

Telefonía celular digital

J. Guadalupe Medina Nieto*, Oscar G. Ibarra Manzano*
Francisco Romero Vera*

Abstract

On last years, cellular telephony has had a great growth all over the world. For that reason we describe in this article its basic elements, the linking frecuencies reused technics, the used systems, the benefits of digital technics, and the most utilized standards.

Besides we describe cellular telephonic regions through México and transferences of calls for a user location all over the country (roaming). Finally we mention the telephonic cloning and list the keys of cellular telephones according its manufacturers.

1. INTRODUCCIÓN

El auge mundial de las telecomunicaciones móviles celulares ha sido realmente sorprendente. A fines de 1999 había más de 480 millones de abonados en todo el mundo, comparados con los escasos 11 millones correspondientes a 1990. Actualmente la telefonía móvil celular representa más de un tercio del total de las conexiones telefónicas. Es probable que antes del año 2005 el número de abonados del servicio móvil celular sobrepase al de abonados de las líneas tradicionales.

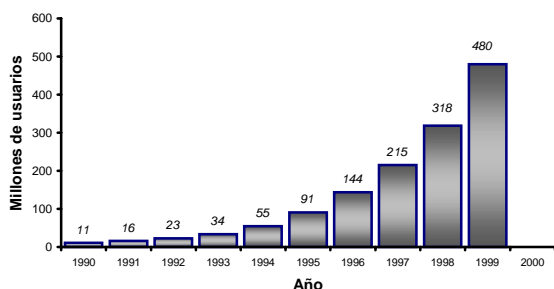


Fig. 1. Crecimiento de la telefonía celular en la última década

El auge de las comunicaciones móviles celulares ha revolucionado el concepto de telefonía. Sobre todo por la movilidad de los usuarios que ya no llaman a un sitio, sino a una persona específica. Cuando se introdujeron por primera vez a principios de los años ochenta, estos teléfonos estaban circunscritos a automóviles y limitados por su peso y su potencia, pero poco a poco se fueron fabricando aparatos más pequeños y de menor peso, más baratos, y abandonaron el automóvil y se trasladaron al portafolio o al bolsillo. Un teléfono portátil moderno pesa unos cuantos cientos de gramos, tienen una pequeña pantalla y pueden ofrecer gran cantidad de servicios, tales como identificador de llamadas, envío y recepción de mensajes de texto, Internet, agenda electrónica, entre otros.



Fig. 2. Teléfonos celulares: Motorola Star Tac 7868 y Nokia 6090

*

Departamento de Ingeniería en comunicaciones y Electrónica, FIMEE, Universidad Autónoma de Guanajuato. email: medina@salamanca.ugto.mx
ibarra@salamanca.ugto.mx, romero@coral.com.mx

2. ELEMENTOS BÁSICOS DE TELEFONÍA CELULAR

El término celular se debe a que la cobertura radioeléctrica de una zona geográfica completa se realiza cubriendo pequeñas regiones llamadas células. En cada una de estas células existe una Estación Radio Base (Base Estación Radio, ERB) que controla el tráfico de los teléfonos móviles que se desplazan en la zona correspondiente. A su vez estas estaciones están enlazadas con el Centro de Conmutación de Servicios Móviles (Mobile Switching Center, MSC) y éste a su vez está conectado a la Red Telefónica Pública (Public Switched Telecommunications Network, PSTN). El Centro de Conmutación de Servicios Móviles a su vez se divide en un conmutador telefónico (PABX) y en el Subsistema de Telefonía Móvil (Mobile Telephony Subsystem, MTS).

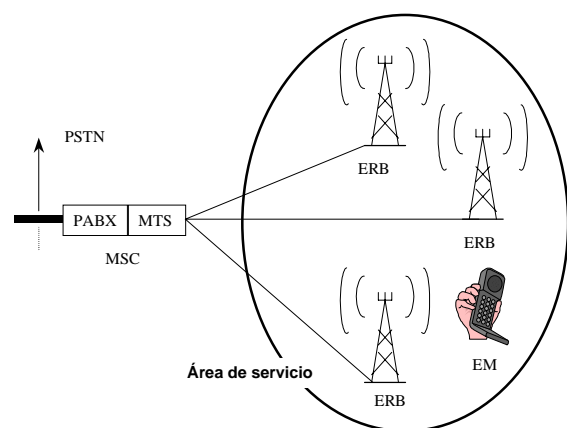


Fig. 3. Red celular básica

Dependiendo del tipo de antena de transmisión empleada en la estación base, se puede cubrir una o más áreas por una estación base. Estas áreas reciben el nombre de células.

Existen dos tipos de células: omnidireccionales y sectoriales

Célula omnidireccional

Esta se produce cuando la estación base está equipada con una antena omnidireccional transmitiendo igualmente en todas direcciones y se forma una área en forma circular, con la estación base en el centro de la célula. Una estación móvil dentro de esta área tendrá normalmente una buena conexión con la estación base. Para representar una célula, usualmente se utiliza un hexágono en forma teórica, pero en la realidad el área de cobertura es circular.

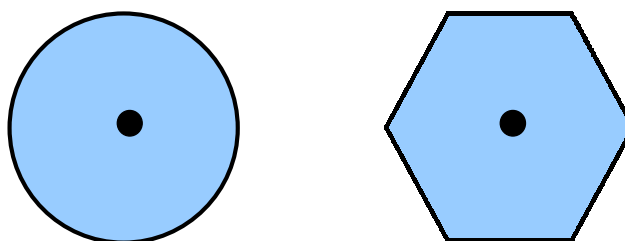


Fig. 4. Célula omnidireccional real y Representación gráfica de una célula omnidireccional

Célula sectorial

Para formar este tipo de célula la estación base está equipada con tres antenas direccionales, cada una cubriendo una célula sectorial de 120 grados. En cada una de las estaciones base, algunas unidades de canal están conectadas a una antena cubriendo una célula sectorial; otras unidades de canal están conectadas a la segunda antena cubriendo una segunda célula, y el resto a una antena para tener una tercer célula.

Por lo tanto, una estación base controla a tres células sectoriales. Cuando se muestran tres células sectoriales, se dibujan tres hexágonos, uno para cada célula, con la estación base localizada en la esquina de cada hexágono. Para que se lleve a cabo la cobertura total, las células vecinas deben traslaparse entre sí.

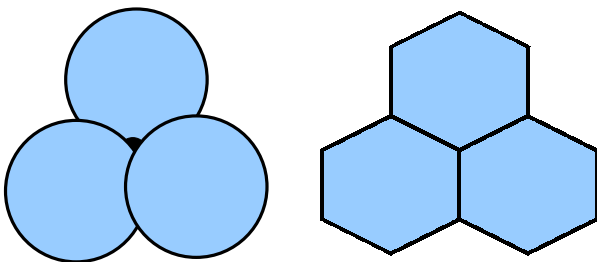


Fig. 5. Células sectoriales y Representación gráfica de células sectoriales

La estación base está conectada a un Centro de Conmutación de Servicios Móviles por medio de circuitos de enlace punto a punto. La estación base maneja la radiocomunicación con los teléfonos celulares o estaciones móviles y supervisa la calidad de la radiotransmisión durante una llamada.

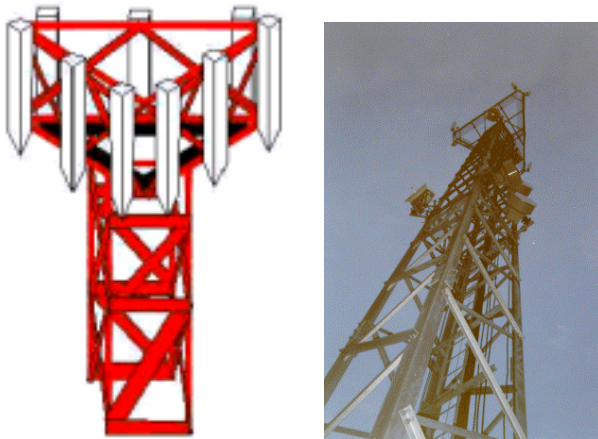


Fig. 6. Torre y antenas de la estación base

Una de las principales características de los sistemas celulares es el reuso de frecuencias, que consiste en comunicar al teléfono celular con la estación base por medio de un canal telefónico con frecuencias disponibles en ese momento. El teléfono celular no tiene una frecuencia fija de enlace. Esta técnica permite hacer un eficiente uso del espectro electromagnético disponible, así como

atender a más usuarios en un número determinado de canales de radio. Este reuso de frecuencias es posible utilizando canales de la misma frecuencia en varias células que no sean adyacentes, evitando así alguna interferencia.

Todos los teléfonos celulares pueden utilizar un canal de la estación base la cual detectará su desplazamiento en el área, asignándole una nueva frecuencia si cruza la frontera de la célula en que se encontraba y pasa a otra célula diferente, este cambio es imperceptible para el usuario, debido a que su teléfono continúa funcionando normalmente.

3. SISTEMAS DE TELEFONÍA CELULAR EN EL MUNDO

Existen varios sistemas internacionales normalizados de telefonía celular y de servicios móviles en el mundo, los cuales se mencionan a continuación.

Para sistemas analógicos:

AMPS Avanced Mobile Phone System
Servicio de Telefonía Móvil Avanzado

NMT Nordic Mobile Telephony
Sistema Nórdico Telefónico Móvil

TACS Total Acces Communications System
Sistema de Comunicación con Acceso Total

Mientras que los sistemas digitales existentes son:

CDMA Code Division Multiple Access
Acceso Múltiple por División de Códigos

GSM Global System for Mobile
Sistema Global para comunicaciones móviles

PDC Personal Digital Cellular
Sistema Celular Digital Personal

PHS Personal Handyphone System
Sistema de Teléfono de Mano Personal

TDMA Time Division Multiple Access
Acceso Múltiple por División de Tiempo

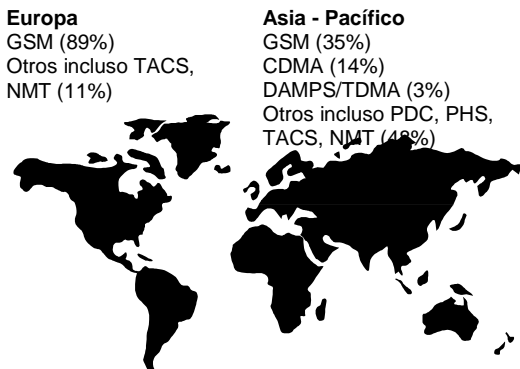


Fig. 7 Porcentajes de uso de los sistemas de telefonía celular

Los teléfonos celulares utilizan la misma tecnología radial en diferentes bandas de frecuencia, pero la información se transmite en forma digital. Esta compresión permite un mejor aprovechamiento del canal telefónico y por tanto tener más canales disponibles a la vez. Estos teléfonos incluyen otras ventajas tales como el servicio de identificador de llamadas, correo electrónico, mensajes de texto, buzón de mensajes, Internet móvil, etc.

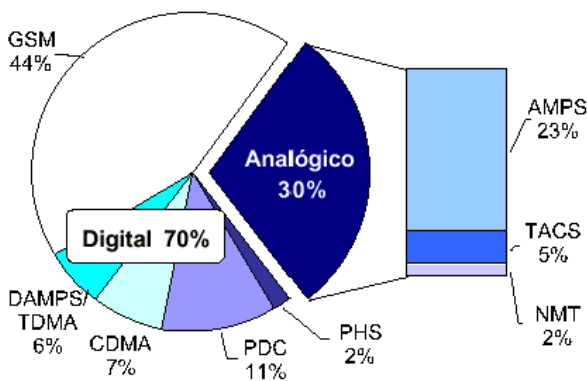


Fig. 8. Uso de los sistemas de telefonía celular en el mundo

En nuestro país, existen redes celulares analógicas, digitales y duales. La compañía Telcel ofrece telefonía celular digital utilizando el sistema TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo), mientras que la compañía Iusacell ofrece el mismo servicio, pero utilizando el sistema CDMA (Acceso Múltiple por División de Código). Ambas compañías ofrecen compatibilidad con las redes celulares analógicas utilizando el sistema AMPS (Servicio de Telefonía Móvil Avanzado). Otras compañías como Unefon y Pegaso ofrecen solamente el servicio digital con la tecnología CDMA.

Beneficios de la telefonía celular digital

Los principales son los siguientes:

- Llamadas de excelente calidad, sin ruido o estática.
- Mejor recepción, sobre todo en lugares cerrados.
- Prácticamente libre de clonación
- La duración de las baterías es mayor.
- Servicios de valor agregado.
- Seguridad y privacidad.

La necesidad de sistemas de telefonía celular digital es el resultado del crecimiento de los servicios de telefonía móvil. A pesar de que los sistemas analógicos funcionan bien, la demanda excede la capacidad en muchas regiones. Para minimizar la posibilidad de congestión de la red celular, se desarrollaron los sistemas digitales. La tecnología celular digital involucra la digitalización de la señal de voz y la transmisión sobre el aire de una cadena de bits seriales. Los sistemas digitales ofrecen mayor flexibilidad para servicios adicionales.

Los sistemas celulares digitales son más eficientes que los analógicos debido a que incluyen múltiples transmisiones simultáneas sobre un canal de radio simple. Una de las técnicas empleadas es la denominada “Acceso Múltiple por División de Tiempo” (Time Division Multiple Access, TDMA); una segunda técnica es el “Acceso Múltiple por División de Códigos” (Code Division Multiple Access, CDMA). En los U.S.A., el estándar dominante en TDMA es el IS-136 TDMA y el dominante en CDMA es el IS-95 CDMA.

Servicio de telefonía móvil avanzado (Amps)

Este sistema es analógico patentado en los Estados Unidos a principio de la década de los ochenta del siglo pasado y fue el primer sistema celular existente. Este sistema trabaja en las bandas de frecuencia de 825 MHz a 845 MHz para la transmisión de la estación móvil a la estación base, y de 870 a 890 en sentido inverso. Actualmente el sistema AMPS se encuentra evolucionando paulatinamente al sistema DAMPS (Digital Avanced Mobile Phone System), sistema digital, el cual coexiste con el AMPS, en modo dual y funciona con acceso TDMA.

El espectro localizado para AMPS es compartido por dos portadoras celulares en cada área o región. Cada portadora divide el espectro en canales, utilizados para comunicar desde las estaciones bases en las celdas hasta los dispositivos móviles, y canales de reversa utilizados para comunicación entre los dispositivos móviles y las estaciones base. Los canales son divididos en canales de voz de 30 kHz que emplean Modulación de Frecuencia (Frequency Modulator, FM) para transmitir la voz.

Acceso múltiple por división de tiempo (Tdma)

El estándar IS-136 TDMA define como un canal simple de 30kHz es descompuesto en pequeños incrementos que pueden ser compartidos por uno o

más usuarios. TDMA divide a canal simple en una serie sucesiva de espacios de tiempo que pueden ser compartidos por un grupo de usuarios (cada espacio de tiempo porta una información de un usuario específico), como se muestra en la figura 9

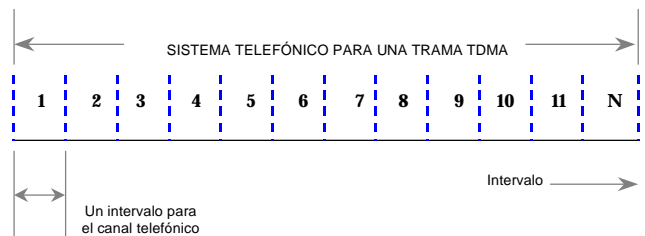


Fig. 9. Espacios de tiempo en TDMA.

Acceso múltiple por división de códigos (Cdma)

El estándar IS-95 CDMA, equivalente al IS-136 TDMA, define como un canal simple puede ser acondicionado para soportar más de un usuario simultáneamente. Con CDMA todos los usuarios móviles transmiten en la misma frecuencia, pero cada señal de usuario móvil es combinada con una señal pseudo-aleatoria, o código, que hace que la señal aparezca como un ruido de bajo nivel para otras transmisiones que ocurren al mismo tiempo. La señal original puede ser extraída solo por el conocimiento del código.

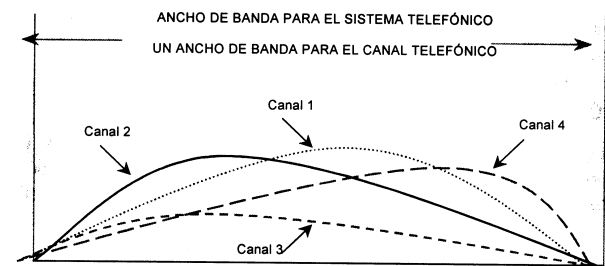


Fig. 10. Acceso múltiple por división de código.

Comparación entre TDMA y CDMA

Ambos sistemas TDMA y CDMA pueden ser progresivamente incorporados a las redes celulares

existentes, coexistiendo las señales digitales y analógicas. Además, los teléfonos digitales poseen compatibilidad para ser usados en áreas celulares que sólo soporten señales analógicas.

TDMA y CDMA fueron desarrollados inicialmente para soportar comunicaciones de voz. Pero con el transcurso del tiempo y uso se han sido desarrollados estándares que especifican cómo usar canales digitales para transmisión de datos.

El sistema CDMA por su gran versatilidad y seguridad es utilizado como sistema de comunicación por el ejército de los Estados Unidos, porque es prácticamente imposible de decodificar.

Sistema global para comunicaciones móviles (GSM)

El estándar GSM, a semejanza del estándar IS-136 TDMA utiliza acceso múltiple por división de tiempo, pero no son compatibles. Este sistema es uno de los más importantes del mundo, cubre todo el occidente de Europa y ofrece servicios de gran calidad. Uno de sus principales éxitos es que un usuario que se mueve a través de cualquier punto de Europa puede desplazarse sin perder el servicio.

Resumiendo, las características básicas de un sistema celular GSM son:

- Espaciamiento de portadora 30 kHz
- Esquema de acceso TDMA con tecnología digital
- Opera en las bandas de frecuencia de 930 a 960 MHz y de 890 a 915 MHz.
- Tecnología utilizada en más de 120 países en el mundo
- Más de 160 millones de usuarios

Las nuevas bandas de telefonía denominadas Sistema de Comunicación Personal (Personal Communication System, PCS), operan en la banda

de frecuencia de 1850 y 1990 MHz, y solamente utilizan tecnología digital.

4. REGIONES CELULARES Y ROAMING

Los sistemas celulares trabajan en la banda de los 800 MHz, específicamente de los 825 a los 845 MHz y de los 870 a los 890 MHz, de acuerdo con la norma NOM-081-SCT1-1993 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, emitida en nuestro país y avalada por la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones).

En las figuras 11 y 12 se observa la distribución de las frecuencias de las bandas A y B para usos de telefonía celular. Cada banda dispone de 333 canales para diversos usuarios. El ancho de banda de cada canal telefónico es de 30 MHz.

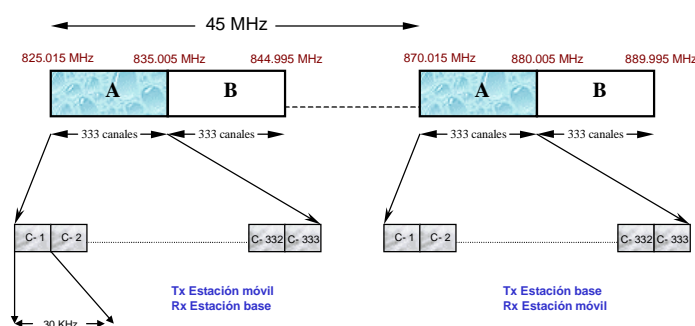


Fig. 11. Distribución de frecuencias en la banda A.

La banda celular A comienza a los 825.015 MHz para el canal 1, el cual transmite de la estación móvil a la estación base, mientras que la transmisión inversa se efectúa en forma simultánea a partir de los 870.015 MHz, es decir a una separación de 45 MHz. Cada canal tiene un ancho de banda de 30 MHz, por lo que el canal 333 de esta banda termina a los 835.005 MHz.

Mientras que la banda celular B comienza a los 835.005 MHz, esta frecuencia es el punto interior del canal 334, es decir, el canal 1 de la banda B, al

igual que en la banda A, esta frecuencia corresponde al primer canal de transmisión de la banda B de la estación móvil a la recepción de la banda base. Mientras que el primer canal de transmisión de la banda base corresponde a 880.005 MHz, también a una separación de 45 MHz. Mientras que el último canal de esta banda, el 666 termina a los 899.995 MHz.

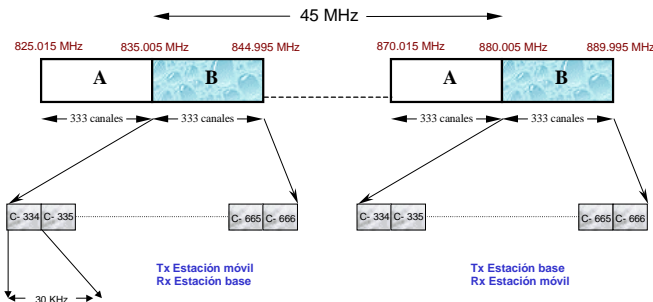


Fig. 12. Distribución de frecuencias en la banda B

En nuestro país las regiones celulares se encuentran concesionadas por la Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL) en las bandas A y B por regiones celulares, a las siguientes compañías:

Concesionarios de radiotelefonía móvil con tecnología celular en la Banda A

- | | |
|--|----------|
| Baja Celular Mexicana, S.A. de C.V. | Región 1 |
| Movitel del Noroeste, S.A. de C.V. | Región 2 |
| Telefonía Celular del Norte, S.A. de C.V. | Región 3 |
| Celular de Telefonía, S.A. de C.V. | Región 4 |
| Comunicaciones Celulares de Occidente, S.A. de C.V. IUSACELL | Región 5 |
| Sistemas Telefónicos Portátiles Celulares, S.A. de C.V. IUSACELL | Región 6 |
| Telecomunicaciones del Golfo, S.A. de C.V. IUSACELL | Región 7 |
| Portatel del Sureste, S.A. de C.V. | Región 8 |

SOS Telecomunicaciones, S.A. de C.V.

IUSACELL

Región 9

Concesionarios de radiotelefonía móvil con tecnología celular en la banda B

Radio Móvil Dipsa, S.A. de C.V. TELCEL

Regiones 1 a 9

Las regiones celulares son áreas de circunscripción en las cuales se dividió al país para tener un mejor control sobre el uso de la telefonía celular, nuestro país se encuentra dividido en nueve regiones celulares.

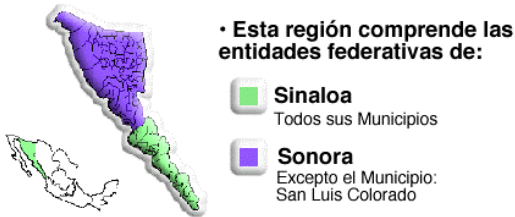
El seguimiento de llamada, mejor conocido como roaming sucede cuando un usuario efectúa o recibe una llamada en alguna área de cobertura diferente al de su región de suscripción. Esto es, el usuario se encuentra de viaje sobre un lugar distinto a su lugar normal de residencia o en otra región distinta en la cual efectúa su contrato.

Actualmente el mercado del roaming es muy competido, inclusive las grandes compañías de telefonía celular ofrecen servicios de roaming automático nacional y roaming en México, Estados Unidos y Canadá, inclusive con Europa y Asia. Una de las principales ventajas del roaming es que el usuario conserva su mismo número telefónico en cualquier lugar que se encuentre. Por supuesto que las tarifas del servicio bajo esta modalidad son diferentes.

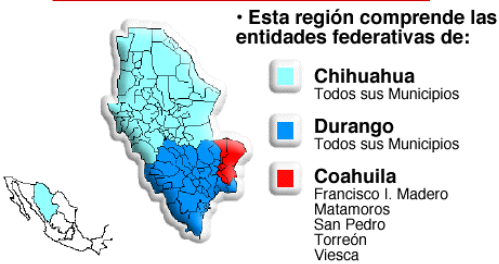
REGION 1



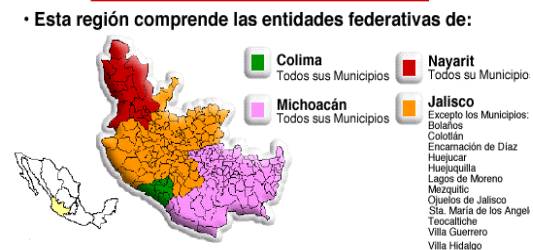
REGION 2



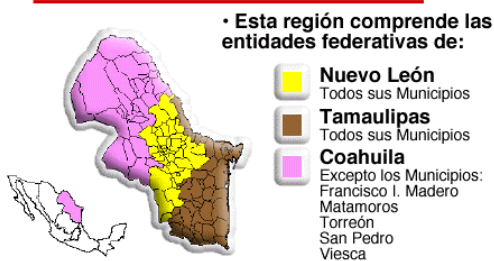
REGION 3



REGION 5

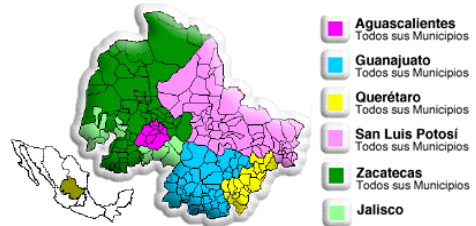


REGION 4

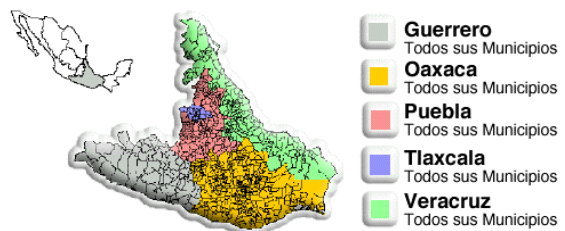


REGION 6

Esta región comprende las entidades federativas de:

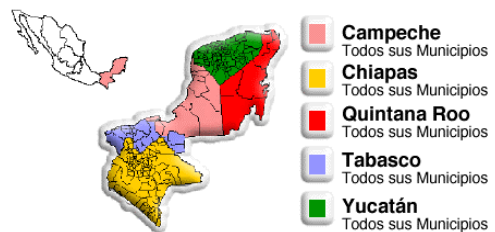


REGION 7



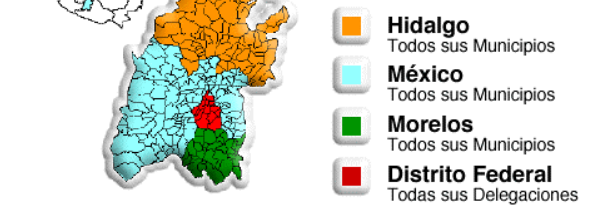
REGION 8

• Esta región comprende las entidades federativas de:



REGION 9

• Esta región comprende las entidades federativas de:



Es importante mencionar que las compañías telefónicas celulares no cubren todo el territorio nacional, solamente se enfocan a las regiones pobladas, autopistas y carreteras, lugares en los cuales el usuario puede comunicarse en cualquier instante. En las regiones turísticas marinas, las compañías ofrecen una región de cobertura marítima, a ciertos kilómetros de distancia de la costa.

5. CLONACIÓN DE LÍNEAS TELEFÓNICAS CELULARES

En los teléfonos celulares analógicos se puede generar un problema llamado clonación. Cuando un teléfono es clonado, es porque alguien ha robado sus números de identificación o par de identificación, y hace mal uso de la cuenta original. Esto se produce porque al momento de realizar una llamada desde un teléfono celular analógico se transmiten dos datos de información a la red al inicio de la llamada:

- a) Un MIN (Mobile Identification Number, ó número de identificación móvil), que consiste de 10 dígitos que es el número telefónico asignado al aparato.
- b) Un ESN (Electronic Serial Number o número de serie telefónico) un número de 32 bits programado en el teléfono cuando es fabricado.

El par de datos MIN / ESN es una marca única para identificación de cada teléfono y así la compañía sabe a quien cobrar la cuenta por el servicio. Cuando un teléfono analógico transmite su MIN/ESN es posible “escucharlo” y capturar el par. Con el equipo adecuado es fácil modificar un teléfono que contenga el par MIN / ESN y hacer llamadas ilegales. Esta deficiencia de la clonación en los teléfonos celulares analógicos, es mucho más difícil de realizar en los teléfonos digitales.

Claves de fabricante

Cada número de serie electrónico de un teléfono celular es única e inalterable, se graba al fabricarse el dispositivo, existe un convenio entre los organismos de regulación internacional y todos los fabricantes para asignar estas claves. Un número de serie está formado de 11 dígitos en el sistema decimal, donde los tres primeros corresponden a la asignación para el fabricante, si el número de serie es hexadecimal, consta de 8 dígitos, donde los dos primeros corresponden al fabricante.

Fabricante	Clave decimal	Clave hexadecimal
Antel	175	AF
Clarion (E.U.)	166	A6
Clarion (Japón)	140	8C
Ericcson	134	86
	204	CC
General Electric	146	92
Gold Star	141	8D
Hitachi	132	84
Motorola	130	82
	195	C3
	212	D4
	213	D5
	224	E0
Nec	135	87
Nec (serie 800)	189	BD
Nokia	165	A5
	156	9C
	219	DB
	226	E2
Panasonic	136	88
Sony	154	9A
Toshiba	138	8A

Tabla 1. Asignación de números clave para algunos fabricantes de teléfonos celulares.

CONCLUSIONES

El futuro de las comunicaciones en el mundo es prometedor, en todas las ramas que la componen, por lo que es importante estar a la vanguardia en información. Hoy en día es fundamental estar bien comunicado sin importar el lugar o la hora, lo cual es posible gracias a los sistemas de telefonía celular, que no dependen de una conexión física directa por medio de un cable como sucede con las líneas telefónicas convencionales.

En México la telefonía celular ha tenido una gran aceptación, a tal grado que el gobierno creó la Comisión Federal de Telecomunicaciones, organismo regulador de las cuestiones técnicas y administrativas de las telecomunicaciones en nuestro país. También consideramos que la información proporcionada puede ser de utilidad para saber como funcionan estos pequeños aparatos y la alta tecnología que tienen en su interior.

REFERENCIAS

1. Tomasi Wayne Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Prentice Hall Hispanoamericana, 1996
2. Haykin Simon. Analog and Digital Communications Wiley
3. Vázquez Medina Rubén, Marcelín Jiménez Ricardo. Sistemas de Telefonía Celular. Universidad Autónoma Metropolitana. 1996
4. Bell System Technical Journal. Avanced Mobile Phone Service. Special ISSUE
5. Paginas Web:
 - a. Comisión Federal de Telecomunicaciones www.cft.gob.mx
 - b. Federal Communications Commission www.fcc.gov
 - c. UIT Unión Internacional de Telecomunicaciones. www.itu.int/ti
 - d. CDMA Develoment Group. www.cdma.com
 - e. Motorola Corporation. www.motorola.com
 - f. Nokia Conecting People. www.nokia.com
 - g. Digital PCS Telcel. www.telcel.com.mx
 - h. Iusacell Digital. www.iusa.net.mx