

Câu 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.
 - 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.

Nguyên tắc cơ bản của mạng tế bào:

- Sử dụng nhiều trạm gốc nhỏ thay vì một trạm gốc công suất lớn, giúp tăng hiệu quả sử dụng tần số, giảm nhiễu xuyên kênh và tối đa hóa số lượng người dùng có thể phục vụ đồng thời.
- Sử dụng cơ chế chuyển giao kết nối (handover) giữa các trạm gốc để cho phép thiết bị di động di chuyển liên tục giữa các cell mà vẫn duy trì kết nối

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

- Mô hình lan truyền tín hiệu thường giả định cell có dạng hình tròn.
- Nhưng trên thực tế, hình tròn không tối ưu khi xếp chồng các cell lên nhau.
- 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.

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

1. Tái sử dụng tần số hiệu quả (Frequency Reuse)

- Trong hệ thống vô tuyến truyền thống, một tần số chỉ có thể được sử dụng một lần trong một khu vực rộng lớn, gây lãng phí phổ tần.
- Trong mạng tế bào, cùng một tần số có thể được sử dụng lại ở các cell không liên kề, giúp tối ưu hóa tài nguyên phổ tần mà không gây nhiễu đáng kể.

2. Tăng dung lượng mạng

- Hệ thống vô tuyến truyền thống chỉ có một trạm phát sóng công suất lớn, nên khi số lượng người dùng tăng lên, chất lượng dịch vụ giảm sút.
- Mạng tế bào chia nhỏ khu vực phủ sóng thành nhiều cell nhỏ hơn, mỗi cell có trạm gốc riêng, giúp phục vụ nhiều người dùng hơn mà không làm giảm chất lượng kết nối.

3. Cải thiện vùng phủ sóng

- Trong hệ thống truyền thống, một trạm phát sóng công suất lớn có thể gặp khó khăn trong việc phủ sóng đến các khu vực xa hoặc bị che khuất bởi vật cản (như tòa nhà, đồi núi).
- Mạng tế bào sử dụng nhiều trạm gốc nhỏ hơn, có thể đặt tại nhiều vị trí để phủ sóng tốt hơn, ngay cả trong các khu vực đô thị đông đúc hoặc vùng nông thôn.

4. Hỗ trợ chuyển vùng mượt mà (Handover)

- Trong hệ thống vô tuyến truyền thống, khi một người dùng di chuyển ra khỏi vùng phủ sóng của trạm phát, kết nối có thể bị gián đoạn.
- Trong mạng tế bào, khi người dùng di chuyển từ cell này sang cell khác, hệ thống sẽ tự động chuyển giao kết nối (handover) mà không làm gián đoạn cuộc gọi hoặc truyền dữ liệu.

5. Giảm nhiễu và cải thiện chất lượng tín hiệu

- Trong hệ thống truyền thống, nhiễu có thể cao do sử dụng chung một tần số trong một khu vực rộng lớn.
- Mạng tế bào sử dụng quy hoạch tần số hợp lý để giảm nhiễu đồng kênh (Co-Channel Interference) và nhiễu xuyên kênh (Adjacent Channel Interference), đảm bảo chất lượng tín hiệu tốt hơn.

6. Linh hoạt và mở rộng dễ dàng

- Việc mở rộng một hệ thống vô tuyến truyền thống thường đòi hỏi lắp đặt thêm các trạm phát sóng công suất lớn, gây tốn kém.
- Trong mạng tế bào, có thể dễ dàng thêm cell mới để tăng dung lượng mạng hoặc mở rộng vùng phủ sóng với chi phí thấp hơn.

7. Tích hợp với các công nghệ hiện đại

- Mạng tế bào có thể tích hợp với công nghệ mới như Wi-Fi, 4G, 5G, IoT, trí tuệ nhân tạo (AI) để cung cấp các dịch vụ tiên tiến.

- Các công nghệ như beamforming, Massive MIMO, Network Slicing giúp tối ưu hóa hiệu suất mạng.

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

1. Ô tế bào (Cell)

- Là đơn vị cơ bản của mạng tế bào, mỗi cell đại diện cho một khu vực phủ sóng do trạm thu phát gốc (Base Station - BS) cung cấp.
- Chức năng:
 - Chia nhỏ vùng phủ sóng để tối ưu hóa việc tái sử dụng tần số.
 - Giảm nhiễu và tối ưu hóa hiệu suất truyền dữ liệu.

2. Trạm thu phát gốc (Base Station - BS)

- Là thiết bị truyền dẫn tín hiệu vô tuyến giữa thiết bị di động và mạng lõi.
- Chức năng:
 - 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.

3. Bộ điều khiển trạm gốc (Base Station Controller - BSC)

- Là thành phần trung gian giữa trạm BS và mạng lõi.
- Chức năng:
 - Điều phối tài nguyên vô tuyến giữa các BS.
 - Xử lý quá trình chuyển giao kết nối (handover) giữa các BS.
 - Giám tải cho tổng đài di động (MSC - Mobile Switching Center).

4. Tổng đài chuyển mạch di động (Mobile Switching Center - MSC)

- Là thành phần quan trọng trong mạng lõi, giúp kết nối các thuê bao di động và mạng viễn thông khác.
- Chức năng:
 - Kết nối mạng di động với mạng viễn thông cố định (PSTN/ISDN).
 - Xác thực thuê bao, định tuyến cuộc gọi.
 - Hỗ trợ chuyển vùng (roaming) giữa các mạng di động khác nhau.
 - Quản lý dữ liệu cuộc gọi và cước phí.

5. Mạng lõi (Core Network - CN)

- Điều phối và quản lý tất cả các hoạt động của mạng.
- Chức năng:
 - Quản lý cuộc gọi, dữ liệu và điều phối kết nối.

- Kết nối mạng di động với Internet và mạng viễn thông khác.

6. Nhóm các tế bào (Cluster)

- Cluster là tập hợp nhiều cell sử dụng các tần số khác nhau để tránh nhiễu.
- Chức năng:
 - Quản lý và tái sử dụng tần số hiệu quả.
 - Đảm bảo mỗi cell trong cluster có tần số riêng để tránh nhiễu đồng kênh.

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

1. Macrocell

- Phạm vi phủ sóng: Vài km (từ 1 đến 30 km).
- Công suất phát: Cao (từ vài chục đến vài trăm watt).
- Ứng dụng:
 - Dùng cho khu vực nông thôn, ngoại ô, khu vực rộng lớn.
 - Phủ sóng trên diện tích rộng và phục vụ nhiều thuê bao cùng lúc.
- Đặc điểm:
 - Triển khai trên các cột phát sóng cao hoặc tòa nhà lớn.
 - Hỗ trợ số lượng lớn người dùng.
 - Có thể bị nhiễu nếu nhiều trạm macrocell gần nhau sử dụng cùng tần số.

2. Microcell

- Phạm vi phủ sóng: Vài trăm mét (từ 200m đến 2km).
- Công suất phát: Trung bình (từ vài watt đến vài chục watt).
- Ứng dụng:
 - Dùng cho khu vực đô thị, thành phố, trung tâm thương mại, sân bay.
 - Giúp tăng cường vùng phủ sóng trong môi trường nhiều vật cản.
- Đặc điểm:
 - Triển khai trên cột đèn, nóc nhà thấp hoặc ven đường.
 - Giảm tải cho các macrocell trong khu vực có mật độ sử dụng cao.
 - Dễ dàng triển khai và mở rộng mạng.

3. Picocell

- Phạm vi phủ sóng: Dưới 100m.
- Công suất phát: Thấp (dưới 1 watt).
- Ứng dụng:
 - Dùng trong tòa nhà, trung tâm thương mại, ga tàu, sân bay để mở rộng vùng phủ sóng trong nhà.
 - Cải thiện tín hiệu mạng trong các khu vực có nhiều vật cản hoặc đông người.

- Đặc điểm:
 - Kích thước nhỏ, dễ lắp đặt.
 - Thường sử dụng kết nối có dây hoặc không dây đến mạng lõi.
 - Chỉ phục vụ một số lượng nhỏ thuê bao.

4. Femtocell

- Phạm vi phủ sóng: Dưới 10m.
- Công suất phát: Rất thấp (dưới 0.1 watt).
- Ứng dụng:
 - Dùng trong hộ gia đình, văn phòng nhỏ để cung cấp kết nối di động chất lượng cao.
 - Giải quyết vấn đề tín hiệu yếu ở những nơi sóng di động khó tiếp cận.
- Đặc điểm:
 - Kết nối với mạng lõi thông qua đường truyền Internet băng rộng (ADSL, cáp quang, Wi-Fi).
 - Hỗ trợ số lượng người dùng hạn chế (thường từ 4-8 thiết bị cùng lúc).
 - Giảm tải cho các trạm gốc lớn hơn.

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

Tiêu chí	MSC (Mobile Switching Center)	BSC (Base Station Controller)
Vị trí trong mạng	Nằm trong mạng lõi (Core Network)	Nằm trong mạng truy nhập vô tuyến (RAN)
Chức năng chính	Kết nối cuộc gọi, quản lý roaming, điều phối tài nguyên mạng	Điều khiển nhiều trạm gốc, quản lý tần số và handover
Quản lý thành phần nào?	Điều khiển nhiều BSC	Điều khiển nhiều BS (Base Station)
Xử lý handover	Handover giữa các khu vực MSC khác nhau	Handover giữa các BS trong cùng một khu vực
Kết nối với mạng ngoài	Kết nối mạng di động với PSTN/ISDN (mạng cố định)	Không kết nối trực tiếp với mạng viễn thông cố định
Tầng hoạt động	Tầng mạng (Network Layer)	Tầng liên kết dữ liệu (Data Link Layer)

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

Trong mạng tế bào, cụm tế bào (Cell Cluster) là một tập hợp các ô tế bào (cell) được quy hoạch sao cho không có cell nào trong cùng một cụm sử dụng cùng một tần số. Mô hình này giúp quản lý và tối ưu hóa tài nguyên phổ tần bằng cách giảm nhiễu đồng kênh (Co-Channel Interference - CCI).

Cấu trúc của cụm tế bào:

- Một cluster bao gồm một số cell nhất định, mỗi cell trong đó được gán một tập tần số khác nhau để tránh nhiễu.
- Sau khi tất cả các tần số có sẵn được sử dụng trong cụm, chúng có thể được tái sử dụng ở một cụm khác cách xa đủ xa để không gây nhiễu.
- Số lượng cell trong một cụm trước khi tần số được sử dụng lại được gọi là hệ số tái sử dụng tần số K

Vai trò của cụm tế bào trong quản lý tần số

1. Tối ưu hóa việc tái sử dụng tần số (Frequency Reuse)
 - Do tài nguyên phổ tần là có hạn, mạng tế bào áp dụng kỹ thuật tái sử dụng tần số, trong đó một tần số có thể được sử dụng lại ở các cell không liền kề để tăng dung lượng mạng mà không gây nhiễu.
 - Ví dụ: Nếu một cụm có $K = 7$, thì mỗi tần số chỉ xuất hiện một lần trong một cụm trước khi được tái sử dụng.
2. Giảm nhiễu đồng kênh (Co-Channel Interference - CCI)
 - Nếu hai cell liền kề sử dụng cùng một tần số, tín hiệu sẽ gây nhiễu lẫn nhau.
 - Việc sắp xếp cụm giúp đảm bảo rằng các cell sử dụng cùng một tần số phải cách nhau một khoảng nhất định, giảm thiểu nhiễu tín hiệu.
3. Tối ưu hóa dung lượng mạng
 - Khi hệ số K nhỏ \rightarrow Dung lượng mạng cao nhưng nhiễu đồng kênh tăng.
 - Khi hệ số K lớn \rightarrow Ít nhiễu đồng kênh hơn nhưng dung lượng mỗi cell giảm.
 - Ví dụ:
 - Nếu $K=3$, các cell có dung lượng cao nhưng dễ bị nhiễu.
 - Nếu $K=7$, cân bằng giữa dung lượng và mức nhiễu.
 - Nếu $K=12$ hoặc $K=19$, nhiễu giảm nhưng dung lượng mỗi cell bị giới hạn.

Câu 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?

Trong mạng tế bào, hệ số tái sử dụng tần số (K) là số lượng ô tế bào (cell) trong một cụm (cluster) trước khi một tần số có thể được tái sử dụng.

Do phổ tần số là tài nguyên có hạn, việc tái sử dụng tần số giúp tăng dung lượng mạng mà không cần mở rộng phổ tần. Tuy nhiên, các cell sử dụng cùng một tần số cần phải cách nhau đủ xa để tránh nhiễu đồng kênh (Co-Channel Interference - CCI).

- Nếu K nhỏ → Dung lượng mạng cao nhưng nhiễu đồng kênh cao.
- Nếu K lớn → Ít nhiễu đồng kênh nhưng mỗi cell có ít kênh hơn.

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

Hệ số K được xác định bằng công thức:

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

Trong đó:

- i, j là số bước di chuyển theo hai hướng khác nhau trên lưới tổ ong (hình lục giác).
- K là số cell trong một cụm trước khi tần số có thể được tái sử dụng.

Câu 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?

1. Ảnh hưởng của việc tăng hệ số tái sử dụng tần số K đến chất lượng mạng

Hệ số tái sử dụng tần số K là số lượng cell trong một cụm trước khi tần số có thể được tái sử dụng. Khi K tăng, chất lượng mạng thay đổi theo các yếu tố sau:

Hệ số K nhỏ	Hệ số K lớn
Dung lượng mạng cao → Mỗi cell có nhiều kênh hơn.	Dung lượng mạng thấp → Mỗi cell có ít kênh hơn.
Khoảng cách giữa các cell đồng kênh nhỏ → Dễ xảy ra nhiễu đồng kênh (Co-Channel Interference - CCI).	Khoảng cách giữa các cell đồng kênh lớn → Giảm nhiễu đồng kênh.
Phù hợp với khu vực đông dân cư, cần phục vụ nhiều người dùng.	Phù hợp với khu vực nông thôn, nơi cần giảm nhiễu hơn là tăng dung lượng.
Sử dụng phổ tần hiệu quả hơn, nhưng có thể ảnh hưởng đến chất lượng cuộc gọi do nhiễu cao.	Chất lượng tín hiệu tốt hơn, nhưng có thể giới hạn số lượng người dùng do dung lượng thấp.

Kết luận:

- Khi K nhỏ → Mạng có dung lượng cao hơn nhưng dễ bị nhiễu đồng kênh.
- Khi K lớn → Mạng ít nhiễu hơn nhưng dung lượng phục vụ mỗi cell thấp hơn.

- Cần lựa chọn giá trị K tối ưu để cân bằng giữa dung lượng mạng và chất lượng tín hiệu.

2. Công thức tính khoảng cách giữa các cell đồng kênh

Khoảng cách tối thiểu DDD giữa hai cell sử dụng lại cùng một tần số được tính bằng công thức:

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

Trong đó:

- R là bán kính của cell.
- K là hệ số tái sử dụng tần số.
- D là khoảng cách giữa hai cell sử dụng lại cùng một tần số (cell đồng kênh).

Câu 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 mà mỗi cell có thể sử dụng trong mạng GSM với tổng số kênh T=490 và hệ số tái sử dụng tần số K=7, ta sử dụng công thức:

$$N = \frac{T}{K}$$

trong đó:

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

$$N = 490/7 = 70$$

Vậy mỗi cell sẽ có 70 kênh khả dụng.

Câu 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).

Chuyển giao cuộc gọi (Handover) là quá trình thiết bị di động chuyển kết nối từ cell này sang cell khác khi di chuyển mà không làm gián đoạn cuộc gọi hoặc truyền dữ liệu.

Khi một thiết bị di động di chuyển ra khỏi vùng phủ sóng của một trạm thu phát gốc (BS - Base Station), hệ thống sẽ tự động chuyển sang một BS khác có tín hiệu tốt hơn để đảm bảo chất lượng kết nối.

Mục đích của handover:

- Duy trì cuộc gọi hoặc kết nối dữ liệu liên tục khi người dùng di chuyển.
- Tối ưu hóa tài nguyên mạng, tránh quá tải trên một cell cụ thể.
- Giảm nhiễu, đảm bảo chất lượng dịch vụ (QoS).

Các loại handover trong mạng GSM và LTE

a) Các loại handover trong mạng GSM (2G, 3G)

1. Intra-Cell Handover (Chuyển giao trong cùng một cell)
 - Xảy ra khi thiết bị di động chuyển từ một kênh tần số này sang kênh tần số khác trong cùng một cell để giảm nhiễu hoặc tối ưu hóa tài nguyên.
2. Inter-Cell Handover (Chuyển giao giữa các cell)
 - Khi thiết bị di động di chuyển khỏi phạm vi một cell và cần kết nối với một cell khác thuộc cùng một BSC.
3. Inter-BSC Handover (Chuyển giao giữa các BSC)
 - Khi thiết bị di động di chuyển giữa hai cell thuộc hai Bộ điều khiển trạm gốc (BSC - Base Station Controller) khác nhau.
4. Inter-MSC Handover (Chuyển giao giữa các MSC)
 - Khi thiết bị di động di chuyển giữa hai khu vực thuộc hai Tổng đài chuyển mạch di động (MSC - Mobile Switching Center) khác nhau.

b) Các loại handover trong mạng LTE (4G, 5G)

1. Intra-LTE Handover
 - Chuyển giao giữa các trạm eNodeB (4G) hoặc gNodeB (5G) trong cùng một mạng LTE.
2. Inter-RAT (Radio Access Technology) Handover
 - Khi thiết bị di động chuyển đổi giữa LTE và mạng khác (ví dụ: từ LTE xuống 3G hoặc 2G).
3. Inter-Frequency Handover
 - Khi thiết bị di động chuyển từ một tần số LTE này sang một tần số LTE khác trong cùng một mạng.
4. Inter-Operator Handover
 - Khi thiết bị di động chuyển vùng giữa hai nhà mạng khác nhau (roaming).

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

Tiêu chí	Handover cứng (Hard Handover)	Handover mềm (Soft Handover)
Cách hoạt động	Ngắt kết nối với cell cũ trước khi kết nối với cell mới.	Kết nối với cell mới trước khi ngắt cell cũ.
Loại mạng	GSM (2G, 3G), LTE (4G).	Chỉ có trong 3G (UMTS/CDMA).
Tính liên tục	Có thể gây gián đoạn ngắn trong quá trình chuyển giao.	Không gây gián đoạn, thiết bị có thể kết nối với nhiều cell cùng lúc.

Ưu điểm	Đơn giản, dễ triển khai.	Đảm bảo kết nối mượt mà, ít rớt cuộc gọi hơn.
Nhược điểm	Dễ bị rớt cuộc gọi nếu chuyển giao chậm hoặc tín hiệu yếu.	Phức tạp, yêu cầu nhiều tài nguyên mạng hơn.

- Handover cứng (Hard Handover): Diễn hình trong GSM, LTE – thiết bị ngắt kết nối trước khi kết nối lại, dễ gây rớt cuộc gọi.
- Handover mềm (Soft Handover): Xuất hiện trong 3G (UMTS/CDMA) – thiết bị có thể kết nối với nhiều cell cùng lúc, đảm bảo kết nối ổn định hơn.

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

- Nhiễu đồng kênh (CCI - Co-Channel Interference) là hiện tượng xảy ra khi hai hoặc nhiều cell sử dụng cùng một tần số trong mạng tế bào gây nhiễu lẫn nhau.
- Do phổ tần số có hạn, mạng tế bào áp dụng tái sử dụng tần số (Frequency Reuse), trong đó một tần số có thể được sử dụng lại ở các cell không liền kề để tối ưu hóa tài nguyên mạng. Tuy nhiên, nếu khoảng cách giữa các cell sử dụng chung một tần số không đủ xa, chúng sẽ gây nhiễu cho nhau.

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

Nhiễu đồng kênh xảy ra khi hai hoặc nhiều cell sử dụng cùng một tần số gây nhiễu lẫn nhau. Để giảm nhiễu này, có thể áp dụng các phương pháp sau:

1. Tăng hệ số tái sử dụng tần số (K)

- Hệ số K xác định số lượng cell trong một cụm (cluster) trước khi tần số được tái sử dụng.
- Khi K lớn hơn, khoảng cách giữa các cell đồng kênh lớn hơn → giảm nhiễu đồng kênh.
- Tuy nhiên, nếu K quá lớn, dung lượng mạng giảm vì mỗi cell chỉ có ít kênh hơn để sử dụng.

2. Điều chỉnh vị trí trạm gốc (Base Station - BS)

- Quy hoạch lại vị trí trạm BS để giảm chồng lấn tín hiệu giữa các cell sử dụng cùng tần số.
- Sử dụng mô hình lục giác thay vì hình vuông hoặc hình tròn để tối ưu hóa khoảng cách giữa các cell đồng kênh.

3. Kiểm soát công suất phát (Power Control)

- Giảm công suất phát của BS để hạn chế vùng phủ sóng tràn vào cell lân cận.
- Tăng công suất trong cell yếu để đảm bảo chất lượng tín hiệu tốt hơn.

4. Sử dụng kỹ thuật Beamforming (5G, LTE-Advanced)

- Beamforming giúp tập trung tín hiệu theo một hướng cụ thể thay vì phát tán toàn bộ không gian.
- Điều này làm giảm sự can thiệp với các cell đồng kênh khác.

5. Áp dụng kỹ thuật điều chế thích ứng (Adaptive Modulation and Coding - AMC)

- Cho phép hệ thống tự động điều chỉnh tốc độ truyền dữ liệu và mức điều chế để tối ưu hóa chất lượng tín hiệu khi bị nhiễu.

6. Sử dụng kỹ thuật MIMO (Multiple Input Multiple Output)

- MIMO giúp tăng cường dung lượng và giảm nhiễu bằng cách sử dụng nhiều anten để truyền và nhận tín hiệu đồng thời.

Bài tập

Câu 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.

Bài làm:

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

Công thức tính số kênh mỗi cell có thể sử dụng:

$$N = \frac{T}{K}$$

- $T = 600$ là tổng số kênh tần số trong hệ thống.
- $K = 7$ là hệ số tái sử dụng tần số.

Ta có: $N=600/7=85.71$

Vậy mỗi cell có thể sử dụng 85 kênh tần số.

b) *Tổng dung lượng hệ thống nếu có $M=10$*

Công thức tính tổng dung lượng hệ thống: $C = M \times K \times N$

- $M=10$ là số cụm cell.
- $K=7$ là hệ số tái sử dụng tần số.
- $N=85$ là số kênh mỗi cell có thể sử dụng.

Ta có: $C = 10 \times 7 \times 85 = 5950$

Vậy tổng dung lượng hệ thống là 5950 kênh.

Câu 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.

Bài làm:

Khoảng cách tối thiểu D giữa hai cell sử dụng lại cùng một tần số được tính bằng công thức:

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

- R = 2km là bán kính của mỗi cell.
- K = 12 là hệ số tái sử dụng tần số.

Ta có: $D = 2 \times \sqrt{3 \times 12} = 12$

Vậy khoảng cách tối thiểu giữa các cell đồng kênh: 12 km

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

Bài làm:

Khoảng cách tối thiểu D giữa hai cell sử dụng lại cùng một tần số được tính bằng công thức:

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

- R = 1.5km là bán kính của mỗi cell.
- K = 19 là hệ số tái sử dụng tần số.

Ta có: $D = 1.5 \times \sqrt{3 \times 19} = 11.33$

Vậy khoảng cách tối thiểu giữa các cell đồng kênh: 11.33 km

Câu 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:

a) Số cụm cell cần thiết để phục vụ toàn bộ hệ thống nếu K=7

Công thức tính số cụm cell:

$$M = \frac{T}{K \times N}$$

- T=5000 là tổng số kênh trong hệ thống.
- K=7 là hệ số tái sử dụng tần số.
- N là số kênh mỗi cell có thể sử dụng, tính theo:

$$N = \frac{T}{K} = \frac{5000}{7} = 714.29$$

Số cụm cell cần thiết để phục vụ 106 thuê bao, mỗi thuê bao cần 2 kênh: $106 \times 2 = 212$

Số cụm cell cần thiết: $M = \frac{212}{714.29} = 0.3$

Vì M phải là số nguyên, cần làm tròn lên M = 1. Vậy số cụm cell cần thiết: 1 cụm cell.

b) Tổng dung lượng của hệ thống

Dung lượng hệ thống được tính bằng: $C = M \times K \times N$

Thay các giá trị: $C = 1 \times 7 \times 714.29 = 5000$

Tổng dung lượng của hệ thống: 5000 kênh.