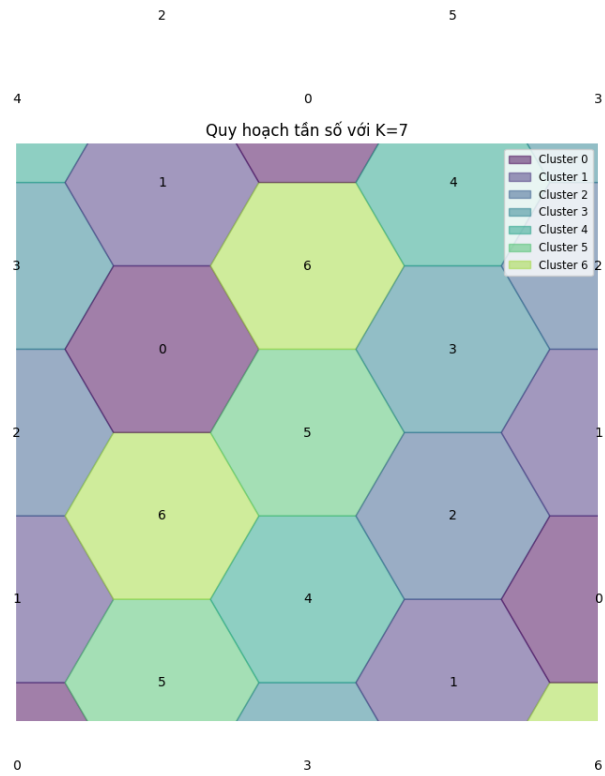
handles = [plt.Rectangle((0,0),1,1, color=colors[i], alpha=0.5) for
i in range(K)]
labels = [f"Cluster {i}" for i in range(K)]
plt.legend(handles, labels, loc='upper right', fontsize='small')
plt.show()
# Vẽ sơ đồ cho K=3, 7, 12, adjust size here
for K in [3, 7, 12]:
    plot_cells(K, size=0.8) # Reduced size to 0.8

```

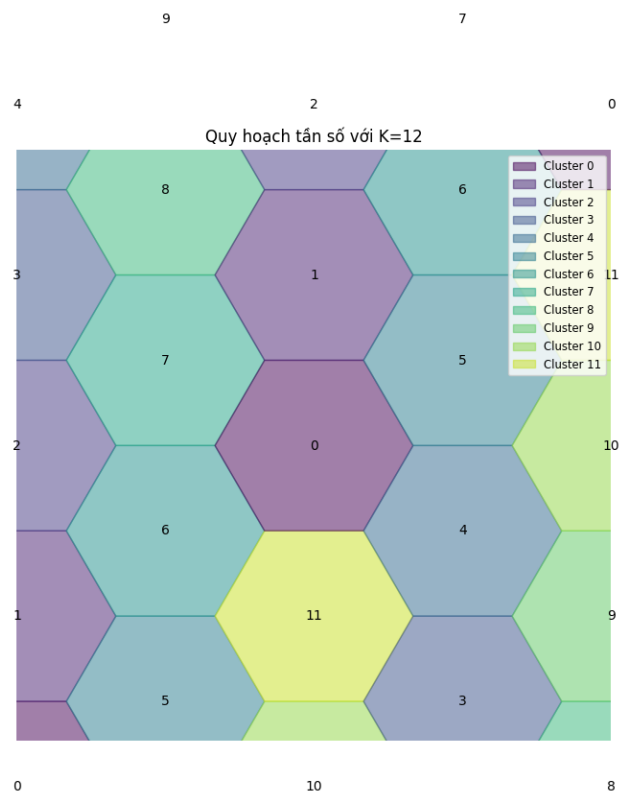
Kết quả:



Quy hoạch tần số với K=3



Quy hoạch tần số với K=7



Quy hoạch tần số với K=12

2. Tính toán nhiễu đồng kênh bằng Python

- Viết một chương trình để tính toán mức nhiễu đồng kênh dựa trên khoảng cách tái sử

dụng D.

- So sánh nhiễu giữa các giá trị $K=7$, $K=12$.

Bài làm

Chương trình để tính toán mức nhiễu đồng kênh dựa trên khoảng cách tái sử dụng D (Giả sử có 6 cell đồng kênh xung quanh cell trung tâm):

```
import numpy as np

def calculate_interference(D, n=4):
    """Tính toán mức nhiễu đồng kênh.

    Args:
        D: Khoảng cách tái sử dụng.
        n: Path loss exponent (default: 4).

    Returns:
        Mức nhiễu đồng kênh.
    """
    interference = 0
    # Giả sử có 6 cell đồng kênh xung quanh cell trung tâm
    for i in range(6):
        interference += (D ** -n)
    return interference

# Tính toán và so sánh nhiễu cho K=7 và K=12
K_values = [7, 12]
interference_values = []

for K in K_values:
    # Tính toán khoảng cách tái sử dụng D dựa trên K
    D = np.sqrt(3 * K)
    print(f'Khoảng cách D ={D}')
    interference = calculate_interference(D)
    interference_values.append(interference)

# In kết quả
for i, K in enumerate(K_values):
    print(f"Nhiều đồng kênh cho K={K}: {interference_values[i]:.4f}")
```

Kết quả:

- Khoảng cách $D = 4.58257569495584$
- Khoảng cách $D = 6.0$
- Nhiều đồng kênh cho $K=7$: 0.0136
- Nhiều đồng kênh cho $K=12$: 0.0046

So sánh: K lớn hơn làm tăng khoảng cách D, giảm nhiễu đồng kênh.