**CÂU HỎI LÝ THUYẾT CHƯƠNG 2.4 MẠNG TẾ BÀO**

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: 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

**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 các lý do sau:

- Hình tròn không tối ưu khi xếp chồng

+ Trong thực tế, sóng vô tuyến lan truyền theo dạng hình tròn, nhưng nếu sử dụng các cell hình tròn, sẽ có khoảng trống hoặc chồng lấn giữa các cell, gây lãng phí phổ tần hoặc nhiễu sóng.

- Hình lục giác bao phủ diện tích tối ưu

+ Hình lục giác có khả năng xếp kín mặt phẳng mà không để lại khoảng trống, tối ưu hóa vùng phủ sóng.

+ Nếu dùng hình vuông, khoảng cách giữa các trạm không đồng đều, gây nhiễu và giảm hiệu suất truyền tín hiệu.

+ Hình tam giác cũng có thể xếp kín nhưng có nhiều cạnh hơn, dẫn đến nhiều đường biên giữa các cell hơn, gây khó khăn trong quản lý mạng.

* Khoảng cách giữa các cell đồng nhất

+ Trong mạng lục giác, mỗi cell có 6 cell lân cận ở khoảng cách bằng nhau, giúp tính toán dễ dàng hơn so với hình vuông hoặc hình tam giác.

+ Điều này giúp tối ưu hóa tái sử dụng tần số và giảm nhiễu giữa các cell đồng kênh.

* Hỗ trợ chuyển giao (handover) mượt mà

+ Khi thiết bị di động di chuyển, việc chuyển tiếp kết nối giữa các cell (handover) trơn tru hơn do khoảng cách giữa các cell là đồng nhất.

**3. Ưu điểm của mạng tế bào so với hệ thống vô tuyến truyền thống:**

- Hiệu quả sử dụng tần số cao hơn: Tần số được tái sử dụng ở các cell khác nhau giúp tăng dung lượng mạng.

- Phạm vi phủ sóng rộng: Hệ thống có thể mở rộng bằng cách thêm các cell mới.

- Khả năng hỗ trợ chuyển vùng (roaming) và chuyển giao cuộc gọi (handover): Cho phép người dùng di chuyển mà không mất kết nối.

- Tăng hiệu suất truyền tải: Nhờ công nghệ điều chế tiên tiến và kỹ thuật mã hóa.

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

Hệ thống mạng tế bào gồm các thành phần chính sau:

1. Mobile Station (MS): Thiết bị di động (điện thoại, máy tính bảng) dùng để gọi điện, nhắn tin, truy cập Internet.
2. Base Station (BS): Trạm thu phát gốc kết nối với thiết bị di động và truyền dữ liệu.
3. Base Station Controller (BSC): Điều khiển nhiều BS, quản lý tần số, phân bổ kênh và hỗ trợ chuyển giao cuộc gọi.
4. Mobile Switching Center (MSC): Xử lý cuộc gọi, kết nối với mạng cố định, quản lý thuê bao.
5. Home Location Register (HLR): Lưu trữ thông tin đăng ký và vị trí của thuê bao trong mạng.
6. Visitor Location Register (VLR): Lưu trữ thông tin thuê bao tạm thời khi di chuyển vào vùng mới.
7. Authentication Center (AuC): Xác thực thuê bao, bảo mật thông tin.
8. Equipment Identity Register (EIR): Quản lý danh sách thiết bị, ngăn chặn thiết bị bị đánh cắp.
9. Gateway MSC (GMSC): Kết nối mạng di động với PSTN, Internet.
10. Packet Data Network Gateway (PDN-GW): Quản lý truy cập dữ liệu di động, kết nối Internet.

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

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  | | --- | | **Loại trạm gốc** | | |  | | --- | | **Phạm vi phủ sóng** | | |  | | --- | | **Công suất phát** | | |  | | --- | | **Ứng dụng** | |
| Macrocell | Vài km đến vài chục km | 10 - 50W | Vùng nông thôn, ngoại ô, đường cao tốc |
| Microcell | Vài trăm mét đến 2 km | 1 - 10W | Thành phố, khu vực đông dân cư |
| Picocell | Dưới 200 mét | 100mW - 1W | Tòa nhà, trung tâm thương mại, sân bay |
| Femtocell | 10 - 50 mét | 10 - 100mW | Nhà riêng, văn phòng nhỏ |

**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 | Chuyển mạch cuộc gọi, quản lý kết nối giữa thuê bao di động và mạng viễn thông cố định | Quản lý và điều khiển nhiều trạm gốc (BS), phân bổ tài nguyên vô tuyến |
| Kết nối với | |  | | --- | | BSC, HLR, VLR, mạng PSTN, Internet |  |  | | --- | |  | | Base Stations (BS) và MSC |
| Quản lý handover | Handover giữa các BSC và MSC khác nhau | Handover nội vùng giữa các BS trong cùng một BSC |
| Mức độ điều khiển | Quản lý thuê bao, kết nối giữa các mạng khác nhau | Quản lý trạm gốc, điều phối tần số, kiểm soát công suất phát |

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

**K/n:**

Cụm tế bào (cell cluster) là một tập hợp N cell lục giác sử dụng các tần số khác nhau để tránh nhiễu đồng kênh. Sau khi dùng hết các tần số trong cụm, chúng có thể tái sử dụng ở một cụm khác cách xa đủ lớn để giảm nhiễu.

Ví dụ: Nếu K = 7, thì một cụm có 7 cell, mỗi cell dùng một tần số khác nhau trước khi tần số được lặp lại ở cụm tiếp theo.

**Vai trò của cụm tế bào trong quản lý tần số**

1. Giảm nhiễu đồng kênh (Co-channel Interference - CCI): Các cell trong cùng một cụm có tần số khác nhau nên không gây nhiễu lẫn nhau.
2. Tối ưu hóa sử dụng phổ tần: Giúp dùng lại tần số ở các cụm khác nhau mà vẫn đảm bảo chất lượng sóng.
3. Tăng dung lượng mạng: Khi cần mở rộng mạng, có thể thêm cụm mới mà không cần phổ tần mới.
4. Quy hoạch tần số hiệu quả: Dễ dàng lập kế hoạch phân bổ tần số cho từng cell 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 cell trong một cụm tế bào trước khi một tần số có thể được sử dụng lại. Nó giúp tối ưu hóa phổ tần bằng cách đảm bảo rằng các cell sử dụng cùng một tần số cách nhau đủ xa để tránh nhiễu.

Ví dụ: Nếu K=7, có 7 cell trong một cụm, mỗi cell dùng một tần số khác nhau trước khi tái sử dụng tần số đó ở cụm tiếp theo.

**Công thức xác định K trên lưới tổ ong**

Hệ số K được tính bằng 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.

K luôn có giá trị 3, 4, 7, 9, 12, 13, 19,... (các giá trị phù hợp với mô hình lưới lục giác).

**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?**

**Ảnh hưởng của việc tăng hệ số tái sử dụng tần số KKK đến chất lượng mạng**

Khi hệ số K tăng, chất lượng mạng thay đổi theo hai hướng:

Lợi ích:

* Giảm nhiễu đồng kênh (Co-Channel Interference - CCI) do khoảng cách giữa các cell đồng kênh lớn hơn.
* Cải thiện chất lượng tín hiệu, giúp cuộc gọi và truyền dữ liệu ổn định hơn.

Hạn chế:

* Giảm số kênh tần số mà mỗi cell có thể sử dụng, làm giảm dung lượng mạng.
* Cần nhiều cell hơn để phủ sóng cùng một khu vực, tăng chi phí triển khai mạng.

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

D = R× sqrt(3K)

Trong đó:

D là khoảng cách giữa các cell đồng kênh.

R là bán kính của mỗi cell.

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?**

**Số kênh khả dụng cho mỗi cell được tính theo công thức:**

N = T/K

Trong đó:

N là số kênh mà mỗi cell có thể sử dụng.

T = 490 là tổng số kênh của toàn mạng.

K = 7 là hệ số tái sử dụng tần số.

Thay số vào công thức:

N = 490/7 = 70

Vậy mỗi cell sẽ có 70 kênh khả dụng để phục vụ thuê bao trong khu vực của nó

1. **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 là quá trình chuyển kết nối của thiết bị di động từ một cell này sang cell khác khi thiết bị di chuyển mà không làm gián đoạn cuộc gọi hoặc kết nối dữ liệu. Handover giúp đảm bảo liên lạc liên tục và tối ưu hóa tài nguyên mạng.

**Các loại handover trong mạng GSM và LTE**

Trong mạng GSM:

* Intra-BSC Handover: Chuyển giao giữa các cell do cùng một BSC quản lý.
* Inter-BSC Handover: Chuyển giao giữa các cell thuộc các BSC khác nhau nhưng trong cùng một MSC.
* Inter-MSC Handover: Chuyển giao giữa các cell thuộc các MSC khác nhau.

Trong mạng LTE:

* Intra-LTE Handover: Chuyển giao giữa các eNB (trạm gốc) trong mạng LTE.
* Inter-RAT Handover: Chuyển giao giữa LTE và các công nghệ khác (GSM, UMTS).

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

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Loại handover** | **Đặc điểm** | **Ưu điểm** | **Nhược điểm** | **Ứng dụng** |
| Hard Handover | Ngắt kết nối với cell cũ trước khi kết nối với cell mới (Break-Before-Make) | Giảm nhiễu giữa các cell | Có thể gây gián đoạn nếu kết nối mới không thành công | Dùng trong GSM, LTE |
| Soft Handover | Giữ kết nối với cả cell cũ và cell mới trong thời gian ngắn (Make-Before-Break) | Giảm nguy cơ mất kết nối khi chuyển giao | Yêu cầu tài nguyên lớn hơn | Dùng trong mạng CDMA, UMTS |

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

Nhiễu đồng kênh là hiện tượng nhiễu xảy ra khi nhiều cell sử dụng cùng một tần số trong mạng tế bào. Do phổ tần số có hạn, các tần số phải được tái sử dụng ở các cell khác nhau, nhưng nếu khoảng cách giữa các cell đồng kênh không đủ xa, tín hiệu từ một cell có thể gây nhiễu cho cell khác.

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

**Để giảm nhiễu đồng kênh trong mạng tế bào, có thể áp dụng các phương pháp sau:**

* Tăng hệ số tái sử dụng tần số KKK: Giúp tăng khoảng cách giữa các cell sử dụng cùng tần số, giảm nhiễu.
* Điều chỉnh công suất phát sóng của trạm gốc (BS): Giảm công suất để hạn chế ảnh hưởng đến cell lân cận.
* Tối ưu hóa quy hoạch tần số: Sắp xếp tần số hợp lý để tránh nhiễu giữa các cell gần nhau.
* Sử dụng ăng-ten định hướng: Giúp tập trung sóng vô tuyến vào khu vực cần phủ sóng, giảm nhiễu từ các hướng khác.
* Triển khai kỹ thuật điều chế và mã hóa thích ứng (AMC - Adaptive Modulation and Coding): Tăng cường khả năng chống nhiễu.

**Ảnh hưởng của hệ số tái sử dụng tần số KKK đến nhiễu đồng kênh**

Hệ số K là số lượng cell trong một cụm trước khi tần số được tái sử dụng.

* K nhỏ → Các cell đồng kênh gần nhau hơn → Nhiễu đồng kênh cao.
* K lớn → Các cell đồng kênh cách xa hơn → Giảm nhiễu đồng kênh nhưng giảm số kênh trên mỗi cell, ảnh hưởng đến dung lượng mạng.

Khoảng cách tối thiểu giữa hai cell đồng kênh được tính theo công thức:

D = R× sqrt(3K)

Trong đó:

D là khoảng cách giữa các cell đồng kênh.

R là bán kính của mỗi cell.

K là hệ số tái sử dụng tần số.

Khi K tăng, D cũng tăng, giúp giảm nhiễu đồng kênh nhưng đồng thời giảm số kênh có sẵn cho mỗi cell. Vì vậy, cần cân bằng giữa chất lượng mạng (giảm nhiễu) và dung lượng mạng (số thuê bao có thể phục vụ) khi chọn giá trị K.