

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧАСТОТНЫХ РЕСУРСОВ В СИСТЕМАХ БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА

*В статье рассмотрены вопросы обеспечения эффективного распределения и использования радиочастотного ресурса является разработка алгоритмов, которые позволяют рассчитывать минимально необходимый частотный ресурс для предоставления различных типов услуг связи определенному количеству абонентов в конкретном географическом регионе с учетом ЭМС с действующими и планируемыми РЭС, а также реальной пропускной способности действующего оборудования.*

*Ключевые слова: радиочастотный ресурс, энергетические показатели, точки доступа.*

## MORE EFFICIENT USE OF THE FREQUENCY RESOURCES IN WIRELESS ACCESS SYSTEMS

*The questions to ensure effective allocation and use of radio frequency resource is the development of algorithms that allow us to calculate the minimum required frequency resources for the provision of various communication types of services a certain number of subscribers in a given geographical area for EMC with existing and planned RES, as well as the actual capacity of the current equipment.*

*Keywords: radio frequency resource, energy performance, the access point.*

Особенностью современного состояния развития систем беспроводного доступа и других средств связи является значительный рост их числа, увеличение энергетических показателей передающих устройств, расширение зон обслуживания и. как следствие, усложнение проблем выделения (присвоения) новых полос частот и обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) с различными радиоэлектронными средствами (РЭС) в общих полосах частот.

Поэтому одним из важных направлений обеспечения эффективного распределения и использования радиочастотного ресурса является разработка алгоритмов, которые позволяют рассчитывать минимально необходимый частотный ресурс для предоставления различных типов услуг связи определенному количеству абонентов в конкретном географическом регионе с учетом ЭМС с действующими и планируемыми РЭС, а также реальной пропускной способности действующего оборудования.

**Коэффициент влияния одной ячейки на другую.** Для эффективного использования частотного ресурса системами беспроводного доступа целесообразно применять модель повторного использования частот с учетом зоны перекрытия

Любой оператор системы беспроводного доступа старается обеспечить как можно большую зону покрытия для предоставления различных услуг связи большему числу пользователей. Однако из-за множества факторов, влияющих на размер зоны покрытия, сделать это невозможно. В общем случае расчет зоны обслуживания базовой станции проводится на основе энергетического баланса радиолинии и исходных данных о трафике работы

В зависимости от полученных результатов выбирается наименьшая зона обслуживания. При этом выбирается архитектура системы беспроводного доступа, определяется размер кластера, количество секторов в ячейке, число частотных каналов в кластере.

Для реализации сотовой структуры с полученными параметрами кластера и секторов в соте требуется некоторое минимальное количество частотных каналов (см. таблицу 1.).

Определяется расстояние между точками доступа (ТД), работающими на совпадающих частотах. При этом целесообразно использовать критерий качества - отношение  $\left(\frac{E_b}{N_o}\right)_{i,j}$  (нормированное отношение средней мощности сигнала к средней мощности шума):

При этом целесообразно использовать критерий качества - отношение  $\left(\frac{E_b}{N_o}\right)_{i,j}$  (нормированное отношение средней мощности сигнала к средней мощности шума):

$$\left(\frac{E_b}{N_o}\right) = \frac{P_{i,j} \frac{W}{P_{i,j}}}{P_n \div X_i \div [P_{r,j} \div P_{i/j}]}, i, j = 1..n. (1)$$

где  $\left(\frac{E_b}{N_o}\right)_{i,j}$  - показатель качества радиолинии для  $i$ -го трансивера  $j$ -й ячейке;

$P_{i,j}$  - мощность полезного сигнала для  $i$ -го трансивера в  $j$ -й ячейке;

$R_{i,j}$  - скорость передачи  $i$ -го трансивера в  $j$ -й ячейке;

$W$  - ширина полосы;

$P_n$  - мощность шума;

$P_{r,i}$  - общая мощность в  $j$ -й ТД;

$X_j$  - коэффициент, который учитывает интерференционные помехи между кластерами сот, использующих одну и ту же полосу частот, в  $j$ -й ячейке;

$n_j$  - максимальное количество активных трансиверов в  $j$ -й ячейке;

Мощность сигнала на входе ТД от всех трансиверов  $n$ , в  $j$ -й ячейке

$$P_{Ri} = \sum_{ij=1}^n P_{ij} (2)$$

Мощность передачи  $i$ -го трансивера в  $j$ -й ячейке;

$$P_{i..j} = \frac{L_{i,j} P_{i,j}}{G_{ni,j}} G_i, (3)$$

где  $L_{i,j}$  -- потери на трассе между  $i$ -го трансивера к ТД;

$G_{ni,j}$  - коэффициент усиления  $i$ -го трансивера в  $j$ -й ячейке;

$G_j$  - коэффициент усиления ТД;

$$X_j = \sum_{i \neq j} \sum_{ij=1}^{n_i} \frac{P_{i..l} G_{i..l}}{L_{l,j}}, (4)$$

где  $L_{i,j}$  - потери на трассе между  $i$ -м трансивером  $j$ -й ячейки и  $j$ -й ячейкой;

$G^{ni,j}$  - коэффициент усиления  $i$ -го трансивера в  $j$ -й ячейке;

$P^{ni,j}$  - мощность передачи  $i$ -го трансивера в  $j$ -й ячейке;

Таким образом формула интерференционной помехи  $X_j$  будет иметь вид;

$$X_j = \sum_{l=j} \frac{(P_N + X_i + P_{Rj}) G_{ii,l}}{G^{ni,l} G_j} \sum_{il=1}^{n_l} \left/ \left( \frac{W}{\left( \frac{E_b}{N_o} \right)_{il}} R_{i,l} + 1 \right) \right. \quad (5)$$

Введем новое обозначение  $S_{i,j}; S_{i,j} = \left[ \frac{\sum_{ij=1}^{n_j} L_{i,j} \times 1}{\left[ \frac{E_b}{N_o} \right]_{il} R_{il}} \frac{W}{+1} \right]$  (6)

Коэффициент  $S_{i,j}$  показывает влияние  $i$ -й ячейки на  $j$ -ю ячейку. Как видно из полученного уравнения, коэффициент  $S_{i,j}$  зависит только от потерь на трассе и вида предоставляемых услуг. Следовательно, он позволяет определить влияние одной ячейки на электромагнитную обстановку в другой ячейке.

**Зона покрытия.** В системах радиосвязи для повышения качества обслуживания зону обслуживания планируют таким образом, чтобы существовало перекрытие соседних сот. При этом абоненты, находящиеся в зоне перекрытия, могут обслуживаться любой из доступных ТД.

На рисунке представлена система беспроводного доступа, состоящая из семи сот с максимальным коэффициентом перекрытия  $N = 3$ .

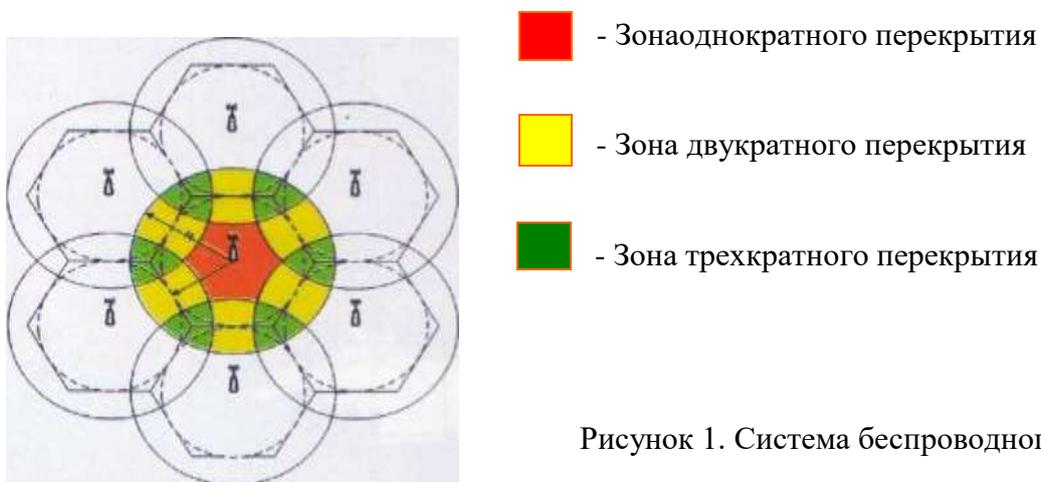


Рисунок 1. Система беспроводного доступа

Таблица 1

**Зона покрытия беспроводного доступа**

Размерность кластера. $L^{\wedge}$ ,	Минимальное число частотных при количестве секторов в соте каналов		
	1	3	6
\	1	3	6
3	3	9	18
4	4	12	24
7	7	21	42
9	9	27	54

Вызовы из зону  $k$ -кратного перекрытия будут заблокированы, если все каналы связи  $k$  доступных ТД будут заняты. Таким образом, вероятность  $P_k$  блокировки заявок в зоне  $k$ -кратного перекрытия может быть вычислена по формуле;

$$P_k = P^k(C), k=1, K(?)$$

где  $p(C)$  - вероятность занятия всех каналов.

Вероятность блокировки вызовов  $P$  в соте можно получить как сумму вероятностей блокировок в отдельных зонах перекрытия соты

$$P = \sum_{k=1}^K \frac{S_k^c}{S_c} P_k \quad (8)$$

Где  $S_c$  - площадь соты;  $S_k^c$  - площадь зоны  $k$ -кратного перекрытия.

Определение вероятности блокировки вызовов в соте при использовании зон перекрытия позволяет, точнее оценить изменения функционирования системы беспроводного доступа по сравнению с подходом, применяемым операторами беспроводного доступа. Более того, наличие зон перекрытия позволяет снизить вероятность блокировки вызовов в соте.

Представленные алгоритмы могут быть использованы для получения более точных оценок при определении минимально, и необходимого частотного ресурса для систем беспроводного доступа.

#### Литература:

1. Системы мобильной связи: Учебное пособие для вузов / В.П. Ипатов, В.К. Орлов, И. М. Самойлов, В.Н Смирнов; Под ред. В.П. Ипатова. - М.: Горячая линия - Телеком, 2003г.
2. Башарин Г.П., Серебренникова Н.В. Анализ производительности фрагмента сотовой сети с учетом перекрытия зон радиосвязи Электросвязь. - 2006. - № 7.
3. Маковеева М.М., Шинаков Ю.С. Системы связи с подвижными объектами. - М.: Радио и связи. 2002. - 440 с.