

5G сети и распространение сигнала

Лобов Михаил

RUDN University

4 февраля 2026 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

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

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

- 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

- 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 приемника.

Шум и отношение сигнал/шум

Шум

- Тепловой шум приемника.
- Помехи от электроники и других устройств.

Signal to noise ratio

Шум

- Тепловой шум приемника.
- Помехи от электроники и других устройств.

Signal to noise ratio

Качество связи часто описывают величиной

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

Шум и отношение сигнал/шум

Шум

- Тепловой шум приемника.
- Помехи от электроники и других устройств.

Signal to noise ratio

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 приемника.
- Помехи от электроники и других устройств.

Signal to noise ratio

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

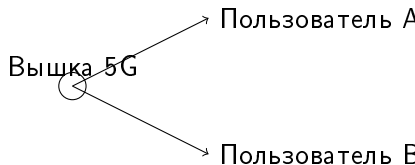
- Соседние соты, работающие на той же или близкой частоте.

Интерференция в сотовой сети

Источники интерференции

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

Эффект

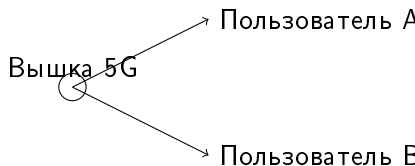


Интерференция в сотовой сети

Источники интерференции

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

Эффект



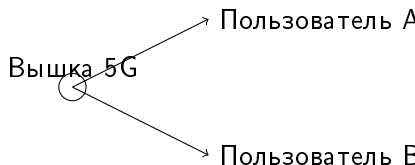
Интерференция в сотовой сети

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.



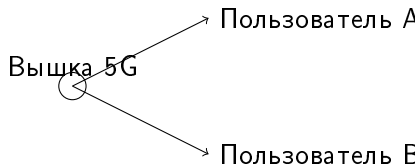
Интерференция в сотовой сети

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 или 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 & 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 & Beamforming
Использование нескольких антенн для формирования узких лучей в сторону конкретного пользователя.
- 3 Малые соты
Увеличение количества базовых станций, меньше расстояния, лучше SNR — более устойчивые схемы.

Основные идеи

- 5G использует более высокие частоты, поэтому сигнал быстрее затухает с увеличением расстояния и чувствителен к препятствиям.

Основные идеи

- 5G использует более высокие частоты, поэтому сигнал быстрее затухает с увеличением расстояния и чувствителен к препятствиям.
- Качество связи определяется уровнем шума и интерференции - SNR.

Основные идеи

- 5G использует более высокие частоты, поэтому сигнал быстрее затухает с увеличением расстояния 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.