

УДК 621.311

## ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ОПТИМИЗИРОВАННОЙ СЕТИ

МАМЕДОВ Ф.Г., РАШИДАЛИЗАДЕ Т.Д.

*Азербайджанский Технический Университет*

Разработана методика построения начального приближения (неоптимизированной) сети, которая обеспечивает формирование архитектуры сети, распределение энергетического и частотного ресурсов сети.

Высокая частотная эффективность сотовых сетей радиосвязи достигается за счет возможности повторения одних и тех же частотных каналов в сотовой структуре сети. Совокупность ближайших сот, в которых невозможно использовать одни и те же частотные каналы из-за появления взаимных (соканальных) помех, называется кластером. Размерность кластера ( $C$ ) определяется числом сот в его составе. Очевидно, совокупность кластеров, используемых для построения сотовой сети, будет определять принцип частотного назначения в сети.

Типы кластеров и соответствующее распределение групп частот в них являются моделями повторного использования частот. В случае несекторизованных сот (ненаправленных антенн базовых станций) модель предполагает передачу сигнала одинаковой мощности во всех направлениях, что для мобильных станций эквивалентно приему помех от всех соседних базовых станций. При использовании секторизованных сот (направленных антенн базовых станций) сигнал излучается в определенном направлении [1]. Это позволяет снизить уровень взаимных помех и более эффективно использовать частотный ресурс сети, чаще повторяя частоты в сотах. Число секторов в соте ( $M$ ) при  $M = 1$  - ненаправленная антенна, при  $M=3$  - три сектора (ячейки) с диаграммой направленности антенн  $\Theta = 120^\circ$  и  $M=6$  - шесть секторов (ячеек) с диаграммой направленности антенн  $\Theta = 60^\circ$ .

Рекомендации по типам используемых кластеров и моделям повторного использования частот дает, как правило, производитель сотовой системы связи, и они зависят от стандарта системы и модификации базового оборудования.

При построении начального приближения сотовой сети будем полагать постоянными плотность абонентского трафика по территории обслуживания и, соответственно, размеры всех сот сети, а морфоструктуру местности однотипной (открытая местность, пригородный район, либо городская застройка). Поэтому для повышения точности построения начального приближения сети требуется всю территорию обслуживания условно разбить на фрагменты [2].

Далее для каждого из фрагментов сети необходимо определить тип кластеров, которые определяют архитектуру сети в целом, и модели частотного назначения, произвести расчет пространственных параметров сот и ячеек (секторов), определить мощности передатчиков базовых станций и построить частотный план сети.

При выборе типа кластера главным критерием является выполнение требований по допустимому отношению сигнал/помеха ( $c/n$ ) в точке приема, прежде всего в основном канале. Здесь рассматриваются лишь внутрисистемные помехи. Величина ( $c/n$ ) (защитное или, иначе, пороговое отношение сигнал/помеха), как правило, из-

вестно и, например, для аналоговых сотовых систем стандарта NMT-450 составляет 18 дБ, для цифровых сотовых систем стандарта GSM - 9 дБ.

Для выбора кластера необходимо также задать требования к вероятности события, когда отношение сигнал/помеха в точке приема окажется ниже порогового. Эта величина оценивает устойчивость связи при перемещении подвижного абонента в зоне обслуживания сети. Обычно эту вероятность задают на уровне 0,1-0,15.

Внутрисистемные помехи в сотовой архитектуре сети подвижной связи создают, прежде всего, базовые станции соседних кластеров, которые работают на повторяющихся частотах. В кластерах с несекторизованными сотами таких близко расположенных базовых станций, создающих помехи по основному каналу (рис.), будет шесть. В кластерах с трех и шестисекторными сотами — две помехи и, одна помеха соответственно.

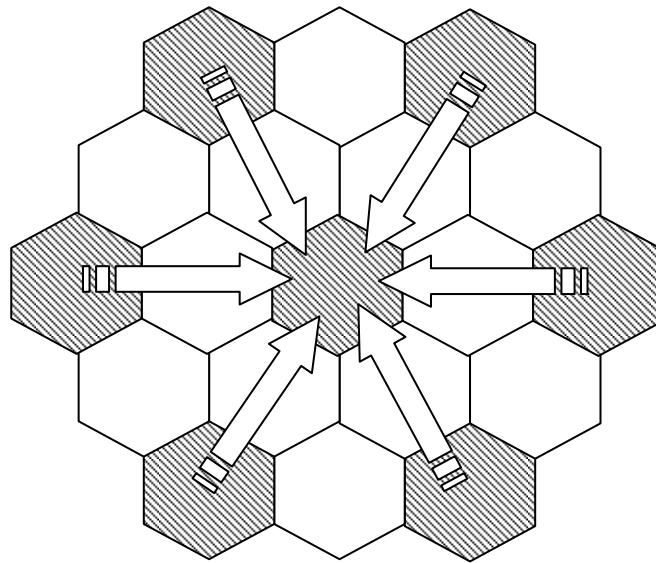


Рис. Помехи по основному каналу.

Уровень помех зависит от размерности кластера ( $C$ ), радиуса сот ( $R_0$ ) и расстояния между сотами с повторяющимися частотами ( $D$ ) и связан с защитным соотношением

$$q = \frac{D}{R_0} \approx \sqrt{3C} \quad (1)$$

Полагая, что в большинстве случаев затухание сигнала (помехи) в системах подвижной связи обратно пропорционально  $d^4$ , где  $d$  – расстояние от источника сигнала (помехи), можно оценить относительный уровень помех по основному каналу приема для абонентских станций, находящихся на границах сот, который составляет для сот с ненаправленной антенной ( $M=1$ )

$$\begin{aligned} \beta_1 = \beta_2 &= (q - 1)^{-4}; \\ \beta_3 = \beta_4 &= q^{-4}; \\ \beta_5 = \beta_6 &= (q + 1)^{-4} \end{aligned} \quad (2)$$

а для сот с направленными антеннами:  
при  $M = 3$ ,

$$\beta_1 = (q + 0.7)^{-4}, \quad \beta_2 = q^{-4} \quad (3)$$

при  $M = 6$

$$\beta_1 = (q + 1)^{-4} .$$

В системе подвижной связи локальное среднее значение сигнала (помехи) является случайной величиной с логнормальным распределением с плотностью вероятности

$$W(x_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\gamma_i x_i}} \exp\left[-\frac{(\ln x_i - \mu_i)^2}{2\sigma_i}\right], \quad x_i \geq 0$$

$$W(x_i) = 0, \quad x_i < 0,$$

где  $x_i$  - локальное среднее значение мощности сигнала (помехи),

$\mu_i$  - математическое ожидание величины  $x_i$ ,

$\sigma_i$  - среднеквадратическое отклонение величины  $\ln x_i$ , которое определяется по формуле

$$\sigma_i = \sqrt{(\ln x_i)^2 - \mu_i^2} .$$

Для несекторизованных ( $M=1$ ) и слабо секторизованных сот ( $M=3$ ) имеет место сумма ограниченного числа помех, которые воздействуют на приемник абонентской станции на частоте основного канала приема [3]. При этом помехи, создаваемые базовыми станциям и соседними кластерами, испытывают разное затухание  $\beta_i$ , которое, в свою очередь, определяет величину  $\ln x_i$ , т.е.  $\beta_i = e^{\mu_i}$ .

Усредняя условия распространения радиоволн в зоне обслуживания, что вполне корректно в случае однотипной морфоструктуры местности, можно положить  $\sigma_i = \sigma_0$ . Поскольку помехи между собой некоррелированы, то эквивалентная помеха (сумма помех) имеет логнормальное распределение с параметрами:

$$\text{математическое ожидание} \quad - m = \sum_{i=1}^n m_i = e^{\frac{\sigma^2}{2}} \sum_{i=1}^n \beta_i$$

$$\text{дисперсия} \quad - D_e = \sum_{i=1}^n D_i = e^{\sigma^2} (e^{\sigma^2} - 1) \left( \sum_{i=1}^n \beta_i \right)^2$$

Таким образом, рассчитав первые два момента суммарной помехи, можно определить эквивалентные параметры помехи  $\sigma_e$  и  $\mu_e$ :

$$\sigma_e^2 = \ln \left[ 1 + (e^{\sigma^2} - 1) \frac{\sum_{i=1}^n \beta_i^2}{\left( \sum_{i=1}^n \beta_i \right)^2} \right]$$

$$\mu_e = \ln \sum_{i=1}^n \beta_i + (\sigma^2 - \sigma_e^2)/2$$

Так как сигнал и эквивалентная помеха в пункте приема распределены по логнормальному закону (3.4), то их отношение в децибелах имеет нормальное распределение с плотностью вероятности

$$W(y_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_i}} \exp\left[-\frac{(y_i - \mu_i)^2}{2\sigma_i^2}\right],$$

где  $y_i$  [дБ] - отношение сигнал/помеха;

$$\mu_i[\partial B] = \mu_{\text{сигнала}}[\partial B] - \mu_e[\partial B] = 10 \lg \left( \frac{1}{\beta_e} \right);$$

$$\sigma_i^2[\partial B] = \sigma^2[\partial B] + \sigma_e^2[\partial B];$$

$$\beta_e[\partial B] = \sum_{i=1}^n \beta_i e^{\gamma \cdot 2(\sigma^2 - \sigma_e^2)}; \quad \gamma = 0.1 \lg \left( \frac{1}{\beta_e} \right).$$

Вероятность невыполнения требований по допустимому отношению сигнал/помеха ( $c/n$ ) в точке приема зависит от размерности кластера и определяется по формуле

$$P(C) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_i}} \int_{-\infty}^{(c/n)} \exp \left[ -\frac{(y_i - \mu_i)^2}{2\sigma_i^2} \right] dy. \quad (4)$$

Введем новую переменную  $z = \frac{y_i - \mu_i}{\sigma_i}$  и, учитывая симметрию функции  $P(C)$  относительно оси ординат, получаем

$$P(C) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{z'}^{\infty} e^{-\frac{z^2}{2}} dz,$$

где

$$z' = \frac{\mu_i - \left(\frac{c}{n}\right)}{\sigma_i} = \frac{10 \lg \left( \frac{1}{\beta_e} \right) - \left(\frac{c}{n}\right)}{\sqrt{\sigma^2 + \sigma_e^2}}.$$

Результаты оценки различных вариантов кластеров для стандарта GSM приведены в табл. 1.

Таблица 1

Размерность кластера (С)	параметры	Секторность								
		1			3			6		
3	$\sigma[\partial B]$	4	7	10	4	7	10	4	7	10
	$P(C)$ [%]	-	-	-	6.18	21.77	29.46	0.4	6.6	14.5
4	$\sigma[\partial B]$	4	7	10	4	7	10	4	7	10
	$P(C)$ [%]	39	49.6	-	2.28	14.69	23.6	0.34	4.27	11.51
7	$\sigma[\partial B]$	4	7	10	4	7	10	4	7	10
	$P(C)$ [%]	6.4	25.8	34.8	0.2	6.43	15.15	0.01	1.7	6.8

Анализ показывает, что вероятность  $P(C)$  убывает с ростом размерности кластера. При этом одновременно падает частотная эффективность сети. Оцениваются различные варианты кластеров и выбирается оптимальный.

В следующем этапе определяется пространственные параметры сети.

Исходными параметрами для расчета пространственных параметров сети являются:

- площадь зоны обслуживания –  $S$ ;
- число пользователей (абонентов) в зоне обслуживания –  $N_a$ ;
- число рабочих частот, выделенных оператору;
- число каналов, приходящихся на одну несущую (для стандарта NMT –450  $n=1$ , для стандарта GSM  $n=8$ );
- число каналов, используемых для управления и сигнализации;

- допустимая вероятность блокировки вызова в час “пик” (отказа в обслуживании) -  $P_{\text{бл}}$ ;
- активность одного абонента в час наибольшей нагрузки  $A$  (в соответствии с требованиями  $A_{\text{ср}}=0.03-0.05$  Эрл).

Определение пространственных параметров сети для выбранного типа кластера при фиксированном числе трафиковых каналов ( $N_n$ ), приходящихся на соту (ячейку), связано с допустимой телефонной нагрузкой на ячейку ( $A_c$ ) при заданной вероятности отказа в обслуживании (блокировки вызова которая рассчитывается по формуле Эрланга

$$P_{\text{бл}} = \frac{A_c^{N_n} / N_n!}{\sum_{i=0}^{N_n} \frac{A_c^i}{i!}} \quad (5)$$

Общее число каналов для каждого сектора или зоны обслуживания включает, помимо трафиковых, каналы управления и сигнализации.

Рекомендации по соотношению трафиковых каналов и каналов управления и сигнализации в стандарте NMT-450 приведены в табл.2.

Таблица 2

Количество трафиковых каналов, $N_n$	Количество каналов управления и сигнализации, $N_{\text{упр}}$	Общее число каналов $N_n + N_{\text{упр}}$
1÷8	-	1÷8
9÷15	1	10÷16
16÷30	2	18÷32
31÷48	3	34÷51

При малой нагрузке на соту всегда имеется свободный канал, который может использоваться в качестве канала управления. При более высокой нагрузке может возникнуть ситуация, когда потребуются выделение отдельного канала управления [4,5].

После определения величины  $A_c$  находятся искомые параметры, а именно:

1. Число абонентов, обслуживаемых одной базовой станцией в час наибольшей нагрузки

$$N_{\text{БС}} = M \operatorname{int} \left( \frac{A_c}{A_{\text{ср}}} \right)$$

2. Число базовых станций в сети

$$K = \operatorname{int} \left( \frac{N_a}{N_{\text{БС}}} \right)$$

3. Радиус соты

$$r = \sqrt{\frac{S \cdot M}{\pi K}}.$$

На этом этапе построения начального приближения сети появляется возможность уменьшить число базовых станций в составе сети за счет некоторого снижения ее частотной эффективности, либо может возникнуть вопрос о необходимости расщепления сот для обеспечения заданного уровня обслуживания в районах повышенного трафика.

1. *Мамедов Ф.Г., Рашидзаде Т.Р.* Геоинформационные базы данных в задачах частотно-территориального планирования сетей радиосвязи. АзТУ, 2005, с.93-96
2. *M.Newbure.* Estimates of CDMA voice air interface capacity. Lucent Technology, Bell labs innovations, 2000.
3. *Авдеева Л.В., Муратов Е.С.* Особенности частотно-территориального планирования и обеспечение ЭМС при создании сети беспроводного доступа на основе технологии CDMA. Труды конференции "CDMA 800 в России", Кипр, 1998, стр. 27-39.
4. *V.Mordachev.* Radiosignals Dynamic Range in Space-Scattered Mobile Radiocommunication Networks. 15th Intern. Wroclaw Symp. And Exhib. on EMC, Poland, Wroclaw, June 27-30, 2000, P.331-335.
5. *V.I.Mordachev.* Automated Double-Frequency Testing Technique for Mapping Receiver Interference Responses. IEEE Trans. on EMC, vol.42, No2, May 2000, pp.213-225.

## **OPTİMALLAŞDIRILMIŞ ŞƏBƏKƏNİN QURULMASININ DƏQİQLİYİNİN ARTIRILMASI**

**MƏMMƏDOV F.Q., RƏŞİDƏLİZADƏ T.D.**

Şəbəkənin (optimallaşdırılmayan) ilkin yaxınlaşmasının qurulması metodikası işlənib hazırlanmışdır. Bu şəbəkənin arxitekturasının formalaşdırılmasını, şəbəkənin energetik və tezlik resurslarının paylanmasını təmin edir.

## **INCREASES OF ACCURACY OF CONSTRUCTION OF THE OPTIMIZED NETWORK**

**MAMEDOV F.G., RASHIDALIZADE T.D.**

The technique of construction of initial approximation network which provides formation of architecture of a network, distribution power and frequency resources of a network is developed.