

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?

Mỗi giá trị KKK có những ưu nhược điểm riêng, tùy vào nhu cầu mạng, địa hình và điều kiện triển khai.

Hệ số K	Ưu điểm	Nhược điểm	Khi nào chọn?
K=7	Tối đa hóa số kênh trên mỗi cell, phục vụ nhiều thuê bao hơn, dung lượng mạng cao	Nhiều đồng kênh cao hơn do cell đồng kênh gần nhau	Khi cần dung lượng cao, mật độ thuê bao lớn, đô thị đông dân
K=10K	Cân bằng giữa dung lượng và mức nhiễu, giảm nhiễu tốt hơn so với K=7	Giảm nhẹ số kênh trên mỗi cell so với K=7	Khi cần cân bằng giữa dung lượng và chất lượng tín hiệu
K=12	Giảm nhiễu đáng kể, cải thiện chất lượng tín hiệu, vùng phủ sóng tốt hơn	Số kênh trên mỗi cell ít hơn, giảm dung lượng mạng	Khi yêu cầu tín hiệu ổn định, độ nhiễu thấp, vùng ngoại ô, nông thôn

Với một thành phố mới, mật độ thuê bao dự kiến sẽ cao, cần dung lượng mạng lớn. Vì vậy, chọn K=7 để tối đa hóa số kênh mỗi cell và phục vụ được nhiều người dùng nhất.

2. Các yếu tố ảnh hưởng đến lựa chọn K Việc chọn K không thể chỉ dựa vào một tiêu chí mà phải xem xét nhiều yếu tố kỹ thuật và môi trường. Dưới đây là các yếu tố chính:

1. Mật độ thuê bao và nhu cầu dung lượng

- Nếu mật độ thuê bao cao (đô thị, trung tâm kinh tế) → Chọn K=7 để tối đa số kênh trên mỗi cell.
- Nếu mật độ thấp (vùng ngoại ô, nông thôn) → Chọn K=10 hoặc K=12 để giảm nhiễu.

2. Nhiễu đồng kênh (CCI - Co-Channel Interference)

Khoảng cách giữa các cell đồng kênh tỉ lệ với KKK:

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

- Nếu K nhỏ (K=7K), cell đồng kênh gần nhau hơn → Nhiễu cao hơn.

- Nếu K lớn (K=12), cell đồng kênh xa hơn → Nhiều giảm.

3. Địa hình khu vực

- Khu vực đô thị, đông dân, cần dung lượng cao → K=7
- Khu vực đồi núi, sóng bị hấp thụ, cần giảm nhiễu → K=10

4. Tài nguyên tần số và quy hoạch băng tần

- Nếu hệ thống có nhiều băng tần, nhiều tài nguyên tần số, có thể chọn K=10 hoặc K=12 để giảm nhiễu.
- Nếu hệ thống hạn chế tài nguyên tần số, cần chọn K=7 để tối ưu hóa số kênh.

5. Công nghệ mạng và kỹ thuật điều chế

- Mạng GSM/3G dùng FDMA, CDMA, nhiễu cao hơn → Có thể cần K=10 hoặc K=12
- Mạng LTE/5G có kỹ thuật OFDMA, beamforming giúp giảm nhiễu → Có thể chọn K=7 để tối ưu dung lượng.

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.

Giải pháp 1: Tăng hệ số tái sử dụng tần số (K)

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

Nguyên lý:

- Tăng K giúp các cell đồng kênh cách xa nhau hơn, giảm nhiễu.
- Ví dụ: Nếu mạng hiện tại dùng K=7, có thể tăng lên K=10 hoặc K=12

Ưu điểm:

Giảm đáng kể nhiễu đồng kênh.

Cải thiện chất lượng cuộc gọi và tốc độ dữ liệu.

Nhược điểm:

Giảm số kênh có sẵn trên mỗi cell, có thể giảm dung lượng mạng.

Áp dụng khi: Thành phố có băng tần rộng, chấp nhận giảm một ít dung lượng để cải thiện chất lượng tín hiệu.

Giải pháp 2: Điều chỉnh công suất phát của trạm BTS (Power Control)

Nguyên lý:

- Giảm công suất phát của các trạm BTS để hạn chế sóng tràn sang cell lân cận.
- Giúp mỗi cell chỉ phủ sóng trong phạm vi cần thiết, tránh gây nhiễu cho cell đồng kênh.

Ưu điểm:

Giảm nhiễu đồng kênh mà không ảnh hưởng đến số kênh khả dụng.

Giữ được dung lượng mạng.

Nhược điểm:

Nếu giảm quá mức, vùng phủ sóng có thể bị thu hẹp, gây mất sóng.

Áp dụng khi: Thành phố có trạm BTS dày đặc, cần tối ưu vùng phủ sóng để tránh chồng lấn tín hiệu.

Giải pháp 3: Triển khai điều chỉnh hướng anten (Antenna Tilt & Beamforming)

Nguyên lý:

- Dùng tilt (góc nghiêng anten) để điều chỉnh phạm vi phủ sóng, giảm nhiễu lan sang các cell đồng kênh.
- Beamforming (tạo chùm sóng định hướng) trong LTE/5G giúp tập trung tín hiệu vào khu vực có nhu cầu, giảm nhiễu lan rộng.

Ưu điểm:

Giảm nhiễu đồng kênh mà không ảnh hưởng đến số kênh.

Cải thiện chất lượng tín hiệu cho người dùng trong vùng phủ sóng mong muốn.

Nhược điểm:

Cần tính toán cẩn thận để tránh ảnh hưởng vùng phủ sóng.

Áp dụng khi: Thành phố có nhiều trạm BTS gần nhau, có thể điều chỉnh hướng phủ sóng để tối ưu hiệu suất mạng.

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?

Không nên chọn $K=3$ cho vùng nông thôn

1. Trong nông thôn, ít vật cản → Sóng truyền xa hơn, nhiễu đồng kênh càng nghiêm trọng.

2 Nông thôn có ít trạm BTS, cần vùng phủ sóng rộng

- Vùng nông thôn rộng lớn, ít trạm BTS → Cần các cell lớn hơn để phủ sóng hiệu quả.
- Nếu $K=3$, mỗi cell chỉ có rất ít kênh, dẫn đến việc cấp phát tài nguyên không hiệu quả.
- Cần chọn $K=7$ hoặc $K=12$ để có đủ kênh và giảm nhiễu.

3. LTE sử dụng kỹ thuật OFDMA, nhưng vẫn bị nhiễu khi KKK quá nhỏ

- LTE dùng OFDMA để chia nhỏ tần số, giảm nhiễu hơn GSM.
- Nhưng nếu $K=3$ các cell vẫn bị ảnh hưởng do nhiễu đồng kênh, đặc biệt khi công suất phát lớn.

Không nên dùng $K=3$ cho vùng nông thôn. Nên chọn $K=7$ hoặc $K=12$ để tối ưu hóa chất lượng mạng LTE.