

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.
2. Tại sao mạng tế bào được thiết kế theo mô hình lục giác thay vì hình tròn hoặc hình vuông?
3. Nêu các ưu điểm của mạng tế bào so với các hệ thống vô tuyến truyền thống.
4. Hệ thống mạng tế bào gồm những thành phần nào? Mô tả chức năng của từng thành phần.
5. Phân biệt các loại trạm thu phát gốc (macrocell, microcell, picocell, femtocell).
6. Giải thích sự khác nhau giữa MSC (Mobile Switching Center) và BSC (Base Station Controller).
7. Giải thích khái niệm cụm tế bào (cell cluster) và vai trò của nó trong quản lý tần số.
8. Hệ số tái sử dụng tần số K là gì? Công thức xác định K dựa trên các bước đi chuyển i, j 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?
10. Nếu một mạng GSM có $T=490$ kênh và sử dụng $K=7$, mỗi cell sẽ có bao nhiêu 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).
12. Nhiễu đồng kênh (co-channel interference) là gì?
13. Làm thế nào để giảm nhiễu này? Hệ số K ảnh hưởng như thế nào đến nhiễu đồng kênh?

Trả lời:

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

Mô hình mạng tế bào gốc :

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.

- Khái niệm mạng tế bào lần đầu tiên được đề xuất bởi Bell Labs vào

năm 1971, nhằm giải quyết bài toán tối ưu hóa dung lượng mạng di động.

- Mạng tế bào cho phép chia nhỏ khu vực phủ sóng thành nhiều cell nhỏ hơn thay vì sử dụng một trạm phát công suất lớn duy nhất.

Đặc điểm quan trọng nhất của mạng tế bào là khả năng tái sử dụng tần số (Frequency Reuse), giúp tăng dung lượng mạng mà không cần mở rộng phổ tần.

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.

Đặc điểm quan trọng nhất của mạng tế bào là khả năng tái sử dụng tần số (Frequency Reuse), cho phép nhiều cell không liền kề có thể sử dụng lại cùng một dải tần mà không gây nhiễu đáng kể, nhờ vào quy hoạch tần số thông minh.

Tái sử dụng tần số giúp tối ưu hóa tài nguyên phổ tần, mở rộng dung lượng mạng mà không cần tăng thêm phổ tần số, một yếu tố đặc biệt quan trọng trong bối cảnh tài nguyên tần số có hạn.

Vai trò của trạm thu phát gốc (BS) trong hệ thống viễn thông di động:

- Kết nối với các thiết bị di động trong cell.
- Quản lý truyền dữ liệu giữa thiết bị di động và mạng lõi.
- Định tuyến dữ liệu đến các trạm BS khác hoặc mạng lõi.

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

Mạng tế bào được thiết kế theo mô hình lục giác thay vì hình tròn hoặc hình vuông vì:

1. Tối ưu hóa vùng phủ sóng

- Nếu sử dụng hình tròn, sẽ có khoảng trống giữa các ô khi xếp chồng chúng, gây ra vùng không phủ sóng.
- Hình vuông có thể che phủ toàn bộ khu vực mà không có khoảng trống, nhưng do tín hiệu truyền theo dạng sóng tròn, các cạnh của ô vuông sẽ nhận tín hiệu yếu hơn.

2. Giảm thiểu nhiễu và chồng lấn

- Mô hình lục giác giúp các trạm gốc có thể phân bố đều trên toàn bộ mạng lưới, tránh nhiều tín hiệu giữa các ô liền kề.

3. Hiệu quả trong việc sử dụng tần số

- Lục giác có ít cạnh hơn so với hình vuông hoặc hình tam giác nhưng vẫn có thể kết nối với 6 ô xung quanh, giúp tối ưu hóa việc tái sử dụng tần số mà không gây nhiễu quá mức.

4. Tối ưu hóa khoảng cách giữa các trạm gốc

- Trong mô hình lục giác, khoảng cách từ tâm của một ô đến bất kỳ điểm nào trong ô là ngắn nhất so với hình vuông hoặc hình tam giác, giúp đảm bảo tín hiệu truyền tải đồng đều hơn.

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

1. Tăng cường khả năng sử dụng lại tần số

- Mạng tế bào chia khu vực phủ sóng thành các ô nhỏ (cell), cho phép tái sử dụng cùng một tần số ở các ô không liền kề, giúp tối ưu hóa tài nguyên phổ tần.
- Hệ thống vô tuyến truyền thống dùng một trạm phát công suất lớn, không thể tái sử dụng tần số, dễ gây nhiễu.

2. Tăng dung lượng hệ thống

- Nhờ việc tái sử dụng tần số, mạng tế bào có thể hỗ trợ số lượng thuê bao lớn hơn so với hệ thống truyền thống.
- Các tế bào nhỏ có thể chia tải dữ liệu giữa nhiều trạm gốc, tránh tình trạng nghẽn mạng.

3. Mở rộng vùng phủ sóng linh hoạt

- Dễ dàng mở rộng bằng cách thêm các trạm gốc mới mà không cần tăng công suất phát.
- Ở khu vực đông dân cư, có thể chia nhỏ các ô (cell splitting) để tăng mật độ phủ sóng mà không làm giảm chất lượng dịch vụ.

4. Tiết kiệm công suất phát

- Mỗi trạm gốc trong mạng tế bào chỉ cần công suất thấp để phủ sóng một vùng nhỏ, giúp tiết kiệm năng lượng hơn so với trạm phát lớn trong hệ thống truyền thống.
- Giảm nhiễu xuyên kênh (co-channel interference), cải thiện chất lượng cuộc gọi và tốc độ dữ liệu.

5. Hỗ trợ chuyển giao cuộc gọi (handover)

- Khi người dùng di chuyển từ ô này sang ô khác, hệ thống sẽ tự động chuyển tiếp cuộc gọi mà không bị gián đoạn.
- Hệ thống truyền thống không hỗ trợ chuyển vùng mượt mà, dễ bị mất tín hiệu khi người dùng di chuyển xa trạm phát.

6. Đáp ứng nhiều công nghệ truyền thông khác nhau

- Mạng tế bào hỗ trợ từ 2G, 3G, 4G đến 5G, đáp ứng các dịch vụ thoại, tin nhắn, dữ liệu di động tốc độ cao.
- Hệ thống vô tuyến truyền thông thường chỉ hỗ trợ một loại dịch vụ nhất định.

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

Hệ thống mạng tế bào bao gồm:

Mạng truy nhập vô tuyến (Radio Access Network - RAN): Đây là lớp mạng nơi các thiết bị di động kết nối vào hệ thống thông qua các trạm thu phát gốc (Base Station - BS).

Chức năng:

- Kết nối các thiết bị di động (Mobile Hosts) với mạng lõi thông qua các trạm thu phát gốc (Base Station - BS).
- Quản lý tài nguyên vô tuyến, bao gồm cấp phát tần số, kiểm soát công suất và xử lý nhiễu.
- Hỗ trợ chuyển giao cuộc gọi (handover) giữa các cell để duy trì kết nối liên tục khi người dùng di chuyển.

Mạng lõi (Core Network - CN): Điều phối tất cả các hoạt động của hệ thống, bao gồm quản lý cuộc gọi, dữ liệu và định tuyến kết nối.

Chức năng:

- Điều phối toàn bộ hoạt động của hệ thống, bao gồm định tuyến dữ liệu, quản lý cuộc gọi, và dịch vụ mạng.
- Lưu trữ thông tin thuê bao, xác thực và đảm bảo an toàn bảo mật.
- Hỗ trợ giao tiếp với các mạng khác như Internet hoặc PSTN (Public Switched Telephone Network).

Mạng tế bào có kiến trúc phân tầng:

- Tầng truy nhập vô tuyến (RAN - Radio Access Network):
Gồm các Base Station kết nối với thiết bị di động.
- Tầng mạng lõi (Core Network): Kết nối các cell và quản lý thông tin người dùng.

Chức năng:

Tầng truy nhập vô tuyến (RAN)

- Chứa Base Station (BS), nơi trực tiếp kết nối và truyền dữ liệu giữa thiết bị di động và mạng lõi.
- Các thiết bị di động gửi tín hiệu đến BS, BS sẽ chuyển tiếp đến mạng lõi để xử lý.
- Có thể gồm nhiều loại cell như Macrocell, Microcell, Picocell và Femtocell.

Tầng mạng lõi (Core Network)

- Kết nối các cell và xử lý thông tin người dùng như định tuyến dữ liệu, quản lý thuê bao, bảo mật.
- Đảm bảo liên lạc mượt mà giữa các thiết bị di động trong cùng mạng hoặc với mạng khác.

Ô tế bào (Cell)

- Hình lục giác đại diện cho một cell trong mạng di động, là vùng phủ sóng do một trạm gốc cung cấp.
- Mỗi cell có một trạm thu phát gốc (Base Station - BS) đóng vai trò kết nối các thiết bị di động trong khu vực với mạng lõi.

Chức năng:

- Đại diện cho một vùng phủ sóng do một Base Station cung cấp.
- Trong sơ đồ mạng, cell thường được biểu diễn bằng hình lục giác để tối ưu hóa vùng phủ sóng và giảm nhiễu đồng kênh.
- Mỗi cell có tần số riêng hoặc chia sẻ tần số theo hệ số tái sử dụng KKK để giảm nhiễu.

Trạm thu phát gốc (Base Station - BS)

- Biểu tượng cột ăng-ten đại diện cho trạm thu phát gốc (Base Station - BS).

Chức năng:

- Là thành phần chính trong RAN, đảm nhận kết nối thiết bị di động với mạng lõi.
- Gửi và nhận tín hiệu vô tuyến từ các thiết bị di động trong vùng phủ sóng của nó.
- Có nhiều loại như eNB (LTE), gNB (5G), BTS (GSM).

Thiết bị di động (Mobile Hosts)

- Các biểu tượng điện thoại màu xanh thể hiện thiết bị di động (Mobile Hosts) trong từng cell.

Chức năng:

- Đại diện cho các thiết bị di động (điện thoại, máy tính bảng, IoT) trong hệ thống mạng.
- Kết nối với Base Station gần nhất để thực hiện cuộc gọi hoặc truy cập Internet.
- Khi di chuyển giữa các cell, thực hiện handover để duy trì kết nối.

Khi một thiết bị di động (Mobile Host) muốn thực hiện cuộc gọi hoặc truy cập Internet:

- Thiết bị gửi tín hiệu đến Base Station trong cell của nó.
- Base Station truyền tín hiệu đến mạng lõi (Static Network) để xử lý.

Nếu thiết bị di động di chuyển từ cell này sang cell khác

(Handover):

- Base Station hiện tại sẽ chuyển giao kết nối của thiết bị sang Base Station của cell mới.
- Quá trình này được điều phối bởi mạng lõi để đảm bảo không bị gián đoạn kết nối.

Giao tiếp giữa các thiết bị di động trong các cell khác nhau:

- Nếu hai thiết bị di động ở hai cell khác nhau muốn liên lạc, tín hiệu sẽ được truyền qua Base Station của mỗi cell và đi qua mạng lõi để kết nối hai thuê bao.

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

1. Macrocell

Phạm vi phủ sóng: Hàng chục km

Công suất phát: 20W - 50W

Vị trí triển khai: Trên cột sóng cao, nóc tòa nhà, trạm phát sóng di động

Ứng dụng: Cung cấp phủ sóng diện rộng ở khu vực thành phố, nông thôn, đường cao tốc

Đặc điểm:

- Được dùng trong mạng lõi để cung cấp vùng phủ sóng lớn
- Hỗ trợ nhiều người dùng đồng thời
- Cần công suất phát cao và liên kết với mạng lõi bằng cáp quang hoặc vi ba

2. Microcell

Phạm vi phủ sóng: Khoảng 200m - 2km

Công suất phát: 1W - 10W

Vị trí triển khai: Cột đèn, tòa nhà thấp, khu vực đô thị đông dân

Ứng dụng: Tăng cường vùng phủ sóng ở khu vực đô thị đông đúc

Đặc điểm:

- Phù hợp cho khu vực có mật độ thuê bao cao
- Công suất thấp hơn macrocell nhưng vẫn hỗ trợ nhiều người dùng
- Thường dùng để bổ sung tín hiệu trong các khu vực có nhiều vật cản

3. Picocell

Phạm vi phủ sóng: Khoảng 10m - 200m

Công suất phát: 100mW - 1W

Vị trí triển khai: Trong tòa nhà, trung tâm thương mại, sân bay

Ứng dụng: Cải thiện vùng phủ sóng trong nhà hoặc khu vực có tường chắn sóng

Đặc điểm:

- Kích thước nhỏ, dễ triển khai
- Công suất thấp, không gây nhiễu nhiều đến mạng tổng thể
- Chủ yếu dùng để cải thiện tín hiệu trong không gian kín

4. Femtocell

Phạm vi phủ sóng: Khoảng 10m - 50m

Công suất phát: <100mW

Vị trí triển khai: Nhà riêng, văn phòng nhỏ

Ứng dụng: Tăng cường sóng trong nhà cho người dùng cá nhân

Đặc điểm:

- Được kết nối với mạng lõi thông qua Internet băng thông rộng
- Chỉ phục vụ một nhóm người dùng nhất định (ví dụ: hộ gia đình)
- Chi phí thấp, giúp giảm tải cho mạng di động công cộng

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

1. MSC (Mobile Switching Center) – Trung tâm chuyển mạch di động

Chức năng chính:

- Quản lý cuộc gọi, thực hiện chuyển mạch giữa các thuê bao di động hoặc giữa mạng di động với mạng cố định (PSTN, Internet).
- Điều phối và xử lý quá trình chuyển vùng (roaming) giữa các khu vực mạng khác nhau.
- Quản lý các dịch vụ như thoại, tin nhắn SMS, truyền dữ liệu.
- Điều khiển việc định tuyến cuộc gọi, kết nối với các mạng viễn thông khác.

Vị trí trong mạng:

- Nằm trong mạng lõi (Core Network), kết nối với nhiều BSC để quản lý hàng loạt trạm BTS.
- Tương đương với tổng đài trung tâm của mạng viễn thông truyền thống.

Hoạt động:

- Khi một thuê bao thực hiện cuộc gọi, MSC sẽ kiểm tra vị trí, xác thực thuê bao, thực hiện chuyển mạch để kết nối cuộc gọi.
- Nếu thuê bao di chuyển từ vùng phủ sóng này sang vùng khác, MSC đảm nhận việc handover giữa các MSC để đảm bảo cuộc gọi không bị gián đoạn.

2. BSC (Base Station Controller) – Bộ điều khiển trạm gốc

Chức năng chính:

- Quản lý và điều khiển nhiều trạm BTS trong một khu vực nhất định.
- Điều phối tài nguyên vô tuyến (phân bổ kênh tần số, công suất phát).
- Thực hiện handover giữa các BTS trong cùng một BSC.
- Truyền tải dữ liệu giữa BTS và MSC.

Vị trí trong mạng:

- Nằm trong mạng truy nhập vô tuyến (RAN – Radio Access Network), giữa BTS và MSC.
- Một BSC có thể điều khiển nhiều BTS, giúp giảm tải cho MSC.

Hoạt động:

- Khi một thuê bao di động thực hiện cuộc gọi, BSC nhận tín hiệu từ BTS và gửi dữ liệu đến MSC để xử lý.
- Nếu thuê bao di chuyển từ một BTS sang BTS khác trong cùng một khu vực BSC, BSC sẽ tự động thực hiện handover nội bộ mà không cần thông qua MSC.

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

1. Khái niệm Cụm Tế Bào (Cell Cluster)

Cụm tế bào (Cell Cluster) là một nhóm các ô (cell) trong mạng tế bào, trong đó mỗi ô sử dụng một tập hợp tần số khác nhau để tránh nhiễu tín hiệu giữa các ô lân cận.

- Một cụm tế bào thường gồm N ô (N là số ô trong một cụm, ví dụ: 3, 4, 7, 9,...).
- Mỗi ô trong cụm được cấp phát một tập hợp tần số duy nhất, đảm bảo không có sự trùng lặp tần số trong cụm đó.
- Khi ra ngoài phạm vi của cụm, tần số có thể được tái sử dụng ở cụm khác để tối ưu hóa băng tần.

2. Vai trò của Cụm Tế Bào trong Quản lý Tần Số

Cụm tế bào đóng vai trò quan trọng trong việc tối ưu hóa tài nguyên tần số và giảm nhiễu tín hiệu trong mạng di động:

Tái sử dụng tần số (Frequency Reuse)

- Do phổ tần số vô tuyến có giới hạn, cụm tế bào giúp tái sử dụng tần số ở các khu vực khác nhau mà không gây nhiễu lẫn nhau.
- Khoảng cách giữa hai ô sử dụng cùng một tần số gọi là khoảng cách tái sử dụng tần số (Reuse Distance).

Giảm nhiễu xuyên kênh (Co-Channel Interference - CCI)

- Nếu hai ô liền kề sử dụng cùng một tần số, nhiễu tín hiệu sẽ xảy ra.
- Cụm tế bào đảm bảo rằng không có hai ô liền kề nào dùng chung một tần số, giúp giảm nhiễu và cải thiện chất lượng liên lạc.

Tối ưu hóa dung lượng mạng

- Khi lưu lượng thuê bao tăng lên, mạng có thể chia nhỏ các ô (cell splitting) hoặc giảm kích thước cụm tế bào (giảm N) để tăng dung lượng mà vẫn duy trì hiệu suất.

Quản lý vùng phủ sóng hiệu quả

- Cụm tế bào giúp nhà mạng lập kế hoạch phân bổ tần số hợp lý, đảm bảo vùng phủ sóng liên mạch mà không gây chồng lấn tần số.

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?

Hệ số tái sử dụng tần số K là số lượng ô (cell) khác nhau trong một cụm tế bào trước khi tần số được lặp lại. Nó quyết định khoảng cách giữa hai ô sử dụng cùng một tần số, giúp giảm nhiễu xuyên kênh và tối ưu hóa phổ tần số.

- K càng lớn → Giảm nhiễu, nhưng yêu cầu nhiều băng tần hơn.
- K càng nhỏ → Sử dụng phổ tần hiệu quả hơn, nhưng dễ gây nhiễu giữa các ô.

Công thức xác định hệ số tái sử dụng tần số (K)

Trong mạng tế bào, các ô được sắp xếp theo **lưới tổ ong lục giác**. Hệ số tái sử dụng tần số **K** được xác định theo công thức:

$$K = i^2 + i*j + j^2$$

Trong đó:

- i, j là số bước di chuyển theo hai hướng khác nhau trên lưới tổ ong.
- Các giá trị i và j các số nguyên không âm ($i, j \geq 0$)

Cách xác định K trên lưới tổ ong:

Mạng tế bào được tổ chức dưới dạng mô hình lục giác. Khi di chuyển từ một ô trung tâm theo hướng khác nhau, ta sử dụng bước nhảy (i, j) theo quy tắc sau:

1. Bước i : Di chuyển theo một hướng xác định trên lưới.
2. Bước j : Tiếp tục di chuyển theo một hướng tạo góc 60° với bước i .
3. Điểm đến: Sau i bước theo một hướng và j bước theo hướng khác, ta đến ô có cùng tần số.

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?

- Nếu K nhỏ \rightarrow Sử dụng tần số hiệu quả hơn, nhưng dễ bị nhiễu xuyên kênh.
- Nếu K lớn \rightarrow Giảm nhiễu, nhưng yêu cầu nhiều phổ tần hơn và có thể làm giảm dung lượng mạng.
- Cần tối ưu K theo môi trường sử dụng ($K = 3, 4, 7$ thường dùng trong thực tế).

Công thức tính khoảng cách giữa các cell đồng kênh

Khoảng cách giữa hai cell đồng kênh (tức là hai ô sử dụng cùng tần số trong mạng tế bào) được xác định theo công thức:

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

Trong đó:

- D là khoảng cách tái sử dụng tần số (khoảng cách giữa hai ô sử dụng cùng tần số).

- R là bán kính của một ô lục giác.
- K là hệ số tái sử dụng tần số.

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

Để tính số kênh khả dụng cho mỗi cell trong mạng GSM, ta sử dụng công thức:

$$N = T/K$$

Trong đó:

- $T=490$ là tổng số kênh tần số trong hệ thống.
- $K=7$ là hệ số tái sử dụng tần số.
- N là số kênh tần số khả dụng cho mỗi cell.

Tính toán:

$$N = 490/7 = 70$$

Vậy, 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 (HO) là quá trình chuyển kết nối của một thiết bị di động (UE - User Equipment) từ một cell này sang một cell khác mà không làm gián đoạn dịch vụ (cuộc gọi, dữ liệu).

Các loại handover trong mạng GSM và LTE

Trong mạng GSM (2G, 3G)

1. Intra-Cell Handover – Chuyển giao trong cùng một cell, thường do thay đổi kênh tần số.
2. Inter-Cell Handover – Chuyển giao giữa các cell khác nhau nhưng cùng BTS.
3. Inter-BSC Handover – Chuyển giao giữa hai BSC (Base Station Controller) khác nhau.
4. Inter-MSC Handover – Chuyển giao giữa hai MSC (Mobile Switching Center) khác nhau, thường xảy ra khi di chuyển xa.

Trong mạng LTE (4G, 5G NSA)

1. Intra-LTE Handover – Chuyển giao trong mạng LTE, gồm:

Intra-eNB Handover: Giữa các cell thuộc cùng một eNodeB.

Inter-eNB Handover: Giữa các eNodeB khác nhau.

Inter-MME Handover: Giữa các vùng phục vụ của MME (Mobility Management Entity).

2. Inter-RAT (Radio Access Technology) Handover – Chuyển giao giữa LTE và các công nghệ khác như GSM, UMTS, hoặc 5G.

Phân biệt Handover cứng (Hard Handover) và Handover mềm (Soft Handover):

Loại Handover	Handover cứng	Handover mềm
Nguyên tắc hoạt động	UE ngắt kết nối với cell cũ trước khi kết nối với cell mới.	UE kết nối với nhiều cell cùng lúc và dần dần rời khỏi cell cũ.
Mất kết nối	Có thể có gián đoạn ngắn trong quá trình chuyển giao.	Không có gián đoạn do UE luôn được kết nối với ít nhất một cell.
Công nghệ sử dụng	GSM, LTE (FDD-LTE).	WCDMA (3G), CDMA, LTE (TDD-LTE).
Độ phức tạp	Đơn giản, dễ thực hiện.	Phức tạp hơn do yêu cầu đồng bộ hóa giữa nhiều cell.
Chất lượng tín hiệu	Có thể gây mất gói dữ liệu hoặc rớt cuộc gọi nếu chuyển giao không kịp thời.	Tín hiệu ổn định hơn, ít rớt cuộc gọi hơn.

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

Nhiễu đồng kênh (CCI) là loại nhiễu xảy ra khi hai hoặc nhiều cell sử dụng cùng một tần số trong mạng tế bào, làm suy giảm chất lượng tín hiệu và ảnh hưởng đến hiệu suất hệ thống.

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

Cách giảm nhiễu đồng kênh trong mạng tế bào

- Tăng hệ số tái sử dụng tần số K để tăng khoảng cách giữa các cell đồng kênh.
- Dùng anten định hướng để giới hạn vùng phủ sóng và giảm nhiễu từ các cell lân cận.
- Điều chỉnh công suất phát của BTS để tránh gây nhiễu không cần thiết.
- Sử dụng các kỹ thuật giảm nhiễu như beamforming trong 5G hoặc power control trong LTE.
- Tối ưu quy hoạch tần số để phân bổ kênh hợp lý giữa các cell.

Ảnh hưởng của hệ số K đến nhiễu đồng kênh:

Hệ số K càng nhỏ → Nhiễu đồng kênh càng cao

- Vì các cell đồng kênh gần nhau hơn, mức nhiễu tăng cao.
- Phù hợp với mạng có dung lượng cao nhưng cần công nghệ giảm nhiễu hiệu quả.

Hệ số K càng lớn → Nhiễu đồng kênh giảm

- Khoảng cách giữa các cell đồng kênh tăng, giảm mức nhiễu.
- Tuy nhiên, mỗi cell có ít kênh tần số hơn, làm giảm dung lượng hệ thống.