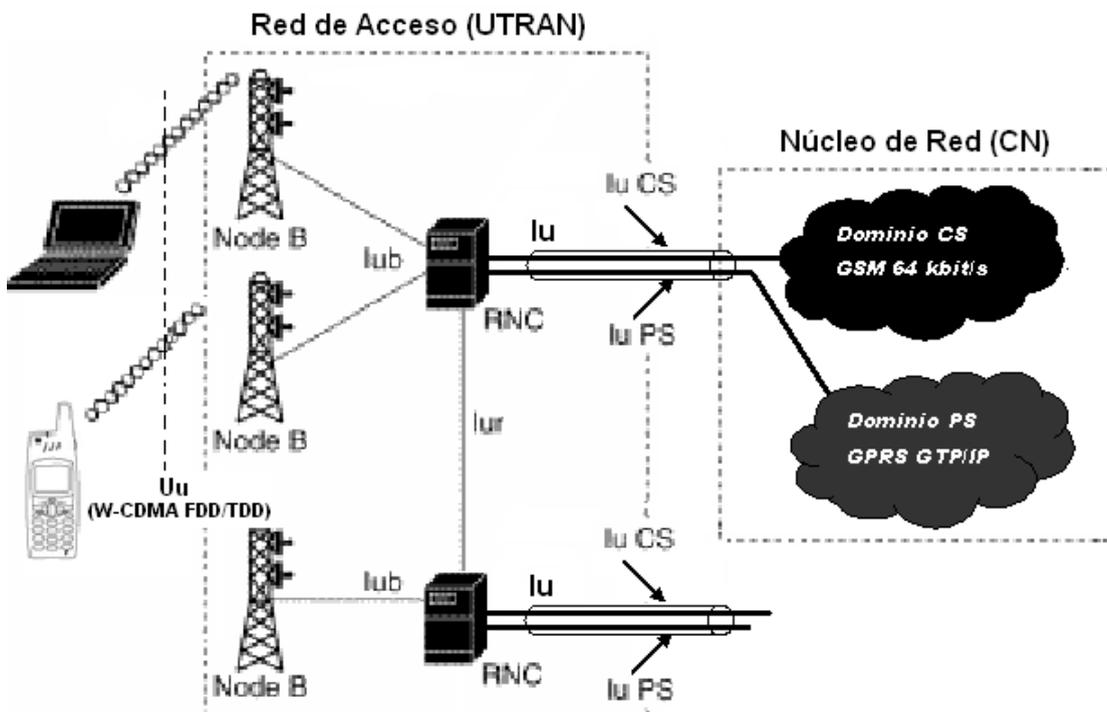


### 3.- RED DE ACCESO RADIO TERRESTRE UMTS (UTRAN)

#### 3.1 – ESTRUCTURA DE RED Y COMPONENTES

La finalidad esencial de la red de acceso radio terrestre UMTS (UTRAN) es proporcionar los recursos necesarios para transportar la información entre los terminales de usuario y los elementos de conmutación del núcleo de red. Dicha información incluye tanto tráfico de usuario como de señalización, dando lugar a la consideración de dos pilas de protocolos diferentes: la del plano de usuario y la del plano de control. Por tratarse de un sistema de comunicaciones móviles, los recursos de transmisión de la UTRAN, incluyendo tanto la interfaz radio como las interfaces fijas, han de ser asignadas bajo demanda. Ello requiere la existencia de diálogos de señalización entre los elementos de la red de acceso, así como de éstos con los del núcleo de red (SGSN o MSC, según el caso). Esos y otros factores contribuyen a la definición de una arquitectura de protocolos para la UTRAN relativamente complicada.



**Figura 3.1 - Arquitectura de UTRAN**

En la figura 3.1 se muestra la arquitectura de la red de acceso radio terrestre UMTS, UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network), en la que pueden observarse los principales elementos que la componen así como las interfaces definidas entre ellos.

La red de acceso terrestre está compuesta de varios subsistemas RNS (Radio Network Subsystem). Cada RNS cubre un conjunto de células UMTS, siendo responsable de la gestión de los recursos asociados a ellas. Un RNS está formado por un controlador RNC (Radio Network Controller) y un conjunto de estaciones base (Nodos B).

Las funciones básicas de cada elemento en la UTRAN son las siguientes:

- Un Nodo B es básicamente una estación radio que cubre una célula UMTS, con uno o varios sectores. Es el elemento con el que se comunican los UE de una célula UMTS vía radio, mediante la interfaz WCDMA. Las funciones principales de un Nodo B son de nivel físico (codificación de canal, modulación, “spreading”, etc).
- Un RNC es el responsable de gestionar los recursos radio del conjunto de Nodos B que de él dependen (asignación de códigos, control de admisión, gestión de traspasos, control de congestión, difusión de información, etc). Los protocolos de la interfaz radio, salvo los del nivel físico, terminan en el RNC.

Dentro de UTRAN se definen dos tipos de interfaces (internos a UTRAN):

- Interfaz Iub (Iu bis), que conecta a cada Nodo B con el RNC que le controla C-RNC, (Controlling RNC). Esta interfaz puede considerarse como una prolongación de los canales de transporte de interfaz radio. Dicho de otra manera, la interfaz Iub es responsable del transporte de tramas MAC (Medium Access Control) entre el nodo B y el RNC.
- Interfaz Iur (opcional), que permite la comunicación entre dos RNC para el soporte de traspasos suaves (soft-HO) entre Nodos B pertenecientes a distintos subsistemas RNS. Durante este tipo de traspasos, la interfaz Iur permite el transporte de las tramas MAC entre el RNC auxiliar (D-RNC, Drift-RNC) y el RNC servidor (S-RNC, Serving-RNC). La interfaz Iur no tiene equivalente en el subsistema radio de GSM.

La UTRAN se comunica con los equipos de usuario (UE) y los nodos de acceso al núcleo de red (MSC o SGSN, según el dominio de que se trate) a través de la interfaces Uu e Iu., respectivamente.

La interfaz Iu es el nexo de unión entre la red de acceso radio y el núcleo de red, constituyendo el tercer eslabón (después de la interfaz radio y la interfaz Iub) en la cadena que une a los equipos de usuario con la red UMTS. La interfaz Iu se descompone en dos interfaces lógicas, Iu-CS e Iu-PS, que ligan la red de acceso radio a los dos dominios del núcleo de red (CS y PS, respectivamente). En otras palabras, Iu-CS es la interfaz que une al RNC con la MSC de la que depende, mientras que Iu-PS lo liga al SGSN.

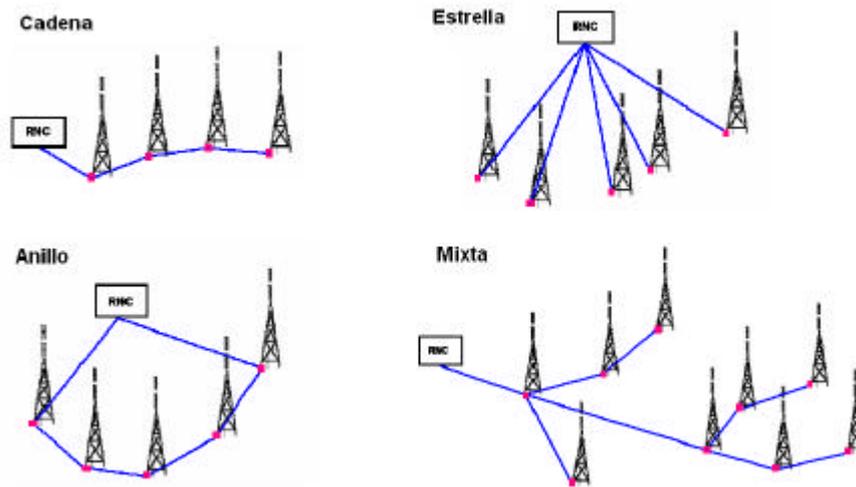
Finalmente la UTRAN se comunica con los equipos de usuario mediante la interfaz radio Uu. Como se sabe, se trata de una interfaz basada en W-CDMA con dos modos de operación (FDD y TDD), sobre el que se definen los distintos canales radio.

### 3.2 – DISEÑO DE UTRAN

A la hora de desplegar la infraestructura de transmisión de la UTRAN, es necesario tener en cuenta aspectos tales como la capacidad y el tipo de interfaces físicas a emplear o la topología de interconexión de Nodos B. En los siguientes apartados se apuntan algunas pautas de diseño relativas a los aspectos mencionados.

### 3.2.1 – CONFIGURACIONES TOPOLÓGICAS

En la figura 3.2 se muestran algunas de las configuraciones de interés que puedan plantearse a la hora de interconectar los Nodos B a sus correspondientes RNC. Al igual que en GSM, la elección de la topología más adecuada en cada caso depende de varios factores: dispersión geográfica de los Nodos B, ahorro de líneas de transmisión, redundancia ante caídas, etc.



**Figura 3.2 – Topologías de interconexión entre Nodos B y RNC**

Salvo el caso de la configuración en estrella, todas las tecnologías representadas permiten contemplar la posibilidad de efectuar concentración de tráfico. Este aspecto es de gran importancia en la red de acceso ya que permite el ahorro de costes de transmisión.

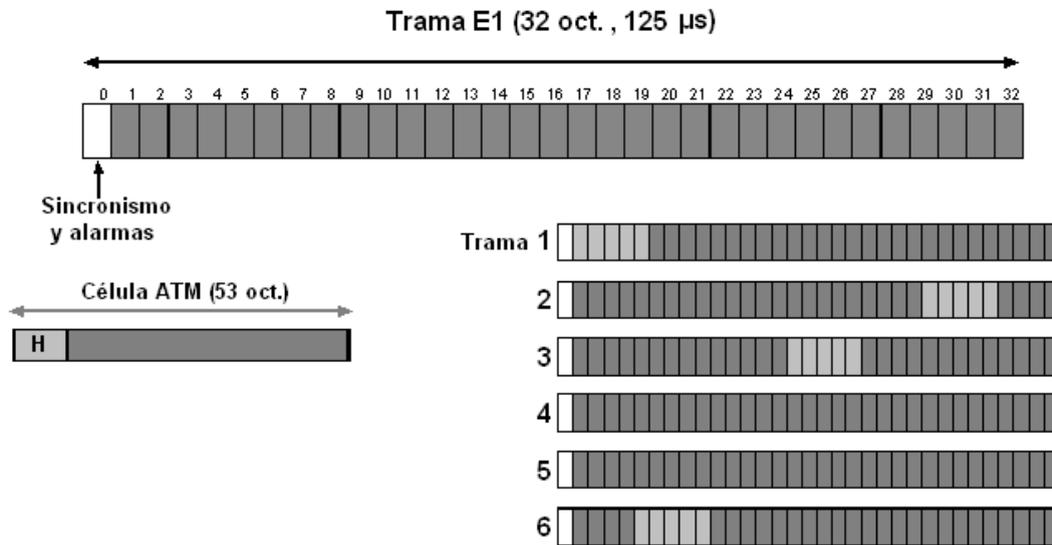
La concentración puede efectuarse mediante equipos auxiliares independientes o integrados dentro de los Nodos B. Una primera alternativa es efectuar la concentración a nivel PDH, mediante DXX (Digital Crossconnects). Esta solución, sin embargo, no permite aprovechar las ventajas que ofrece ATM. Para sacar partido de éstas, resulta más conveniente recurrir a dispositivos capaces de multiplexar el tráfico a nivel de circuitos virtuales ATM. En ese sentido, puede ser interesante que los Nodos B incluyan este tipo de funcionalidades con objeto de evitar la utilización de equipos auxiliares para efectuar la concentración de tráfico.

### 3.2.2 – INTERFACES DE TRANSMISIÓN

A la hora de desplegar la red de transmisión en UTRAN son varias también las alternativas disponibles. En lo referente a los medios de transmisión, cabe pensar en la posibilidad de utilizar coaxial, fibra óptica o radioenlaces. Los esquemas de transmisión sobre dichos medios pueden ser los habituales PDH (E1, E3, etc) o SDH (STM-1, STM-3, etc), si bien explotados en ATM.

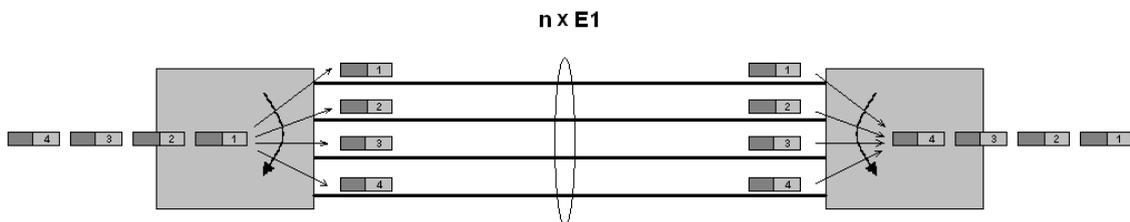
Uno de los principales tipos de interfaces a utilizar en la fase inicial del despliegue de UMTS pueden ser los interfaces PDH. En particular, para células con poco tráfico, cabe la posibilidad de pensar en la utilización de interfaces E1 (2048 kbit/s) explotadas en

ATM. En la figura 3.3 se ilustra el funcionamiento de este tipo de interfaces, donde las células ATM se adaptan a la carga útil de 31 octetos disponible en las tramas E1. La capacidad útil de esta interfaz, a nivel ATM, es de 1984 kbit/s ( $31 \times 64$  kbit/s).



**Figura 3.3 - Interfaz E1 explotada en ATM**

Si el tráfico en la célula es mayor, cabe pensar en la utilización de la siguiente interfaz en la jerarquía PDH, la interfaz E3 (34 Mbit/s). Sin embargo, es muy posible que la capacidad de esta interfaz sea demasiado elevada en la mayoría de los casos. Como alternativa, se puede recurrir al empleo de interfaces IMA (Inverse Multiplexing ATM), sobre varias E1, cuyo funcionamiento se ilustra en la figura 3.4. La interfaz IMA permite la utilización de varias interfaces E1, ATM, de manera que el conjunto se comporta como una única interfaz ATM cuya capacidad es la suma (aproximadamente) de la que ofrecen cada una de las interfaces E1 de manera aislada. En el extremo transmisor, el flujo de células ATM a transportar se distribuye de manera uniforme entre los E1 que forman el grupo IMA. En el extremo remoto se recompone el flujo de células original a partir de las células que se reciben por cada una de las interfaces E1, teniendo cuidado de preservar el orden de las células.



**Figura 3.4 - Multiplexado inverso ATM (IMA)**

En caso de necesitar interfaces ATM de mayor capacidad, es posible recurrir al empleo de interfaces ATM sobre SDH. Así, por ejemplo, una posibilidad es el empleo de interfaces STM-1 (155 Mbit/s) no canalizadas, donde las células ATM se encajan dentro de la carga útil del contenedor virtual tipo 4 (VC-4). La necesidad de este tipo de

interfaces puede aparecer conforme va aumentando el grado de concentración de tráfico en la red de interconexión entre nodos B y RNC, así como para la conexión de estos con el núcleo de red (interfaz Iu).

### 3.2.3 – “BACKBONE” ATM

En la figura 3.5 se muestra una posible red de transmisión para el despliegue inicial de la UTRAN. Suponiendo que las necesidades iniciales de tráfico no son muy elevadas, los Nodos B utilizan interfaces E1. En ocasiones, un Nodo B puede actuar de concentrador de tráfico a otros Nodos B, pudiendo el número de E1 necesarios para llevar el tráfico agregado hacia el RNC ser menor que el que haría falta si se usara una topología en estrella.

En la figura 3.5 se muestra también la posibilidad de utilizar conmutadores ATM intermedios para concentrar tráfico a mayor escala. Nótese que el uso de estos conmutadores permite concentrar el tráfico de varios árboles de Nodos B que pueden estar lejos del RNC que los controla. Finalmente, se muestra también cómo el uso de conmutadores ATM permite concentrar el tráfico de varios RNCs hacia el núcleo de red.

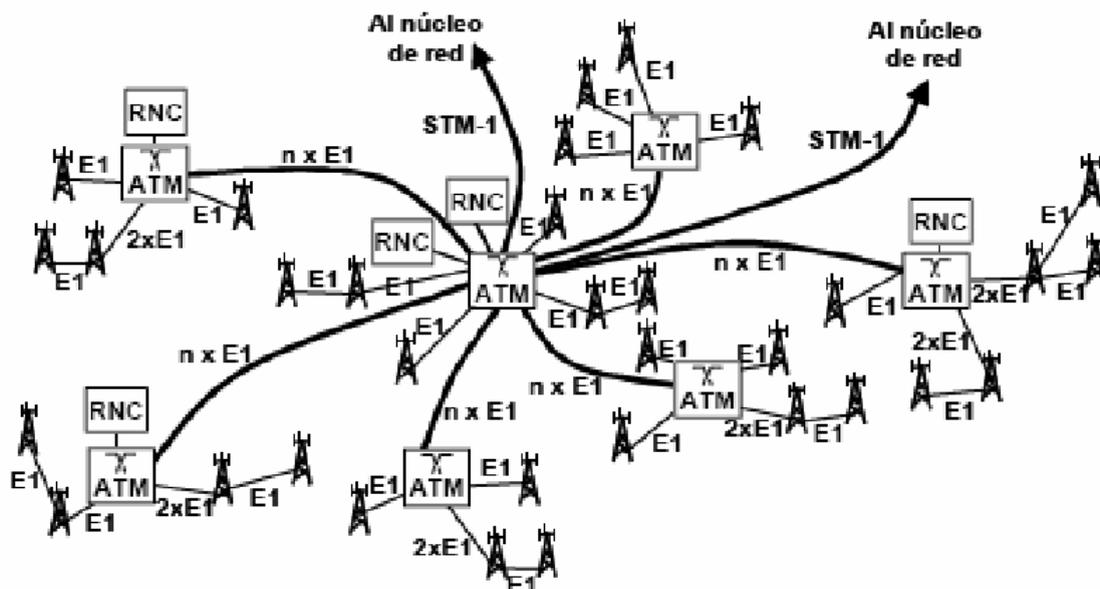


Figura 3.5 - Despliegue de un “backbone” ATM para la UTRAN

### 3.2.4 – ASPECTOS DE DIMENSIONADO

El dimensionado de una red de transmisión de acceso radio consiste en estimar el número y la configuración de los diferentes elementos de red necesarios para proporcionar un servicio móvil en una región dada (a nivel nacional o regional), efectuándose su despliegue en varias fases.

A diferencia de las redes GSM, en donde se aplican reglas de diseño tradicionales de redes telefónicas (por ejemplo, los modelos Erlang-B o Erlang-C), el dimensionado de

la red de acceso radio UMTS encierra una complejidad relativamente elevada, tanto en lo relativo a recursos radio, como a recursos de transmisión.

Algunos de los factores que contribuyen a esta complejidad son los siguientes: el empleo de conmutación de paquetes en vez de conmutación de circuitos, la necesidad de ofrecer distintos niveles de QoS (requisitos de pérdidas y retardos) para cada tipo de servicio, el deseo de optimizar los recursos de transmisión, etc. A todo ello ha de sumarse la incertidumbre en cuanto a la demanda de servicio previsible que tendrá la red.

El dimensionado de la red de acceso radio debe tener en cuenta el número de usuarios previsto, la mezcla de aplicaciones a soportar, las características de tráfico de éstas, así como los requisitos de QoS a satisfacer en cada caso. En el cálculo es necesario tener en cuenta las sobrecargas debidas a los distintos protocolos de la UTRAN (RLC, MAC, ATM, AAL2 o AAL5, FP o UP, GTP, UDP, IP, etc). El procedimiento puede ser relativamente laborioso, especialmente si se desea la determinación de las capacidades mínimas de transmisión, requeridas en las interfaces Iub, Iur e Iu. A la experiencia ya adquirida sobre el diseño de redes reales se le suma el empleo de aproximaciones analíticas y técnicas de simulación.

Para cada fase del plan de despliegue se requieren dos tipos de datos de entrada: cobertura y tráfico. En relación con la cobertura el proceso a seguir consiste en identificar las regiones que se quieren cubrir (por ejemplo, zonas con más de 500.000 habitantes), y hacer una división de cada región en subzonas (empresariales, residenciales, ...). Por último hay que determinar la clase de subzona (urbana densa, urbana, suburbana, rural) con la que tratamos en cada caso para poder predecir las condiciones de propagación. El aspecto del tráfico influye la disponibilidad de espectro con la que contamos y la densidad de abonados por subzona. Hay que caracterizar también el perfil medio de los abonados y sus exigencias en cuanto a calidad de servicio se refiere.

### 3.3.- PLANIFICACIÓN DE LA RED

Los retos de los nuevos sistemas de comunicaciones de tercera generación se convierten en retos para las nuevas herramientas de planificación. La evolución hacia esta generación se ha basado en el empleo de diferentes técnicas de acceso, nuevos esquemas de asignación de recursos, estructuración jerárquica, antenas inteligentes, coexistencia de diferentes servicios, etc., de modo que la explotación de la red ofrezca nuevas prometedoras posibilidades. Sin embargo todas ellas sólo serán correctamente aplicadas siempre y cuando hayan sido consideradas en la fase de planificación.

Las etapas en las que se ha dividido la planificación de los sistemas de tercera generación son:

- Modelado del entorno
- Demanda de tráfico
- Dimensionado inicial de recursos
- Planificación de coberturas
- Optimización de coberturas
- Planificación de frecuencias

- Optimización de frecuencias
- Optimización de la red de acceso

Pero previamente es conveniente definir los parámetros de calidad que se van a imponer en los mismos.

### 3.3.1 – PARÁMETROS DE CALIDAD

La planificación de cualquier sistema de comunicaciones móviles debe tener como objetivo la consecución de cierto grado de calidad. Se trata de una magnitud que abarca varias dimensiones:

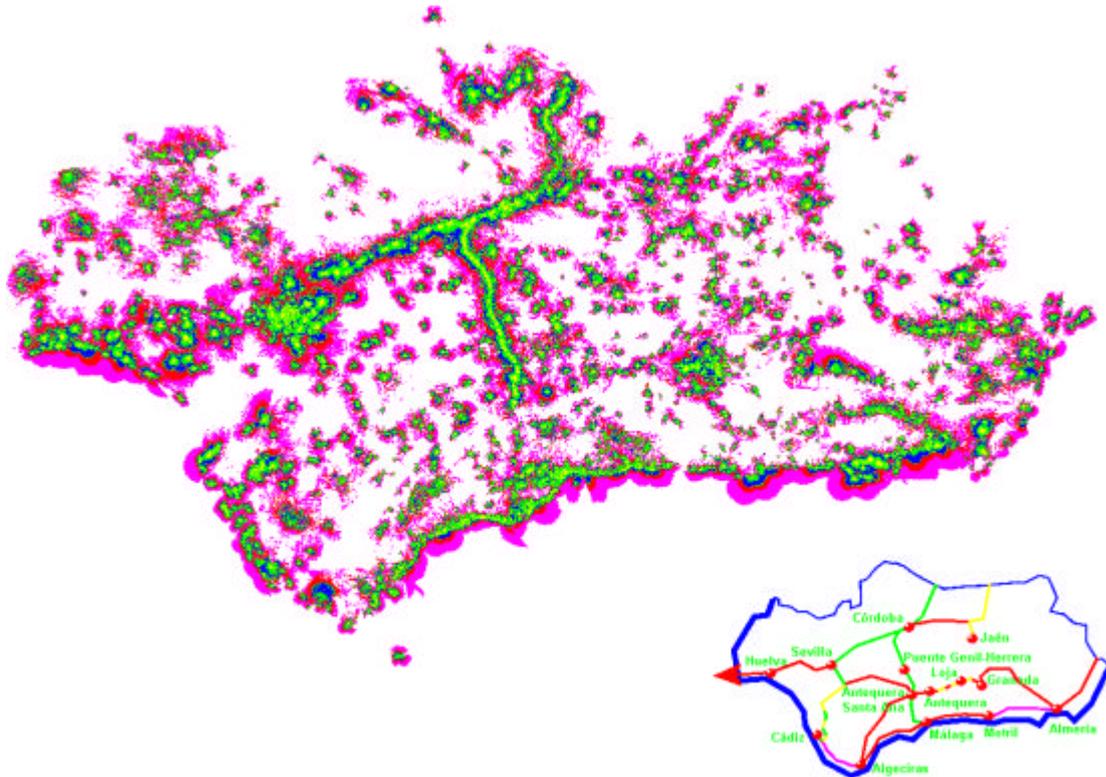
- Calidad de la interfaz radio

Se refiere al grado de cobertura radioeléctrica y se clasifica del modo siguiente:

- Según la extensión superficial: local, regional, nacional e internacional
- Por su cualificación: calles, carreteras, áreas rurales, interiores de edificios, subterráneos y túneles.
- Por el grado de completitud: porcentaje de ubicaciones (perimetral y zonal) y porcentaje de tiempo
- Por el porcentaje de población.

La cobertura se programa de una forma evolutiva, con hitos temporales que van estableciendo grados mayores de cobertura. En una primera fase, se cubren escenarios urbanos densos y urbanos residenciales, donde reside la mayoría de la población con un objetivo perimetral (equivale a más del 95% zonal) durante el 90% del tiempo, como mínimo. Se sigue dando cobertura a los principales ejes viarios, tanto de carretera como de ferrocarril. En paralelo, se van cubriendo puntos de alta densidad de tráfico (hot spots) posiblemente con celdas de interiores, en un proceso con un horizonte a unos 5-8 años.

En la figura 3.6 podemos ver un posible mapa de cobertura resultado de un proceso de despliegue de la tecnología UMTS en la región de Andalucía. Junto a él se muestra otro mapa correspondiente a las principales líneas de ferrocarril de alta velocidad que están actualmente en servicio en la comunidad y distinguimos fácilmente que una de las áreas mejor cubiertas en el plano es la equivalente al tramo que une Sevilla – Córdoba – Puente Genil – Antequera. Además también resalta el buen nivel de cobertura disponible en las capitales de provincia y gran parte de la línea de costa.



**Figura 3.6 - Ejemplo de mapa de cobertura UMTS desplegada en Andalucía**

- Calidad de Tráfico

Esencialmente se expresa mediante el Grado de Servicio (GoS) global, teniendo en cuenta los bloqueos no sólo en la interfaz radio, sino también en los circuitos de la ruta final de la red central hasta la estación base. También interviene en el GoS la calidad de cobertura, pues una llamada puede perderse si el móvil está en zona de sombra.

$$\text{GoS} = P_{\text{bloqueo ruta final}} \cdot P_{\text{usuario en zona de sombra}} \cdot P_{\text{carencia de canal}}$$

En la planificación radio se ha tenido en cuenta ya la segunda probabilidad. La primera afecta al diseño de la red central, por lo que aquí solo se considera la probabilidad de bloqueo de un canal radio. En aplicaciones de voz y datos con conmutación de circuitos, esta probabilidad permite relacionar la capacidad, expresada en número de usuarios simultáneos, con los tráficos cursados y ofrecido en Erlangs. En el despliegue inicial de una red celular móvil, ha de darse una mayor prioridad a la cobertura que a la capacidad de tráfico. Esta va incrementándose en fases posteriores, a medida que el operador va consiguiendo abonados. Por ello se parte de un valor inicial que posteriormente se va mejorando.

En función de los resultados de estudios de prospectiva de mercado, se establece un objetivo inicial de cobertura – capacidad de tráfico en poblaciones con un número de habitantes superior a determinada cifra y para los servicios básicos de voz y datos. El número de estaciones base se obtiene a partir del área de las celdas, que es función de la densidad de tráfico supuesta. Al respecto suelen definirse varios escenarios ya que,

obviamente, tal densidad no es constante. Escenarios típicos son: urbano denso (comercial/negocios), urbano (residencial) y rural.

Más tarde, para atender al crecimiento de la demanda de tráfico, se prevén dos soluciones:

- Llegado el momento, habilitar en las celdas que lo requieran una segunda o más portadoras, a fin de sacar el máximo partido de los emplazamientos.
  - Aplicación de la subdivisión celular, llegando a establecer estructuras celulares jerárquicas con macro/micro/picoceldas.
- Calidad de Fidelidad

En los sistemas de radiocomunicaciones digitales, la calidad de fidelidad se divide en dos componentes: calidad de portador y calidad final. La calidad de portador se expresa en términos de tasa de error de bits BER (Bit Error Rate) o de tramas FER (Frame Erasure Rate) y tasa residual RBER (Residual Bit Error Rate) y es función de las características del canal radioeléctrico móvil (pérdida básica de propagación, dispersión de retardo multitrayecto y dispersión Doppler).

La calidad final depende de la calidad de portador y de las prestaciones de los codecs (codificador – decodificador). Como estos elementos están prescritos en la normativa técnica, el planificador únicamente puede actuar sobre los parámetros que afecta a la calidad de portador, dentro del marco establecido por las especificaciones. La calidad de portador es función de la relación energía por bit/densidad espectral de ruido e interferencia ( $E_b/I_0$ ).

- Calidad de Disponibilidad

Expresa la aptitud de un sistema para hacer uso del mismo cuando lo requiere el usuario. Se suele expresar por su complementaria, la indisponibilidad, la cual puede deberse a fallos/averías de los equipos o a circunstancias derivadas de la radiopropagación. En la banda de frecuencias de UMTS, 2000 MHz, los fenómenos naturales repercuten en menor medida sobre la propagación, por lo que la componente de indisponibilidad que más peso aporta es la de los equipos. La tecnología actual ofrece material con un tiempo medio entre fallos muy elevado, por lo que pueden asegurarse valores de disponibilidad de instalaciones muy altos del orden del 99,95% o mejores. En estaciones remotas que requieran un tiempo de reparación alto, se pueden duplicar los equipos para asegurar los elevados niveles de disponibilidad.

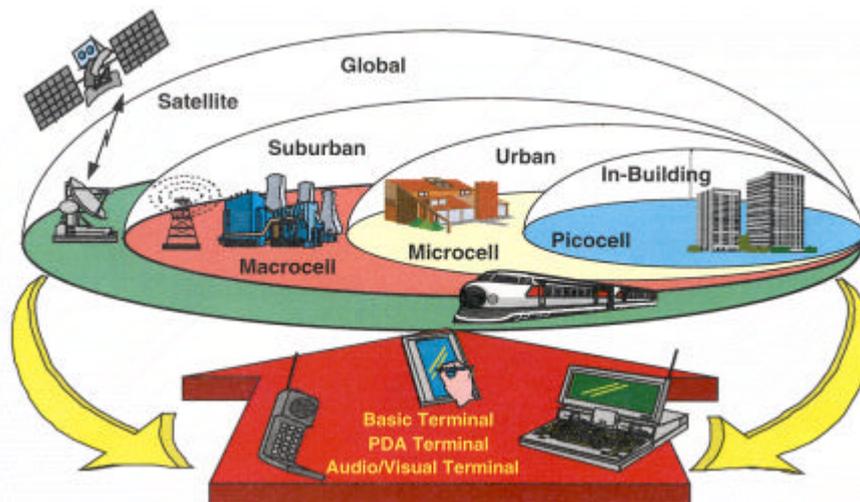
- Calidad de Fiabilidad

Se expresa por la continuidad del servicio. Fundamentalmente el parámetro más importante es el porcentaje de llamadas interrumpidas una vez iniciadas, “dropped calls”. En CDMA, gracias al traspaso con continuidad, la caída de llamadas por fallos de traspaso es prácticamente nula. En esta técnica se prevén canales dedicados en exclusiva al traspaso. A los canales dedicados descendentes se les asigna una fracción importante de la potencia total disponible en la estación base para garantizar la calidad de traspaso y ello ha de tenerse en cuenta al hacer los balances de enlaces.

El control de todos estos parámetros citados se lleva a cabo en las grandes compañías de operadores móviles mediante el estudio de las estadísticas de la red que permite la obtención de contadores, “KPI (Key Performance Indicator)”, que ponen de manifiesto el grado de calidad de servicio que se está ofreciendo a los usuarios en cada uno de los aspectos desglosados. Así podemos enumerar que algunos de los objetivos que se fijan son los siguientes: “downtime” (calidad de disponibilidad), “llamadas caídas” (calidad de fiabilidad), “llamadas bloqueadas” frente a llamadas cursadas (calidad de tráfico),...

### 3.3.2 – MODELADO DEL ENTORNO. BASES DE DATOS GEOGRÁFICAS, MORFOLÓGICAS Y DEMOGRÁFICAS

La clasificación de las zonas de servicio de los sistemas de tercera generación en entornos microcelulares y picocelulares exige la determinación más exacta de los valores de cobertura radioeléctrica correspondiente a cada uno de los servicios planificados. Para la aplicación de técnicas de cálculo de coberturas avanzadas (trazado de rayos, métodos integrales) es necesario el empleo de bases de datos geográficas, MDT (Mapas Digitales del Terreno) con resoluciones superiores a las que han venido siendo usadas para los sistemas de segunda generación planificados habitualmente con estructuras macrocelulares. La resolución mínima para este objetivo en la banda de UMTS debería de ser aproximadamente un punto cada 1,5 m, mientras que los MDT disponibles tienen una resolución mucho menor.



**Figura 3.7 – Clasificación de las celdas UMTS por entornos**

La razón de la aparición de los sistemas de tercera generación es la necesidad de la inclusión de nuevos servicios portadores con una tasa binaria más elevada. En consecuencia el primer paso en la planificación de los sistemas es la determinación de las necesidades de tráfico de cada uno de los servicios. Para ello además de las bases de datos anteriores es necesario disponer de otras con información demográfica, es decir, sobre la distribución de la población. Uniendo todas ellas se puede obtener la primera información esencial para la planificación, el tráfico solicitado por unidad de área y por servicio.

Otro problema inherente al empleo de cartografía digital es la no inclusión de la vegetación, mobiliario urbano, obstáculos móviles como camiones, autobuses que

introducen un error en nuestros cálculos y que sólo pueden ser tratados estadísticamente acudiendo a conceptos electromagnéticos equivalentes al “clutter” asociado a las imágenes radar. Esta información se puede obtener de bases de datos de terreno con información morfológica del mismo, es decir con información sobre el uso del mismo, su carácter rural, urbano, suburbano... su vegetación, etc.

### 3.3.3 – ESTRUCTURA CELULAR JERÁRQUICA

Los operadores han desplegado los sistemas celulares de segunda generación, con sólo dos servicios portadores ambos de baja tasa binaria, dando servicio inicialmente mediante macroceldas rurales o urbanas (típicamente 30 km frente a 3 km respectivamente). La cobertura microcelular sólo se ha introducido cuando ha sido necesario aumentar la capacidad bien por existir en algún punto uno de los denominados “hot spots” o simplemente para dar servicio en zonas urbanas con alta densidad de población.

No obstante, los sistemas de tercera generación poseen servicios portadores con gran disparidad de tasa binaria (8, 64, 144, 384 y 2048 kbps). Los primeros están pensados para entornos exteriores bien sean vehiculares o peatonales. Sin embargo, los últimos sólo están pensados para entornos peatonales de extensión limitada. Esta gran disparidad fuerza a desplegar una estructura celular multicapa y jerarquizada de modo que en cada capa (macro, micro y pico), se desplieguen servicios con requerimientos de calidad de servicio equivalentes para que puede alcanzarse una planificación óptima.

En consecuencia la información del tráfico demandado se debe proporcionar segregado por capas para poder llevar a cabo la planificación de cada una de ellas. La segregación del tráfico por servicios y por tanto por capas es condición necesaria para una planificación correcta que llegue a una solución óptima.

El subproducto final de la segregación del tráfico es la estimación de la cantidad de banda que va a ser asignada a cada capa celular. Valores usuales para la capa microcelular están entre el 5% y el 30% de la banda total.

### 3.3.4 – ASIGNACIÓN CELULAR Y CONTROL DE POTENCIA

La primera cuestión que se plantea en un entorno celular CDMA es el problema de la asignación de móviles a células: dado un conjunto de móviles y un conjunto de estaciones base, debe determinarse la asignación óptima de los primeros a las segundas, de modo que se maximice la capacidad del sistema. La solución es un algoritmo de asignación según el cual la zona de cobertura de una célula depende de las condiciones de carga global del sistema, siguiendo el principio de que las células más cargadas tienden a encogerse (“cell-breathing”) para traspasar parte de sus usuarios a las células vecinas. Se utiliza un algoritmo de asignación por máxima potencia recibida en un canal piloto transmitido en el enlace descendente, según el cual un móvil se asigna a la estación base de la cual recibe una señal piloto con mayor intensidad.

Una vez especificada la asignación, la determinación de las potencias de transmisión necesarias para que se cumplan los objetivos de calidad para todos los móviles equivale a la resolución de un sistema lineal de ecuaciones como se indica a continuación. Consideramos una red celular CDMA de ancho de banda  $W$ , con  $M$  estaciones base y  $K$

usuarios con llamada en curso, siendo  $K_m$  el número de usuarios asignados a cada base  $m = 1, \dots, M$ ;  $K_1 + \dots + K_M = K$ . La relación señal/ruido objetivo  $\gamma_k$ , antes de desenganchar (durante un período de actividad de fuente) para cada usuario  $k$  depende del tipo de servicio y se expresa como

$$\gamma_k = (E_B/I_O)_k (R_k / W)$$

siendo  $R_k$  el caudal binario y  $(E_B/I_O)_k$  la relación energía por bit/ruido más interferencia para el servicio de usuario  $k$ , que incluye la posible ganancia por codificación de canal. Los valores objetivo de esa relación vienen especificados en el documento de evaluación de UMTS del ETSI para diversos servicios portadores “tipo”.

### 3.3.5 – OPTIMIZACIÓN DE LA ZONA DE SERVICIO

La optimización radio implica la búsqueda de los mejores emplazamientos y la definición de la configuración radio de todas las estaciones en la red.

A partir de la lista inicial de nodos que incluyan emplazamientos disponibles por el operador, tipo de antena y tipo de equipo de la estación se puede primero ajustar progresivamente la potencia hasta que cumpla la condición límite de cobertura (habitualmente impuesta en el enlace ascendente) o que se alcance la restricción por capacidad del enlace descendente. Tras esto la cobertura de cada unidad está ya definida.

La optimización de emplazamientos se puede realizar con un método, seleccionando el subconjunto de las estaciones que obtengan la mejor cobertura, y un cierto porcentaje de solapamiento, para poder realizar “soft handover” con éxito. Sin embargo es importante destacar que las soluciones que se obtienen en estos procesos de optimización no son únicas y el ingeniero planificador deber seleccionar la mejor entre ellas, y mantener el control del proceso de optimización.

### 3.3.6 – ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS

#### **Asignación Fija: Matrices de Interferencia**

El mejor procedimiento para la obtención de qué canales se deben asignar de modo fijo para un sistema celular de comunicaciones se basa en el cálculo de las matrices de interferencia entre cada una de las BS para el porcentaje de tiempo y espacio que se desee. En función de esta matriz de interferencia se obtiene la matriz de separación de canales, la cual permite obtener una función de costo muy estable para su aplicación a un procedimiento de optimización. Ejemplos de ellos son el método heurístico propuesto por Box [22], o cualquier otro procedimiento.

Aunque los sistemas de tercera generación se basan en CDMA, estas técnicas son también útiles, como por ejemplo para la asignación de canales entre las diversas capas del sistema jerárquico UMTS-FDD.

### **Asignación Dinámica**

Mientras que la asignación fija de canal, FCA (Fixed Channel Allocation) asigna a cada celda un conjunto fijo de canales, y si una nueva llamada no encuentra ningún canal nominal libre, se bloquea, la asignación dinámica es un método que no asume una relación fija entre canales y celdas. El número de frecuencias que proporciona la misma calidad que si se recurre a la asignación fija es menor y no tan rígido siempre y cuando las probabilidades de bloqueo sean pequeñas.

Una estrategia ligada a la asignación dinámica es la reasignación en la que se conmutan los canales asignados a algunas llamadas en curso para mantener una separación óptima entre celdas cocanal y asegurar que la mayor parte de las llamadas utilicen canales fijos. Con esta nueva estrategia se mejora el funcionamiento de la asignación dinámica para tasas de tráfico elevadas.