

Sistemas de comunicación móvil Celular



LINE YASMÍN BECERRA SÁNCHEZ

Sistemas de comunicación móvil Celular



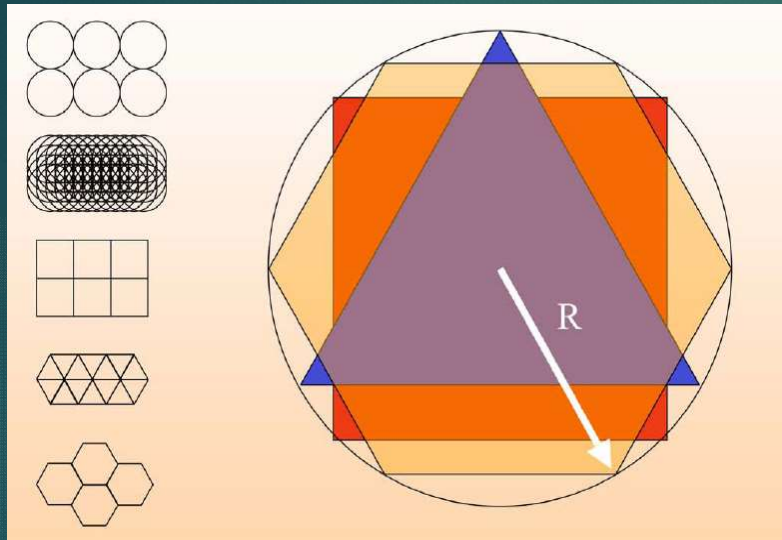
OBJETIVOS:

- ▶ *Capacidad para atender a gran capacidad de usuarios.*
- ▶ *Uso eficiente del espectro.*
- ▶ *Ofrecer el servicio sin importar donde se encuentre ubicado el usuario.*
- ▶ *Capacidad de cobertura a nivel nacional.*
- ▶ *Capacidad de adaptación al crecimiento de la densidad de tráfico.*
- ▶ *Servicio de telefonía normal y servicios especiales.*
- ▶ *Calidad de servicio telefónico.*

Concepto Celular

- ▶ Ideado D. H Ring en 1947.
- ▶ División de la zona de cobertura en regiones pequeñas llamada células (tamaño variable en función de la demanda de tráfico).
- ▶ Las células pueden usar las mismas frecuencias pero distanciadas lo suficiente para evitar interferencias (Reutilización de frecuencias).
- ▶ Transferencia de llamada (movilidad).

Geometría Celular

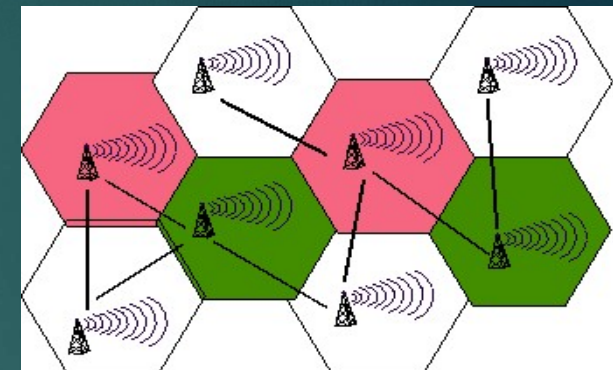


Se considera la forma hexagonal por la forma de radiación de las antenas y por ser el que menor número de celdas conduce para cubrir la zona de servicio

El hexágono es finalmente la figura elegida como soporte de la teorización de los sistemas celulares.

Geometría Celular

- ▶ Idealmente las células serían circulares (radiación omnidireccional)
- ▶ Pero se usan hexágonos para modelar la zona de cobertura porque:
 - Evitan solapes entre celdas
 - Se emplean menos celdas para cubrir un área



Importancia de la geometría: Determina:

- Las ubicaciones de las Estaciones base.
- Datos necesarios para interferencias, tamaño del clúster, distancia de reutilización.

Clasificación de las celdas

| Tipo de celda | Rango del radio | Cobertura |
|---------------|----------------------------|---|
| Macrocela | 1.5Km-20Km | Rural (carreteras, poblaciones cercanas) |
| Miniceldas | 0.7Km-1.5Km | Urbana (medios urbanos importantes) |
| Microceldas | 0.3Km-0.7km | Urbana (zonas de ciudades con elevada densidad de tráfico y penetración en interiores de edificios) |
| Picoceldas | 0,03Km-0.2Km (30m-200m) | Urbana (Interiores: Aeropuertos, centros comerciales, etc) |

Clúster

- Agrupación elemental de N celdas, en el que se reparten todos los canales.



K = Número total de canales asignados para el sistema.

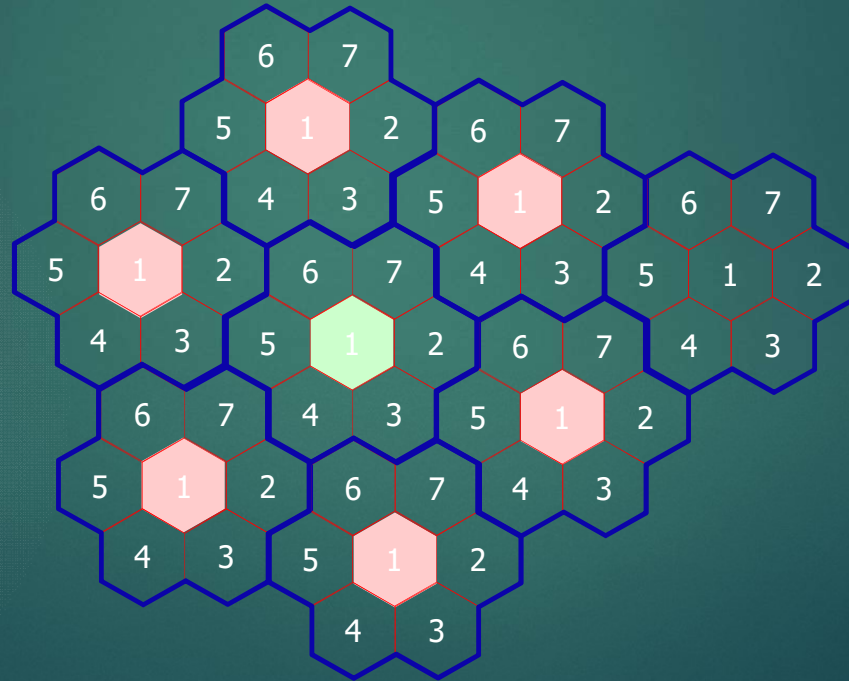
N = Tamaño del clúster.

C = Número de canales por celda

$$C = K / N$$

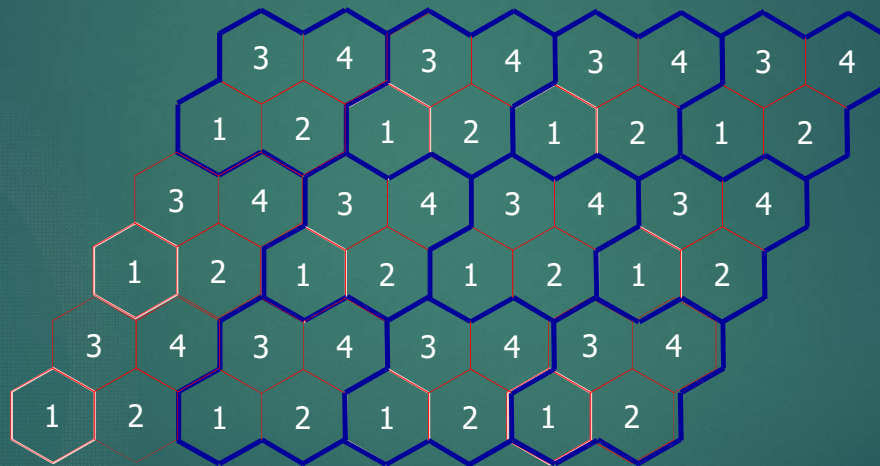
Agrupación celular-Clúster

► Ejemplo N=7



Agrupación celular-Clúster

► Ejemplo N=4



Reuso de frecuencias

- ▶ En sistemas celulares el área total se divide en celdas.
- ▶ Cada celda tiene su propio equipo (BS) para Tx y Rx hacia y desde los móviles.
- ▶ La BS de cada celda puede colocarse en el centro de la celda o en la esquina del hexágono. (Antenas omnidireccionales y direccionales 120°)

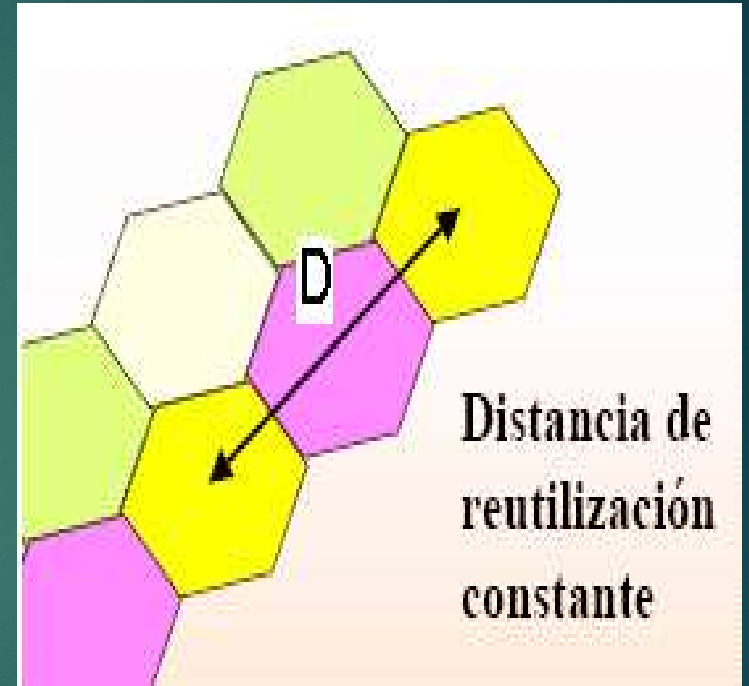


Reuso de frecuencias

- ▶ A cada celda se le asigna un número de canales. El grupo de canales asignado a cada una puede usarse en otra celda a distancia adecuada (reuso de frecuencias).

El reuso de frecuencias ocasiona interferencia entre canales que usan la misma frecuencia- Interferencia cocanal.

- ▶ **Distancia de Reutilización:** Distancia mínima que separa dos celdas que usan el mismo canal (celdas cocanal). A valores mayores de D menor interferencia entre canales.



Reuso de frecuencias

- Suponga que a un sistema se le asigna un ancho de banda BW y que el ancho de banda de cada canal es BW_c (canales dúplex).
- Entonces el sistema contará con K canales dúplex para repartir en un clúster. $k=BW/ BW_c$
- Cada celda contará con C canales donde $C < K$ y se determina mediante $C=K/N$, donde N es el tamaño del clúster.
- Clúster: Número de celdas que usan un número completo de canales disponibles.
- Si se replica el clúster M veces dentro de un sistema, el número total de canales dúplex, C_T puede ser usado como una medida de capacidad total del sistema dado en número de canales.

$$C_T = MNC = MK$$

Reuso de frecuencias

- ▶ *La capacidad celular es directamente proporcional al número de veces que el clúster es replicado.*
- ▶ *N típico igual a 4,7,12.*
- ▶ *Si el tamaño del clúster es reducido mientras se mantiene el tamaño de la celda, se necesitan más clúster para cubrir un área específica y por lo tanto se alcanza más capacidad.*

EJEMPLO

Suponiendo un clúster de 4 celdas cada celda con C canales, entonces cada celda debe soportar C canales y cada móvil debe soportar $(4 \times C)$ canales para poderse conectar en cualquier celda del clúster y de la zona de cobertura total.

EJERCICIO 1



Si un total de 33 Mhz de ancho de banda es asignado para un sistema de telefonía particular que usa dos canales simplex de 25Khz para proveer canales de control y voz full dúplex, calcule el número de canales disponibles por celda si el sistema usa:

- a. clúster de 4 celdas ($N = 4$).*
- b. clúster de 7 celdas ($N = 7$).*
- c. clúster de 12 celdas ($N = 12$).*

Si un MHz del espectro asignado es dedicado para canales de control, determine una distribución equitativa de canales de control y voz en cada celda para los tres sistemas.

Área de celda y de clúster

Área de la Celda

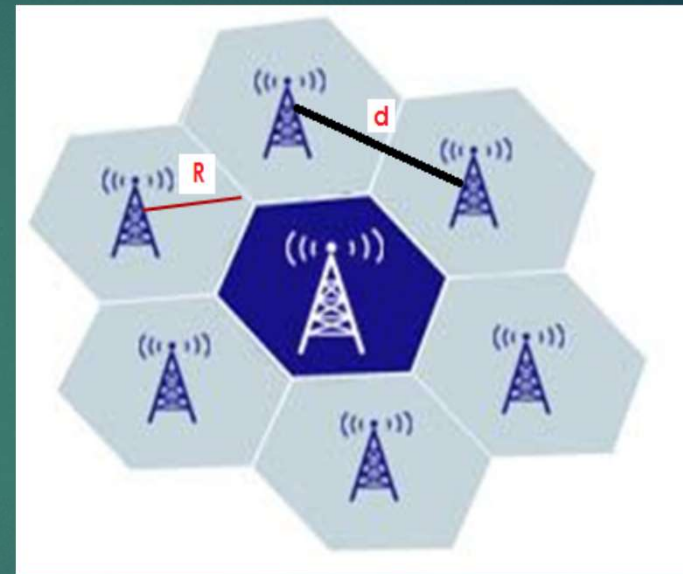
$$S_{\text{célula}} = \frac{3 \cdot \sqrt{3} R^2}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2} d^2$$

Área del Clúster

$$S_{\text{cluster}} = N S_{\text{célula}} = \frac{\sqrt{3}}{2} N d^2$$

Paso de la red

$$d = \sqrt{3} R$$



R= Radio de la celda.
N= Tamaño del clúster.
d= Paso de la red.

Distancia de reutilización

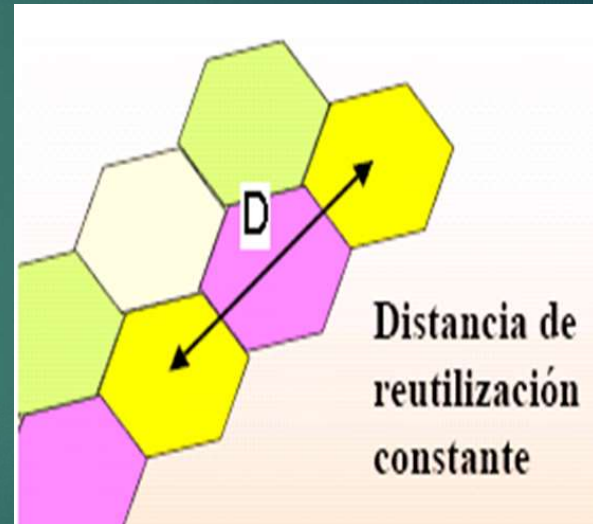
Distancia entre celdas Co-canal, es decir entre celdas que tienen los mismos canales.

$$D^2 = Nd^2$$

D=Distancia de reutilización.

N= Tamaño del Clúster.

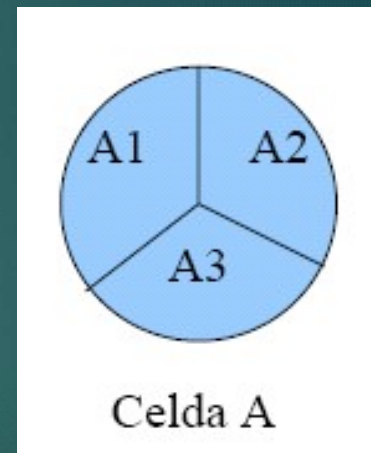
d = Paso de la red.



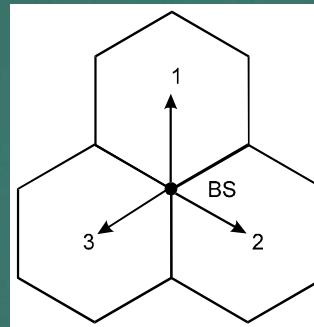
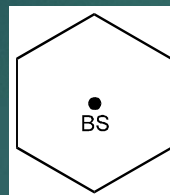
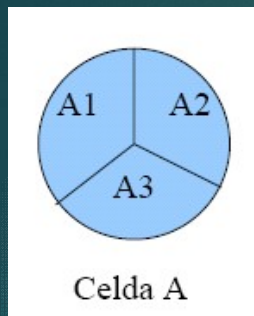
Aumento de la capacidad de rede celulares

- Sectorización -

- ▶ Se divide las celdas por sectores:
- ▶ Se usa en entornos de cobertura difícil.
- ▶ Busca mejorar la ganancia en el up-link.
- ▶ Cada celda se divide en subzonas mediante antenas directivas.
- ▶ Las subzonas se denominan sectores
- ▶ Cada sector tiene sus propias frecuencias y equipos trancptores.

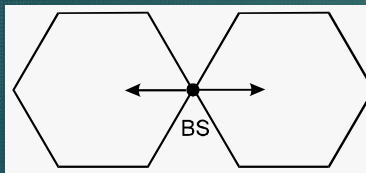


Aumento de la capacidad de redes celulares - Sectorización -



La idea es transformar una celda omnidireccional en una celda sectorizada

Se ubican tantos conjuntos de antenas y trancceptores como sectores se desee generar.



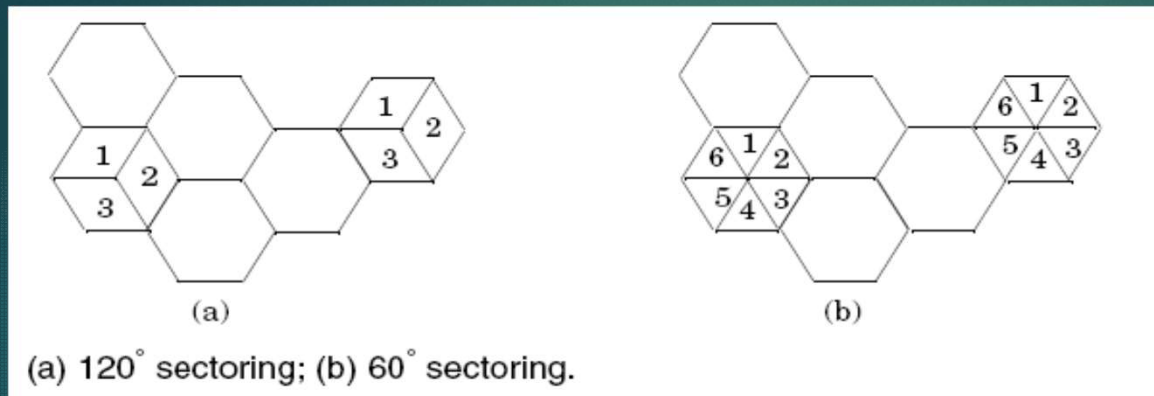
Estación Base en el centro de la célula con m antenas directivas. Cada antena cubre un sector.

En la agrupación(cluster) hay N células y $N \cdot m$ sectores.

Habitualmente se usan células trisectorizadas ($m = 3$),

Aumento de la capacidad de redes celulares

- Sectorización -



Una celda es normalmente particionada en tres sectores de 120° o en 6 de 60°.

Los canales usados en una particular celda son repartidos en los sectores

Aumento de la capacidad de redes celulares

- División Celular -

▶ **Subdivisión de celdas:**

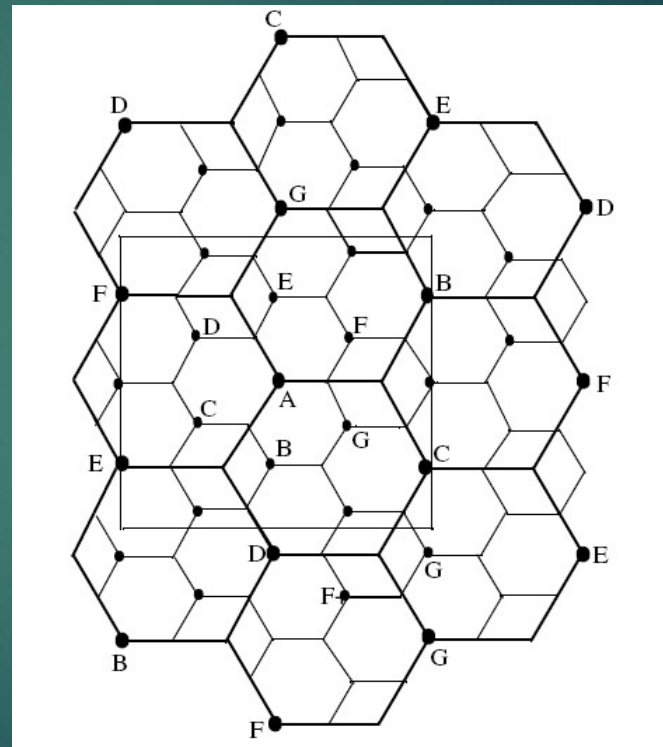
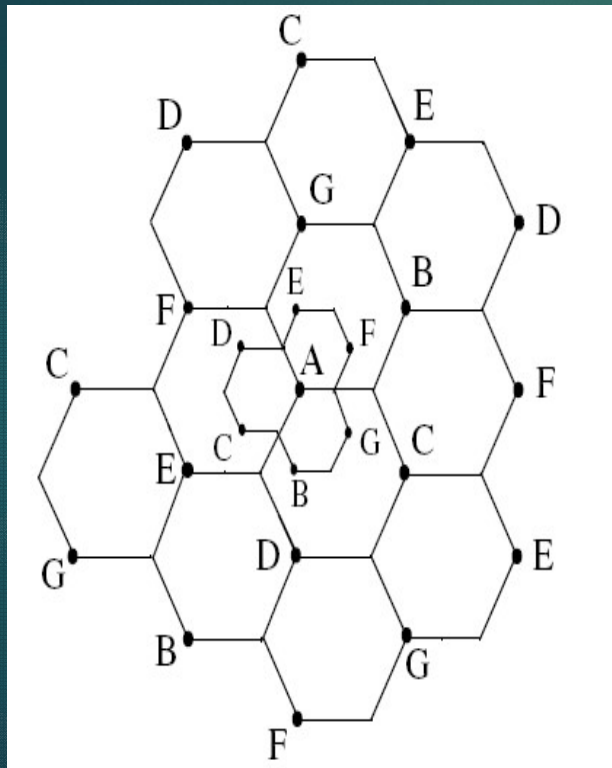
- ▶ *La primera subdivisión de una celda omnidireccional es la sectorización.*
- ▶ *Posteriores subdivisiones se hacen reduciendo el radio de las celdas a la mitad.*

▶ **Consecuencias:**

- ▶ *Su área se divide por 4*
- ▶ *Multiplica por 4 el número de celdas necesarias para cubrir la misma área.*
- ▶ *Aumenta la capacidad de tráfico en un factor de 4.*
- ▶ *Aumenta el número de handovers (y la señalización asociada también)*
- ▶ *Aumenta costos pues hay más estaciones base*

Aumento de la capacidad de redes celulares

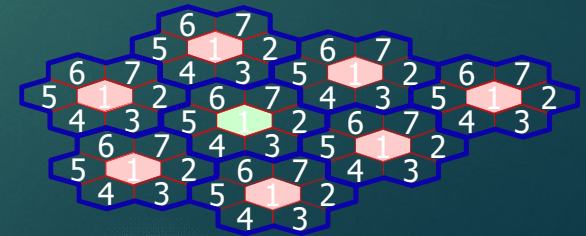
- División Celular-



Ejercicio 2

De la distribución celular de la figura diga:

- Tamaño del clúster N.
- Si el radio de la celda es $R=5\text{Km}$. Determine el área total de cobertura ST.
- Si el ancho de banda del sistema es de 25 MHz y el ancho de banda de un canal simplex es de 25 KHz, Cual sería la distribución de canales de voz, si se necesita proveer canales de voz y control dúplex, y se requieren 3 canales de control por celda?
- Teniendo en cuenta el concepto de reutilización de frecuencias cual sería la capacidad total del sistema CT determinada mediante el número de canales totales.
- Realice una comparación del sistema de los datos obtenidos y los que se obtendrán si el sistema se planificara con un tamaño del clúster de 4. Cual tiene mayor capacidad respecto al número de canales totales? Determine:
 - No. Clúster
 - No. De canales totales para cubrir toda el área.
- Si se necesita aumentar la capacidad del sistema y se opta por dividir el radio de la celda en tres, sustente cuales son las consecuencias del nuevo sistema en comparación con el sistema actual, teniendo en cuenta que se están reutilizando las frecuencias, en cuanto a:
 - El área de la celda.
 - No de celdas para cubrir el área total.
 - No de clúster.
 - Capacidad total del sistema para cubrir toda el área, dado en número de canales.



Aumento de la capacidad de redes celulares

- Otros métodos-

Otros métodos de aumentar la capacidad del sistema:

- ▶ **Ampliación del número de canales.** *(En cada estación Base).*
 - ▶ *Supone suficientes recursos frecuenciales disponibles.*
 - ▶ *Los sistemas radiantes deben soportar el aumento de canales con respecto a potencia.*
 - ▶ *Costos.*
 - ▶ *El dimensionamiento con Erlang B y Erlang C dará la medida exacta de la mejora de la calidad del sistema, en términos de GOS o en número de usuarios.*

Aumento de la capacidad de redes celulares

- Otros métodos-

► **Préstamo de Canales:**

- *Técnica de asignación dinámica de canales.*
- *Compartición de una serie de canales entre varias celdas de forma coordinada cuando en una zona no hay densidad de tráfico y en otra si.*

► **Jerarquía de Celdas:**

- *Macrocelas*
- *Microcelas*
- *Picoceldas*

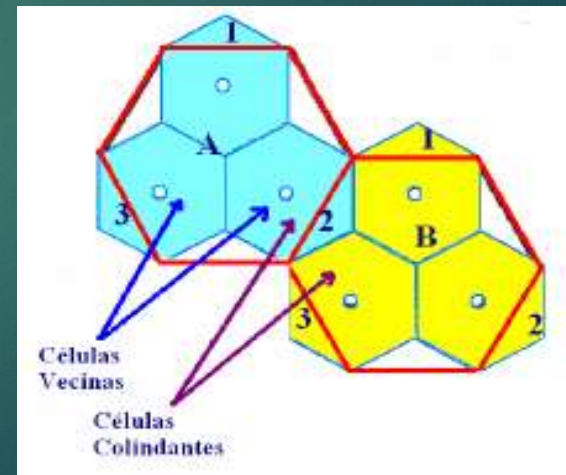
100

- En los sistemas celulares se definen los siguientes tipos de celdas:

-
- Diagrama de un sistema de células hexagonales. Se muestran dos grupos de células: "Células Vecinas" (azules) y "Células Colindantes" (amarillas). Las células azules están etiquetadas con "1", "2" y "3". Las células amarillas también están etiquetadas con "1", "2" y "3". Las flechas azules indican las células vecinas, y las flechas amarillas indican las células colindantes.

Asignación de canales

- ▶ La **separación frecuencial** a considerar debe ser:
 - ▶ Mayor o igual a tres canales en una misma celda, debido a la salida de estos canales sobre la misma antena, y su posible interferencia.
 - ▶ Mayor a dos canales en celdas vecinas.
 - ▶ Mayor que un canal de celdas colindantes.



Asignación de canales

- ▶ Las **estrategias de asignación** de canales están clasificadas en:
 - ▶ **Fija:** Cada celda tiene un número fijo de canales de voz.
 - ▶ Se comporta muy bien cuando las cargas de tráfico son uniformes y fijas en el sistema.
 - ▶ Comienza a complicarse cuando el sistema comienza a mostrar necesidades de tráfico desiguales en las diferentes zonas.

Solución:

- ▶ Asignación no uniforme de canales.
- ▶ Borrowing Strategy: Préstamo de canales de celdas vecinas.

Asignación de canales

- **Variable o Dinámica:** Cada vez que se solicita una llamada la estación base solicita un canal a la MSC. Se determina un canal mediante un algoritmo. La clasificación que se hace de este método es:
 - Estrategia adaptable a la interferencia.
 - Estrategia adaptable a las variaciones de tráfico.
 - Estrategia de reutilizabilidad del canal.
- **Mixta:** dividen los canales a repartir en las celdas en dos grupos, uno de asignación fija y otro de asignación dinámica.

Traspaso de llamadas

Handof o Handover

- ❑ Conmutación automática de una llamada en curso a otra celda.
 - ❖ Mediante medidas de nivel y calidad se determina la necesidad de realizar un traspaso.
 - ❖ Algoritmos para el control de traspasos.
 - ❖ Margen para evitar efectos ping-pong en el borde de una celda.
 - ❖ Se informa a la central de conmutación de telefonía móvil.
 - ❖ Se asigna una nueva estación base y un nuevo canal de tráfico.
- ❑ También puede hacerse intracelular.

Interferencia

- **Interferencia de canal compartido (cocal):**

Se reduce mediante:

- *La separación de los canales compartidos a una distancia mínima.*

- **Interferencia por canal Adyacente:** *cuando las transmisiones de canales adyacentes interfieren entre sí.*

- *Es el resultado de filtros imperfectos en los receptores, que permiten la entrada de frecuencias cercanas al receptor.*
- *Se puede reducir al mínimo si se usa un filtrado preciso en los receptores y también haciendo asignaciones cuidadosas de canal. También se puede reducir manteniendo una separación razonable de frecuencias entre los canales de una célula dada.*

Referencias

- ▶ Rappaport, Theodore, S (2002). *Wireless Communications. Principles and Practices* (Second Edition). United States of America: Prentice Hall.
- ▶ Sendín Escalona, Alberto (2004). *Fundamentos de Comunicaciones Móviles*(Primera Edición). España: McGraw-Hill.