



Кафедра телекомунікацій

Дисципліна: **«Методи проєткування в телекомунікаціях»**

Лекція №2 «Узагальнена задача планування радіомережі»

Вопросы

- 1. Цели планирования радиосети.*
- 2. Постановка задачи планирования и оптимизации сети*
- 3. Пример алгоритма планирования радиосетей (на примере сети сотовой связи)*

1.Цель планирования радиосети.

Цели – оптимизация топологии и параметров радиосети, которые позволяют минимизировать материальные затраты при развертывании, тестировании и введении в эксплуатацию этой сети на определенной территории. При этом радиосеть должна обеспечить:

- 1) Определенную конфигурацию зоны покрытия;
- 2) Определенный уровень услуг, предоставляемый абонентам в пределах заданной зоны покрытия;
- 3) Определенную структурную стойкость и живучесть.

Построение покрытия является одной из самых необходимых вещей при планировании сети. Все остальные факторы и расчеты базируются только по покрытию сети.

Параметры, которыми оперируют:

- координаты базовой станции;
- высота подвеса антенны;
- угол места, азимут, диаграмма направленности антенны (ДН);
-

2. Постановка задачи планирования и

оптимизации сети

Цена → min

$$\begin{cases} S \geq S_{\text{треб}} & (1) \quad S_{\text{треб}} - \text{требуемая площадь территории покрытия;} \\ K \geq K_{\text{треб}} & (2) \quad K_{\text{треб}} - \text{кол. абонентов, которых необх. обслуживать} \\ B \geq B_{\text{треб}} & (3) \quad (\text{пропускная способность сети);} \\ E_{\text{пом}} \leq E_{\text{п.треб}} & (4) \quad \begin{aligned} &B_{\text{треб}} - \text{требуемая скорость передачи в сети;} \\ &E_{\text{п.треб}} - \text{общая допустимая напряженность помех} \end{aligned} \end{cases}$$

2.1 Цена

Вложенные в строительство радиосети средства должны окупаться в заданный период. При проектировании конкретной системы, группа специалистов по технической, финансовой, маркетинговой стороне проекта должны разработать **бизнес-план**, в котором, исходя из условий рынка, технических и финансовых возможностей оператора должны быть оценены объемы возможных затрат и объемы предполагаемой прибыли от реализации

$$C = C_{site} + C_f + C_{оборуд}$$

C_{site} - финансовые затраты на организацию местоположения базовой (приемопередающей) станции:

- антенно-мачтовое сооружение (новое или аренда),
- помещение для размещения оборудования;
- Линейно-кабельные сооружения и.т.д.

C_f - финансовые затраты, связанные с покупкой лицензий на использование радиочастотного ресурса и проведение процедуры ЭМС РЭС;

$C_{оборуд}$ - финансовые затраты, связанные с покупкой оборудования и прохождением процедуры его сертификации

2.2 Территория обслуживания

территория обслуживания должна быть не менее заданной $S_{\text{треб}}$ - **90 %** территории должно быть покрыто хорошим уровнем сигнала. При аппроксимации участка территории зоны покрытия квадратом ($l \times l$), получим, что

$$S = m \cdot l^2,$$

m – количество участков, где выполняется условие:

$$\frac{C}{N + \sum I} \geq \left(\frac{S}{N} \right)_{\min},$$

C – *Carrier* – уровень несущей;

N – уровень собственного шума приемного устройства;

$\sum I$ – суммарный уровень помех.

$\left(\frac{S}{N} \right)_{\min}$ - минимально необходимое отношение сигнал/шум на входе приемного устройства (определяется исходя из заданного значения BER, вида помехоустойчивого кодирования и модуляции)

2.3 Пропускная способность сети

На начальном этапе проектирования системы под пропускной способностью системы понимают предполагаемое количество обслуживаемых абонентов K . Пропускная способность сети на этапе проектирования должна быть выбрана достаточной ($K \geq K_{\text{треб}}$), для удовлетворения всей потенциальной емкости рынка мобильной связи в намеченном регионе.

Что подлежит оптимизации при планировании радиосети ?

Оптимизации подлежат:

- количество БС (желательно, в сторону уменьшения)
- параметры антенны: *высота, азимут, угол места, максимальный коэффициент усиления, форма диаграммы направленности антенны;*
- параметры приемо-передатчиков: мощность, ослабление в фидере, динамический диапазон мощности, частотная маска передатчика и частотная маска приемника, частота, модуляция, кодирование, чувствительность приемника

2.4 Помеховая обстановка и ЭМС

Напряженность поля помех от сети на контуре планируемой территории покрытия не должна превышать требуемого значения $E_{\text{п.треб}}$.

При анализе доступных для планирования частот, важнейшим пунктом является оценка электромагнитной совместимости (ЭМС) РЭС.

Под **ЭМС** понимается способность сети функционировать без создания радиосредствами сети друг другу вредоносных помех.

ЭМС рассматривается на двух уровнях:

- *межсистемная ЭМС;*
- *внутрисистемная ЭМС.*

Основой для обеспечения межсистемной ЭМС является разделение частотного диапазона, определяемое Регламентом радиосвязи и Планом Радиочастот Украины.

Рассмотрим критерий, на основании которого принимается решение об электромагнитной совместимости:

Критерий максимума отношения сигнал/(помеха+шум):

SNIR – signal noise interference ratio.

$$\text{SNIR} = \frac{C}{N + I} \approx \frac{C}{I} \geq \left(\frac{C}{I} \right)_{\text{доп}},$$

где **C** – уровень полезного сигнала, **N** – собственные шумы приемника, **I** – уровень помехи.

$\frac{C}{I}$ – для большинства современных радиосетей, так как уровень интерференции значительно превышает уровень собственных шумов приемника.

$\frac{C}{N + I}$ – для соканальной помехи.

$\frac{C}{N + I} + \text{IRF}$ – если помеха приходит по соседнему каналу.

IRF (interference rejection factor, **коэф.подавления помех**) – характеризует, насколько приемная система в состоянии отфильтровать помеху, которая приходит по соседним каналам.

Способ задачи IRF: вычисляется на основании масок передатчика и масок приемника.

1.С помощью МСЭ (Международного Союза Электросвязи). Хорошо зарекомендовал себя для телевидения.

2.На основании упрощенных кривых.

3. С использованием табличных значений, определенных заранее для конкретного оборудования. Пример:

k	IRF
0	0
1	30
2	47
3	60

k – номер
канала

2.5 Задачи планировщика радиосети

□ Поиск сайтов (мест размещения базовых станций) и формирование покрытия.

□ Задача назначения частот.

Назначение частот это эвристическая задача, которая не имеет абсолютного решения.

Есть несколько постановок задачи назначения частот:

- *минимизации интерференции в заданной полосе частот;*
- *минимизации интерференции при заданных каналах;*
- *минимизации количества частот при фиксированном уровне интерференции;*
- *минимизации полосы частот при фиксированном уровне интерференции*

2.6 Методы назначения частот:

- Монте-Карло;
- полного перебора;
- последовательного назначения;
- отжига и закалки;
- табу;
- Туннельный метод.

2.6.1 Метод Монте-Карло.

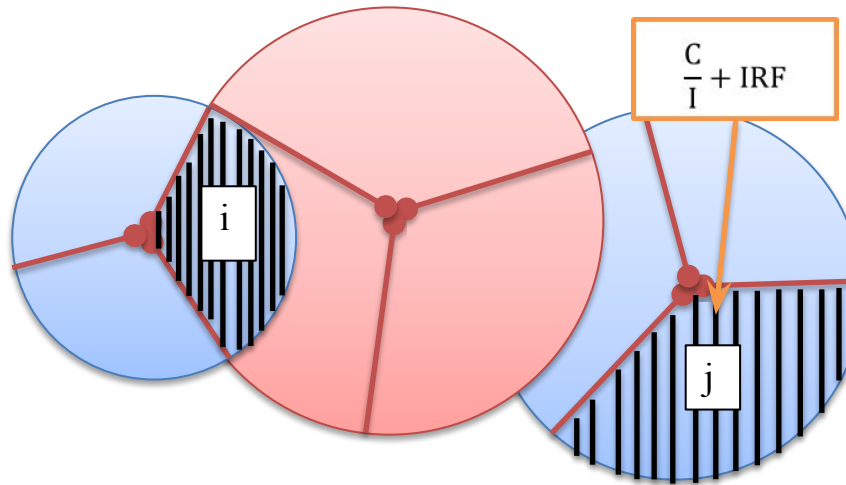
При методе Монте-Карло случайным образом генерируется заданное число частотных каналов – **частотный план**. Для каждого частотного плана вычисляется **матрица интерференции**, и предлагается наилучший частотный план.

Матрица интерференций - интегрально характеризует взаимную интерференцию между элементами сей сети.

Это матрица имеет размерность, пропорциональную количеству БС (секторов).

$$M = \begin{vmatrix} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & \end{vmatrix} m_{ij} (i \neq j)$$

m_{ij} — характеризует степень влияния БС (сектора) i на БС (сектора) j .



Вычисления матрицы интерференции.

В каждой точке зоны обслуживания сектора j вычисляют:

$\frac{C}{I} + \mathbf{IRF}$. Где C — полезный сигнал от БС j , а I — интерференция от БС i .

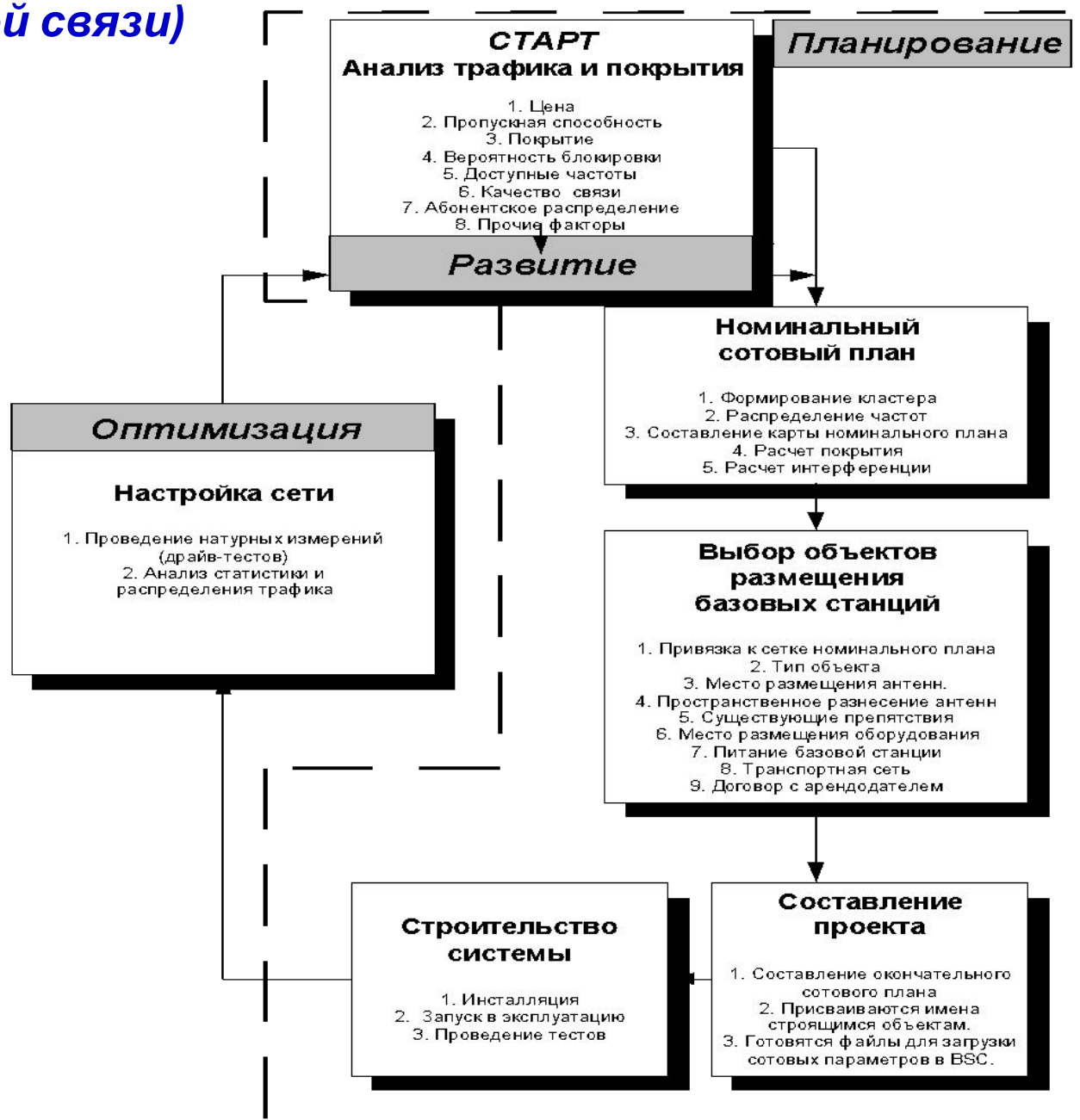
$$m_{ij} = \frac{K_{ij}}{n_i},$$

где K_{ij} — количество пикселей в зоне обслуживания сектора j , где $(C/I + \mathbf{IRF}) < (S/N)_{\text{треб}}$,
 n_i — количество пикселей в зоне обслуживания сектора i .

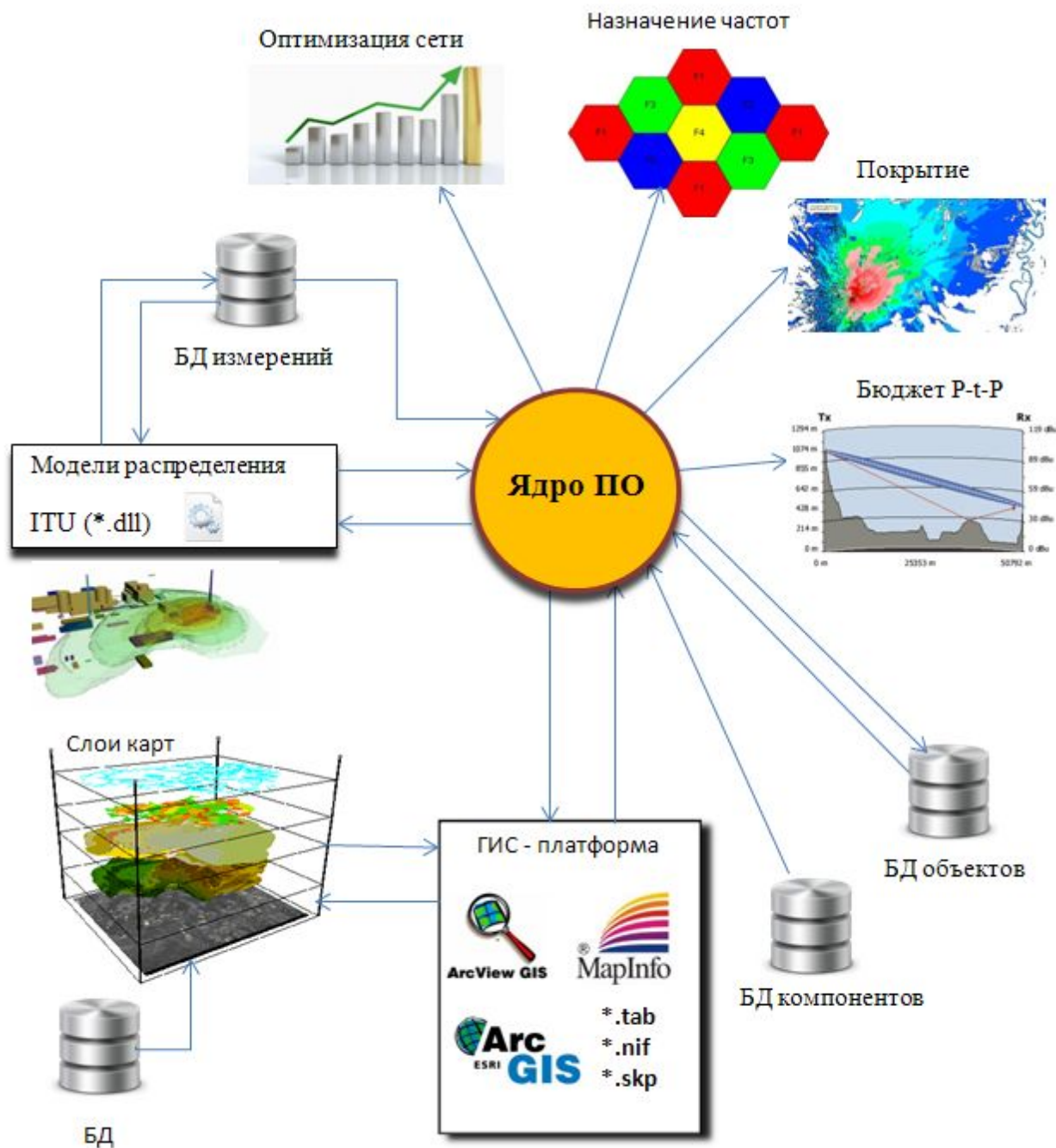
2.6.2 Метод полного перебора.

Перебираются все варианты назначения частот. Определяется матрица интерференции и выбирается наилучший вариант (например, если **БС** = **10**, а число частот ***f*** = **5**, то количество вариантов **10^5**).

3. Пример алгоритма планирования радиосетей (на примере сети сотовой связи)



4. Использование средств автоматизированного планирования



Категории программного обеспечения:

- Профессиональное ПО по планированию радиосети: *Atoll, ICS Telecom*.
- ПО, фиксированное под оборудование определенного производителя (*Cisco Wireless Control System*)
- Полупрофессиональное ПО, разработанное под вид связи, например, для планирования сетей Wi-Fi:
 - *EkaHau Site Survey;*
 - *TamoGraph Site Survey;*
 - *RF3D WiFi Planner u.m.ö*

Применение современных систем автоматизированного проектирования сетей подвижной радиосвязи **не всегда дает результат**, который соответствует реальной ситуации. Это связано с тем, что многие модели, заложенные в системы проектирования, являются **эмпирическими**, следовательно, приближёнными. Причём, очень сложно в данные модели заложить достоверно всю информацию об исследуемом районе (плотность застройки, тип материалов застройки, высотную модель застройки). Если же последние факторы, в какой-то степени являются детерминированными, то такие факторы как погодные условия, движущиеся объекты, влияющие на распространения радиосигналов - случайны, и не могут быть заложены в данные модели.

Отсюда следует, что полноценный анализ работоспособности системы не может быть проведён с помощью данных систем проектирования без проведения натурных измерений в сети сотовой связи.