

CAPÍTULO 1

SISTEMAS CELULARES

En este capítulo, se describen algunos de los conceptos fundamentales de los sistemas celulares que no solo son propios de TDMA y GSM, sino que sirven para cualquier sistema moderno de comunicaciones inalámbricas.

1.1 La ubicuidad del sistema celular.

El rápido y acelerado crecimiento de la industria de telefonía celular en sus primeros 12 años da como resultado una cobertura extensa de servicios celulares en áreas pobladas. La telefonía celular es la tecnología dominante de comunicaciones bidireccionales inalámbricas (two-way). Esta extensa cobertura provista por los servicios celulares de voz parece hacer a la telefonía celular el medio ideal para proveer servicios inalámbricos de datos en todas partes. Desafortunadamente, la herencia de voz de la industria celular impacta en su habilidad para soportar aplicaciones de datos. La orientación circuit-switched del sistema celular y las características del radio canal producen un conflicto con las necesidades de las aplicaciones de datos. Los sistemas celulares han seguido el modelo de canal tradicional de telefonía: circuit-switched. En este modelo, el circuito punto a punto (end to end), incluyendo el canal celular, está dedicado a un solo usuario o aplicación antes de que se

pueda transmitir en el canal. El canal permanece dedicado al usuario o aplicación durante la transmisión, hasta que sea explícitamente liberado.

Un canal dedicado sólo a un usuario puede ser usado para aplicación de voz a menos que exista alguna ineficiencia de la perspectiva del canal. Sin embargo, un canal dedicado a información de usuario es extremadamente ineficiente y por lo tanto, muy caro, a menos de que la aplicación de datos involucre un transporte amontonado de grandes cantidades de datos o la aplicación es de naturaleza alta-característica misión-crítica. En soporte de la naturaleza celular circuit-switched, los sistemas de cobro han sido orientados hacia unidades de tiempo facturables sobre el orden de minutos de tiempo aire, en lugar de cantidades que coincidan más con las actividades de la información del usuario.

Las características del radio canal usado por los sistemas celulares han retado también a los canales celulares para usar aplicaciones de datos. Estas características son manejadas por medio de mensajes de control de llamada que son transmitidos en banda mientras la llamada (transmisión de datos) está en progreso.

1.2 Introducción a los sistemas celulares.

El concepto de sistema celular fue un gran avance en la resolución del problema de la congestión espectral y de la capacidad del usuario. Éste ofrecía una gran capacidad en una localización limitada del espectro sin grandes cambios tecnológicos. La idea de un sistema celular consiste en un sistema

basado en varios niveles de células: un transmisor de gran potencia (célula grande) con muchos transmisores de baja potencia (células pequeñas), cada una proporcionando cobertura a sólo una pequeña porción del área de servicio. A cada radio base se le asigna una porción del número total de canales disponibles en el sistema completo, y a las radio bases cercanas se les asignan diferentes grupos de canales de forma que los canales disponibles son asignados en un número relativamente pequeño de radio bases vecinas. A las radio bases vecinas se les asigna diferentes grupos de canales de forma que las interferencias entre las radio bases (y entre los usuarios móviles bajo su control) se reducen. Espaciando sistemáticamente las radio bases y sus grupos de canales a través de un mercado, los canales disponibles se distribuyen a través de una región y pueden ser reusadas tantas veces como sea necesario, siempre que la interferencia entre radio bases con el mismo canal se mantenga por debajo de unos niveles aceptables.

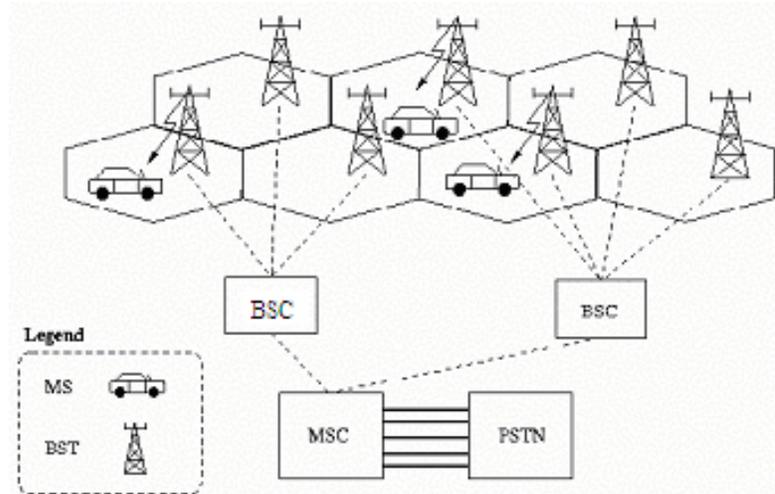


Figura 1.1 Sistema celular, [2].

Conforme crece la demanda de servicios, se debe incrementar el número de radio bases, proporcionando una capacidad de radio adicional sin incremento del espectro de radio. Este principio es el fundamento de todos los sistemas modernos de comunicaciones inalámbricos.

1.3 Concepto celular.

1.3.1 Reuso de frecuencias.

El ancho de banda RF siempre ha sido el primer obstáculo en sistemas inalámbricos; nunca es suficiente. Usando eficientemente este recurso involucra lo que es llamado reuso de frecuencia, en el cual se permite a un mismo radio canal ser usado simultáneamente en múltiples transmisores mientras estos estén suficientemente separados para evitar interferencia. La idea esencial del radio celular es transmitir los niveles de potencia suficientemente bajos para no interferir con la ubicación más cercana en donde el mismo canal es reusado.

De esta manera un canal físico (RF) puede ser usado más de una vez en una misma ciudad. Mientras más grande sea la distancia de reuso, es menor la probabilidad de interferencia. De otra manera, mientras más bajos sean los niveles de potencia usada en células compartiendo un canal común, es menor la probabilidad de interferencia. Por lo tanto, en un sistema celular se usa la combinación de control de potencia y planeación de frecuencia para prevenir interferencia.

La unidad de área de cobertura de RF para sistemas celulares es llamada celda o célula. En cada célula, una radio base transmite de una ubicación específica o cell site, que es usualmente ubicada en el centro de la célula. A la radio base y a los móviles se les permite usar un subconjunto de canales de RF disponibles para el sistema. Estos canales no pueden ser usados en ninguna célula potencialmente interferible.

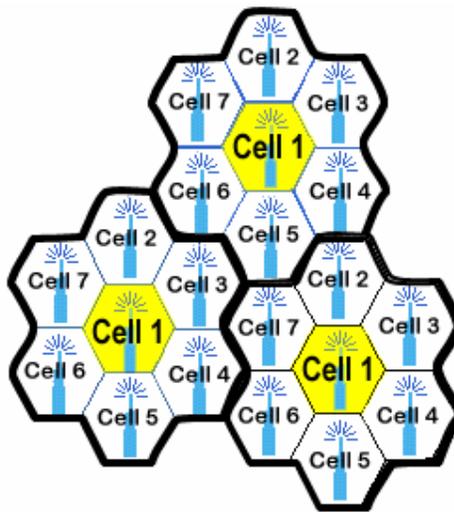


Figura 1.2 Reuso de frecuencia, [2].

La figura ilustra el concepto de reutilización de frecuencias, donde las células con el mismo número utilizan el mismo grupo de canales. La forma hexagonal de la célula mostrada en la figura es conceptual y es un modelo simple de la cobertura de radio para cada radio base, pero ha sido universalmente adoptado dado que el hexágono permite un análisis fácil y manejable de un sistema celular. La cobertura real de una célula se conoce como huella ("footprint") y se determina de los modelos de campo o de los modelos de predicción de la propagación.

Cuando usamos hexágonos para modelar las áreas de cobertura, los transmisores de las radio bases pueden estar tanto en el centro de las células como en tres de las esquinas de las seis de cada célula. Normalmente las antenas omnidireccionales se suelen colocar en el centro de las células, y las antenas de dirección selectiva (sectorizadas) se suelen colocar en las esquinas de las células.

Para comprender el concepto de reutilización de frecuencia, consideremos un sistema celular que tenga un total de S canales dúplex disponibles para su utilización. Si a cada célula se le coloca un grupo de k canales ($k < S$), y si los S canales se dividen en N células dentro de un grupo único y disjunto de canales donde cada célula tiene el mismo número de canales, el número total de canales de radio disponibles se puede expresar como:

$$S = kN \quad \text{Ecuación 1.1}$$

A las N células que usan un conjunto completo de frecuencias disponibles se les llama cluster. Si un cluster se repite M veces dentro de un sistema, el número total de canales dúplex, C , se puede usar como una medida de la capacidad, y está dado como:

$$C = MN \quad \text{Ecuación 1.2}$$

A N se le llama también tamaño del cluster. Si el tamaño del cluster N se reduce mientras que el tamaño de la célula permanece constante, se requerirán más clusters para cubrir un área dada y por tanto se logra una

mayor capacidad. Cuanto mayor sea N , mayor va a ser la distancia entre radio bases con el mismo grupo de canales, menor será su interferencia, pero la capacidad del sistema será menor también. Desde un punto de vista del diseñador, es deseable usar el valor más pequeño de N posible, para maximizar la capacidad dentro de un área de cobertura.

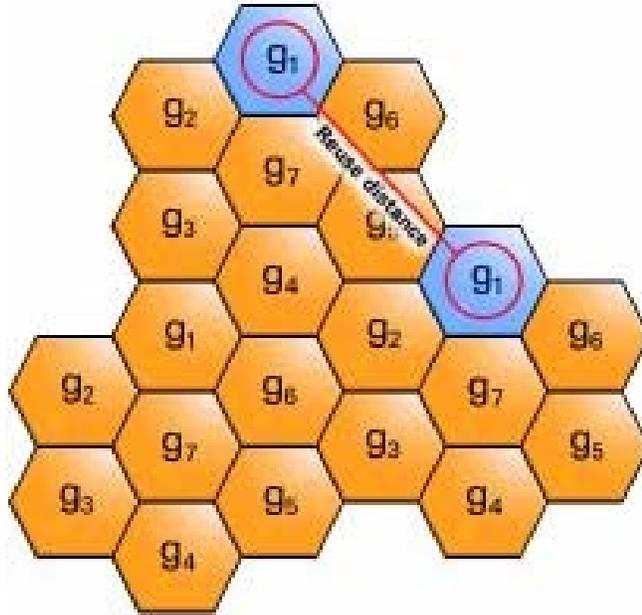


Figura 1.3 Distancia de reuso, [2].

En otras palabras, los mismos canales son reusados cada n células, proveyendo una mejor calidad de canal mientras más grande sea el valor de n (debido a las reducidas oportunidades de interferencia). Una de las desventajas de este esquema es que sólo permite tener $1/n$ canales disponibles en cada célula, lo que provoca un gran incremento en la probabilidad de bloqueo de usuarios tratando de ingresar al sistema. La sectorización provee un reuso de frecuencias más eficiente, ya que cada una provee una larga fracción del total del espectro de frecuencia. Los valores típicos para n son 7 para células

sectorizadas (usualmente son divididas en tres sectores) o 12 para células omnidireccionales.

La capacidad de un sistema celular o eficiencia del espectro puede ser incrementada sencillamente y sin costo si se subdividen las células en células más pequeñas o sectorizando las células. La sectorización consiste en dividir una vista de sitio de célula omnidireccional (360°) en rebanadas (slices), que no se encimen, llamadas sectores y cuando se combinan proveen la misma cobertura, pero son consideradas células separadas. Esta tendencia ha continuado con la creación de microcélulas, las cuales tienen como objetivo incrementar la capacidad de usuarios en áreas urbanas densas. Mientras el rango típico de una célula es de 2 a 20 kilómetros de diámetro, el rango de las microcélulas es de 100 metros a 1 kilómetro de diámetro.

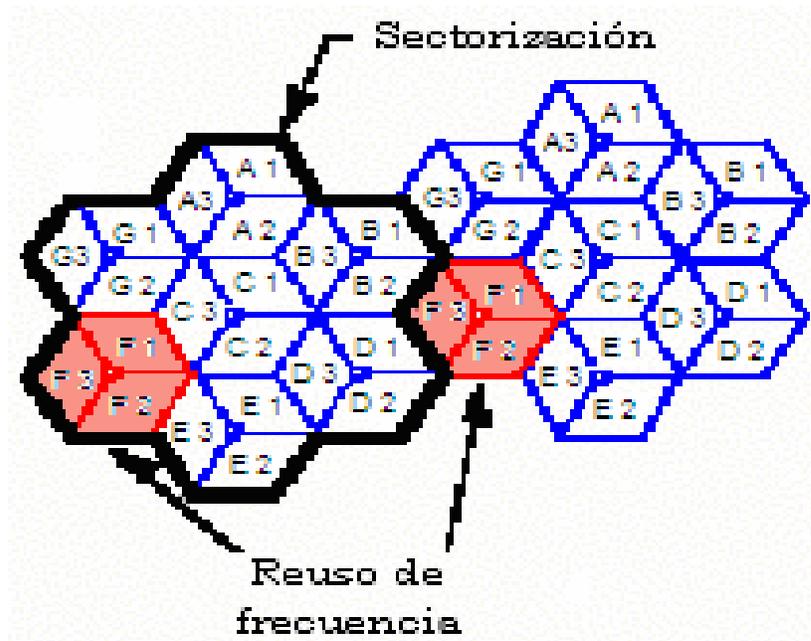


Figura 1.4 Sectorización y reuso de frecuencia, [2].

La ganancia de capacidad provista por los sistemas celulares es casi balanceada con las pérdidas de trunking efficiency, la cual es la eficiencia resultante que está al final de un gran número de usuarios que reciben servicio de un conjunto de servidores en lugar de asignar proporcionalmente a cada usuario con uno de los servidores. Si un número no proporcional de móviles están ubicados simultáneamente en una sola célula, un sistema celular podría terminar soportando pocos usuarios en lugar de una área ancha del sistema, porque relativamente pocos de los usuarios que son agregados en la célula pueden recibir servicio (debido a que sólo están disponibles un subconjunto de canales en la célula), el sistema celular podría parecer inefectivo.

Las radio bases están provistas de conexiones entre ellas y la PSTN (Public Switched Telephone Network) a través de los MSCs (Mobile Switching Center). La operación del sistema AMPS ha sido basada en MSCs inteligentes controlando la operación de las radio bases y los móviles. La administración de la movilidad celular es manejada por el HLR (Home Location Registers) y el VLR (Visiting Location Registers).

1.3.2 Estrategias de asignación de canales.

Para la utilización eficiente del espectro de radio, se requiere un sistema de reuso de frecuencias que aumente la capacidad y minimice las interferencias. Se han desarrollado una gran variedad de estrategias de asignación de canales para llevar a cabo estos objetivos. Las estrategias de asignación de canales se pueden clasificar en fijas o dinámicas. La elección de la estrategia de asignación de canales va a imponer las características del

sistema, particularmente, en cómo se gestionan las llamadas cuando un usuario pasa de una célula a otra (handoff).

En una estrategia de asignación de canales **fija** o FCA (Fixed Channel Allocation), a cada célula se le asigna un conjunto predeterminado de canales. Cualquier llamada producida dentro de la célula, sólo puede ser servida por los canales inutilizados dentro de esa célula en particular. Si todos los canales de esa célula están ocupados, la llamada se bloquea y el usuario no recibe servicio. Existen algunas variantes de ésta estrategia. Una de ellas permite que una célula vecina le preste canales si tiene todos sus canales ocupados. El Centro de Conmutación Móvil ("Mobile Switching Center" ó MSC) supervisa que estos mecanismos de préstamo no interfieran ninguna de las llamadas en progreso de la célula donadora.

En una estrategia de asignación de canales **dinámica** o DCA (Dynamic Channel Assignment), los canales no se colocan en diferentes células permanentemente. En su lugar, cada vez que se produce un requerimiento de llamada la radio base servidora pide un canal al MSC. Éste entonces coloca un canal en la célula que lo pidió siguiendo un algoritmo que tiene en cuenta diversos factores como son la frecuencia del canal a pasar, su distancia de reutilización, y otras funciones de costo. Las estrategias de asignación dinámicas aumentan las prestaciones del sistema, pero requieren por parte del MSC una gran cantidad de cómputo en tiempo real.

1.4 Misión de la interfaz de radio.

Dado que el número de canales de radio es mucho menor que el número total de usuarios potenciales, los canales bidireccionales sólo se asignan si se necesitan. Esta es la principal diferencia con la telefonía estándar, donde cada terminal está continuamente unido a un conmutador haya o no haya llamada en progreso.

En una red móvil como GSM, los canales de radio se asignan dinámicamente. En GSM, así como en otros sistemas de telefonía celular, el usuario que está en espera permanece atento a las posibles llamadas que se puedan producir escuchando un canal específico. Este canal transporta mensajes llamados mensajes de búsqueda o voceo ("paging messages"): su función es la de advertir que un usuario móvil está siendo llamado. Este canal es emitido en todas las células, y el problema de la red es determinar en qué células llamar a un móvil cuando se le necesite.

El establecimiento de cualquier llamada, ya sea el móvil origen o destino de la llamada, requiere medios específicos por los cuales la estación móvil pueda acceder al sistema para obtener un canal. En GSM, este procedimiento de acceso se realiza sobre un canal específico del móvil a la base. Este canal, que envía además de otra información, los mensajes de búsqueda, es conocido en GSM como canal común dado que lleva información hacia y desde el móvil al mismo tiempo. Los canales asignados durante un periodo de tiempo a un móvil se les llaman canales dedicados. Basados en esta distinción se pueden definir dos macro-estados:

1. Modo desocupado ("idle"), en el que el móvil escucha; el móvil no tiene ningún canal para sí mismo.
2. Modo dedicado, en el que se asigna un canal bidireccional al móvil para sus necesidades de comunicación, permitiéndole a éste intercambiar información punto a punto en ambas direcciones.

El procedimiento de acceso es una función particular que permite al móvil alcanzar el modo dedicado desde el "idle".

1.5 Efectos de la movilidad.

1.5.1 Servicio de localización.

La movilidad de los usuarios en un sistema celular es la fuente de mayores diferencias con la telefonía fija, en particular con las llamadas recibidas. Una red puede encaminar una llamada hacia un usuario fijo simplemente sabiendo su dirección de red (por ejemplo su número de teléfono), dado que el conmutador local, al cual se conecta directamente la línea del abonado, no cambia. Sin embargo en un sistema celular la célula en la que se debe establecer el contacto con el usuario cambia cuando éste se mueve. Para recibir llamadas, primero se debe localizar al usuario móvil, y después el sistema debe determinar en qué célula está actualmente.

En la práctica se usan tres métodos diferentes para tener este conocimiento. En el primer método, el móvil indica cada cambio de célula a la red. Se le llama actualización sistemática de la localización al nivel de célula. Cuando llega una llamada, se necesita enviar un mensaje de búsqueda sólo a

la célula donde está el móvil, ya que ésta es conocida. Un segundo método sería enviar un mensaje de voceo a todas las células de la red cuando llega una llamada, evitándonos así la necesidad de que el móvil esté continuamente avisando a la red de su posición. El tercer método es un compromiso entre los dos primeros introduciendo el concepto de área de localización. Un área de localización es un grupo de células, cada una de ellas pertenecientes a un área de localización simple. La identidad del área de localización a la que una célula pertenece se les envía a través de un canal de difusión ("broadcast"), permitiendo a los móviles saber el área de localización en la que están en cada momento. Cuando un móvil cambia de célula se pueden dar dos casos: ambas células están en la misma área de localización: el móvil no envía ninguna información a la red, las células pertenecen a diferentes áreas de localización: el móvil informa a la red de su cambio de área de localización.

Cuando llega una llamada solamente se necesita enviar un mensaje a aquellas células que pertenecen al área de localización que se actualizó la última vez. GSM utiliza éste método.

1.5.2 Handoff.

En el tema anterior se trataron los efectos de la movilidad en el modo idle. En el modo dedicado, y en particular cuando una llamada está en progreso, la movilidad del usuario puede inducir a la necesidad de cambiar de célula servidora, en particular cuando la calidad de la transmisión cae por debajo de un umbral. Con un sistema basado en células grandes, la probabilidad de que ocurra esto es pequeña y la pérdida de una llamada podría

ser aceptable. Sin embargo, si queremos lograr grandes capacidades tenemos que reducir el tamaño de la célula, con lo que el mantenimiento de las llamadas es una tarea esencial para evitar un alto grado de insatisfacción en los abonados.

Uno de los objetivos del sistema celular es mantener a un usuario en contacto (in touch) incluso si éste se mueve a través del sistema. Cuando un usuario se mueve del área de cobertura definida de una célula a otra, el sistema debe proveer la capacidad de mantener al usuario en contacto aunque se rompa la conexión establecida con una radio base y se establezca otra conexión con otra radio base. Esta operación es llamada handoff o handover. El tener células pequeñas significa tener más frecuentemente handoffs, lo cual requiere más recursos del sistema para soporte y coordinación. Handoff es una forma de movilidad. Este proceso requiere primero algunos medios para detectar la necesidad de cambiar de célula mientras estamos en el modo dedicado (preparación del handoff), y después se requieren los medios para conmutar una comunicación de un canal en una célula dada a otro canal en otra célula, de una forma transparente al usuario, es decir, que no se percate del cambio.

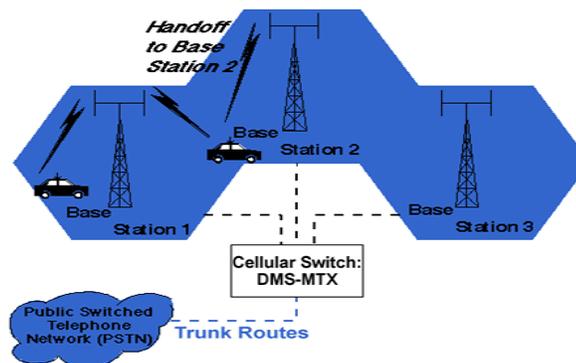


Figura 1.5 Handoff, [2].

El handoff en un sistema celular se realiza de dos maneras. Handoff **duro** (hard) es cuando la conexión entre el móvil y su servidor inicial (radio base) permanece momentáneamente antes de reconectar al móvil con una nueva radio base. Este es el método tradicional usado en los sistemas celulares existentes, por que requiere de menos procesamiento por parte de la red para seguir provyendo servicio, aunque éste cause una interrupción momentánea en la recepción, la cual es algunas veces notable al usuario.

El segundo método de handoff es llamado handoff **suave** (soft), en el cual dos radio bases están simultáneamente conectadas por un periodo corto de tiempo con el móvil durante el handoff. Tan pronto como el enlace de RF del móvil con la nueva radio base sea aceptable, la radio base inicial se desprende del móvil. Se emplean diversas técnicas al final de los dos enlaces para asegurar un handoff suave, el cual es transparente al usuario.

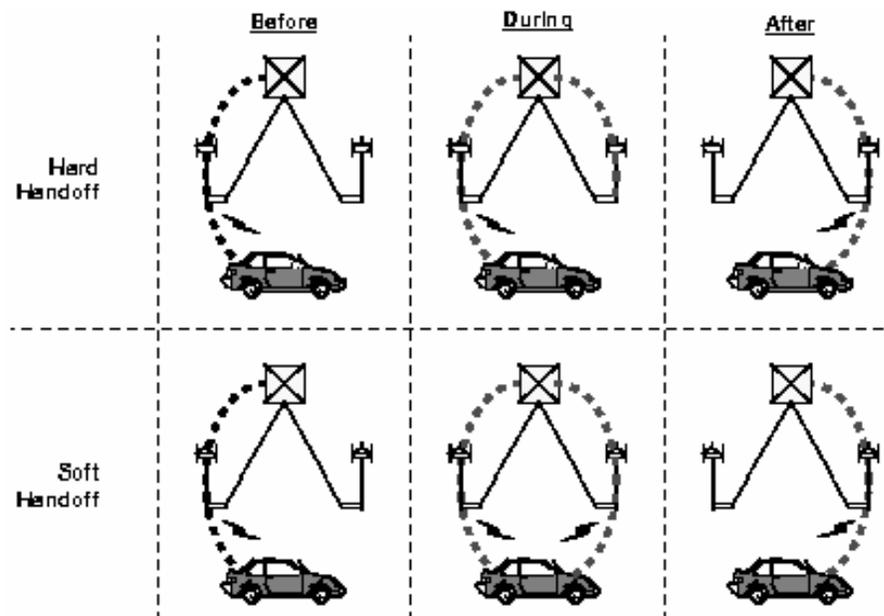


Figura 1.6 Estrategias de Handoff, [2].

También se puede clasificar a los handoffs como controlados o asistidos por la red o el móvil. Un handoff controlado por la red es calificado como un BCHO (base-controlled handoff) o handoff controlado por la radio base. Un handoff MCHO (mobil-controlled handoff) o handoff controlado por el móvil es menos usado en sistemas de voz, pero más usado en CDPD (Cellular Digital Packet Data) por el modo de transmisión de ráfaga empleado en móviles CDPD. La segunda generación de sistemas celulares de voz toma ventaja de la inteligencia en los móviles y las técnicas de división de tiempo para realizar un MAHO (Mobile Assisted Handoff) o handoff asistido por el móvil, en donde el móvil participa pero no controla el handoff.

El proceso de handoff es complejo con cualquiera de las técnicas que se emplee. Se usa un algoritmo de decisión para determinar cuando debe ocurrir un handoff, basado en factores como el nivel de potencia recibido y la calidad de la señal (coeficiente de error de bit *-bit error rate-* o tono supervisor *-supervisory tone-*). Una vez que los valores predeterminados de umbral han sido excedidos, indicando que se ha llegado a la orilla de la cobertura de la célula, se debe también decidir de dónde recibirá servicio el móvil.

La célula marcada para handoff es determinada por medidas de RF diseñadas para minimizar la interferencia asociada con consideraciones de capacidad tales como la necesidad de balance de carga, disponibilidad de canales desocupados (idle), etc. Todas las decisiones para el handoff deben ser rápidas, porque el usuario puede estar movilizándose con rapidez. Esta necesidad de decisiones rápidas de handoff se acentúa más en células con

tamaños decrecientes usadas en áreas urbanas. Los requerimientos para handoffs rápidos sólo pueden ser reunidos con un nivel suficiente de procesamiento y capacidad de señalización.

La habilidad de una red para soportar handoffs puede ser una capacidad coactiva. Por lo tanto, es importante evitar handoffs innecesarios e indeseados. El sistema debe distinguir entre un movimiento del área de cobertura de una célula a otra y un móvil moviéndose a la franja del área, donde la recepción de RF es pobre. Se han desarrollado algoritmos inteligentes que involucran cronómetros, control de potencia e histéresis para reducir el número de handoffs innecesarios.

1.5.3 Roaming.

En los sistemas de telecomunicaciones accedidos a través de un enlace fijo, la elección de qué red proporciona el servicio está hecha desde el principio. Cuando se introduce la movilidad, todo cambia. Diferentes servidores pueden proporcionar servicio a un usuario dado dependiendo de dónde esté. Cuando cooperan diferentes operadores de red, pueden usar esta posibilidad para ofrecer a sus abonados un área de cobertura mucho mayor que cualquiera de ellos pudiera ofrecer por sí mismo. A esto es a lo que se llama "roaming", y es una de las características principales de la red europea GSM.

El roaming se puede proporcionar sólo si se dan una serie de acuerdos administrativos y técnicos. Desde el punto de vista administrativo, se deben resolver entre los diferentes operadores cosas tales como las tarifas, acuerdos

de abonados, etc. La libre circulación de los móviles también requiere de cuerpos reguladores que convengan el reconocimiento mutuo de los tipos de convenios. Desde el punto de vista técnico, algunas cosas son una consecuencia de problemas administrativos, como las tarifas de la transferencia de llamadas o la información de los abonados entre las redes. Otras cosas que se necesitan para poder realizar el "roaming" son la transferencia de los datos de localización entre redes, o la existencia de una interfaz de acceso común. Este último punto es probablemente el más importante. Éste hace que el abonado deba tener un accesorio simple del equipo que lo habilite para acceder a las diferentes redes. Para hacer esto posible, se ha especificado una interfaz de radio común de forma que el usuario pueda acceder a todas las redes con el mismo móvil.

La definición de roaming en México es diferente a la establecida en Europa y algunos países de América. México está dividido en 9 regiones que son: Baja California, Noroeste, Norte, Noreste, Occidente, Centro, Golfo y Sur, Sureste y México. Al pasar un usuario de una región a otra es cuando se activa la función de roaming. Una de las definiciones que da una compañía celular es: servicio que se presta al usuario cuando éste se ubica en otra zona de cobertura concesionada distinta a la de la concesionaria con la cual contrató el servicio concesionado, denominándose el usuario como abonado móvil visitante, debiendo pagar la cuota diaria de roaming, las llamadas que origine y/o reciba y los cargos de larga distancia que genere.

1.6 Calidad del canal celular.

La interferencia es el principal factor que limita el desarrollo de los sistemas celulares. Las fuentes de interferencias incluyen a otros móviles dentro de la misma célula, o cualquier sistema no celular que de forma inadvertida introduce energía dentro de la banda de frecuencia del sistema celular. Las interferencias en los canales de voz causan el "cross-talk", consistente en que el abonado escucha interferencias de fondo debidas a una transmisión no deseada. Sobre los canales de control, las interferencias conducen a llamadas perdidas o bloqueadas debido a errores en la señalización digital. Las interferencias son más fuertes en las áreas urbanas, debido al mayor ruido de radio frecuencia y al gran número de radio bases y móviles. Las interferencias son las responsables de formar un cuello de botella en la capacidad y de la mayoría de las llamadas entrecortadas. Los dos tipos principales de interferencias generadas por sistemas son las interferencias **co-canal** y las interferencias entre **canales adyacentes**. Aunque las señales de interferencia se generan frecuentemente dentro del sistema celular, son difíciles de controlar en la práctica (debido a los efectos de propagación aleatoria). Pero las interferencias más difíciles de controlar son las debidas a otros usuarios de fuera de la banda (de otros sistemas celulares, por ejemplo), que llegan sin avisar debido a los productos de intermodulación intermitentes o a sobrecargas del móvil de otro abonado. En la práctica, los transmisores de portadoras de sistemas celulares de la competencia, son frecuentemente una fuente significativa de interferencias de fuera de banda, dado que la competencia frecuentemente coloca sus radio bases cerca, para proporcionar una cobertura comparable a sus abonados.

1.6.1 Interferencia co-canal y capacidad del sistema.

El reuso de frecuencias implica que en un área de cobertura dada haya varias células que usen el mismo conjunto de frecuencias. Estas células son llamadas células co-canales, y la interferencia entre las señales de estas células se le llama interferencia co-canal. Al contrario que el ruido térmico, que se puede superar incrementando la relación señal ruido ("Signal to Noise Ratio" ó SNR), la interferencia co-canal no se puede combatir simplemente incrementando la potencia de portadora de un transmisor. Esto es debido a que un incremento en la potencia de portadora de transmisión de una célula, incrementa la interferencia hacia las células co-canales vecinas. Para reducir la interferencia co-canal las células co-canales deben estar físicamente separadas por una distancia mínima que proporcione el suficiente aislamiento debido a las pérdidas en la propagación.

En un sistema celular, cuando el tamaño de cada célula es aproximadamente el mismo, la interferencia co-canal es aproximadamente independiente de la potencia de transmisión y se convierte en una función del radio de la célula (R), y de la distancia al centro de la célula co-canal más próxima (D). Incrementando la relación D/R , se incrementa la separación entre células co-canales relativa a la distancia de cobertura. El parámetro Q , llamado factor de reuso co-canal, está relacionado con el tamaño del cluster N . Un valor pequeño de Q proporciona una mayor capacidad dado que el tamaño del cluster N es pequeño, mientras que un valor de Q grande mejora la calidad de la transmisión, debido a que es menor la interferencia co-canal. Se debe llegar a un compromiso entre estos dos objetivos a la hora del diseño.

Una de las medidas físicas de la calidad del canal de RF es la relación portadora-a-interferencia (C/I, carrier-to-interference). Esta relación es logarítmicamente proporcional a la calidad de la señal del receptor. Mientras más grande sea la relación C/I, mejor será la calidad del canal.

Los coeficientes de C/I de 17dB son usados idealmente para determinar el umbral de la cobertura de una célula. Si las medidas de C/I son debajo de este nivel, el móvil deberá estar en la región de cobertura de otra célula y se deberá realizar un handoff. El interior de la célula deberá proveer coeficientes de C/I que excedan 17dB, a menos de que el móvil se localice en un hoyo (hole) de la cobertura de RF.

1.6.2 Interferencia entre canales adyacentes.

En este tema entran las interferencias procedentes de señales que son adyacentes en frecuencia a la señal deseada. Estas interferencias están producidas por la imperfección de los filtros en los receptores que permiten a las frecuencias cercanas colarse dentro de la banda pasante. El problema puede ser particularmente serio si un usuario de un canal adyacente está transmitiendo en un rango muy próximo al receptor de un abonado, mientras que el receptor está intentando recibir una señal de la radio base sobre el canal deseado. A esto se le suele llamar efecto "nearfar", donde un transmisor cercano (que puede ser o no del mismo tipo que el usado en el sistema celular) captura al receptor del abonado. Otra forma de producir el mismo efecto es cuando un móvil cercano a una radio base transmite sobre un canal cercano a otro que está usando un móvil débil. La radio base puede tener dificultad para

discriminar al usuario móvil deseado del otro debido a la proximidad entre los canales.

Este tipo de interferencias se pueden minimizar filtrando cuidadosamente, y con una correcta asignación de frecuencias. Dado que cada célula maneja sólo un conjunto del total de canales, los canales a asignar en cada célula no deben estar próximos en frecuencias.

1.6.3 Control de Potencia.

Una parte importante en la administración de los recursos de radio es controlar los niveles de potencia usados en los transmisores, esto se hace para asegurar que cada móvil transmite la potencia más baja necesaria. Este control de potencia es importante porque hasta en las mejores condiciones el nivel de potencia recibido es inversamente proporcional a la distancia del transmisor. Sin el control de potencia, los móviles cercanos podrían saturar la transmisión de móviles distantes a los transceptores de la radio base.

El dominio por los transmisores cercanos puede prevenir que se detecten en el receptor señales distantes transmitidas. Una mejor descripción es el llamado near-far o problema de terminal escondida. Esto ocurre cuando un transmisor está más cercano al receptor que otro transmisor. Si la señal del transmisor más cercano es capturada satisfactoriamente por el receptor, el receptor debe reconocer la recepción satisfactoria de la señal. El transmisor distante puede entonces concluir erróneamente que su señal fue recibida satisfactoriamente.

Una radio base debe prevenir que los móviles cercanos transmitan con niveles de potencia que sature a otros móviles en la célula. La potencia de la señal recibida (RSS) en la radio base debe ser aproximadamente igual en todos los móviles de la célula. Usualmente los algoritmos de control de potencia están basados en la llamada reciprocidad de las señales de RF. La radio base puede siempre dirigir individualmente a los móviles para usar otro nivel de potencia. El control de potencia es importante en los umbrales de célula, para reducir el número innecesario de handoff y evitar interferencia.

1.7 Partición de células ("cell-splitting").

El "splitting" es el proceso de subdividir una célula congestionada en células más pequeñas, cada una con su propia radio base y la correspondiente reducción en la altura de la antena y de la potencia de transmisión. El "splitting" incrementa la capacidad de un sistema celular dado que incrementa el número de veces que se reutilizan los canales. Definiendo nuevas células que tengan un radio más pequeño que las células originales instalando estas pequeñas células entre las células existentes, se incrementa la capacidad debido al incremento de canales por unidad de área.

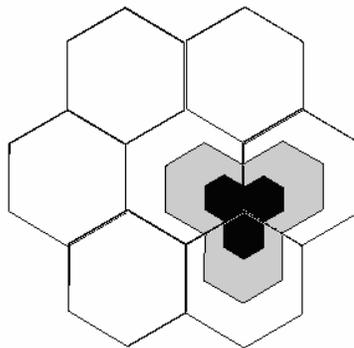


Figura 1.7 Partición de célula.

Imaginemos que cada célula se reduce de forma que el radio de cada célula se hace la mitad. Para cubrir el área entera de servicio con las células más pequeñas, se necesitarían aproximadamente cuatro veces más células que antes. Esto se puede observar si suponemos una célula circular de radio R . El área cubierta por ese círculo es cuatro veces mayor que el área cubierta por un círculo de radio $R/2$. El incremento del número de células incrementará el número de clusters en la región de cobertura, que a su vez incrementará el número de canales, y por lo tanto la capacidad en el área de cobertura. El "cell-splitting" permite al sistema crecer sustituyendo células grandes por pequeñas.