

# CAPÍTULO 2

## TDMA

La primera generación análoga de los sistemas celulares (como AMPS) no estaba diseñada para soportar la demanda de capacidad actual en grandes ciudades. Los sistemas celulares que usan técnicas de modulación digital (digital celular) ofrecen una gran mejoría en capacidad y desempeño. En este capítulo se describen algunos de los estándares de telefonía celular basados en TDMA.

### **2.1 Introducción a TDMA.**

Time Division Multiple Access o TDMA fue definido inicialmente por el estándar IS-54 y ahora es especificado en la serie IS-13x de especificaciones de la EIA/TIA. Por su herencia del estándar AMPS es llamado también digital-AMPS o D-AMPS.

El servicio de TDMA fue inicialmente desplegado durante 1992 por McCaw, Southwest Bell, Bell South y otros. Como los canales físicos de TDMA

son los mismos que los canales físicos de AMPS, TDMA puede desplazarse fácilmente dentro de AMPS y coexistir de una manera de modo dual.

TDMA subdivide cada uno de los canales de 30 kHz de AMPS en 3 canales full-rate de TDMA, cada uno tiene la capacidad de soporte de una llamada de voz. Así, TDMA podrá proveer de 3 a 6 veces más la capacidad del canal de tráfico de AMPS, tan pronto como se disponga de codificadores de voz con un rango de bit más bajo, con una ganancia correspondiente en la eficiencia de trunking. Cálculos similares nos llevan a estimar de 3.5 a 6.3 veces más la capacidad de un sistema AMPS.

Los canales digitales que son diseñados para control son llamados canales digitales de control o DCCH. Estos canales de control tienen el mismo propósito que un canal de control en AMPS (control de llamada y voceo o paging). Se usan tres canales de control de establecimiento de llamada (forward-direction). La "serie (stream) A" se usa para vocear móviles con MINs pares (even-numbered). La "serie B" se usa para vocear móviles con MINs impares (odd-numbered). La "serie B/I" indica el estado de ocupado/desocupado del canal de control contrario (reverse control channel), control que es rebatido por los móviles deseando originar llamadas.

Por su naturaleza de división de tiempo, desactivando correspondientemente la dirección (forward y reverse) de los time slots o ranuras de tiempo, TDMA permite que se usen teléfonos half-duplex. Esto tiene el beneficio de reducir costos y consumo de energía (tamaño de la batería) de

la estación móvil, pero con un incremento en la complejidad debido a la variación de la envolvente (variable power envelope) de la energía. Esto también permite el monitoreo de los canales de control para señalización fuera de banda (out-of-band) durante la llamada. Finalmente, la operación half-duplex permite a los móviles monitorear la calidad de los canales usados en las células vecinas que puedan ayudar en los handoffs.

## **2.2 IS-54.**

### **2.2.1 Antecedentes.**

Después de muchas investigaciones y comparaciones el sistema USDC (United States Digital Cellular) fue desarrollado para soportar más usuarios en una ubicación fija del espectro. USDC es un sistema de división de tiempo por acceso múltiple (TDMA) que soporta tres usuarios full-rate o seis usuarios half-rate en cada canal de AMPS. El estándar USDC usa el mismo esquema FDD (Frequency Division Duplex) de 45 MHz de AMPS. El modo dual USDC/AMPS fue estandarizado como Interim Standard 54 (IS-54) por EIA/TIA (Electronic Industries Association and Telecommunications Industry Association) en 1990.

El USDC fue diseñado para compartir las mismas frecuencias, plan de reuso de frecuencias, y radio bases de AMPS, para que las radio bases y las unidades de los usuarios pudieran estar equipadas con canales de USDC y AMPS usando un solo equipo. Soportando USDC y AMPS, las portadoras celulares pueden atender usuarios con teléfonos USDC y reemplazar gradualmente las radio bases AMPS por radio bases USDC. Por las

compatibilidades que mantiene USDC con AMPS también es conocido como AMPS digital (D-AMPS).

Para mantener compatibilidad con los teléfonos AMPS, los canales de control forward y reverse de USDC usan exactamente las mismas técnicas de señalización de AMPS, un esquema de señalización FSK (Frequency Shift Keying) binario de 10 kbps con código Manchester y la misma estandarización de canales de control. Mientras los canales de voz de USDC usan modulación 4-ary  $\pi/4$  DQPSK (Differential Quadrature Phase Shift Keying) con una velocidad de canal de 48.6 kbps.

### **2.2.2 Especificaciones de IS-54.**

Para asegurar una transmisión fluida de AMPS a USDC, el sistema IS-54 tiene especificaciones para operar con ambos estándares (modo dual), lo que hace posible un roaming entre los dos sistemas con un solo teléfono. El sistema IS-54 usa la misma banda de frecuencia y mismo espacio entre los canales que AMPS y soporta los múltiples usuarios de USDC en cada canal de AMPS.

Parámetro	Especificación de IS-54
Acceso Múltiple	TDMA/FDD
Modulación	$\pi/4$ DQPSK
Ancho de Banda de Canal	30 kHz
Banda de frecuencias del Reverse Channel	824-849 MHz
Banda de frecuencias del Forward Channel	869-894 MHz
Velocidad de datos del Reverse y Forward Channels	48.6 kbps
Eficiencia del Espectro	1.62 bps/Hz
Ecuador	No Especificado
Código de Canal	7 bit CRC y código convolucional de coeficiente $1/2$ de longitud imperativa 6
Interleaving	2 ranuras (slots)
Usuarios por canal	3 (full-rate codificador de voz de 7.95 kbps/usuario) 6 (half-rate codificador de voz de 3.975 kbps/usuario)

Tabla 2.1 Tabla de especificaciones de IS-54, [1].

### 2.2.3 Canales de control.

Los canales de control del USDC son idénticos a los canales de control del sistema análogo AMPS. En suma a los 42 canales de control primarios de AMPS, USDC especifica 42 canales de control adicionales llamados *canales de control secundarios*. Esto dobla la cantidad de tráfico en los canales de control que pueden ser voceados en todo un mercado. Los canales de control secundarios permiten convenientemente a las portadoras dedicarse solamente a usos de USDC, pues los teléfonos analógicos AMPS no monitorean o

decodifican estos canales de control secundarios. Cuando se convierte un sistema AMPS a un sistema USDC/AMPS, una compañía puede decidir programar el MSC para mandar los voceos a móviles de USDC solamente sobre los canales de control secundarios, mientras que para el tráfico existente de AMPS solo manda los voceos por los canales de control de AMPS. Para un sistema así, las unidades de los abonados de USDC son programadas para monitorear automáticamente solo los canales forward de control secundarios. Cuando el tráfico de usuarios de USDC aumente, los voceos de USDC serán mandados por ambos canales de control, secundarios y primarios.

#### **2.2.4 Canales de tráfico.**

Un canal de voz de USDC tiene un ancho de banda de 30 kHz en cada una de los enlaces (forward y reverse), y soporta un máximo de tres usuarios. Cada canal de voz soporta un esquema que provee un frame de TDMA que consiste en seis ranuras de tiempo (time slots), y soporta 3 canales de tráfico full-rate y 6 de half-rate. Para una conversación full-rate las seis ranuras de tiempo son usadas en espacios iguales. Por ejemplo, el usuario 1 ocupa las ranuras de tiempo 1 y 4, el usuario 2 ocupa las ranuras de tiempo 2 y 5, y el usuario 3 ocupa las ranuras de tiempo 3 y 6. Para una conversación de medio rango (half rate), cada usuario ocupa una ranura de tiempo por frame.

En cada canal de voz de USDC realmente hay 4 canales de información (data channels) que son provistos simultáneamente. El más importante de los 4 canales de información es el canal de tráfico digital (DTC), que transmite la información del usuario (conversación o datos del usuario); los otros tres

canales transmiten información supervisora del sistema celular. El reverse DTC (RDTC) transmite la conversación o datos del usuario a la radio base, el forward DTC (FDTC) transmite la conversación o datos de la radio base al usuario. Los tres canales supervisores incluyen: el Coded Digital Verification Color Code (CDVCC), el Slow Associated Control Channel (SACCH) y el Fast Associated Control Channel (FACCH).

### **2.2.5 Señalización del canal de tráfico.**

El DTC ofrece varios métodos de transferencia de información de control. Estos se pueden dividir en señalizaciones dentro y fuera de banda. La señalización dentro de banda reemplaza los datos de voz, y fuera de banda es mandada simultáneamente con los datos de voz. La señalización dentro de banda para el DTC incluye FACCH. La señalización fuera de banda se llama SACCH.

El **SACCH** es mandado en cada ranura de tiempo, y provee un canal de señalización en paralelo con la conversación digital. El SACCH transmite varios mensajes de control y supervisión entre la unidad del usuario y la radio base. El SACCH provee mensajes solos separados sobre muchas ranuras de tiempo consecutivas y es usado para comunicar los cambios de nivel de energía o requerimientos de handoff. El SACCH también es usado para reportar las medidas de las señales de las radio bases vecinas, para que la radio base pueda implementar un handoff asistido por el móvil (MAHO: Mobile Assisted Handoff).

El SACCH tiene 12 bits por ranura. Un mensaje es compuesto por más de 12 ranuras, resultando una velocidad de 600bps. Los datos son codificados con un coeficiente de  $\frac{1}{2}$  de codificación convolucional, reduciendo la transmisión de datos a 300bps, incluyendo banderas de control y CRC.

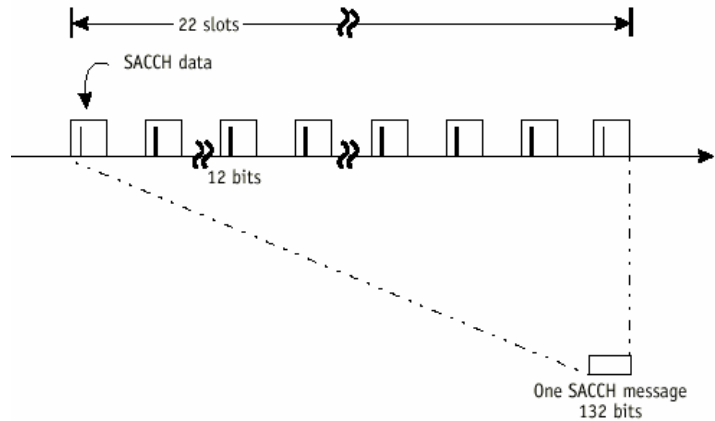


Figura 2.1 Señalización del SACCH, [3].

El **FACCH** es otro canal de señalización que es usado para mandar información especializada de control o tráfico entre la radio base y las unidades de control. Cuando se transmite la información del FACCH toma el lugar de los datos de información el usuario (como una conversación) dentro del frame. El FACCH es visto como una transmisión directa a un punto en USDC. El FACCH soporta transmisiones de información de múltiples frecuencias de tonos duales (DTMF: Dual Tone Multiple Frequency) de teclados de tonos digitales (touch tone), instrucciones de llamadas salientes (release call), instrucciones de colgado rápido (flash hook), y del MAHO o requerimientos del estado del abonado. FACCH también provee una gran flexibilidad permitiendo manejar portadoras de tráfico interno a la red celular si el DTC esta ausente durante alguna de las ranuras de tiempo de TDMA. El trato de la información del FACCH es similar al de la información de una conversación, en la manera en



que es empaquetada y multiplexada (interleaved) para que quepa en una ranura de tiempo. Sin embargo, en una conversación sólo se desea proteger algunos bits con la codificación de canal en la ranura de tiempo de USDC, en FACCH se usa un rango de  $\frac{1}{4}$  de código de convolución para proteger todos los bits que son transmitidos en una ranura de tiempo.

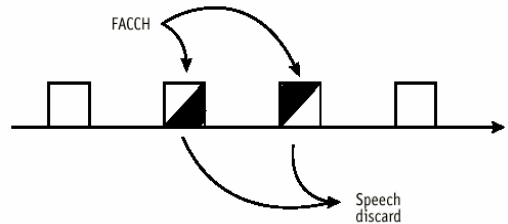


Figura 2.2 Señalización del FACCH, [3].

El **CDVCC** es un mensaje de 12 bits que se manda en cada ranura de tiempo, y su función es similar a la del SAT en AMPS. El CDVCC es un número de 8 bits en el rango de 1 y 255, que es protegido con 4 bits de código de canal adicionales de un código de Hamming corto (12,8). La radio base transmite un valor de CDVCC en el canal forward de voz y cada abonado usando canales TDMA deben recibir, decodificar y retransmitir el mismo valor de CDVCC a la radio base en el canal reverse de voz. Si el “handshake” del CDVCC no es completado apropiadamente, le será negada la ranura de tiempo y asignada a otro usuario, y el transmisor del usuario será apagado automáticamente.

**MAHO** es un sistema en el cual el móvil asiste al MSC con decisiones durante el handoff mandando información de la calidad de los radio canales. IS-136 usa dos tipos de información de la calidad de los radio canales: potencia de la señal de múltiples canales vecinos y una estimación del BER (Bit Error Rate) del canal actual. El BER es estimado usando el resultado de los códigos

de corrección de error para datos de voz y mensajes del proceso de llamada, también permite las medidas de la calidad del downlink que no son posibles de hacer desde la BS (Base Station). El sistema manda al móvil un mensaje de MAHO conteniendo una lista de más de 24 canales de células vecinas. Durante sus ranuras de tiempo desocupadas, el móvil mide la potencia de la señal de los canales en la lista incluyendo en el canal en el que está operando. El móvil promedia las medidas de la potencia de las señales sobre un segundo, y luego manda reportes de las potencias de los canales MAHO a la BS cada segundo. El sistema combina las mediciones MAHO con su propia información para determinar cual radio canal ofrece la mejor calidad, e inicia el handoff al mejor canal cuando es requerido.

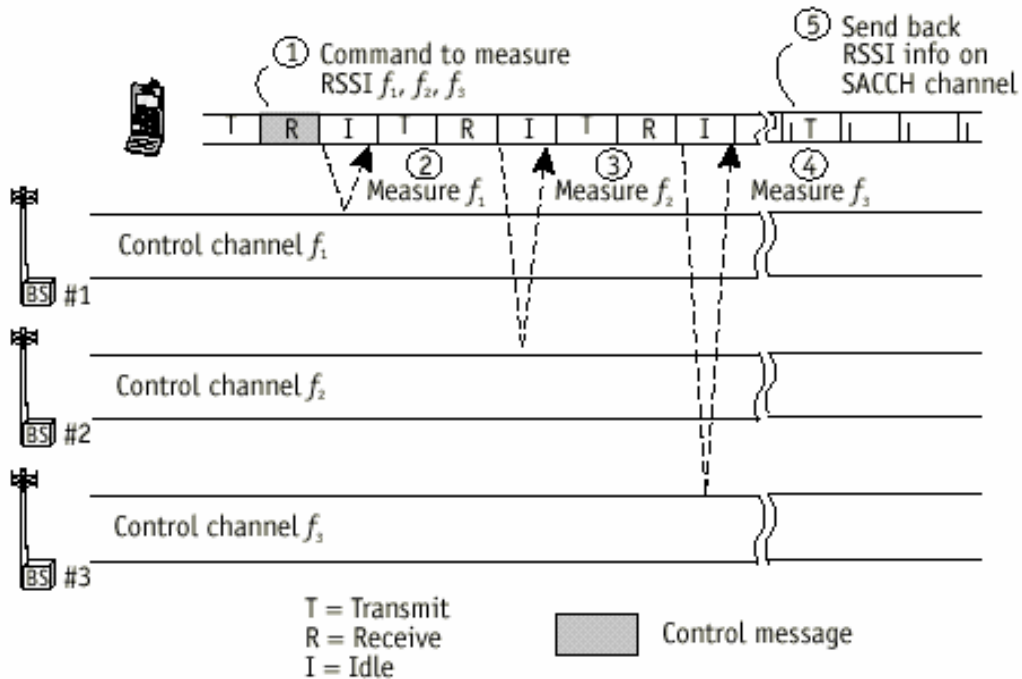


Figura 2.3 MAHO, [3].

### **2.2.6 Estructura del frame para canales de tráfico.**

La longitud de un frame de TDMA es de 40 milisegundos. Como USDC usa FDD, hay canales forward y reverse de ranuras de tiempo operando simultáneamente. Cada ranura de tiempo esta diseñada para transmitir información de una conversación multiplexada (interleaved) de dos frames adyacentes del codificador de voz (codificador VSELP, elegido por el estándar IS-54). La longitud de frame de un codificador de voz es de 20 milisegundos, la mitad de la duración de un frame de TDMA. El estándar USDC requiere que la información de dos frames adyacentes del codificador de voz sean mandados en ranuras de tiempo particulares. El codificador de voz de USDC produce 159 bits de línea (raw), información de voz codificada en un frame de 20 ms, pero la codificación de canal eleva cada frame de voz codificada a 260 bits para el mismo periodo de 20 ms. Si el FACCH es mandado en lugar de la información de voz, entonces un frame de información de voz codificado es reemplazado con un bloque de información del FACCH, y la información del FACCH dentro de una ranura de tiempo esta compuesta realmente de la información del FACCH de dos bloques de información del FACCH adyacentes.

En el canal reverse de voz, cada ranura de tiempo consiste de dos ráfagas de 122 bits y una ráfaga de 16 bits (para un total de 260 bits por ranura de tiempo) de dos frames de voz multiplexados [interleaved] (o bloques de información del FACCH). En añadidura, 28 bits de sincronía, 12 bits de información del SACCH, 12 bits del CDVCC y 12 bits para acomodar retrasos (guard time y ramp-up time) son mandados en una ranura de tiempo del canal reverse.

En el canal forward de voz, cada ranura de tiempo consiste en dos ráfagas de 130 bits de información proveniente de dos frames de voz consecutivos, multiplexados (o información del FACCH sino se manda voz digitalizada), 28 bits de sincronía, 12 bits de información del SACCH, 12 bits del CDVCC, y 12 bits reservados. Que son un total de 324 bits por ranura de tiempo en ambos canales forward y reverse, y cada ranura de tiempo dura 6.667 ms.

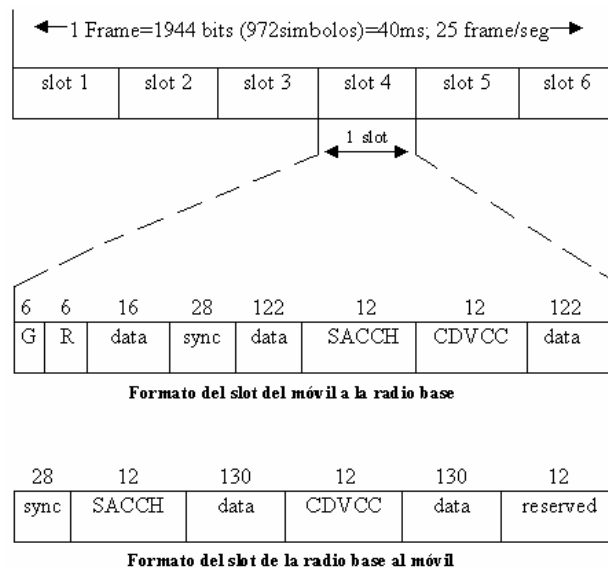


Figura 2.4 Estructuras del frame y los slots de los reverse y forward links de USDC, [1].

Las ranuras de tiempo en los canales reverse y forward son intercaladas en tiempo para que esa ranura de tiempo 1 de un frame N en el canal forward empieza exactamente una ranura de tiempo más 44 símbolos (ejemplo: 206 símbolos = 412 bits) después del inicio de la ranura de tiempo 1 del frame N en el canal reverse. Esto permite que cada móvil use simplemente un switch transmisor/receptor, en lugar de un duplexor, para operaciones full duplex con los enlaces forward y reverse. USDC provee la habilidad para ajustar el tiempo de intercalación entre las ranuras de tiempo de los canales forward y reverse

en incrementos enteros de la mitad de una ranura de tiempo para que el sistema pueda sincronizar nuevos suscriptores a los que se les asigna una ranura de tiempo.

### **2.2.7 Interleaving.**

Antes de la transmisión, la información de voz codificada es interleaved sobre dos ranuras de tiempo con la información de voz de frames de voz adyacentes. En otras palabras, cada ranura de tiempo contiene exactamente la mitad de la información de cada dos frames del codificador de voz secuenciales. La información de voz es puesta dentro de un interleaver rectangular de 26x10. La información se introduce a las columnas del arreglo del interleaving, y los dos frames de voz consecutivos son referidos como 'x' y 'y', donde 'x' es el frame de voz previo y 'y' es el frame de voz presente o más reciente. En la figura se puede ver que solo 130 de los 260 bits necesarios son provistos para frames 'x' y 'y'. La información de voz codificada para los dos frames adyacentes son puestos dentro del interleaver de tal manera que intermezcla los bits clase-1 y los bits clase-2. La información de voz es transmitida row-wise fuera del interleaver. El interleaving aproximado para bloques codificados de FACCH es idéntico al usado para la información de voz. Para el SACCH, una palabra mensaje de 6 bits es codificada usando código convolucional con coeficiente de  $\frac{1}{2}$  y usa un incremento de interleaver que se expande sobre 12 ranuras de tiempo consecutivos.

0x	26x	52x	78x	104x	130x	156x	182x	208x	234x
1y	27y	53y	79y	105y	131y	157y	183y	209y	235y
2x	28x	54x	80x	106x	132x	158x	184x	210x	236x
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
12x	38x	64x	90x	116x	142x	168x	194x	220x	246x
13y	39y	65y	91y	117y	143y	169y	195y	221y	247y
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
24x	50x	76x	102x	128x	154x	180x	206x	232x	258x
25y	51y	77y	103y	129y	155y	181y	207y	233y	259y

Figura 2.5 Interleaving para dos frames adyacentes del codificador de voz, [1].

## 2.3 IS-136.

### 2.3.1 Antecedentes.

El estándar IS-136 es la base de la telefonía celular TDMA y tecnología de interfaces aéreas PCS (Personal Communication System). El sistema IS-136 permite a las compañías de telecomunicaciones ofrecer características y servicios avanzados a los usuarios. El DCCH forma el núcleo de las especificaciones de IS-136. Es el incremento primario de la tecnología IS-54B y representa la siguiente generación de operaciones digitales basadas en TDMA. La porción analógica de AMPS fue incorporada en las nuevas especificaciones digitales para proveer una migración suave y continuar con la filosofía de modo dual (análogo y digital).

El DCCH de IS-136 hace a TDMA una tecnología poderosa en PCS, ya que provee una plataforma para características y servicios avanzados y esta diseñado para trabajar sin problema alguno ya sea en la frecuencia de 800 MHz o 1900 MHz.

### **2.3.2 Nuevas características.**

IS-136 introduce el DCCH, el cual provee nuevas funcionalidades para el sistema y soporta características avanzadas como:

- Un proceso de ahorro de batería llamado modo 'sleep'.
- Soporte para múltiples vocoders para tomar ventaja de los mejoramientos en la tecnología de voz.
- Habilidad para funcionar tanto en sistemas celulares (800 MHz) y sistemas PCS (1900 MHz) sin ningún problema.
- Una característica de teleservicio para aplicaciones de transferencia de datos desde un teléfono celular, incluyendo el CMT (Cellular Messaging Teleservice) que entrega mensajes alfanuméricos cortos al teléfono, OAA y OATS que permiten la entregar de información provista al teléfono.
- Un ambiente jerárquico (macrocélula-microcélula) que provee soporte para operaciones de microcelulares.
- Identidades de sistemas privados y residenciales que proveen herramientas para operaciones WOS.

### **2.3.3 Tecnología IS-136.**

La tecnología que se usa en el sistema IS-136 provee un canal para servicios avanzados y mejora la eficiencia a través del uso de voz digitalizada, compresión de voz (codificación), codificación de canal, modulación eficiente, incremento del control de potencia RF y una aproximación flexible al uso del espectro.

Claves para el desarrollo de los requerimientos del sistema:

Requerimiento	Beneficio
Permite que un nuevo canal de control (DCCH) coexista con los canales actuales de TDMA.	Pueden existir múltiples números de canales de control por BS.
Mantiene el mismo tipo de modulación que en IS-54.	No se requieren cambios significantes en el hardware.
Mantiene el mismo proceso de llamada de IS-54.	Simplifica el diseño del equipo para sistemas IS-136.
Hace cambios mínimos al DTC.	Los teléfonos IS-54 no se confundirán con las características avanzadas cuando operen en el sistema IS-136.
Mantiene el mismo conjunto de tipos de codificación de canal (Protección de error) para el DCCH y el DTC.	Simplifica el proceso de señalización, reduce la complejidad y el consumo de energía.
Capacidad para mezclar un DTC con un DCCH en cualquier frecuencia.	Permite un uso flexible del uso del espectro.

Tabla 2.2 Requerimientos de IS-136, [3].

IS-136 puede usar el codificador de voz VSELP (como IS-54) o el IS-641 EFR ACELP. El codificador EFR provee una calidad de voz comparable con la referencia landline ADPCM bajo condiciones normales de radio canal.

El radio canal de IS-136 usa modulación  $\pi/4$  DQPSK. Esta modulación fue elegida para mantener una eficiencia de espectro y optimizar la sección de amplificación RF.



IS-136 usa los radio canales para celular ya existentes en la banda 850 MHz y los canales de radio en 1,900 MHz. En las dos bandas, los canales tienen un ancho de banda de 30 KHz.

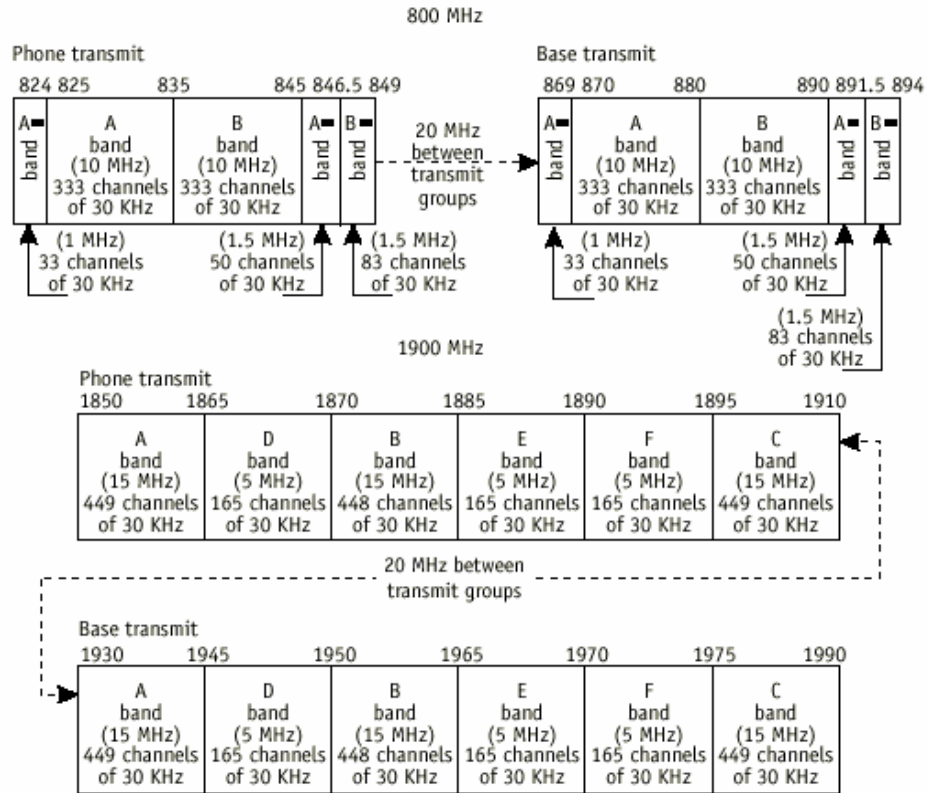


Figura 2.6 Ubicación de frecuencia de IS-136, [3].

### 2.3.4 Estructura del canal de tráfico digital.

El canal digital es de frecuencia duplex, esto significa que las operaciones de transmisión y recepción son en diferentes frecuencia. Las frecuencias de transmisión y recepción se dividen en ranuras de tiempo eso también permite la operación TDD (Time Division Duplex). Los canales reverse y forward son separados por 45 MHz en la banda de 800 MHz y por 80.04 MHz en la banda de 1900 MHz. La banda de transmisión para la BS de 800 MHz es

869-894 MHz y 1930-1990 MHz para la BS de 1900 MHz. La frecuencia de transmisión del móvil es 824-849 MHz para la banda de 800 MHz y 1850-1910 MHz para la banda de 1900 MHz. El mismo ancho de banda de 30 KHz que es usado en AMPS se usa en los DTCs (Digital Traffic Channel).

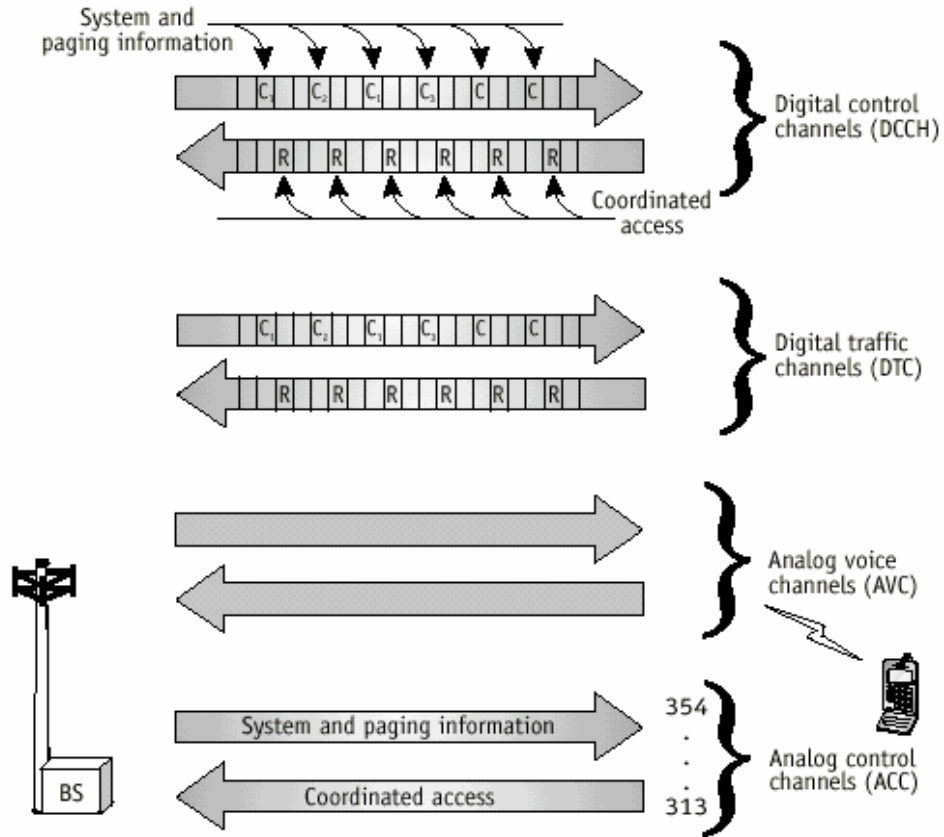


Figura 2.7 Estructura del radio canal, [3].

Para prevenir la interferencia entre los mensajes de transmisión y recepción, IS-136 separa las frecuencias y el tiempo de transmisión y recepción. El offset o tiempo de separación simplifica el diseño de transmisores y receptores.

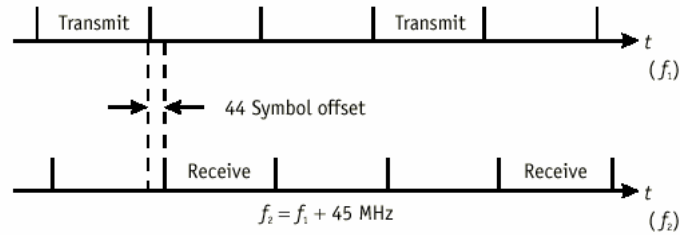


Figura 2.8 FOCET o tiempo de separación, [3].

Hay dos tipos de uso del canal disponibles en IS-136: Full-rate, que permite a tres usuarios compartir el radio canal simultáneamente; y Half-rate que permite a seis usuarios compartir el radio canal, igual que en el estándar IS-54. La señalización del canal de tráfico es igual en IS-54 e IS-136.

### 2.3.5 Estructura de ranura.

Cada canal digital IS-136 se divide en frames de 40 ms cada uno compuesto de 6 ranuras de tiempo de 6.67 ms. El móvil transmite, recibe o se mantiene desocupado durante una ranura de tiempo. El estándar IS-136 describe varias estructuras de ranura que son usadas para transferir información y voz del usuario. Estas incluyen: ranura forward de voz, ranura reverse de voz, ranura de FACCH para mensajes de control, y ranura de ráfaga corta. Cada ranura se compone de 324 bits (162 símbolos).

Interleaving, o la distribución continua de bits de datos entre las ranuras adyacentes, se usa para superar los efectos de las ráfagas de error debido al desvanecimiento Rayleigh. Se usa interleaving diagonal para que la información, incluyendo errores, se distribuya entre las ranuras adyacentes. Esta distribución ayuda al proceso de protección contra errores ya que los

errores consecutivos (ráfagas) se expanden, activando el código de protección contra error para que trabaje mejor.

- Ranura de datos forward: esta ranura transfiere tráfico de voz y datos de la BS al teléfono móvil. Contiene 324 bits de datos, de los cuales 260 están disponibles para el usuario. El campo inicial de la ranura contiene el campo de sincronización que identifica el número de ranura y provee información de timing para el decodificador. Es un patrón estándar que puede también ayudar a la preparación del ecualizador. El ecualizador ajusta al receptor para compensar el cambio de radio canal (distorsión). El campo del SACCH contiene un conjunto de bits dedicados para mandar información de control. El campo de datos lleva la información o voz del usuario. El CDVCC es similar, con respecto a la su función, al SAT en celulares análogos donde cada célula es referida por un identificador único. Esto ayuda al teléfono a distinguir entre dos células que están usando la misma frecuencia. Cada formato de ranura de canal de tráfico forward de IS-136 incluye un campo CDL que indica un rango de 8 canales de RF donde el DCCH puede ser encontrado. Este campo ayuda al teléfono móvil a encontrar un DCCH durante el escaneo inicial.

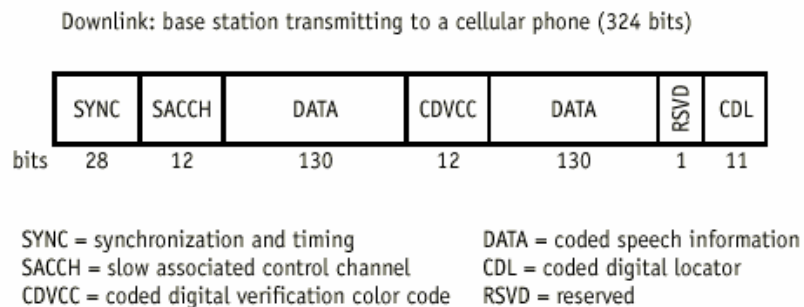


Figura 2.9 Formato de ráfaga de TDMA downlink, [3].

- Ranura de datos reverse: esta ranura transfiere voz y datos del móvil a la BS. Difiere de la ranura de datos del forward en el que incluye tiempo de rampa y guarda. Durante el periodo de tiempo de guarda (aproximadamente 123  $\mu$ s), el transmisor del teléfono está apagado. El tiempo de guarda protege al sistema de las ráfagas recibidas fuera del intervalo de la ranura de tiempo debido al tiempo de propagación entre el móvil y el sitio de célula. El tiempo de rampa prende despacio el transmisor para proteger a otros móviles de la interferencia (fuera del ancho de banda de 30 KHz) que ocurre si un móvil se enciende instantáneamente. Los campos de la palabra de sincronización, CDVCC, y SACCH proveen las mismas funciones ya descritas en la ranura de canal de tráfico forward.

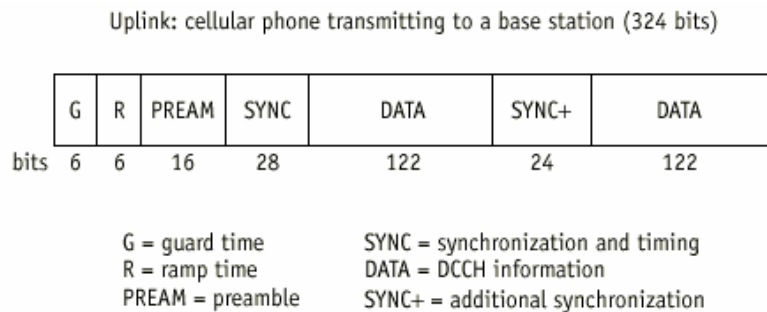


Figura 2.10 Formato de ráfaga de TDMA uplink, [3].

- Ráfagas cortas: cuando un teléfono móvil empieza a operar en una célula de diámetro largo o siguiendo un handoff entre dos células adyacentes de tamaños muy diferentes, manda ráfagas cortas hasta que se pueda establecer el timing apropiado con el sistema. El tiempo de propagación del enlace en células grandes puede ser tan largo (con un viaje redondo en exceso de 500 $\mu$ s) que las ráfagas que se traslapan pueden causar problemas significantes. Las ráfagas cortas ponen otro

tiempo de guarda para prevenir que las ráfagas recibidas se traslapen antes de que se ajuste el alineamiento del tiempo dinámico del teléfono. Después que las ráfagas cortas se usan para determinar el tiempo de alineación, el móvil empezará a usar la estructura estándar de ranura del canal de tráfico reverse para mandar información de usuario.

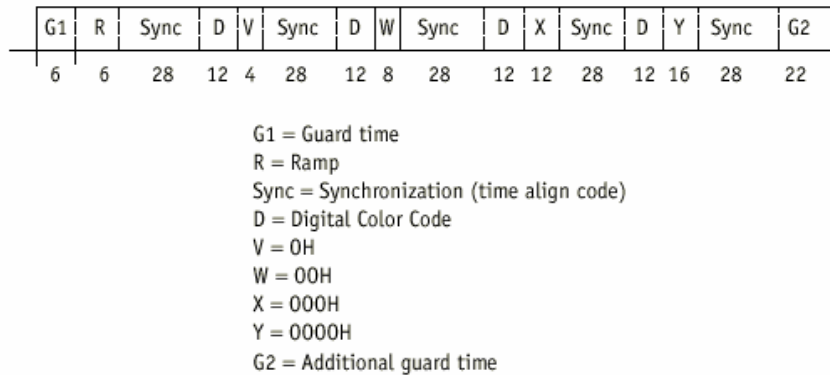


Figura 2.11 Formato de la ranura de ráfagas cortas, [3].

- Ranura de FACCH: cuando se mandan mensajes urgentes como comando de handoff, la información de señalización reemplaza la información de voz (260 bits de datos) de una manera similar al proceso blank and burst usado para control en el canal de voz de AMPS. La ranura de mensaje de FACCH se define usando un tipo diferente de codificación para corrección de errores. Inicialmente, todas las ranuras se decodifican como ranuras de voz, pero si un mensaje FACCH esta en una ranura de voz, la salida del CRC (Cyclic Redundancy Code) y otro código de detección de errores fallará, y el mensaje será decodificado como una ranura de datos FACCH. Este proceso se usa para no tener que usar bits para especificar si la ranura es para datos dedicados de voz o control. La estructura de la ranura de datos de FACCH es idéntica

a la de voz, solo que en lugar de tener datos comprimidos de voz se tienen bits de datos de FACCH.

### **2.3.6 Operación básica del DCCH o canal de control digital.**

El DCCH es introducido al sistema inalámbrico definiendo un par de ranuras DCCH en una frecuencia que contiene existentes DTCs. Estos DCCHs no están restringidos a los 21 canales usados por el ACCs y pueden estar en cualquier lugar de las bandas de 800 ó 1900 MHz. Los teléfonos con capacidad DCCH buscarán estos canales, ganarán sincronización, y pueden decodificar la información provista sobre un canal de control broadcast en el DCCH. El DCCH servirá como un canal de control del teléfono hasta que el teléfono encuentre otra célula que sea más apropiada. Los móviles con capacidades DCCH recibirán voceos, mandarán orígenes y se comunicará con el sistema en el DCCH. Después de recibir un voceo o realizar un origen de llamada, se le designará un canal de tráfico durante la conversación. Después del establecimiento de la llamada el móvil regresará al DTC o canal analógico de voz y la conversación iniciará. Al finalizar la llamada, el teléfono regresará al DCCH en lugar de al ACC. Si no hay ningún DCCH disponible, el móvil podrá obtener servicio en un ACC.

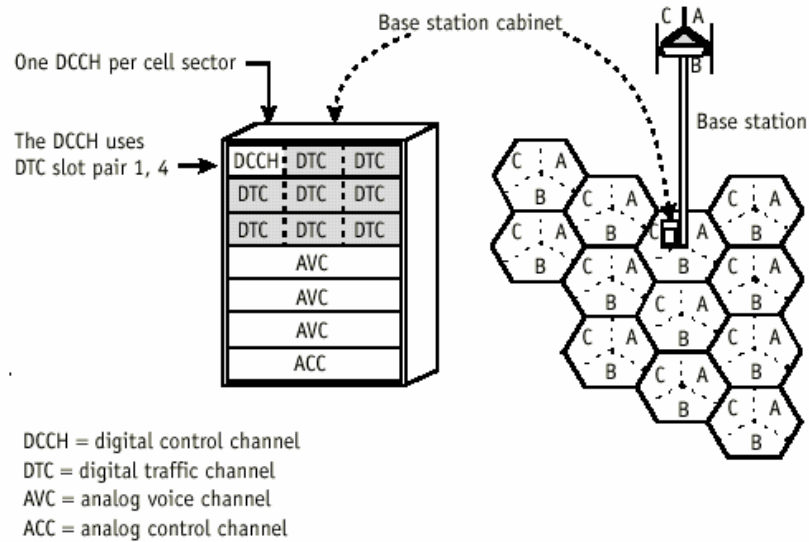


Figura 2.12 Operación del DCCH, [3].

Los móviles que usan el sistema IS-136 TDMA deben realizar tareas auxiliares para encontrar un DCCH conveniente, informar al sistema de su presencia (registro), hacer llamadas, y mandar y recibir mensajes de teleservicios. Los móviles deben ser también autorizados y validados (en el proceso de autenticación) antes de acceder un sistema.

### 2.3.7 Formato de ráfaga del DCCH.

Tanto los DTCs como los DCCHs usan la estructura estándar de frame de TDMA. Generalmente solo un par de ranuras es requerido para un DCCH en cada sector de la célula para servir como enlace de control para la información de control de la llamada. Esto significa que todas las señalizaciones de control son realizadas en el mismo ancho de banda como un DTC.

- Ranura del canal de control forward (Ráfaga downlink): los campos de la ráfaga del DCCH downlink difieren de los campos de la ráfaga del DTC.



El campo del SACCH es reemplazado por un campo SCF. Este campo es una colección de banderas usadas como método de control y acknowledgment de información mandada del móvil a la BS. El campo de voz es reemplazado por datos del DCCH. El campo CDVCC es reemplazado por un campo contador de frame llamado CSFP. Este campo indica al teléfono cual frame en el superframe esta siendo transmitido. El campo RSVD es reemplazado por los bits restantes del campo SCF. Como la ráfaga del DCCH copia la estructura básica de una ráfaga de TDMA usada para canales de tráfico, un DCCH será visto como un canal de tráfico normal por un teléfono sin capacidad para DCCH.

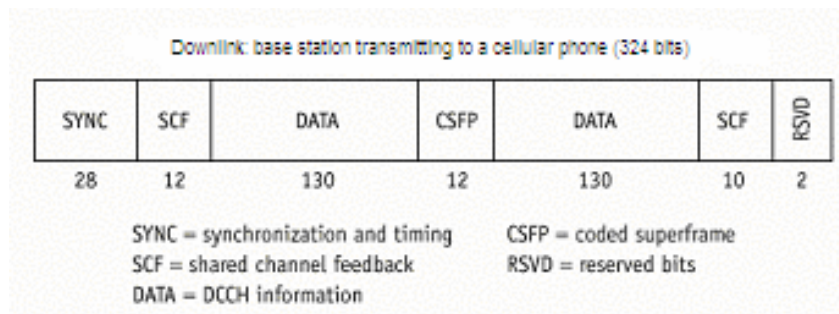


Figura 2.13 Formato de ráfaga del DCCH downlink, [3].

- Ranuras del canal de control reverse (normal y abreviado): la BS tiene que tratar a cada ráfaga DCCH de datos de un teléfono del uplink como una transmisión única y tiene que lograr el tiempo de alineación y sincronía de bit en cada ráfaga DCCH. Una secuencia de preámbulo-preamble- (PREAM) y una palabra extra de sincronización (SYNC+) son puestas en cada paquete del uplink para activar-enable- la BS y que se

cierre-lock onto- a ráfagas de datos de teléfonos solas y decodifique la información del uplink. El método de tiempo de alineación usado por los canales de tráfico que depende en un avance símbolo por símbolo o un repliegue de transmisiones consecutivas para el teléfono, no es posible de implementar en el DCCH uplink por su naturaleza de ráfaga sola (single-burst). Para prevenir una interferencia en los tiempos transmitidos y que estos causen una mala alineación de las ráfagas recibidas en la BS, hay dos longitudes de ráfaga uplink: una ráfaga normal para células pequeñas y una ráfaga abreviada para células grandes donde la alineación del tiempo puede ser un factor. La longitud apropiada de la ráfaga que se debe usar está dada por el operador del sistema y es anunciada a un teléfono en la información broadcast para cada célula. Una ráfaga abreviada se usa para corregir el offset de tiempo relativo de teléfonos cercanos y distantes dentro de una célula grande. Usando la longitud más corta de ráfaga en una célula grande reduce la probabilidad de traslape de una ráfaga y un frame cuando es recibido en la BS. El PREAM es usado para timing. También es usado por la BS para fijar el amplificador del receptor para evitar la distorsión en la señal. El campo SYNC es un patrón conocido que permite a la BS encontrar el principio de la ráfaga de TDMA que va llegando. El campo data, que es la carga o payload, está dividido en dos campos. El SYNC+ es otro patrón de bit fijo que provee información de sincronización adicional para la BS.

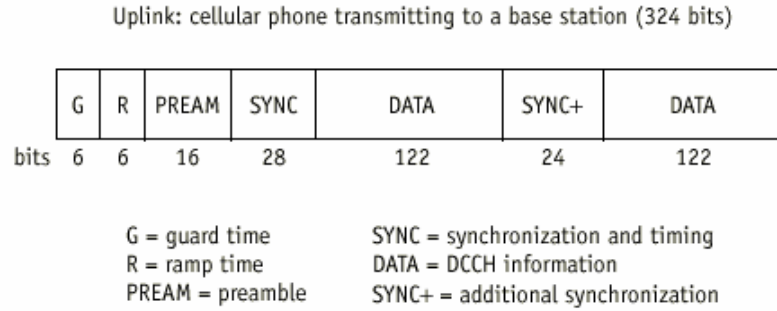


Figura 2.14 Formato de ráfaga normal del DCCH uplink, [3].

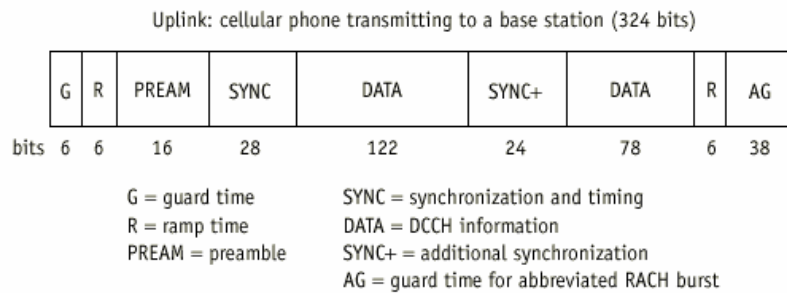


Figura 2.15 Formato de ráfaga abreviada del DCCH uplink, [3].

### 2.3.8 Formatos de superframe e hyperframe.

Son utilizados para multiplexar grupos lógicos de información juntos y para proveer una secuencia repetible conocida en una interfaz aérea. Esto activa un teléfono para recuperar información rápidamente y desarrolla un modo sleep en el cual el teléfono sólo necesita despertar en instantes predefinidos para recibir mensajes.

- Superframe: está hecho de 16 frames continuos de TDMA de 40 ms, equivalentes a 32 bloques de TDMA full-rate consecutivos. Sólo las ranuras 1 y 4 son usadas para cargar información DCCH; esto crea una secuencia de 32 ráfagas de DCCH expandidas a través 96 ráfagas de

TDMA. Cada ráfaga de DCCH en el superframe es designada para broadcast, paging, mensajería SMS (Short Message Service), o acceso a información de respuesta. La estructura del superframe es repetida continuamente en el canal DCCH.

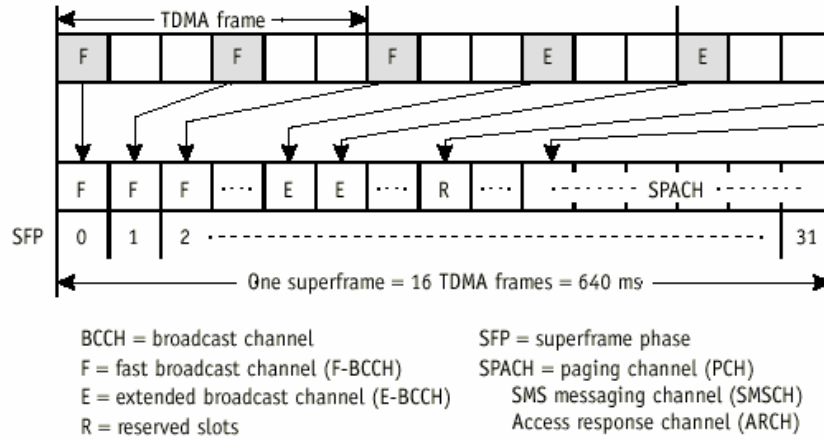


Figura 2.16 Estructura de superframe, [3].

Superframe Slot Allocations

Slots	Full-Rate DCCH		Half-Rate DCCH	
	MIN	MAX	MIN	MAX
F-BCCH (F)	3	10	3	10
E-BCCH (E)	1	8	1	8
Reserved (R)	0	7	0	7
SPACH	1	32 - (F + E + R)	1	16 - (F + E + R)

Tabla 2.3 Tabla de ranuras del superframe, [3].

- Hyperframe: un hyperframe esta hecho de un superframe primario y uno secundario. La longitud del hyperframe consiste de 192 ráfagas de TDMA. 64 de ellas (o cada tercera) son usadas en full-rate para información DCCH para mantener el mismo uso de ráfaga como en un

canal de tráfico de TDMA. Repitiendo la información DCCH en cada hyperframe, la estructura del hyperframe permite a un móvil leer la información del canal de broadcast adyacente, DCCHs sin sincronía y escanear a otro DCCH a diferente frecuencia, sin perder algún voiceo en su propio DCCH.

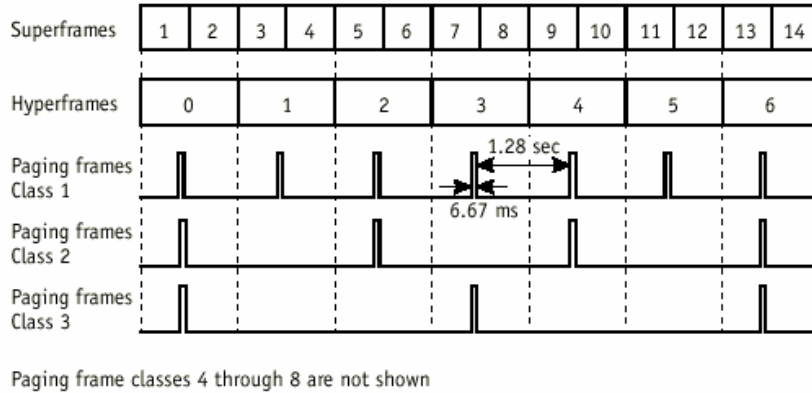


Figura 2.17 Hyperframes mostrando las clases de frames de voiceo, [3].

### 2.3.9 Canales lógicos.

Los canales lógicos fueron creados en IS-136 para organizar la información a través de las interfaces aéreas.

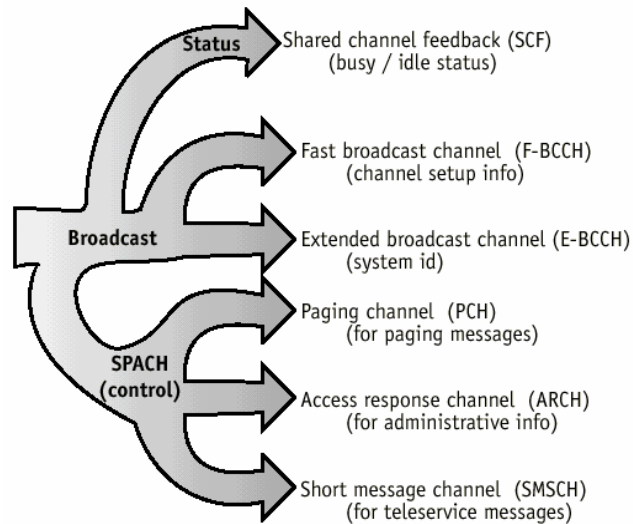


Figura 2.18 Canales lógicos, [3].

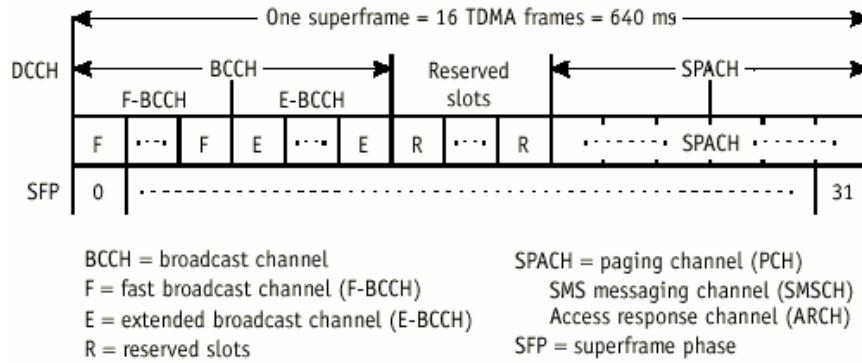


Figura 2.19 Canales lógicos multiplexados en el superframe, [3].

- BCCH: Provee información continuamente sobre la configuración del sistema y las reglas que un teléfono celular debe seguir en el acceso del sistema. Los canales lógicos BCCH son multiplexados en el canal físico DCCH downlink como parte del superframe. La información del BCCH incluye SID, lista de DCCHs vecinos para reelección de DCCH, estructura del frame DCCH, y otra información del sistema.
- F-BCCH: La primera ranura de tiempo de un superframe es siempre una ranura F-BCCH. La información del F-BCCH es enviada en su totalidad una vez cada superframe (640 ms). El F-BCCH es usado para información obligatoria, de tiempo crítico del sistema requiriendo una repetición de ciclo fija. La información mandada en este canal se relaciona al SID y parámetros necesitados por un teléfono celular determinando: estructura del superframe, sistema en el que se encuentra, parámetros de registro, parámetros de acceso.

- E-BCCH: El conjunto completo de información E-BCCH puede expandirse en varios superframes. El canal E-BCCH es usado por información adicional del sistema que es de menos tiempo crítico (en términos de un móvil necesitando establecerse) y no requiere una velocidad garantizada.
- SPACH: Provee al móvil con parámetros de información de acceso al sistema y voice. El SPACH está dividido en un canal de voice (PCH), un canal de respuesta de acceso (ARCH), un servicio de mensajes cortos (SMS), y un canal de mensajería punto a punto (SMSCH).
- PCH: Es usado para transferir voice de establecimiento de llamadas al móvil. Un teléfono celular está designado a una ranura de voice en particular (parte del SPACH) en un superframe de acuerdo a su MSID. Esta estrategia siempre ubicará a un móvil específico en la misma ranura de voice en cualquier DCCH con la misma estructura. Además, este método minimiza la congestión de voice a través de la interfaz aérea, ya que las ranuras de voice para todos los móviles establecidos en un DCCH particular serán distribuidos aleatoriamente a través del número total de ranuras SPACH disponibles.
- ARCH: Es usado para mandar respuestas (como comandos de asignación de canal) e información administrativa del sistema al móvil.

- SMSCH: Es usado para transferir datos de teleservicios punto a punto desde el móvil. Estos datos pueden pertenecer a un mensaje de texto CMT, datos OAA NAM, información de roaming inteligente OAP, o un paquete de teleservicios generales UDP (GUTS).
- RACH: Es un canal de recursos compartidos usado por todos los móviles con capacidad DCCH cuando intentan acceder al sistema. El RACH es el único canal lógico en el uplink del DCCH. Los mensajes del RACH uplink pueden ser: respuesta de un teléfono a un requerimiento de autenticación o un acknowledgment. Soporta ambos accesos de los móviles basados en contención y basados en reservación (scheduled). El acceso basado en contención significa que más de un móvil puede intentar un acceso en el mismo canal al mismo tiempo y el acceso puede colisionarse. Si esto ocurre, los móviles que lograron acceso entrarán en un estado de retry. El acceso basado en reservación puede ser usado durante la transmisión secuencial de un móvil particular donde el sistema anuncia a todos los móviles en que punto del tiempo se les permitirá acceso a cada uno. Esto reserva al RACH para la duración del mensaje uplink y detiene las interrupciones hechas por otros móviles. El campo SCF indica el status del RACH usando los campos: BRI (ocupado, reservado, desocupado), PE (eco parcial, una de sus tareas es indicar al móvil que le fue negado el acceso al sistema) e indicador R/N (reservado/no reservado, que indica si el mensaje fue recibido correctamente o hace la solicitud automática de retransmisión).



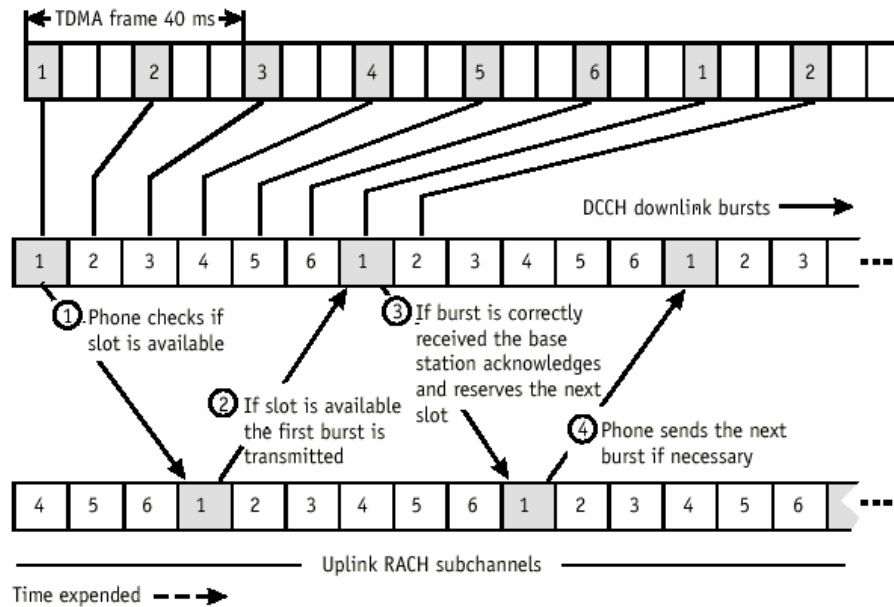


Figura 2.20 Acceso del sistema IS-136 en el canal RACH, [3].

### 2. 3.10 Proceso de llamada.

Para hacer y recibir llamadas, los teléfonos inalámbricos deben intercambiar información con el sistema antes del servicio. Algunos de los procesos o tareas que debe realizar el móvil son: Originación de llamada, voceo, handoff, liberación de llamada, autenticación y privacidad, encriptamiento de mensajes, privacidad de voz, etc.

## 2.4 UWC-136 (3G).

### 2.4.1 Antecedentes.

UWC-136 fue diseñado para proveer un estándar TIA/EIA-136, telefonía celular PCS con tecnología TDMA, candidato a reunir los requerimientos de diseño del IMT-2000. La revisión B del TIA/EIA-136 fue adoptada originalmente.

El estándar UWC-136 contempla dos tecnologías complementarias:

- 136+ para ambientes exteriores, el cual ofrece un modo expandido de IS-136, usando las mismas frecuencias y anchos de banda (30KHz), para proporcionar velocidades de bit de hasta 384 Kbps. La tecnología 136+ emplea modo FDD, con 8 ranuras por trama.
- 136HS, para ambientes interiores, el cual ofrece velocidades de bit de hasta 2 Mbps, y maneja canales de 200 KHz y 1.6 MHz de ancho de banda. Esta tecnología utiliza los modos FDD y TDD, con 16 y 64 ranuras por trama respectivamente.

#### **2.4.2 Tecnología EDGE en UWC-136.**

EDGE (Enhanced Data rate for GSM Evolution): Datos Mejorados para la Evolución del GSM. Permitirá a los operadores de GSM usar las bandas de radio GSM ya existentes para ofrecer servicios multimedia inalámbricos basados en IP y aplicaciones en teoría a la velocidad máxima de 386 kbps con una media de entre 48 kbps y hasta 69.2 kbps en buenas condiciones de radio.

Los fundamentos de la tecnología del EDGE también están siendo adoptados por el programa UWC-136. UWC-136 se basa en el EDGE de GPRS-136 HS, que utiliza IS-136 para la voz y el EDGE para los datos en los índices hasta de 2Mb/s para las áreas de servicio locales y de 384kb/s para las áreas amplias. Para aumentar la densidad del servicio, UWC-136 define un nuevo modo llamado el acuerdo de EDGE, que considera frecuencia y dominio de tiempo en el reuso durante el planeamiento de la célula, proporcionando una trayectoria de la mejora de infraestructuras existentes de TDMA, UWC-136

proporciona los medios rentables para los operadores TDMA basados en IS-136 que emigran a la 3G.

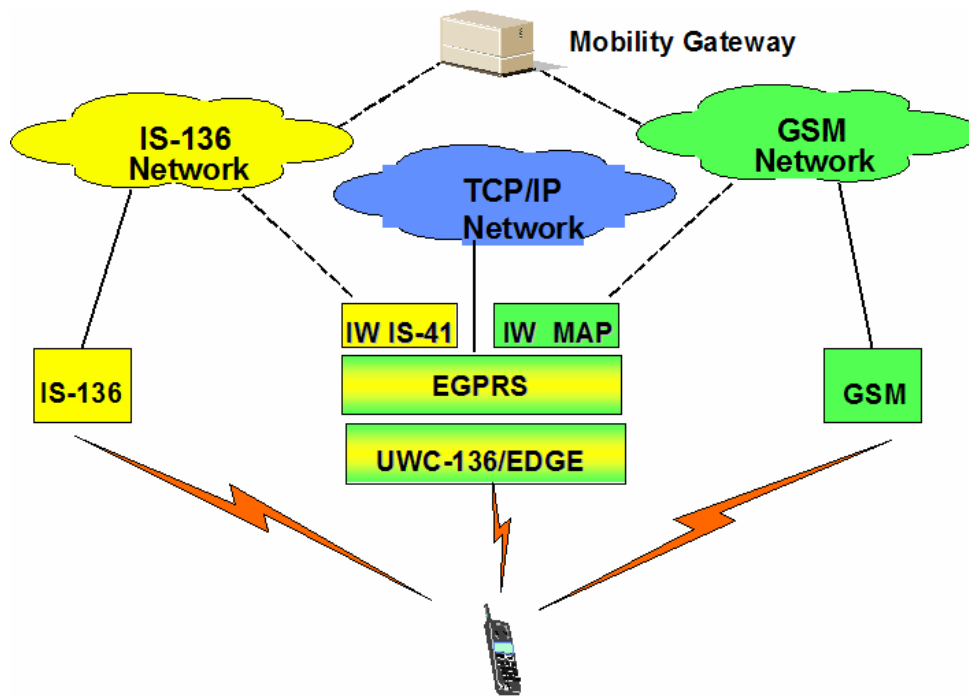


Figura 2.21 Evolución de UWC-136, [9].

### 2.4.3 Estándares UWC-136.

Este es un programa de estándares UWC-136 para cumplir con los requisitos de IMT-2000:

- Fase 1 (capacidades actuales, 85% de IMT-2000):
  - \* Calidad de voz comparable con la línea alámbrica
  - \* Provee seguridad comparable a la PSTN/ISDN
  - \* Múltiples soportes para operadores públicos/privados/residenciales en la misma área.
  - \* Permite interconexiones con otros móviles o usuarios fijos.

- \* Soporta múltiples niveles de células (estructura jerárquica de células).
- Fase 2 (Programa 136+ en votación como ANSI-136-A, 92% de IMT-2000):
  - \* Provee una mejora en la calidad de voz y reduce los retrasos.
  - \* Provee una velocidad más alta de paquetes y capacidad para datos circuit-switched.
  - \* Logra una eficiencia espectral alta.
- Fase 3 (Programa 136HS, 100% de IMT-2000)
  - \* Soporta velocidades de datos de 384 Kbps en áreas anchas.
  - \* Soporta velocidades de datos de 2 Mbps en áreas locales.

#### **2.4.4 Ventajas comerciales.**

- Despliegado de macrocélulas con despejo espectral menor a 1 MHz, protege las inversiones de licencias de operadores, minimiza el riesgo existente, minimiza el riesgo en el proceso de nuevas velocidades altas para servicio de datos.
- Servicio de 384 kbps en aplicaciones vehiculares (100km/h), IMT-2000 requiere 384 kbps en ambientes peatonales.
- Operación en multibanda 500 MHz – 2.5 GHz.
- Enlace presupuestal para proveer un trayecto de pérdidas similares a 136.

- Evolución clara de la primera, segunda y tercera generación, incremento en las inversiones para proveer servicios de 3G.
- Múltiples operadores públicos/privados/residenciales en una localidad.
- Soporte de estructuras celulares jerárquicas.
- Soporte para software basado en TDMA.
- Soluciones convergentes para arquitectura de paquetes de datos (GPRS).
- Reúne los requerimientos IMT-2000 por grupos de evaluación ITU.
- Conformidad ITU IPR lograda en febrero de 1998.
- Acceso múltiple desplegado comercialmente.