

# 5G сети и распространение сигнала

Лобов Михаил

RUDN University

6 декабря 2025 г.

# Что такое 5G?

## Кратко

- 5G — это мобильные сети нового поколения.

# Что такое 5G?

## Кратко

- 5G — это мобильные сети нового поколения.
- Используют более высокие частоты (например, около 3,5 ГГц и выше).

## Роль базовых станций (вышек)

# Что такое 5G?

## Кратко

- 5G — это мобильные сети нового поколения.
- Используют более высокие частоты (например, около 3,5 ГГц и выше).
- Цели: более высокая скорость, меньшие задержки, поддержка большого числа устройств (IoT).

## Роль базовых станций (вышек)

# Что такое 5G?

## Кратко

- 5G — это мобильные сети нового поколения.
- Используют более высокие частоты (например, около 3,5 ГГц и выше).
- Цели: более высокая скорость, меньшие задержки, поддержка большого числа устройств (IoT).

## Роль базовых станций (вышек)

- Соты стали меньше по размеру, но их стало больше.

# Что такое 5G?

## Кратко

- 5G — это мобильные сети нового поколения.
- Используют более высокие частоты (например, около 3,5 ГГц и выше).
- Цели: более высокая скорость, меньшие задержки, поддержка большого числа устройств (IoT).

## Роль базовых станций (вышек)

- Соты стали меньше по размеру, но их стало больше.
- Для покрытия города нужно плотное размещение станций.

## Основная идея

Радиосигнал от вышки до пользователя ослабляется по пути:

$$P_{\text{получ}} \propto \frac{1}{d^{\alpha}},$$

где  $d$  — расстояние до вышки, а  $\alpha \approx 2-4$  — коэффициент затухания.

# Распространение сигнала в 5G

## Основная идея

Радиосигнал от вышки до пользователя ослабляется по пути:

$$P_{\text{получ}} \propto \frac{1}{d^\alpha},$$

где  $d$  — расстояние до вышки, а  $\alpha \approx 2-4$  — коэффициент затухания.

## Особенности высоких частот

- Сильнее поглощение стенами и препятствиями.



# Распространение сигнала в 5G

## Основная идея

Радиосигнал от вышки до пользователя ослабляется по пути:

$$P_{\text{получ}} \propto \frac{1}{d^\alpha},$$

где  $d$  — расстояние до вышки, а  $\alpha \approx 2-4$  — коэффициент затухания.

## Особенности высоких частот

- Сильнее поглощение стенами и препятствиями.
- Сложнее покрыть большие площади одной вышкой.

# Распространение сигнала в 5G

## Основная идея

Радиосигнал от вышки до пользователя ослабляется по пути:

$$P_{\text{получ}} \propto \frac{1}{d^\alpha},$$

где  $d$  — расстояние до вышки, а  $\alpha \approx 2-4$  — коэффициент затухания.

## Особенности высоких частот

- Сильнее поглощение стенами и препятствиями.
- Сложнее покрыть большие площади одной вышкой.
- Важна **прямая видимость** (line-of-sight).

## Шум

- Тепловой шум приёмника.

# Шум и отношение сигнал/шум

## Шум

- Тепловой шум приёмника.
- Помехи от электроники, других устройств.

## Отношение сигнал/шум (SNR)

# Шум и отношение сигнал/шум

## Шум

- Тепловой шум приёмника.
- Помехи от электроники, других устройств.

## Отношение сигнал/шум (SNR)

Качество связи часто описывают величиной

$$\text{SNR} = \frac{P_{\text{сигнала}}}{P_{\text{шума}}}.$$

# Шум и отношение сигнал/шум

## Шум

- Тепловой шум приёмника.
- Помехи от электроники, других устройств.

## Отношение сигнал/шум (SNR)

Качество связи часто описывают величиной

$$\text{SNR} = \frac{P_{\text{сигнала}}}{P_{\text{шума}}}.$$

Чем больше SNR, тем надёжнее можно передавать данные.

# Шум и отношение сигнал/шум

## Шум

- Тепловой шум приёмника.
- Помехи от электроники, других устройств.

## Отношение сигнал/шум (SNR)

Качество связи часто описывают величиной

$$\text{SNR} = \frac{P_{\text{сигнала}}}{P_{\text{шума}}}.$$

Чем больше SNR, тем надёжнее можно передавать данные. При маленьком SNR растёт вероятность ошибок, приходится снижать скорость.

## Источники интерференции

- Соседние соты, работающие на той же или близкой частоте.

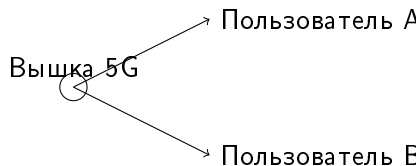


# Интерференция в сотовой сети

## Источники интерференции

- Соседние соты, работающие на той же или близкой частоте.
- Другие пользователи внутри одной соты.

## Эффект

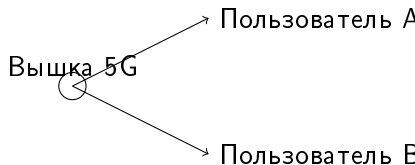


# Интерференция в сотовой сети

## Источники интерференции

- Соседние соты, работающие на той же или близкой частоте.
- Другие пользователи внутри одной соты.
- Отражения сигнала от зданий (**многолучевость**).

## Эффект



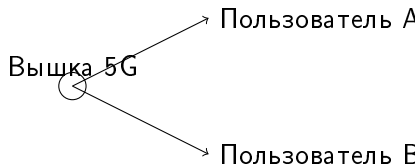
# Интерференция в сотовой сети

## Источники интерференции

- Соседние соты, работающие на той же или близкой частоте.
- Другие пользователи внутри одной соты.
- Отражения сигнала от зданий (**многолучевость**).

## Эффект

Сумма сигналов может как усиливать, так и ослаблять полезный сигнал.



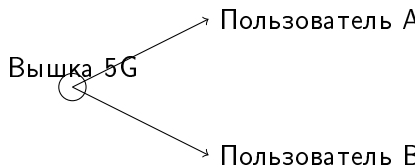
# Интерференция в сотовой сети

## Источники интерференции

- Соседние соты, работающие на той же или близкой частоте.
- Другие пользователи внутри одной соты.
- Отражения сигнала от зданий (**многолучевость**).

## Эффект

Сумма сигналов может как усиливать, так и ослаблять полезный сигнал. Это приводит к провалам уровня сигнала и ошибкам при приёме.



- 1 Множественный доступ и планирование частот  
Аккуратное распределение частот между сотами и пользователями.

# Методы борьбы с шумом и помехами

- 1 Множественный доступ и планирование частот  
Аккуратное распределение частот между сотами и пользователями.
- 2 MIMO и beamforming  
Использование нескольких антенн для формирования узких лучей в сторону конкретного пользователя.

# Методы борьбы с шумом и помехами

- 1 Множественный доступ и планирование частот  
Аккуратное распределение частот между сотами и пользователями.
- 2 MIMO и beamforming  
Использование нескольких антенн для формирования узких лучей в сторону конкретного пользователя.
- 3 Малые соты  
Больше небольших базовых станций, меньшие расстояния, лучше SNR.

# Методы борьбы с шумом и помехами

- 1 Множественный доступ и планирование частот  
Аккуратное распределение частот между сотами и пользователями.
- 2 MIMO и beamforming  
Использование нескольких антенн для формирования узких лучей в сторону конкретного пользователя.
- 3 Малые соты  
Больше небольших базовых станций, меньшие расстояния, лучше SNR.
- 4 Адаптивная модуляция и кодирование  
При хорошем SNR — высокая скорость, при плохом SNR — более устойчивые схемы.



## Главные идеи

- 5G использует более высокие частоты, поэтому сигнал сильнее затухает и чувствителен к препятствиям.

## Главные идеи

- 5G использует более высокие частоты, поэтому сигнал сильнее затухает и чувствителен к препятствиям.
- Качество связи определяется уровнем шума и интерференции (SNR).

## Главные идеи

- 5G использует более высокие частоты, поэтому сигнал сильнее затухает и чувствителен к препятствиям.
- Качество связи определяется уровнем шума и интерференции (SNR).
- Для борьбы с проблемами применяются MIMO, beamforming, малые соты и умное управление ресурсами сети.

## Главные идеи

- 5G использует более высокие частоты, поэтому сигнал сильнее затухает и чувствителен к препятствиям.
- Качество связи определяется уровнем шума и интерференции (SNR).
- Для борьбы с проблемами применяются MIMO, beamforming, малые соты и умное управление ресурсами сети.

Идея для доработки: добавить реальные цифры по скоростям и частотам для конкретного оператора.