



Universidad Nacional de La Plata  
Facultad de Informática

# Telemedicina sobre movil IP

José Alberto Bava

Director: Luis Marrone

Tesis presentada para optar por el Título Magister de Redes de  
Datos

22 de abril de 2004

# Indice

## **I Introduccion**

I-I Reseña de las Comunicaciones Electronicas de Datos

I-II Evolucion de los Sistemas Inalambricos Moviles y Sistema Celular

I-III Futuros de las Comunicaciones Moviles

I-III-I Tecnologica de las Comunicaciones Moviles futuras

I-III-II Crecimiento de las Comunicaciones Moviles futuras

I-IV Referencias

## **II- Comunicaciones Inalambricas**

II-I Estándar de Comunicaciones Inalambricas

II-II Estructura de las Redes Celulares

II-III Estructura de Telefonía Inalambrica

II-IV Comunicación Inalambrica de Datos (Wireless Data)

II-V Estructura de los Sistemas de Comunicación Personal

II-VI Referencias

## **III- Comunicaciones Celulares y Movil IP**

III-I Arquitectura Funcional e Interface de un Sistema Celular tipico

III-I-I Estructura y topología de Sistemas Celulares

III-I-I Funcionamiento de un Sistema Celular tipico

III-II Analisis de las mejores tecnologías presentes y futuras para transmisión de información Medica

### III-III Sistema Celular GSM

III-III-I Estructura de Protocolos

III-III-II Canales de Trafico

III-I-III Canales de Control

### III-IV Datos sobre Redes Celulares

III-V Ruteo para Huéspedes Mviles (Host Mviles o Nodos Mviles)

### III-VI Movil IP

### III-VII Estructura y Funcionamiento de Movil IP

III-VII-I Descubriendo la Dirección Care-of Address

III-VII-II Registrando la Direccion Care-of Address

III-VII-III Autenticacion

III-VII-IV Descubriendo automáticamente al Home Agent

III-VII-V Tunneling de la Dirección Care~of Address

### III-VIII Problemas asociados con IP Móvil

III-VIII-I Ineficiencia de Encaminamiento

III-VIII-II Problemas de Seguridad

III-VIII-III Filtros de Entrada

III-VIII-IV Problemas de Direccionamiento IP

III-VIII-V Competencia con otros Protocolos

### III-IX IP Movil y Versión IPV6

III-IX-I Optimizacion del Ruteo

III-IX-II Seguridad

III-IX-III Fuentes de Ruteo

III-X Transmisión de datos Medicos sobre Redes Moviles

III-XI Referencias

## **IV- Telemedicina sobre Movil IP**

IV-I Análisis y acondicionamiento de señales de pacientes moviles y en urgencias medicas

IV-I-I Dispositivos portatiles y manuales

IV-I-II Telemedicina

IV-I-III Tipo de señales a transportar

IV-II Caracteristicas y objetivos de diseño de la red

IV-II-I Concurrencia

IV-II-II Escalabilidad

IV-II-III Transparencia

IV-II-IV Confiabilidad

IV-III Arquitectura de una Red Medica

IV-III-I Acceso a la Red Medica

IV-IV Modelo matematico de servidores con acceso de tiempo limitado

IV-V-I Grafico de Lee

IV-V-II Estructura de la red vista en dos dimensiones

IV-V-III Estudio de colas M/M/K

IV-VI Razones para el uso de Telemedicina en Argentina

IV-VII Conclusiones

IV-VIII Referencias

## **ANEXO I**

AI-I Sistemas Movil Celular

AI-II Sistemas de codificación digital de la voz

AI-III Sistemas de Duplexión

AI-IV Técnicas de acceso

AI-V Sistemas de Modulación Digital

## **ANEXO II**

AII-I Modos de transmisión

AII-II Canales Duplex

## **ANEXO III**

AIII-I Procesamiento de una llamada : IS-41

AIII-I-I Inicio

AIII-II Paging y Roaming

AIII-III Autenticacion

AIII-V Criterios de performance

AIII-VI Señales sobre el canal de tráfico en un sistema AMP

AIII-VI-I Canal Vocal

AIII-VI-II Tono de Supervisión de Audio

AIII-VI-III Canal de Control

AIII-VII Canales de Señalización

AIII-VIII Proceso de comunicación

AIII-IX Handoff Maho

AIII-X Señalización entre Sistemas Celulares.

AIII-X-I EIA/TIA IS-41

AIII-X-II Señalización SS7

AIII-XI Características generales de los sistemas GSM

AIII-XII Canales de control

AIII-XII-I Canales en la interfaz aérea

AIII-XII-II Procedimiento de llamada

AIII-XII-III Autenticación

## **ANEXO IV**

AIV-I Introducción

AIV-II Norma RFC2002

AIV-III Requerimientos de Protocolos

AIV-IV Las metas

AIV-V Las suposiciones

AIV-VI La aplicabilidad

AIV-VII Entidades arquitectónicas nuevas

AVI-VIII Terminología

AIV-IX Operación del Protocolo Móvil

## **ANEXO V**

V-I Introduccion

V-II Señal de vídeo en blanco y negro

V-III Señal de vídeo con color

V-IV Transmisor de imagen de color

V-V El audio

V-VI Normas de vídeo

V-VII Receptor de imágenes de color

V-VIII Formatos de vídeo

V-IX Grabador de imágenes y sonido

V-X Digitalización del vídeo.

V-XI Formatos estandar de grabacion de video

V-XII Transmision de video digital

V-XIII Norma JPEG

V-XVI Norma MPEG.

V-XV Compresion de imágenes en MPEG

V-XVI Estándar para transmision

V-XVI-I El estandar T.120

V-XVI-II Componentes T.120

V-XVII Videoconferencia sobre ISDN

V-XVII-I El estandar H.233

V-XVII-II Componentes H.233

# INTRODUCCION

## I-I RESEÑA DE LAS COMUNICACIONES ELECTRONICAS DE DATOS

Aunque los conceptos generales de las comunicaciones electrónicas no han cambiado mucho desde sus comienzos, los métodos por los cuales estos se han implantado han sufrido cambios sorprendentes en estos últimos años, debido al avance de la tecnología..

Las teorías de las comunicaciones comienzan en el siglo XIX con el físico inglés James Clerk Maxwell. Sus desarrollos matemáticos permitió predecir, como las ondas eléctricas y la luz viajan en el espacio a través de ondas electromagnéticas. Actualmente las ecuaciones de Maxwell discretizadas sirven de base a los programas de simulación de fenómenos electromagnéticos, permitiendo diseñar antenas, guías de ondas, predecir fenómenos electromagnéticos, etc.

El primer sistema de comunicaciones electrónicas fue desarrollado en 1837 por Samuel Morse. Usando la inducción electromagnética, pudo transmitir información codificándolas con puntos, rayas y espacios a través de un cable metálico. Le llamó a su invento el telégrafo. Indudablemente esta no es sólo la primera comunicación electrónica, sino la primera comunicación que usaba una codificación similar a la que usamos hoy en comunicaciones de datos, el sistema Morse reemplazaba cada letra del abecedario por puntos y rayas, de forma similar al sistema binario..

Las palabras se conforman, codificando las letras con puntos y rayas, con un pequeño espacio entre letras y un espacio grande entre palabras.

Este sistema hasta la década del 70 fue uno de los importantes medios de transmisión en nuestro país, en esa década dejan de funcionar el Telégrafo del Correo y el Telégrafo Provincia, cerrando una etapa en las comunicaciones del país.

En 1874, Emile Baudot inventó el multiplexor (multicanalizador) telegráfico, el cual permitía que se transmitieran señales de hasta seis diferentes máquinas telegráficas simultáneamente a través de un solo cable. Ya en esa época se percibía la importancia del aprovechamiento eficiente de los canales de comunicación.

El físico americano A. G. Bell, en 1876, inventó el teléfono. Poco tiempo después la primera red telefónica con cables permitía la comunicación entre teléfonos.

Un par de años después, el número de teléfonos había aumentado y se necesitaba cierto tipo de equipamiento de conmutación y la primera central manual vio la luz del día en New Haven, Connecticut, EEUU. Esa época se puede comparada con la década del 90 y la evolución de Internet. El teléfono fue un invento revolucionario, que avanzó mas lento que la red de informática, por la falta de tecnología.

La primer central telefónica automática fue diseñada en 1892 por A. B. Strower, conocida luego como central Strower o central paso a paso. Este fue el inicio de las comunicaciones telefónicas automáticas, cuyos fundamentos hoy se emplean en el diseño de las centrales modernas.

## *INTRODUCCION*

---

Las primeras centrales automáticas de nuestro país eran mecánicas del tipo EMD, centrales mecánicas parecidas a las Strower, y fueron reemplazadas en su totalidad por centrales digitales a los fines de la década del 80 cuando las empresas telefónicas se privatizaron en Argentina.

En 1888 Henrich Hertz, un científico alemán, pudo radiar energía electromagnética desde una maquina que él llamaba oscilador. Hertz desarrolló el primer transmisor y también la primera antena rudimentaria, la que con algunas modificaciones sigue usándose en la actualidad.

Marconi tuvo éxito en enviar mensajes telegráficos por radio. El telégrafo en esa época era la única manera de enviar información, a través de grandes distancias, hasta 1920, cuando se establecieron las primeras estaciones de radio comercial.

Durante 1894, este joven científico italiano, Guillermo Marconi, logró las primeras comunicaciones electrónicas inalámbricas, cuando transmitió señales de radio a tres cuartos de milla por la atmósfera de la Tierra atravesando la propiedad de su padre. Por 1896, Marconi estaba transmitiendo señales de radio a dos millas desde los barcos a tierra y en 1899 envió el primer mensaje inalámbrico por el Canal de la Mancha de Francia a Dover, Inglaterra.

Lee DeForest inventó el tubo de vacío de triodo en 1908 y lo llamaron "El Audion", permitiendo la primera amplificación de las señales electrónicas y por consiguiente lograr mayor distancia en las comunicaciones. También encontraría uso en varias generaciones tempranas de computadoras.

La historia de los ordenadores se remonta a los 3000ac con un ábaco que consistía en una tabla de madera cubierta de arena fina donde se realizaban cuentas. También en el 500 a.C., en Egipto, las cuentas se efectuaban en hileras enhebradas con 10 unidades por hilera. Pero el inicio de nuestra era de computadoras fue en 1930, cuando el norteamericano Vannevar Bush diseño en el MIT ( Massachusset Institute of Technology) el analizador diferencial, que era una máquina electromecánica que medía grados de cambio de un modelo. La máquina ocupaba la mayor parte de una gran sala. Para analizar un nuevo problema un grupo de ingenieros debían cambiar las proporciones, y solo aparecían, tras dos o tres días con las manos cubiertas de aceite. Aun así la capacidad de la maquina para resolver complicados cálculos sobrepasaba cualquier invento anterior.

A partir de acá comienza la evolución de las maquinas de cálculo, cada vez mas sofisticadas hasta llegar a las computadoras de estos tiempos.

En 1939 se desarrolló, en la Universidad del Estado de Iowa por el Dr. Jhon V Atanosoff y Clifford Baya, un prototipo que se llamó Attanosoff Berry Computer (ABC) y fue la primera maquina en hacer uso de tubos de vacío.

Mauchly y Eckart en 1946 desarrollaron el Eniac (*Electronic Numerical Integrator & Calculator*) completamente electrónico (con 17468 válvulas, 450 m<sup>2</sup> de superficie y 30.000 kg de peso). Esta computadora fue creada para ayudar a los artilleros a mejorar su blanco, variando las condiciones meteorológicas y de terreno.

La idea de un programa exterior aparece en 1822 introducidas por Babbage, que es el principio de funcionamiento de las modernas computadoras. También aparecen

## INTRODUCCION

---

aplicaciones como los calculadores basándose en las tarjetas perforadas de los telares que diseñara Jacquard en 1801. En 1822 Charles Babbage fabricó la denominada *máquina diferencial*, con nada menos que 96 ruedas dentadas y 24 ejes, luego se lanzó en pos de su proyecto más relevante: la *máquina analítica* (1833). Este fue el primer artilugio de calculo realmente programable, a base de grandes tarjetas perforadas, y con capacidad de memorizar hasta mil números de cincuenta cifras cada uno. Según Babbage las máquinas deberían contar con un dispositivo de entrada, memoria, una unidad de control, una unidad de aritmética y lógica y un dispositivo de salida. Luego en el año 1944 se extrae la idea de Babbage y se construye la MARCK I (Automatic Sequence Control Calculator), maquina dedicada a resolver los problemas de balística de la marina. Su diseñador Howard Aiken confirmo la teoría de Babbage.

Dos conceptos fundamentales introduce Von Neumann en 1945: crea un programa registrado en memorias (de relé para la época) y dotó al programa del salto condicional en una secuencia, con lo que se obtuvo una operación automática en la toma de decisiones. Hoy día las máquinas son del tipo Von Neumann.

El transistor fue inventado en los Laboratorios de Teléfonos Bell por William Shockley, Walter Brattain y Jhon Bardeen, en 1948. El transistor llevó a la implementación de los circuitos integrados en 1961 y su espaldarazo se produce a principios de 1964, fecha en la que nacieron los circuitos integrados de baja escala de integración (SSI). Mientras que en 1971 Marcian Hoff y otros pioneros de la microelectrónica sorprendieron con la puesta en el mercado de los circuitos integrados de alta escala de integración (LSI) y poco más tarde nació los chips de muy alta escala de integración (VLSI).

Aunque los conceptos generales se mantenían en comunicaciones y en computación, las dos décadas desde la invención del transistor, permitieron a ambas disciplinas alcanzar cambios sorprendentes.

En 1951 aparece la primera computadora producida masivamente, la UNIVAC, construidas por Business Machines Corporation (IBM). Desde este momento la cantidad de computadoras personales se han incrementado exponencialmente, creando la necesidad de intercambiar información digital una con otras. Consecuentemente, la necesidad de comunicación de datos también ha aumentado en forma considerable.

La primera red fue desarrollada desde 1965 en el MIT para ARPA (Advanced Research Projects Agency). Se denominaba red Arpanet (precursora de la actual Internet). Desde 1972 se denomina DARPA (Defence ARPA). En 1983 se formalizó la red Internet al separarse de la órbita militar (red Milnet).

La creación de esta red informática transformó, alrededor de 1970, a las comunicaciones en sistemas, cada vez con más tecnología digital. A mediados de los setenta se necesitaron nuevas formas para operar, mantener la red y el equipamiento.

Pocos años después, tres grandes áreas en las comunicaciones, toman fuerza en las comunicaciones, la fibra óptica, que mejoró enormemente la calidad y capacidad de transmisión, la telefonía móvil, que le dio flexibilidad y comodidad a las comunicaciones y las redes LAN (Local Area Networks), para comunicaciones de datos dentro de una compañía o edificio.

## *INTRODUCCION*

---

### **I-II EVOLUCION DE LOS SISTEMAS INALAMBRICOS MOVILES Y SISTEMA CELULAR**

Los sistemas inalámbricos móviles surgen frente a la necesidad del ser humano de comunicarse mientras se mantenía en movimiento. En la evolución de la tecnología para lograr este objetivo surgen los sistemas de comunicación celular, que actualmente de los sistemas inalámbricos fue el que tomó mayor empuje en la última década y el que posee gran perspectiva de futuro.

La comercialización de las comunicaciones de voz vía radio comenzó a finales de la Primera Guerra Mundial, gracias a un servicio que instaló AT&T y que permitía la comunicación radiotelefónica entre EEUU y Europa o Hawai. Este sistema operaba con conmutación manual en onda métrica.

En 1921, el Departamento de Policía de la ciudad de Detroit instaló radio receptores en 2 MHz en sus coches patrullas. Era un sistema de comunicación simplex (SX), es decir que la comunicación se realizaba en una sola dirección, hacia la patrulla, para luego los ocupantes de la misma comunicarse a través de la telefonía fija.

El primer servicio de telefonía Móvil, permitiendo la comunicación entre usuarios móviles y la red de telefonía básica, fue en 1946 en donde la FCC ( Federal Communication Commission) autorizó a la AT&T a instalar un sistema de móviles en St Louis del tipo Trunking de 120 kHz con modulación de FM. En poco tiempo se extendió a más de 50 ciudades norteamericanas. Este sistema consistía en un potente transmisor que cubría un área de 80 Km., suficiente para dar servicio a las zonas metropolitanas. Este primer servicio utilizaba conmutación manual, un operador situado en la estación base encaminaba las llamadas a través de la red telefónica.

El avance de la tecnología posibilita el estrechamiento de los anchos de bandas y la construcción de equipos de FM más evolucionados. Esto permitió mejorar la eficiencia espectral. También llegó la automatización del encaminamiento o direccionamiento automático, que le permitió al sistema móvil adquirir más flexibilidad.

En el año 1960 se generaliza una serie de avances tecnológicos, la marcación directa y el servicio full-duplex (FDX). Hasta el momento los sistemas funcionaban en modo half-duplex (HDX), mediante el PTT (push to talk), ya que la conexión full-duplex por radio requería el doble de ancho de banda.

En 1960 se introduce el sistema IMTS (Improved Mobile Telephone System), que consistía en un "Trunking" conmutado. Este sistema disponía de canales tipo full-duplex entre grupos de posibles canales por demanda e introduce la idea de celdas de servicio. Este sistema fue el precursor técnico de la telefonía móvil tal y como hoy la conocemos. Este sistema consistía en un transmisor de gran potencia (200W) en lo alto

## *INTRODUCCION*

---

de una colina y soportaba 23 canales distribuidos entre 150 y 450 MHz. Este sistema no era para nada eficiente debido a su desaprovechamiento del espectro electromagnético.

Así en 1964 y en 1969 aparecieron dos sistemas denominados IMTS-MJ y IMTS-MK, el primero operaba en la banda de 150 MHz con 11 portadoras, mientras que el segundo lo hacia en la banda de 450 MHz con 12 canales. Ambos introducían la idea de pequeñas celdas contiguas, pero no contemplaban el traspaso de una celda a otra.

En 1971 La Bell System introduce el termino celular. En esa fecha realiza sus primeras pruebas de campos de dos sistemas, el AMPS (Advance Mobile Telephone System) y el ARTS ( American Radio Telephone Service). La FCC unificó las tecnologías que tomo el nombre único de AMPS, el cual fue puesto en servicios en 1983 debido a dificultades con el plan de frecuencias. Se utilizó en la banda de 800 MHz asignada previamente por la FCC para la TV educacional.

Pero el éxito de los sistemas celulares de telefonía móvil tiene su origen en los países del norte de Europa (Suecia, Noruega, Finlandia y Dinamarca), ya que en 1981 los países escandinavos consiguieron un sistema de telefonía móvil, con gran cantidad de usuarios, mediante la estructura celular NMT ( Nordic Mobile Telephony System), desarrollada por Ericsson Radio System. Este sistema fue adoptado también por algunos países de Europa, España lo adopta en 1982 y lo ofrece en la banda de 450 MHz.

Como en Norteamérica y en Europa, el diseño del estándar PDC en Japón fue motivado a fines de 1980 debido a la saturación del sistema celular analógico y a la necesidad de nuevos y más potentes servicios. Este sistema tiene algunas similitudes con el estándar Americano IS-54 en términos de aspectos técnicos, no teniendo compatibilidad con sistemas analógicos.. El servicio comercial de una red con PDC recién entra a funcionar en 1993 en la banda de 800 MHz y en 1994 en la banda de 1,5 GHz.

En 1985 Gran Bretaña desarrolló un estándar a partir del AMPS, el sistema se denomino TACS ( Total Access Communications System) y operando en otros países como España e Irlanda.

La FCC adopto en 1980 la política de 2 empresas por área, una era asignada a una empresa con servicios de telefonía fija. La misma política se repetía para América Latina para facilitar la competencia entre empresas. Se dispone de una empresa ligada al servicio telefónico básico (denominada wire line) y la otra no-ligada a dicho servicio (non-wire-line), para establecer una base de competencia.

## *INTRODUCCION*

---

En 1988 se introduce la telefonía celular en la Argentina, antes de la privatización de Entel, con el grupo conocido como Movicom y empezó a operar con el sistema AMPS.

El desarrollo tecnológico de la electrónica de las últimas décadas también alcanzó a la telefonía móvil, dándole la posibilidad de solucionar el tamaño de sus terminales móviles y sus requerimientos de consumo.

En 1982 en el seno del Instituto Europeo de Estandarización sobre Telecomunicaciones (ETSI), se creó un grupo de trabajo francés denominado Groupe Special Mobile. Este grupo impulsó y desarrolló un estándar del que adoptó sus siglas, pero con un nuevo identificador: Global System of Mobile communication, más conocido por GSM. En los años siguientes varios países se comprometieron a cumplir las especificaciones GSM para telefonía móvil. En nuestro país comenzó a ofrecerse este sistema en 1995, existiendo dos operadores que ofrecían servicios licitándose las bandas A y B para el sistema PCS (Personal Communication System) con un máximo de 6 operadores (bandas A, B, ..., F). Los sistemas de telefonía y datos celulares se diversifican y el mercado crece rápidamente.

Gracias a la experiencia tenida con el GSM, existe una tendencia a la globalización a través de las ahora llamadas Redes de Comunicaciones Personales (PCN). Existen otros sistemas de transmisión con móviles como son: el DCS-1800 (Digital Communication System -1800) especificado por el ETSI, basado en GSM; el CDMA (Code Division Multiple Access) de la norma IS-95 desarrollada en EEUU; el sistema DECT (Digital Enhanced Cordless Telephone) que se deriva del GSM y son sistemas tipo cordless como el CT2 (Cordless Telephone 2) y el DCS-1800.

El sistema TRUNKED se utiliza para aplicaciones celulares pero con un número cerrado de usuarios, principalmente para empresas. También están los sistemas TFTS (Terrestrial Flight Telecom. System) y AMSS (Aeronautical Mobile Satellite Service) que permiten una cobertura sobre rutas de aviones y aeropuertos.

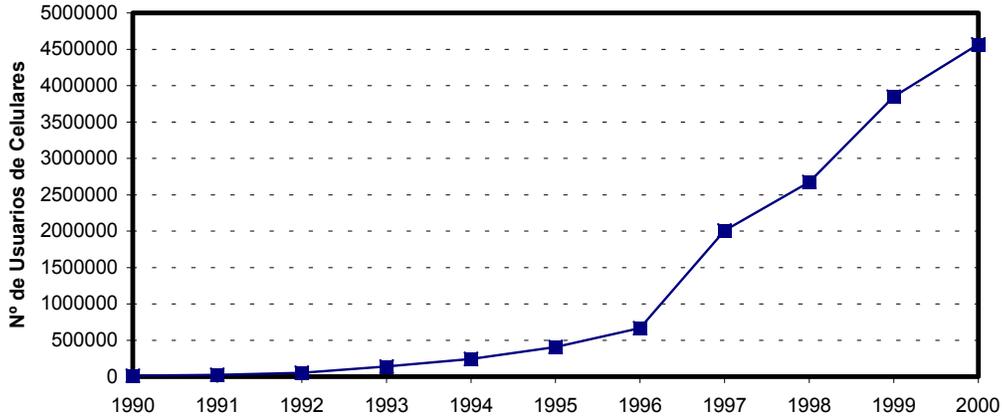
En lo que respecta a comunicación satelital está el sistema Inmarsat con una constelación de satélites geoestacionarios que brinda desde hace años servicios móviles para diversas aplicaciones. Los sistemas de cobertura mundial Globalstar y otros desarrollados mediante una amplia constelación de satélites de baja órbita.

En nuestro país las empresas Telefónicas y Telecom crean la empresa Miniphone, que comenzó a operar en 1993 con el modo dual AMPS/DAMPS, el sistema dual digital DAMPS es la extensión del sistema analógico AMPS. Estas empresas en 1996 crean Telefónica Personal y Telecom Personal y entran a operar con el mismo sistema en el interior.

También en el interior la empresa CTI (compañía de Teléfonos del Interior) empieza a operar con el estándar AMPS a finales de 1994.

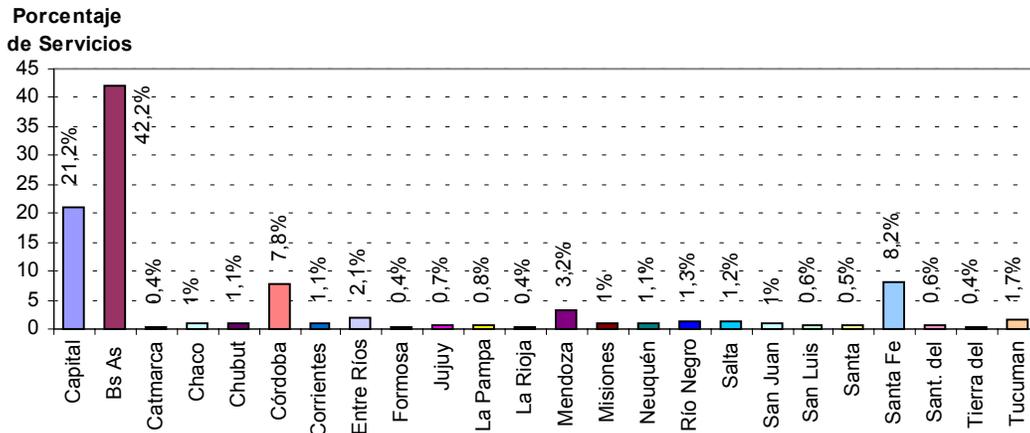
## INTRODUCCION

La evolución de los sistemas celulares en Argentina se puede ver representado en la figura 1-1 que nos muestra como ha crecido el número de abonados de los sistema celulares a través de los años.



*Figura 1-1 - Evolución de la telefonía Celular en la Argentina*

También es interesante analizar la distribución de los sistemas telefónicos en las distintas regiones del país, y la importancia que toma la telefonía celular debido a la gran extensión que se posee entre provincia y provincia. La figura 1-2 nos muestra la distribución de servicios telefónicos de cada provincia comparativamente, de donde se observa el bajo porcentual de servicios que poseen algunas provincias. Este problema podría ser rápidamente cubierto con sistemas de telefonía móvil.



*Figura 1-2 - Distribución Geográfica de Servicios Telefónicos*

Las graficas de la figura 1-1 y 1-2 fueron publicadas en Internet por la Comisión Nacional de Comunicaciones (CNC) de la Argentina.

### **I-III FUTURO DE LAS COMUNICACIONES MOVILES**

#### **I-III-I TECNOLOGIA DE LAS COMUNICACIONES MOVILES FUTURAS**

Durante estos últimos años hemos visto una notable evolución en los servicios de comunicaciones personales y uno de los sistemas que más ha evolucionados son los móviles. Esto tiene un reflejo en la demanda de servicios de comunicaciones móviles (figura 1-1).

Durante esta década , se producirán cambios fundamentales en el uso de las comunicaciones personales, redes de datos, difusión y entretenimientos, muchos de los cuales producirán un cambio revolucionario en todas las áreas. En la siguiente tabla se ilustran los servicios que actualmente están en uso y los que podrían evolucionar a mediano y largo plazo.

**TABLA 1-1 - Evolución de los sistemas inalámbricos**

<b>HOY</b>	<b>MEDIANO PLAZO</b>	<b>LARGO PLAZO</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Información "Push"</li><li>• SMS (Servicio de mensajería corta, buscapersonas)</li><li>• WAP (Servicio de Web sobre WAP)</li><li>• Voz</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Acceso a Internet y Intranet</li><li>• E-mail con gráficos e imágenes</li><li>• Multimedia "Push"</li><li>• Publicidad</li><li>• Contenidos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• M-business</li><li>• Servicios de información avanzados</li><li>• Educación y entretenimientos audiovisual</li><li>• Tele trabajo móvil</li><li>• Servicios remotos<ul style="list-style-type: none"><li>- Salud</li><li>- Diagnósticos</li><li>- Aplicaciones industriales</li></ul></li></ul>

La evolución de la tecnología hasta este momento, y el futuro de transmisión de telefonía y datos en los sistemas móviles y celular, han generado una clasificación según generaciones. Algunos autores marcan tres generaciones, la primera generación (1G) que indica el nacimiento de los sistemas móviles y celulares con métodos analógicos, la segunda generación con la evolución de la tecnología actual y los sistemas de modulación digital y la tercera generación en donde se marca el futuro de este servicio apuntando a la transmisión de multimedia sobre celulares y sistemas móviles. Otros autores subdividen aun mas esta clasificación generando una generación 2,5G

## *INTRODUCCION*

---

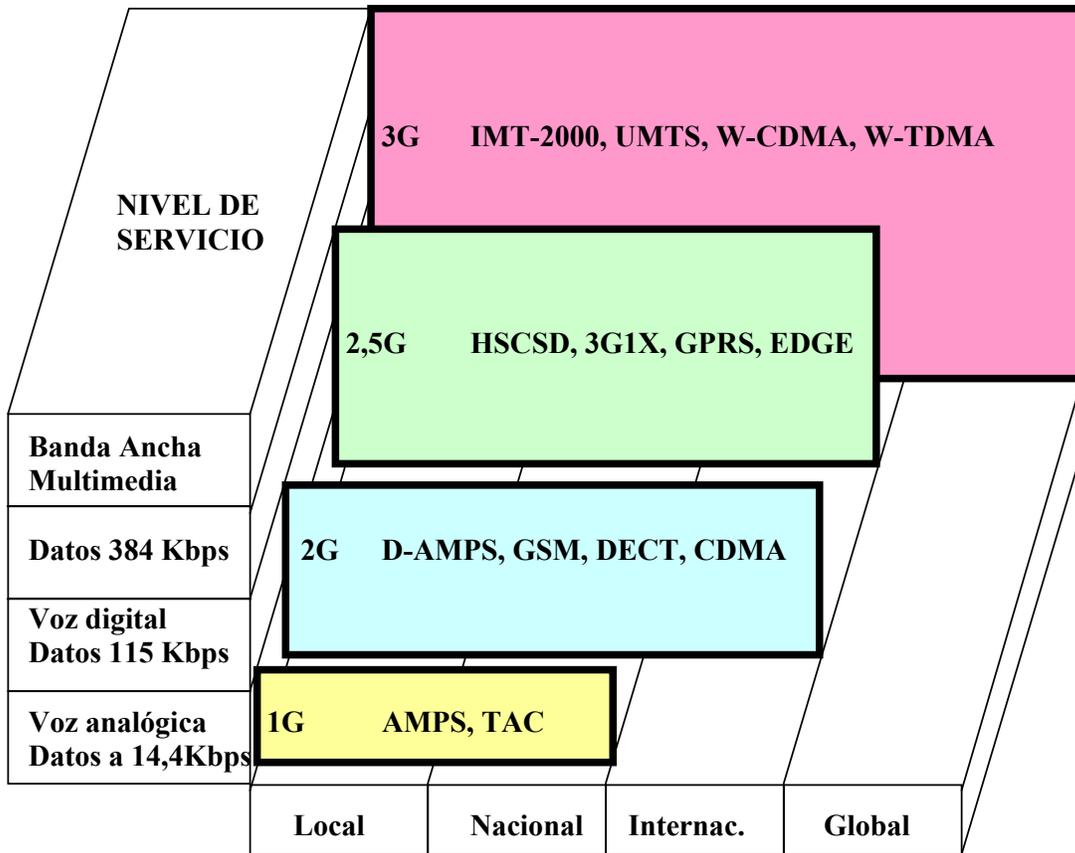
intermedia entre la 2G y la 3G, en la cual se indica las de ultima generación o de futuro inmediato. En función a lo expresado podemos realizar la siguiente clasificación :

- ◆ La **primera generación (1G)** comienza en 1971 cuando la Bell System introduce el termino “celular” y a partir de ahí comienza la evolución de la telefonía móvil básica utilizando técnicas analógicas como son AMPS y TACS. Estos sistemas lograrían transmisión de voz analógicas y transmisión de datos de velocidades de 4,8 Kbps.
- ◆ En los inicios de los años 90 los sistemas digitales comienzan a dominar el mercado y empieza la etapa denominada **segunda generación (2G)**, no siendo la época más creciente en popularidad de Internet. En consecuencia los sistemas no fueron diseñados con la capacidad suficiente para proporcionar el acceso a Internet de alta velocidad propia de las redes basadas en cable. Los sistemas implementados en 2G fueron: D-AMPS, GSM, DECT, CDMA, también los sistemas satelitales Globalstar, Odyssey e Inmarsat. Estos son los exponentes más claros de 2G en Europa y América. Con estos sistemas se logra la transmisión de voz digital y datos con una velocidad entre 9,6 Kbps a 14,4 Kbps.
- ◆ En la **segunda generación y media (2,5G)** tenemos el sistemas HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) que con tecnología de circuito conmutado logra una velocidad de transmisión de datos de 57,8 Kbps, el sistema 3G 1X que es el primer paso de la migración del CDMA, sistema que duplica la capacidad de voz y logra una velocidad de datos de 144 Kbps, el sistema GPRS (General Packet Radio Service) con la que se logra una velocidad de transmisión de datos de 115 Kbps y el sistema EDGE ( Enhanced Data Rates for GSM Evolution) con velocidades de 384 Kbps.
- ◆ Tratando de crear medios capaces de proporcionar servicios avanzados de transmisión vía radio, se crea la **tercera generación 3G** o IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000), plan lanzado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones, norma que intenta armonizar las comunicaciones. También la Unión Europea impulso un programa de investigación denominado RACE (Research on Advanced Telecommunications for Europe), cuyo objetivo era el estudio de técnicas que permitiesen la creación de un sistema de comunicaciones móviles para finales de siglo, surgiendo la norma UMTS (Universal Mobile Telephone System). Ambas se orientan a dar servicios multimedia basado en una combinación de servicios fijos y móviles, integrando todos los servicios ofrecidos por las distintas tecnologías y dando una mayor calidad de los servicios y soportando la personalización por el usuario y los servicios multimedia móviles en tiempo real. Las tecnologías asociadas a 3G son W-CDMA, W-TDMA e híbridos.

En la figura 1-3 podemos ver los servicios clasificados según las generaciones, vinculándolos con el área de cobertura y el nivel de servicio que brindan y que van a brindar en casos de los sistema futuros.

*INTRODUCCION*

---

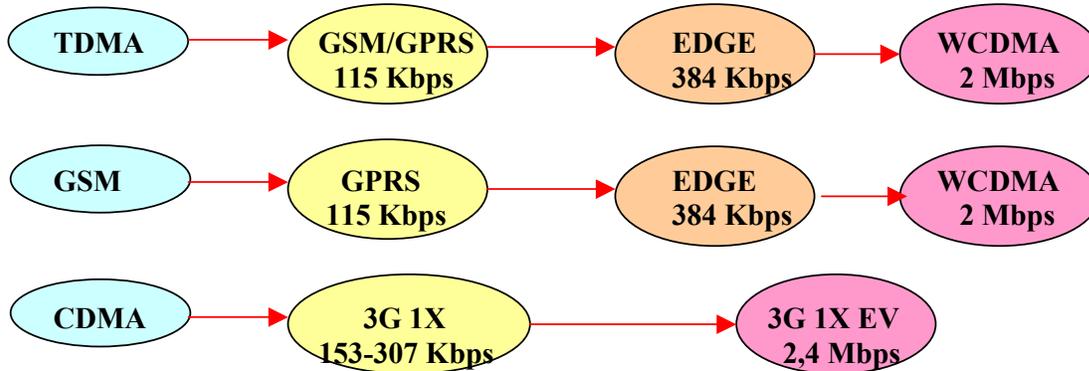


*Figura 1-3 - Servicios y cobertura de los sistema de telefonía celular*

Mientras no llega la tercera generación (3G), los operadores ven a la 2,5G como una solución viable para brindar al usuario los beneficios de la tecnología digital. Estos están interesados en dar el paso de sus redes actuales a las de 3 G no solo por lo que se refiere a los servicios, sino por el reto de optimizar sus redes. Pero el hecho de que la tecnología pueda estar disponible para llevar a cabo las migraciones, no quiere decir que el mercado lo esté. Generalmente cuando uno cambia de tecnología se presenta el problema del costo. Los operadores con tecnología analógica deberán pagar grandes costos para realizar el cambio de tecnología.

## INTRODUCCION

---



*Figura 1-4 – Posibles vías de migración hacia las 3 G*

Mientras 3G continúa con sus desarrollos, existen algunas tecnologías que están emergiendo para satisfacer una demanda creciente de mayores anchos de banda y redes más eficientes (figura 1-4). Para aquellos operadores de redes que operan tecnologías 2G basadas en TDMA, el más importante de estos desarrollos es GPRS. Estas prometen velocidades de datos de 115 Kbps y el impacto más importante será la provisión de teléfonos WAP, con mayor ancho de banda disponible y siempre conectados. Otra plataforma es EDGE, que promete velocidades de 384 Kbps y es una tecnología de acceso dentro de la familia IMT-200

Los operadores que utilizan CDMA se preparan para ofrecer servicios de alta velocidad, ya que la adecuación de la red para la emigración es relativamente fácil y no exige inversiones significativas.

En la figura 1-5 vemos la evolución de las tecnologías inalámbricas comparadas con la telefonía fija en función de sus ancho de bandas y velocidades de transmisión.

## INTRODUCCION

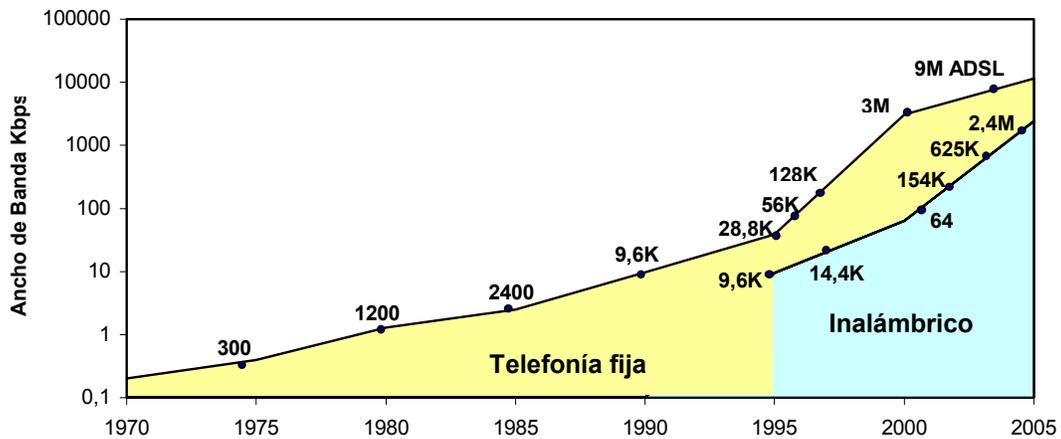


Figura 1-5 - Evolución de la tasa de datos

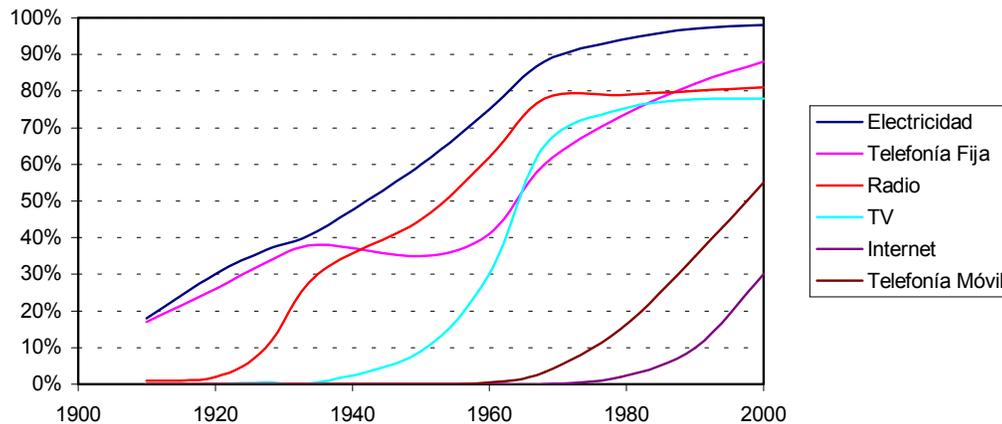
Frente a tantos sistemas y tecnologías futuras, y puesto que la característica de las comunicaciones móviles es poder transmitir información mientras el usuario se mueve, podemos decir que el objetivo de las comunicaciones móviles futuras deberá ser un teléfono personal liviano y barato que ofrezca todos los servicios y que además pueda ser empleado en cualquier lugar del mundo donde se encuentre el usuario. Es por eso que a finales de los 80, la Unión Europea impulsó un programa de investigación denominado RACE (Research on Advanced Telecommunications for Europe), cuyo objetivo era el estudio de técnicas que permitiesen la creación de un sistema de comunicaciones móviles para finales del 2000, el llamado UMTS (Universal Mobile Telecommunications Systems). Paralelamente con el mismo objetivo la ITU-R (Sección de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones) desarrolló la estandarización del denominado FPLMTS (Future Public Land Mobile Telecommunications System), luego fue rebautizada como IMT-2000.

La estandarización global es un elemento de fundamental importancia para el crecimiento de los sistemas de comunicaciones móviles de tercera generación. Esto es un factor clave para efectuar esfuerzos de estandarización de los UMTS/IMT-2000.

**I-III-II CRECIMIENTOS DE LAS COMUNICACIONES MOVILES FUTURAS**

Con respecto al crecimiento de tecnologías de tercera generación podemos decir que en agosto del 2000, existían 570 millones de usuarios móviles comparados con los 200 millones de usuarios de Internet. No sería sorprendente que la cantidad de dispositivos móviles capaces de acceder a Internet superen en el futuro la cantidad de computadoras personales conectadas a Internet.

Actualmente, ambas penetraciones, móviles e Internet están describiendo la porción exponencial de su curva de crecimiento, tal cual se ilustra en la figura 1-6.



*Figura 1-6 – Penetración de servicios a nivel residencial en los Estados Unidos (fuente US Bureau of Census, 1996).*

Aunque no es de esperar un crecimiento de Internet móvil de manera automática e instantánea, se tendrá un crecimiento importante siempre y cuando se ofrezcan servicios que realmente cubran las necesidades de los usuarios. La movilidad es una condición necesaria pero no suficiente para su éxito.

El crecimiento de usuarios de Internet se da a una velocidad de medio millón por día. Al mismo tiempo en todo el mundo un cuarto de millón de nuevos subscriptores se suman a los servicios de telefonía móvil. Durante el periodo 2002 al 2003 alcanzarán los 1000 millones de usuarios móviles en todo el mundo. A la telefonía móvil le tomará 10 años alcanzar la marca de 1000 millones de usuarios comparada con los 130 años que les llevo a las redes fijas (figura 1-7)

## INTRODUCCION

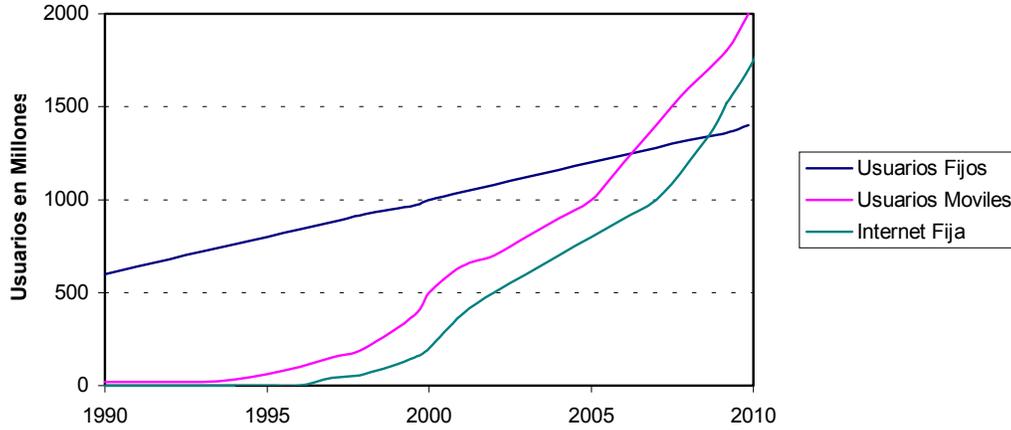


Figura 1-7 – Usuarios fijos, móviles e Internet a nivel mundial (fuente ITU)

La Unión Internacional de Telecomunicaciones, en su Informe de Desarrollo de las Telecomunicaciones en 1999, preveía mayor cantidad de abonados móviles que fijos para el año 2007. Estudios más recientes anticipan esa fecha para el año 2003.

La adopción de los sistemas 3G es lenta en sus comienzos dados los plazos involucrados en los procesos de licenciamiento y despliegue de las redes tal cual se puede ver en las figuras 1-8 y 1-9. No obstante se prevee una adopción más rápida en países en desarrollo.

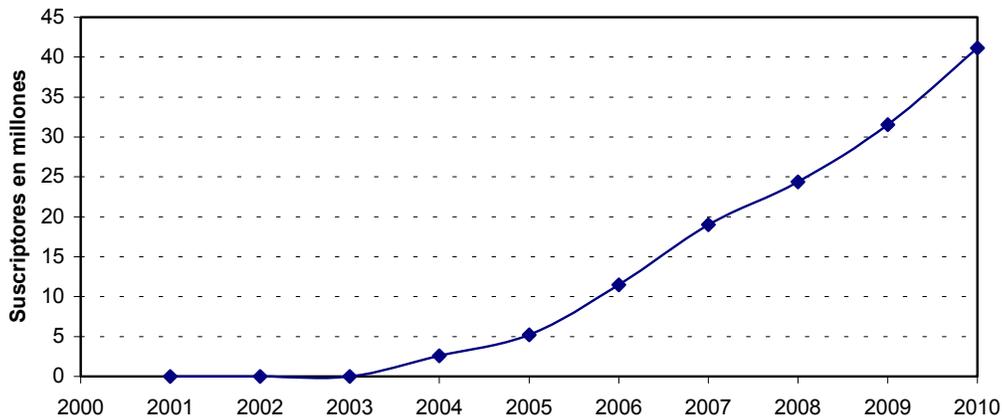
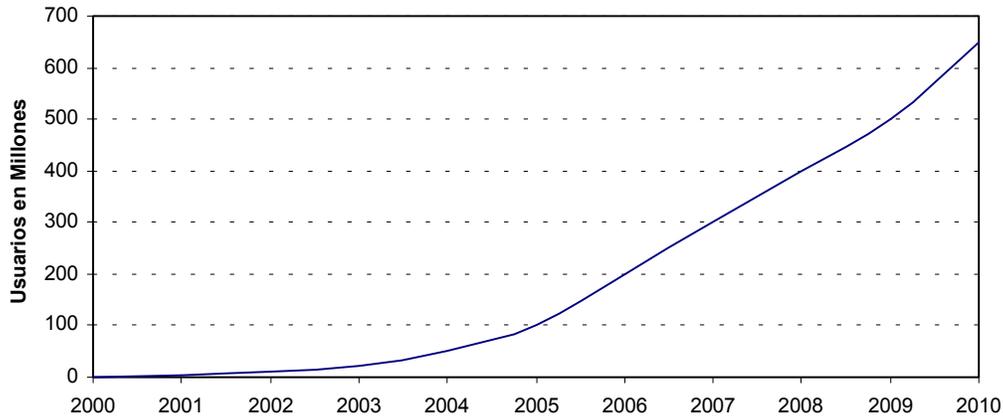


Figura 1-8 – Estadística de demanda de servicios de 3G en Latinoamérica.

## INTRODUCCION

---



*Figura 1-9 – Estadística de usuarios mundiales de 3G.*

La convergencia de las comunicaciones, la información, el entretenimiento, el comercio y la informática, como resultado de los avances tecnológicos en áreas tales como la informática, la televisión interactiva e Internet, sentarán las bases para el desarrollo de las comunicaciones.

El futuro de la sociedad de la información inalámbrica, no estará impulsada por la tecnología. Los usuarios decidirán cuales son los servicios apropiados para satisfacer sus necesidades. La tecnología solo define los límites de lo que se puede alcanzar. La telemedicina puede ser uno de esos servicios y podrán ser implementados con gran eficiencia sobre 3G, ya que ésta podrá dar funcionalidad de interactividad, movilidad, gran ancho de banda y posicionamiento.

**I-IV REFERENCIAS**

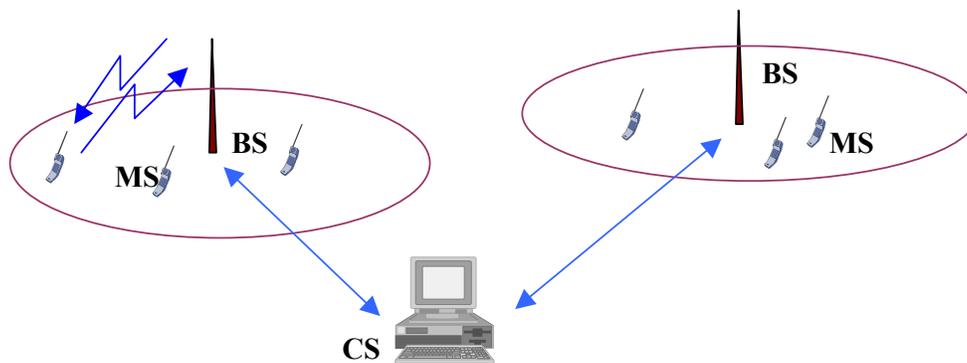
- ❖ The Communications Handbook – Editor in Chief Jerry Gibson – A ARC Handbook Published in Cooperation with IEEE Press.
- ❖ Comunicaciones Celulares – J. Reig Pascual, E. E. Del Valle, N. Cardona Marcet, L. Rubis Arjona, S. Flores Asenjo y L. J. Yacer – Editorial Universitaria Nacional del Nordeste.
- ❖ Sistemas de Comunicaciones Electrónicas – Wayne Tomasi –Prentice Hall.
- ❖ Camara Argentina de Industrias Electrónicas – [www.cadie.org.ar/3G.htm](http://www.cadie.org.ar/3G.htm).
- ❖ Comisión Nacional de Comunicaciones – [www.cnc.gov.ar](http://www.cnc.gov.ar)
- ❖ Manual de las Telecomunicaciones – Roberto Angel Ares – [rares@nss.com.ar](mailto:rares@nss.com.ar) - Edición Junio 1999.

# COMUNICACIONES INALAMBRICAS

## II-I ESTÁNDAR DE COMUNICACIONES INALAMBRICAS

El objetivo fundamental de las comunicaciones inalámbricas es dar servicios a equipos en movimiento. Hay una variedad de sistemas que cumplen dichos objetivos con distintas características que trataremos de clasificar y ordenar en los párrafos siguientes.

Un sistema de comunicaciones inalámbrico básico estará formado por: estaciones móviles (MS), estaciones base (BS) y una estación central (CS). La arquitectura responderá al esquema de la figura 2-1.



*Figura 2-1 Sistemas inalámbricos*

Las estaciones bases son fijas y se comunican con los móviles de su zona y a su vez son controladas y coordinadas por la estación central, esta permite el enlace entre estaciones base. Las estaciones con movilidad pueden ser del tipo portátil (de mano o de bolsillo) o transportables a bordo de un vehículo

Todas las comunicaciones móviles siguen en forma aproximada esta estructura

Las comunicaciones inalámbricas móviles para uso en telefonía y transmisión de datos se pueden subdividir en los siguientes grandes grupos:

- Comunicaciones de Telefonía Celular
- Comunicaciones de Telefonía Inalámbricas
- Comunicaciones Inalámbrica de Datos (Wireless Data)
- Sistemas de Comunicaciones Personales (PCS)

Las configuraciones celulares, inalámbricas, y de servicios privados típicas de red que se representan en este capítulo son los modelos de referencia, que pueden no aplicarse en todos los sistemas, pero son representativos de muchos de ellos.

## II-II ESTRUCTURA DE LAS REDES CELULARES

La estructura de redes celulares revolucionó los servicios telefónicos inalámbricos tradicionales, creando un nuevo ambiente para estos servicios y los que con el avance tecnológico se van acoplando. El concepto de redes celulares esta basado en subdividir áreas geográficas relativamente grandes en secciones pequeñas llamadas celdas o células. En este sistema de celdas se aplica el concepto de reuso de frecuencias incrementando dramáticamente la capacidad de un canal de telefonía móvil. El reuso de frecuencia es cuando un conjunto de frecuencias (canales) se puede asignar a mas de una célula, siempre y cuando las células estén a una cierta distancia de separación. Esto hace que el sistema permita que un gran número de usuarios comparta un número limitado de canales de uso común en una región y que pueda ir creciendo a medida que distintas zonas requieran de dicho servicio.

Las arquitecturas de un sistema celular son muy similares. Los elementos básicos son las estaciones móviles (MS) o equipos de abonados y las estaciones bases (BS) consistente en uno o más transeptores y un controlador de estaciones base (BSC) que realiza la parte software. Estas estaciones base están conectadas a los centros de conmutación de móviles (MSC).

Las típicas arquitecturas de una red celular es la mostrada en la figura 2-2.

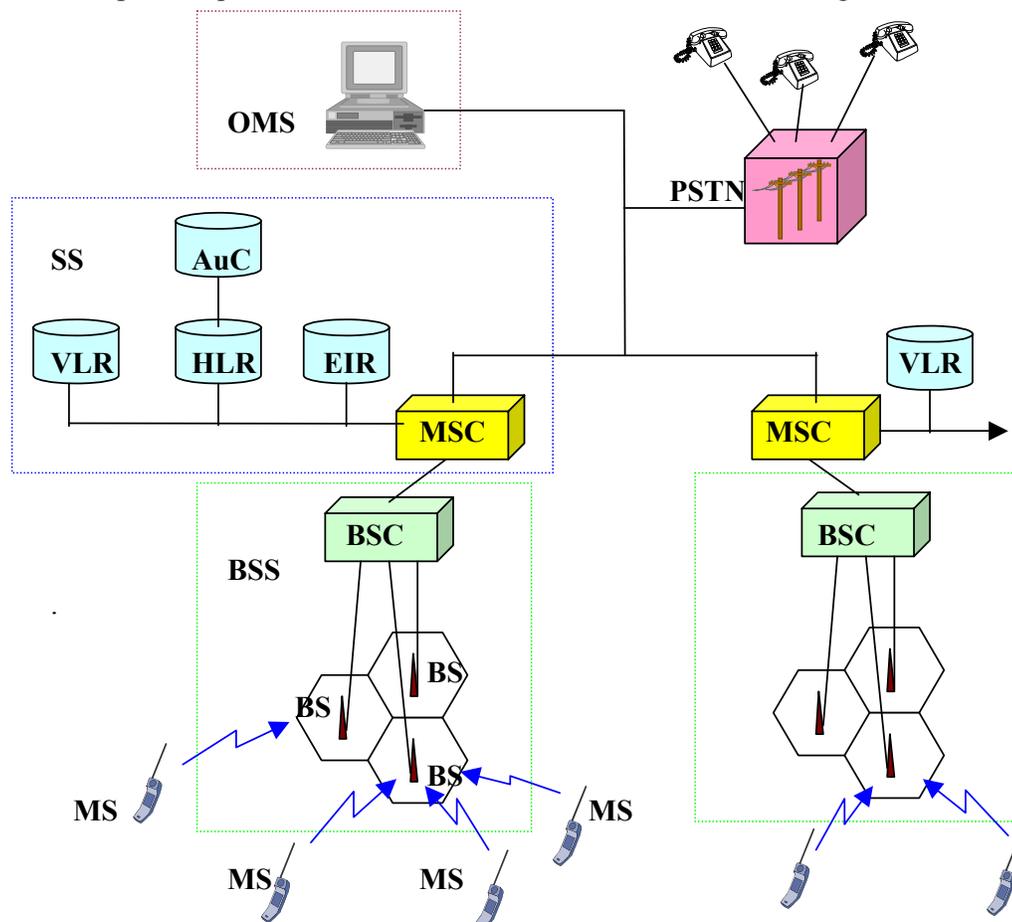


Figura 2-2 - Estructura de Redes Celulares

La red celular se encarga de encaminar las llamadas originadas por los móviles a través de la misma red, hasta otros terminales móviles o bien por la red telefónica pública conmutada (PSTN) hasta un terminal fijo.

Los estándares describen las funciones de cada elemento y los protocolos utilizados entre ellos

Los elementos básicos de una red de telefonía celular, como se observan en la figura 2-2, son los siguientes:

- Estaciones Móviles (MS).
- Sistemas de Estaciones Base (BSS)
- Sistema de Conmutación (SS)
- Sistema de Operación y Mantenimiento (OMS)

A continuación describiremos brevemente cada uno de ellos:

**Estaciones Móviles (MS):** Son los usuarios que poseen un sistema móvil para su comunicación. El enlace de estos móviles se realiza con las estaciones base BS que son los centros de recepción de cada célula. Se pueden distinguir varios tipos en función a su potencia y aplicación, los instalados en vehículos pueden tener mayor potencia que los equipos de mano o equipos portátil.

**Sistemas de Estaciones Base (BSS):** Es responsable de las funciones de radiocomunicación, como son: manejo del traspaso de llamadas entre células en el área bajo su control y control del nivel de potencia de la señal tanto de las estaciones móviles como de las estaciones base. Consta de las siguientes estaciones:

- Controlador de Estaciones Base (BSC): Hace de interfaz entre el sistema de estación base y el sistema de conmutación. Realiza las siguientes funciones: gestión de los canales de radio, supervisión de las estaciones base, traspaso entre canales de la BSC, gestión de la transmisión hacia la estación base, etc.
- Estaciones Base (BS o BST): O también llamada Transeptores de Estación Base, proporciona cobertura radioeléctrica a una célula (o a varias si se usa sectorización). Incorpora todos los equipos de radio necesarios para comunicar con las estaciones móviles de cada célula. Las funciones más importantes son: codificación / decodificación de los canales, cifrado / descifrado y medida de la intensidad de la señal.

**Sistema de Conmutación (SS):** Constituye la interfaz entre la red de telefonía móvil y la Red de Telefonía Pública Conmutada (PSTN). Es el cerebro del sistema y su parte técnica resulta la más compleja. Gestiona los datos de los abonados al servicio, incluida su posición geográfica en cada momento (a que célula está conectado). Se encarga de las funciones de conmutación y establecimiento de llamadas, así como el análisis de numeración, autenticación y tarificación. Consta de los siguientes elementos funcionales:

- Central de Conmutación de Móviles (MSC): Básicamente se ocupa de la conmutación telefónica. Realiza las funciones de establecimiento, enrutamiento,

control y terminación de las llamadas, gestión de servicios suplementarios y recogida de datos de tarificación y contabilidad, gestión de Hand-off (traspaso de llamadas) entre centrales. El hand-off lo realiza conjuntamente con el BSC, el cual envía una petición de hand-off (por el nivel de señal recibido medido por BS) y el MSC que posee los datos de los móviles autoriza el hand-off.

- Registro de Abonados Locales (HLR): Es la base de datos local que contiene información de todos los abonados móviles, relativa a su subscripción y servicios suplementarios. Normalmente un HLR proporciona servicios a varios MSC. También guiará información de la situación de los abonados, de forma que las llamadas entrante se puedan encaminar correctamente
- Registros de Abonados Visitantes (VLR): Se trata de una base de datos que utiliza una MSC para todos los abonados que en un momento dado están en su área de servicios. Estos datos se obtienen, por medio de la red, del HLR donde esté subscripto ese usuario.

El hecho de tener dos registros diferentes con información casi duplicada se debe a que ambos se usan para mantener localizados a los móviles. Cuando un abonado conecta su equipo (para realizar un llamado o para mantener en modo stand by), éste se identifica al BS más cercano. Si la célula en la que se encuentra, está incluida en la zona asignada al HLR donde el abonado ha sido dado de alta, el MSC correspondiente actualizará, si fuese necesario, la información de este registro. Si no es así, el inscribir al móvil como visitante en el VLR propio, notificando tal situación al HLR del abonado, el cual utilizará esta información para desviar las llamadas a dicho móvil.

- Centro de autenticación (AuC): Contiene las claves de identificación de los abonados que permite una aprobación para el acceso a la red. Actúa en el momento de autenticación.
- Registro de Identidad del Equipo (EIR): Es una base de datos que guarda información relativa al equipo móvil (fabricante, número de serie, etc.). Se puede utilizar el EIR para bloquear estaciones móviles robadas, protegerlas contra usos indebidos y realizar estadísticas.

**Sistema de Operación y Mantenimiento (OMS):** El sistema de operación y mantenimiento, centralizado y remoto, proporcionará los medios para poder llevar a cabo una eficiente gestión de la red, tanto de la parte de conmutación como de la de radio.

Las ventajas de los sistemas celulares a otros sistemas inalámbricos, es que esta pensado para cubrir grandes áreas en base a celdas, haciéndolo escalable fácilmente. Mas detalle del funcionamiento de este sistema de comunicaciones será dado en el capítulo III.

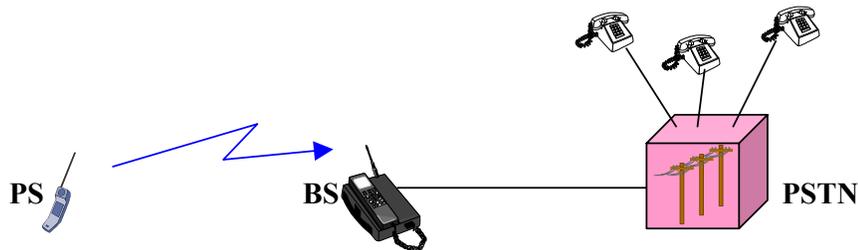
### II-III EXSTRUCTURAS DE TELEFONIA INALAMBRICA

Paralelamente con el auge de la telefonía móvil, se ha registrado un desarrollo muy grande en los denominados teléfonos inalámbricos (Cordless). El desarrollo de la microelectrónica permitió la aparición de equipos terminales móviles de consumo, tamaño y peso reducido, lo que facilitó el uso de la telefonía inalámbrica en hogares, oficinas, lugares públicos, etc. En este tipo de servicios existe una pequeña estación base conectada a la línea telefónica y que da servicio, en un radio de unos pocos centenares de metros, a uno o varios teléfonos portátiles, permitiendo una completa movilidad de los usuarios

La configuración de red de telefonía inalámbrica dependerá de la aplicación, por lo tanto estos sistemas pueden dividirse en forma general en:

- Residencial
- Acceso publico
- Industrial

Para el uso residencial es un sistema muy sencillo, la estación móvil (PS) se comporta como un teléfono regular y tiene acceso directa al PSTN con el BS privado como se observa en la figura 2-3.



*Figura 2-3 - Estructura Inalámbrica Residencial*

En sistema del público-acceso, BS están conectados con un intercambio local (LE) que contiene una base de datos local (DB) usada para el registro del suscriptor y la gerencia de la movilidad en el área de cobertura (figura 2-4). Los LEs están conectados con el PSTN (con el fin de encaminar el tráfico) y con los elementos centralizados del sistema inalámbrico (para señalar intercambio). Estos elementos centralizados realizan las funciones de control (identificación, carga, dirección de la red) y pueden contener una base de datos centralizada que actualizan las localizaciones de los suscriptores, por lo tanto, permitan el encaminamiento de llamadas entrantes.

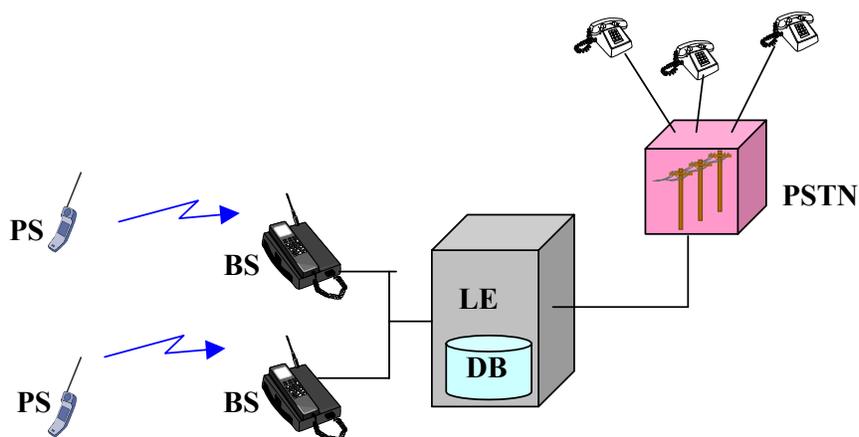


Figura 2-4 - Estructura Inalámbrica de Acceso Público

Para las aplicaciones de negocio, el mismo intercambio de ramificación automática privada (PABX) se puede utilizar para el alambre y el acceso sin hilos. El PABX sin hilos (WPABX) interconecta los BSs de la red privada. Los suscriptores inalámbricos pueden por lo tanto tener acceso a otros suscriptores vinculados con alambre privado o al PSTN (figura 2-5). El WPABX incorpora generalmente el DB del suscriptor y las funciones de control del sistema inalámbrico.

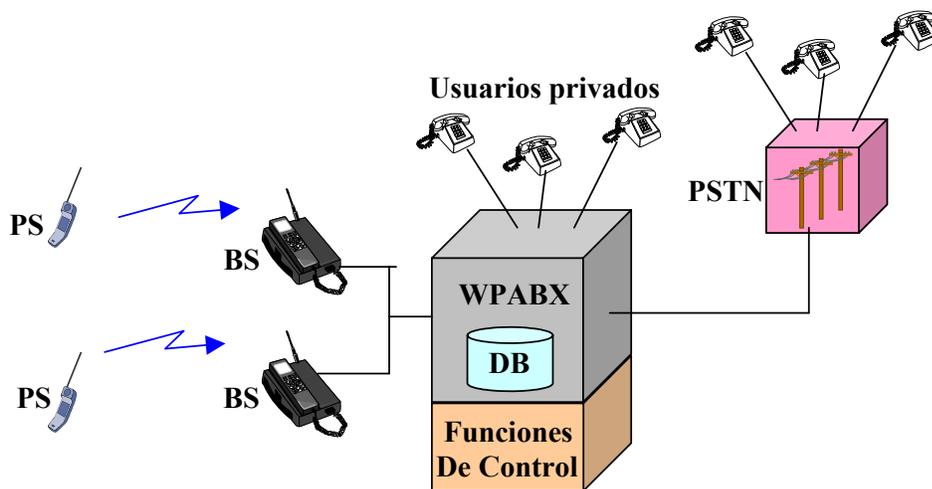


Figura 2-5 - Estructura Inalámbrica Comercial

Estos sistemas se desarrollaron al amparo de las comunicaciones celulares de primera generación y en un primer momento no se vieron sujetos a reglamentación ni norma alguna, fundamentalmente por su pequeña zona de cobertura. Pero debido a la creciente popularización y crecimiento del mismo, se produjo un alto nivel de interferencia, obligando a los organismos internacionales a regular el servicio.

## II-IV COMUNICACIONES INALÁMBRICAS DE DATOS (WIRELESS DATA)

En sistemas telefónicos inalámbricos, el WLL (WireLess Local Loop) se trata de un sistema de acceso a usuarios mediante un canal radioeléctrico. Evitando de tal forma la planta externa de cobre convencional. Se reemplaza por un acceso inalámbrico constituido por una antena angular que abarca la zona a ser cubierta. El usuario dispone entonces de una movilidad reducida dentro de la zona de cobertura. No dispone de handoff. Los mismos sistemas celulares se han adaptado a esta aplicación.

Estos sistemas inalámbricos también se aplican en la transmisión de datos, pudiéndolas clasificar de la siguiente manera:

- LAN inalámbricas (WLAN- Wirless LAN)
- Redes Inalámbricas de Areas Personales (WPAN- Wireless Personal Area Networks)
- Redes de Area Hogareñas (HAN- Home Area Networks)

dado por los servicios que brindan los estándar IEEE 802.11, Bluetooth, IEEE 802.15, HomeRF, Phonline y otros.

Las redes hogareñas (home area networking, HAN), que es la conexión de múltiples aparatos en el hogar (PC, teléfono, equipos de videos, tostadora, cafetera, etc.) a una simple red de datos. Las redes inalámbricas de áreas personales permiten aplicaciones sobre sensores, juguetes, monitores de salas, periféricos de computadoras, controles remotos, automatización de hogares y otras aplicaciones. Mientras que las LAN inalámbricas como su nombre lo indica son la implementación de redes de área local a través de equipos inalámbricos.

Una comparación del estándar más clásico lo vemos en la siguiente tabla.

	Bluetooth	Home RF	IEEE 802.11b
Optimizada para	PDA/Cell Phone	Voz y Datos	Ethernet Inalámbrica
Velocidad	300-400 K	1M	5M
Potencia	Baja	Baja	Media
Topología	Punto Multipunto	Peer-Peer	Peer- Peer
Frecuencia	2,4 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz
Modulación	CDMA/FHSS	CDMA/FHSS	CDMA/DSSS

El estándar Bluetooth fue bautizado por un ingeniero de Intel, a la que le apasionaba la historia y geografía, en memoria del rey de Dinamarca Herald Blatand apodado colmillo azul (Bluetooth). Este rey Vikingo unificó el reinado de Dinamarca y Noruega, a similitud de la tecnología que unifica las comunicaciones y la computación. Con el criterio de que el ser humano no está conectado a un cable, esta tecnología promete conectar todos los aparatos que nos rodean en este mundo moderno en forma

inalámbrica y económica. El bajo costo permitirá que cualquier equipo electrónico o eléctrico incorpore una placa de comunicación de Bluetooth y permita su interconexión con una PC, notebook, laptop, PDA a través de una red inalámbrica (figura 2-6).

De la misma forma la tecnología IEEE 802.11b se integra en otros productos, en particular las notebooks. Esta tendencia continuará con los productos dirigidos a los hogares, las oficinas pequeñas e incluso las grandes corporaciones.

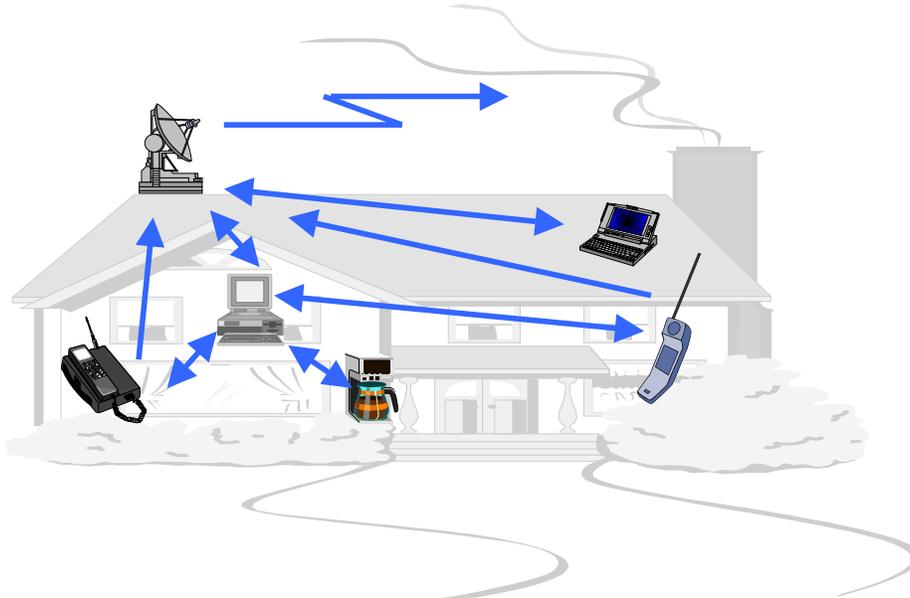


Figura 2-6 Red inalámbrica hogareña

Estas LAN inalámbricas tienen algunas propiedades diferentes que las LAN convencionales y requieren un protocolo especial para el subnivel MAC. El problema es que antes de comenzar una transmisión, una estación realmente quiere conocer si hay o no actividad alrededor del receptor. El acceso múltiple sensible a portadora (CSMA) simplemente dice si hay o no actividad alrededor de la estación mirando el canal. En las LAN cableadas, todas las señales se propagan a todas las estaciones y sólo una transmisión puede colocarse a la vez en el sistema. En un sistema basado en ondas de radio, múltiples transmisiones pueden ocurrir simultáneamente, si tienen diferentes destinos y estos están fuera del rango de los otros.

Un primer protocolo diseñado para redes inalámbricas LANs es MACA (Múltiple Acces with Collision Avoidance). Se utilizó como base para el estándar IEEE 802.11 de redes inalámbricas. La idea básica es que el emisor, para estimular al receptor, le manda una trama corta, así estaciones cercanas pueden detectar esta transmisión y evitarán transmitir a la vez el tiempo que tarde la transmisión.

El transmisor comienza enviando una trama RTS (Request to Send) al medio. Esta trama corta (30 byte) contiene la longitud de la trama de datos que se enviará a continuación. El receptor responderá con una trama CTS (Clear to Send). La trama CTS contiene la longitud de los datos (copiados desde la trama RTS). Una vez recibida la trama CTS el transmisor comienza a enviar los datos. Las demás estaciones

permanecerán en silencio hasta que se envíen todos los datos, escuchando tanto el RTS o el CTS que llevan la información de la longitud de los datos que serán enviados.

A pesar de estas precauciones las colisiones todavía ocurren, por ejemplo en el caso que dos estaciones envíen simultáneamente el RTS. En una colisión, una transmisión espera un tiempo aleatorio e intenta transmitir otra vez más tarde. El algoritmo usado es el binario exponencial (Backoff), el cual está incluido en el estándar IEEE 802.3 para LAN.

Basado en simulaciones del método MACA, se obtuvo el protocolo MACAW. Para comenzar, diremos que las tramas perdidas no son retransmitidas en el nivel de enlace sino que se debe esperar a que la información llegue al nivel de transporte, o sea, mucho más tarde. Esto es resuelto, obligando al receptor a enviar una trama ACK cada vez que la información llega correctamente. Además el algoritmo backoff se ejecuta para cada trama de datos (fuente-destino) mejor que para cada estación. Este cambio provoca la imparcialidad del protocolo. Finalmente se añade un mecanismo para estaciones que intercambian información sobre congestión y para hacer que el algoritmo de backoff no reaccione tan violentamente ante problemas temporales.

## **II-V ESTRUCTURAS DE SISTEMAS DE COMUNICACIONES PERSONALES**

La configuración de red de PMR es similar a las redes celulares, el BSS está constituido por la estación base BS y el regulador local de la estación (LSC). El LSC contiene una copia del registro de la localización de los suscriptores (LR), las llamadas locales (que representan una parte significativa del tráfico) se pueden establecer y encaminar localmente en el BSS (figura 2-7).

Las llamadas fuera de la red se encaminan a través del MSC y tienen acceso a otras redes (PSTN/ISDN/PDN), o los dispositivos (PABX) se pueden proporcionar en el nivel del MSC o de BSS. El trabajo entre diversas redes de PMR del mismo estándar se proporciona a través de los móviles intersistemas de la interfaz (ISI).

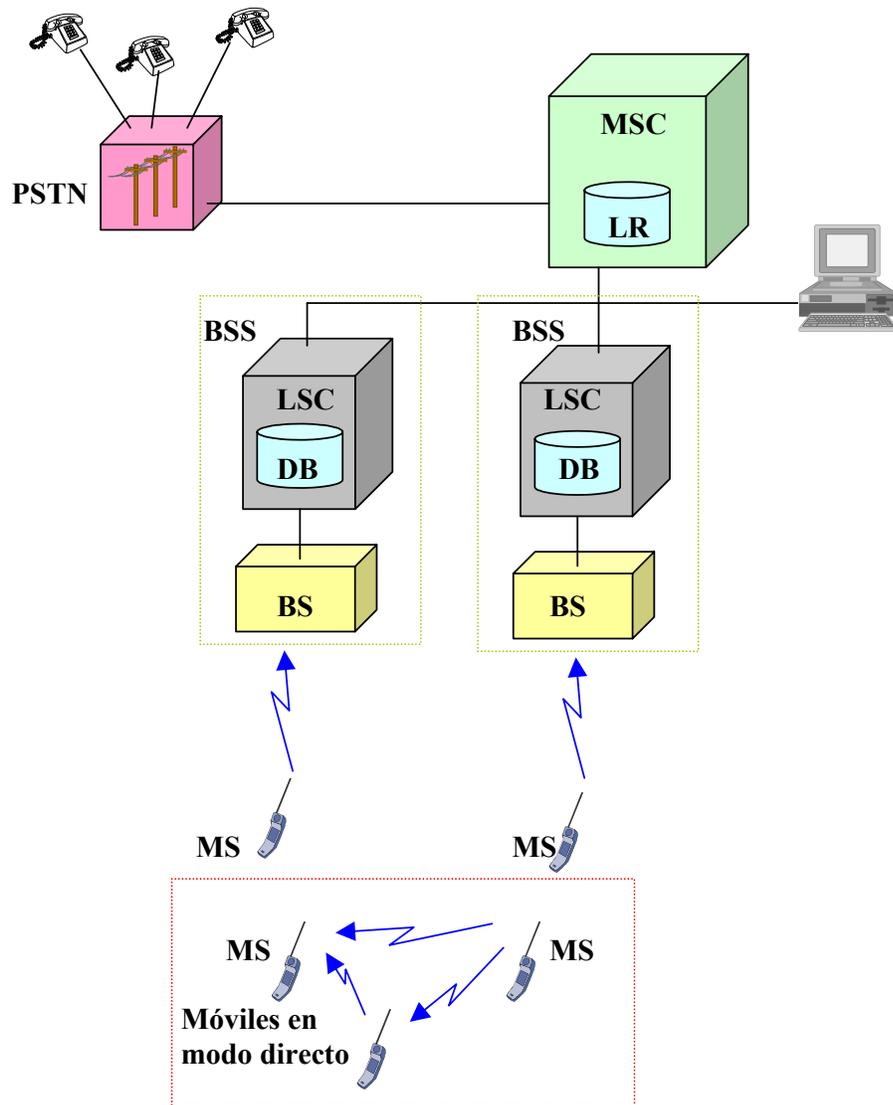


Figura 2-7 - Estructura Inalámbrica de Sistemas de Comunicaciones Personales

Dos sistemas de segunda generación que se utilizan en PMR son el Trans European Trunked Radio (TETRA) y Associated Public Safety Communications Officers Project 25 (APOC25).

Debido a la necesidad de sistemas para PMR y la de cubrir grandes áreas, la European Comisión y ETSI deciden en 1988 lanzar un estándar para un nuevo sistema trunked digital para PMR llamado TETRA. Este estándar incluye tres estándares, interfaz de voz mas datos (V + D), optimización de paquetes de datos (PDO) y operación en modo directo (DMO), todos basadas en características técnicas similares.

TETRA ofrece un ancho rango de servicios y facilidades, permitiendo ambas operaciones típicas de PMR (en forma directa o a través de la red) y más aplicaciones de avanzada (seguridad en voz y datos, transferencias de archivos, etc.). La conexión orientada a circuitos o sin conexión (paquetes de datos) son servicios que han sido

definidos con un máximo de velocidad de uso de 19,2 Kbps o bien como mensajes cortos (SMS). Alrededor de 30 servicios suplementarios han sido especificados para este estándar.

Este sistema es capaz de operar en bandas de frecuencias entre 150 y 900 MHz y su diseño es comúnmente utilizado en la banda de 400 MHz. La interfaz de V+D usa acceso TDMA/FDD, con cuatro canales por portadora, modulación  $\pi/4$  DQPSK, codec para voz CELP y corrección de errores CRC. Los protocolos que se utilizan poseen una cierta similitud con los protocolos de GSM y del sistema DECT, pero esta optimizado para soportar los aspectos específicos del TETRA.

Las interfaces V+D incluye una serie de aspectos de avance, como el restablecimiento de la llamada (handover), transmisión trunking (la radiofuente es localizada solo por la duración de una llamada y luego liberada) y control de potencia de subida.

El PDO es muy similar a la V+D, excepto en él tráfico de transmisión de datos que no está basado sobre una locación de tiempo fijo de slot, y se realiza sobre una técnica de acceso acoplado con una contención de protocolo (Reservation-ALOHA). Las interfaces DMO dispone de una comunicación simple entre móviles. Este es derivado del V+D utilizando un canal por portadora.

El estándar TETRA es deseable para pequeños y grandes sistemas, comunicaciones en trunking, como bien para redes cerradas (dedicados a usuarios particulares privados).

El estándar APCO25 es un proyecto entre Associated Public Safety Communications Officers (APCO) y la National Association of State Telecommunications Directors (NATSTD) y un número de agencias federales de US. El propósito del proyecto 25 es desarrollar un estándar para radio móvil digital, utilizados para requerimientos públicos seguros. Este estándar es un sistema abierto, permitiendo interoperabilidad. El objetivo es proveer funcionalidad y maximizar la eficiencia espectral.

El servicio definido es de voz digital (individual, en grupos y broadcast), servicio con conexión orientada a circuitos, sin conexión (paquetes de datos) y un suplemento de servicios incluyendo encriptación.

Las interfaces tienen un esquema de acceso FDMA/FDD, el estándar opera en varias bandas entre 100 MHz a 1 GHz.

Vemos que muchos de las comunicación inalámbricas analizadas en este capítulo podrían perfectamente soportar aplicaciones de telemedicina, o alguno de ellos ya lo hacen. Pero comparando los sistemas desde el punto de vista de la eficiencia con respecto a la funcionalidad, movilidad global, ancho de banda y evolución en el futuro hemos seleccionado al sistema de telefonía celular para implementar nuestro objetivo.

**I-IV REFERENCIAS**

- ❖ The Communications Handbook – Editor in Chief Jerry Gibson – A ARC Handbook Published in Cooperation with IEEE Press.
- ❖ Comunicaciones Celulares – J. Reig Pascual, E. E. Del Valle, N. Cardona Marcet, L. Rubis Arjona, S. Flores Asenjo y L. J. Yacer – Editorial Universitaria Nacional del Nordeste.
- ❖ Manual de las Telecomunicaciones – Roberto Angel Ares – [rares@nss.com.ar](mailto:rares@nss.com.ar) - Edición Junio 1999.
- ❖ Bluetooth - Frecuencia – Noviembre/Diciembre 2000 – Edición 23 – pagina 10 - [www.FrecuenciaOnline.com](http://www.FrecuenciaOnline.com)

# COMUNICACIONES CELULARES Y MOVIL IP

## III-I ARQUITECTURA FUNCIONAL E INTERFACE DE UN SISTEMA CELULAR TIPICO

### III-I-I ESTRUCTURA Y TOPOLOGÍA DE SISTEMAS CELULARES

En los sistemas de comunicaciones inalámbricas, las comunicaciones base-movil o movil-movil en una frecuencia especifica solo es posible si no se supera una distancia entre ellos denominada radio de cobertura, recordemos que la atenuación es inversamente proporcional a la distancia al cuadrado, cuyo valor es dependiente también del despeje que posean las antenas de los equipos, o sea a la altura de las antenas de las estaciones móviles y de las estaciones base.

Las comunicaciones en los sistemas celulares se basan en subdividir la superficie total a cubrir en zonas más pequeñas llamadas celdas o células, a las que se le asigna una estación base con un cierto número de frecuencias o canales.

Como el espectro radioeléctrico y el número de canales o comunicaciones posibles al mismo tiempo son limitados, se puede dividir la superficie total a cubrir en celdas de modo que las frecuencias que se usan en una celda puedan ser reutilizadas en otra celda lejana (reuso de frecuencia).

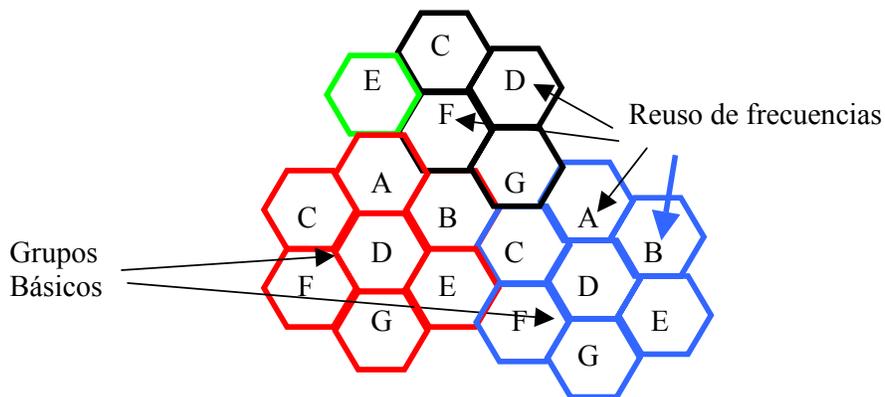


Figura 3-1 Estructura Celular

Separando adecuadamente las celdas a una distancia (llamada distancia cocanal o de reutilización) determinada por la relación de protección de RF, puede reutilizarse el mismo juego o conjunto de frecuencias en diversas celdas. Reutilizando frecuencias, un sistema celular puede cursar un trafico superior al numero de frecuencias asignadas a la banda. En la practica, el número total de canales disponibles se divide entre las celdas de una configuración unitaria básica denominada *grupo básico*. Un tamaño típico para el grupo es siete si las estaciones base utilizan antenas omnidireccionales, nombrándose las celdas de la letra A a la G (figura 3-1).

Cada celda a su vez utiliza para la comunicación ascendente y descendente en cada frecuencia asignada por el sistema FDD (Frecuency Duplexion División).

Las formas geométricas más convenientes para las celdas a de estar de acuerdo con los siguientes criterios:

- Se debe preocupar que no existan huecos o solapamientos en los bordes.
- Se debe buscar la forma que para un radio dado se obtenga la mayor superficie posible. De esta manera se utilizarán un menor número de células para servir la misma zona de cobertura y, por lo tanto utilizar menor número de frecuencias.

Estos dos criterios quedan satisfechos con la superficie hexagonal (figura 3-1). En la realidad las superficies no son hexagonales, ya que las irregularidades de la propagación electromagnética en el terreno y por los obstáculos impiden dicho objetivo.

En realidad las células no son hexagonales, sino que tienen una forma irregular determinada por parámetros como la propagación de las ondas de radio en el terreno, obstáculos y las restricciones de la estación base debidas a factores geográficos (figura 3-2).

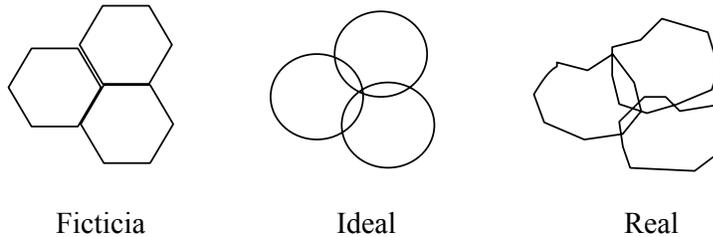


Figura 3-2 Relación entre las coberturas ideales y reales

En todo momento, un teléfono está situado en una celda determinada y bajo el control de la estación base correspondiente. Cuando un móvil deja una celda, su estación base detecta que la señal del teléfono se apaga y pregunta a todas las estaciones bases adyacentes que potencia tienen de ella.

La estación base BS entonces transfiere su propiedad a la celda que obtuviera la mayor señal, esto es, a la nueva celda donde se localice el teléfono. El teléfono es informado y si hubiera una llamada en curso, se cambia de canal (ya que el viejo podría estar siendo usado por celdas adyacentes). Este proceso se llama *handoff* o *handover* y suele hacerse en 300 mseg. La asignación de canales se lleva a cabo por el MSC (ver en sección siguiente).

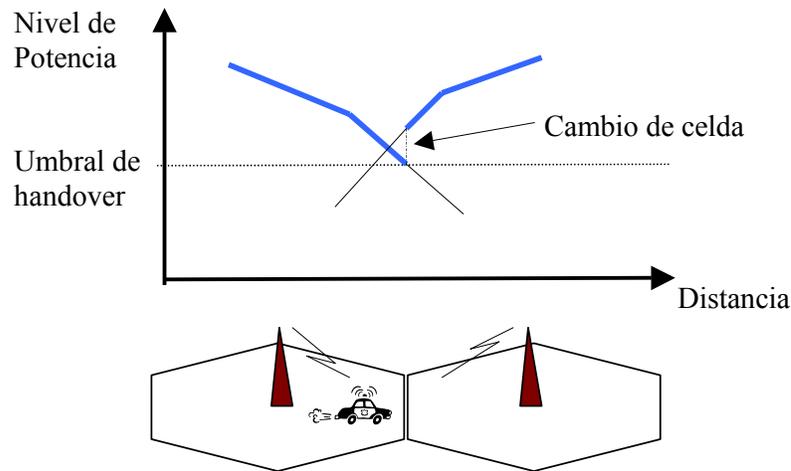


Figura 3-3 – Situación típica de Handover

Cada sistema tiene una solución para llevar a cabo este proceso, generalmente mediante mensajes de control (señalización) que se intercambian los terminales móviles y la estación de control (Anexo III). Es importante destacar que la medida de calidad de un sistema celular es la probabilidad de pérdida de una llamada cuando se cruza de celda.

Una forma de dar servicio celular en forma global y cubriendo todos los puntos del planeta es realizando la siguiente subdivisión de celdas básicas:

- Celdas Overlay: centenares de km y se logra con comunicación satelital.
- Hiper-celdas: mas de 20 km de radio, usadas en áreas rurales.
- Macro-celdas: entre 1 y 20 km, corresponde a zonas densamente pobladas.
- Micro-celdas: entre 100 y 1000m áreas internas a una celda.
- Pico-celdas: menos de 100m para edificios o fabricas.

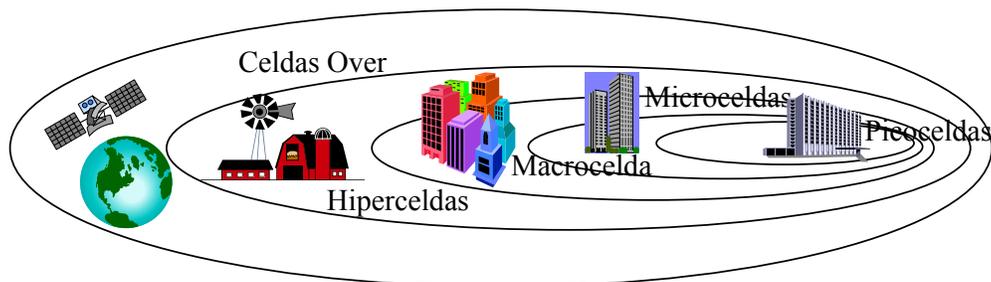


Figura 3-4 – Disposición de subdivisión de células.

Este sistema dispuesto de esta forma da un servicio con cobertura universal y capaz de soportar una alta densidad de usuarios. La ventaja que proporciona esta jerarquización con cobertura global es la gestión de la red. En el caso de las

macroceldas que en conjunto cubren importantes superficies de terreno y actúan como paraguas para las microceldas y picocelulas

Pero cuando un sistema celular da servicio a un área urbana de gran densidad de población, como puede suceder en macroceldas o microceldas, puede llegar a situaciones de saturación. La forma de solucionar el problema es de dos formas, *subdividiendo células o sectorizando la cobertura*.

Subdividir celdas se realiza reduciendo por cuatro la superficie de la célula. Con esto se logra aumentar la capacidad de trafico, pero se debe aumentar el número de estaciones bases y aumenta el handover, aumentando él trafico de señalización. Este proceso se conoce como *Splitting* de una celda.

*El sectorizado de cobertura*, es una subdivisión adicional sin la necesidad de emplear más estaciones bases. Para ello se subdivide una célula en tres sectores a los que se da servicio desde vértices alternos del hexágono, mediante tres estaciones bases con haces de antenas de  $120^\circ$ . También es valido sectorizar con ángulos de  $60^\circ$ . En la practica la idea es realizar sectorización no creando nuevos emplazamientos sino transformando los ya existentes (figura 3-5).



Figura 3-5 – Sectorización de una celda en  $120^\circ$  y  $60^\circ$ .

La forma de sectorizar las celdas es cambiar las antenas de diagramas omnidireccionales o sea de  $360^\circ$ , por antenas direccionales de cubrimiento de  $120^\circ$  o de  $60^\circ$ . Esto dispone de un mejor aprovechamiento del espectro de frecuencia (eficiencia espectral), pero por otro lado un problema con el *handoff* debido al aumento de zonas.

Otra forma de aumentar la eficiencia espectral sería: si en una célula existe congestión, o sea todos sus canales ocupados, podríamos pensar en utilizar canales que están desocupados de celdas contiguas solo por un tiempo. Este es el principio general de la *asignación dinámica*, en donde cualquier canal puede ser utilizado en cualquier célula. El análisis de tráfico en estos casos es bastante complejo, por lo que se suele recurrir a la simulación por ordenadores para el estudio y dimensionamiento de estos sistemas.

### **III-I-II FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA CELULAR TIPICO**

Según lo visto y expresado en el capítulo II un sistema celular está formado por los siguientes elementos básicos:

- Estaciones Móviles (MS).
- Sistemas de Estaciones Base (BSS)
- Sistema de Conmutación (SS)
- Sistema de Operación y Mantenimiento (OMS)

como se observan en la figura 3-6.

Como se mencionó en el capítulo II, la red celular trata de encaminar las comunicaciones de los equipos móviles (MS), a través de su propia red, comunicándose con otros móviles o enrutando su comunicación hacia la red pública conmutada (PSTN) hasta un terminal fijo.

Para establecer una comunicación en un sistema celular se recurren a las siguientes señales sobre el canal:

- Canales vocales
- Tono de supervisión
- Canales de control o señalización

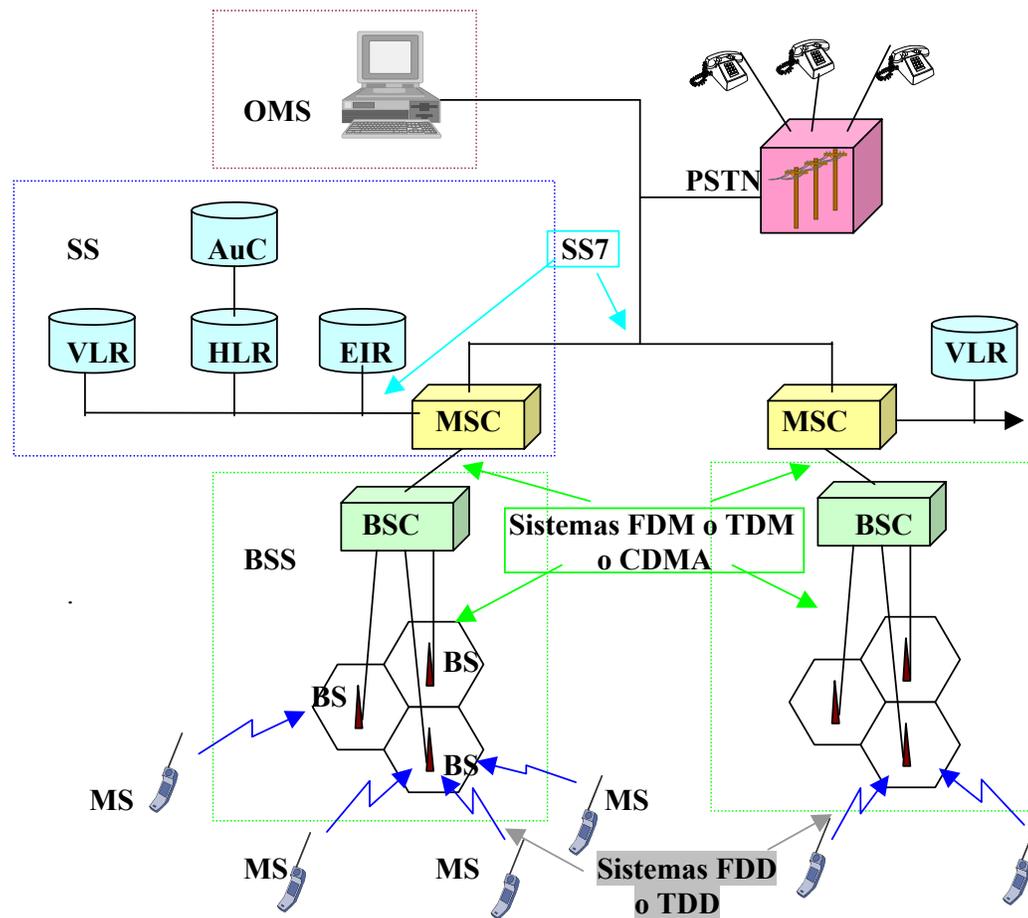


Figura 3-6 - Estructura de Redes Celulares

El subsistema de la estación base (BSS) abarca un controlador de estación base (BSC) y la estación base o el transmisor-receptor de radio (BS o BTS) que proveen de la comunicación por radio a los equipos móviles (MS) en la celda que le corresponde. Las comunicaciones entre BS y móviles son *full-duplex*, por lo que requieren de dos frecuencias diferentes, una en el sentido móvil-base y otra en el sentido contrario, sistema FDD (Frequency Duplexion División). Además a cada BS se le asigna un canal de señalización y control para tareas como establecimiento de la comunicación.

Los sistemas de estaciones base (BSS) están conectados a los centros de conmutación de servicios móviles (MSC), que son centrales de conmutación especializadas para ejecutar las conexiones necesarias para el funcionamiento del sistema. La conexión entre la BSS y la MSC se realiza mediante enlaces dedicados.

El acceso que puede utilizar el sistema celular entre los BS y el BSC y entre BSC y MSC son los siguientes:

- FDMA (Frecuency División Múltiple Access)
- TDMA (Time División Múltiple Access)
- CDMA (Demand Assigned Múltiple Access)

La BSS esta formada por varias BS y una estación BSC. La topología de enlaces más típicas de los BSS en función al acceso son:

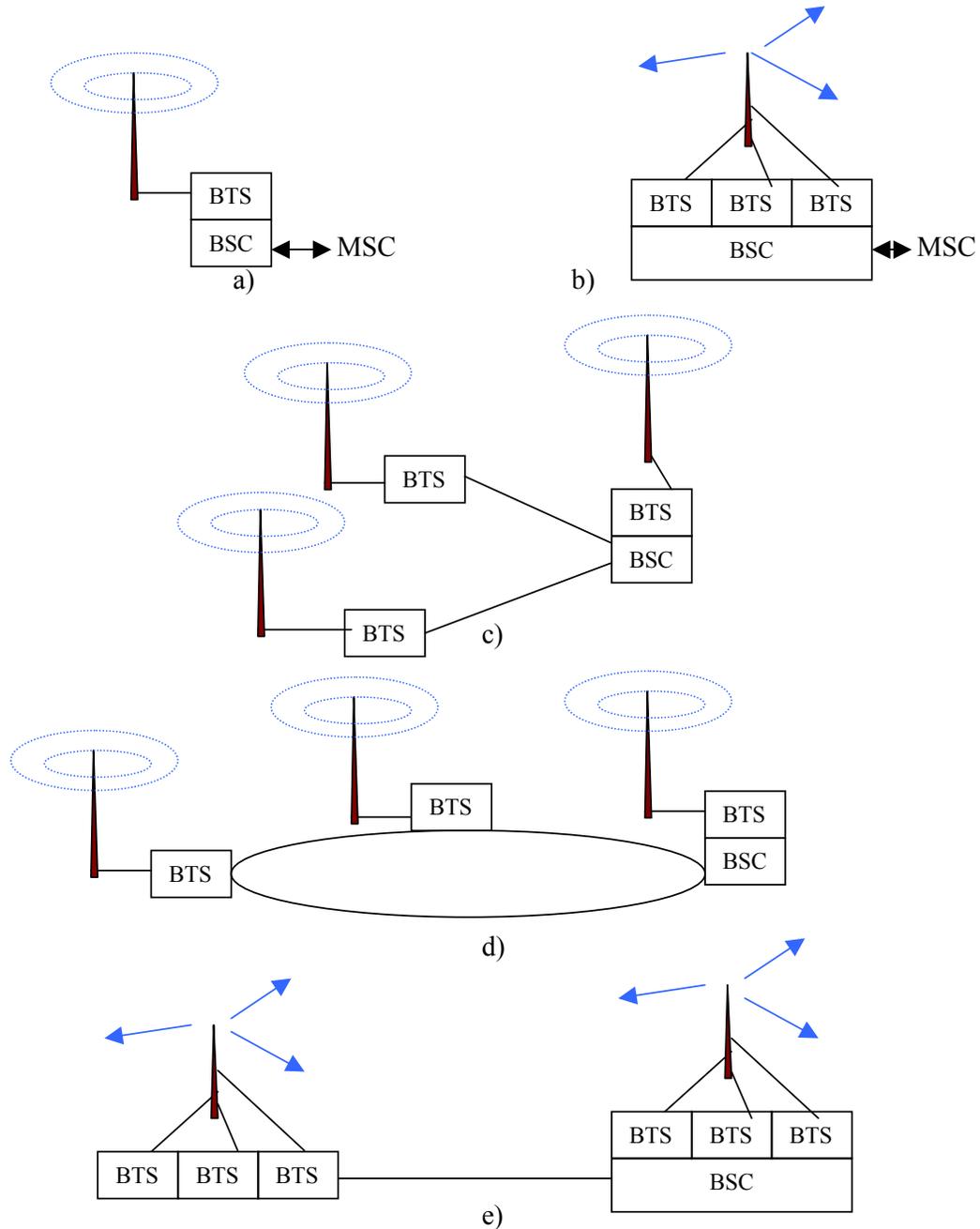


Figura 3-7 – Topologías de enlace entre BTS y BSS

La configuración a) es omnidireccional combinada, la b) es estrella combinada, c) es estrella, d) anillo y e) configuración estrella urbana.

La a) es la usada en servicios AMPS con acceso del tipo FDMA, la b) son generalmente TDMA y el c) son con acceso CDMA.

Las BS proveen de radiación y recepción de RF y interfaces adecuadas para la transmisión de voz y datos con la BSC. Típicamente un BTS consiste en varias antenas trasmisoras y receptoras, distribuidores, moduladores y demoduladores, e interfaces FDMA para en sistemas analógicos. Con TDMA, en sistemas digitales, tienen unas interfaces a líneas troncales T1 / E1 para trafico de voz y datos. En sistemas CDMA, se agrega un sistema de recepción de posición global (GPS).

Las comunicaciones de voz y datos entre el BTS y BSC sobre enlaces digitales, operan a velocidades de T1 o E1. Típicamente cada slot para el frame T1 / E1 es un simple canal de voz, un 64 Kbps del sistema TDMA. El CDMA usa un esquema de transmisión de paquetes de voz comprimido con un formato de frame HDLC que incrementa aun más la eficiencia.

Entre la BSC y la MSC fluirá la misma trama, por lo tanto deberán poseer interfaces similares.

Cuando un usuario conecta su terminal en posición de encendido o en posición standby, éste explora todos los posibles canales de control. La estación móvil se sintoniza al canal de mayor nivel, se sincroniza con la trama de datos emitidas continuamente por la estación base a través del canal de control, y comienza a interpretar los datos que llegan. La información que emite la estación base por estos canales de control incluye, entre otros, los números de identificación de los móviles que tienen una llamada entrante en espera, códigos de atenuación de potencia, DCC, etc. Los móviles también se registran periódicamente cuando están activos (típicamente cada 15 minutos), para que el sistema conozca su estado. Si el registro del móvil no se ha podido completar, el sistema dejará una temporización de 5 minutos, después de la cual quedará inactivo y no se lo buscará. Esto sucede cuando el móvil se apaga o cuando cae fuera de la zona de cubrimiento del servicio.

Como se dijo en el capítulo II el MSC es el encargado del establecimiento, enrutamiento, control y terminación de la llamada. Es por eso que si el móvil esta en su MSC local se inscribe en la base de datos de los registros de abonados locales (HLR). Este registro brinda servicios a varios MSC.

Si el abonado móvil corresponde a otra MSC se inscribirá en la base de datos de los registros de abonados de visitantes (VLR) y se notifica a la HLR de su MSC. De esta forma, cuando llegue una llamada a su MSC, éste, tras consultar a la HLR, podrá redirigirla al MSC en cuyo VLR esta inscripto el abonado. A esta facilidad de conexión del móvil donde quiera que esté se la denomina *roaming* (vagabundeo). El MSC representa el gateway a otras redes.

El sistema de conmutación (SS) además de tener al registro del hogar y a la localización del visitante (HLR/VLR) que son la base de datos que contienen los datos móviles del suscriptor y usada para el registro del suscriptor y la gerencia de la movilidad, poseen los centros de autenticación (AuC) y los registros de identidad del equipo (EIR).

Las copias de las claves secretas de los suscriptores se salvan en el centro de la autenticación (AuC) y los números de serie móviles del equipo se salvan en el registro de la identidad del equipo (EIR). O sea que AuC actúa en el momento de la identificación de los abonados que permite una aprobación para el acceso de la red, mientras que la EIR permite bloquear las estaciones móviles en caso de robo u otros casos especiales

Cuando un usuario móvil realiza una llamada, el contacto inicial se realiza a través del canal de control. La señalización se efectúa con el intercambio de paquetes de datos que ocupa la totalidad del canal de control. La BS asignará un canal de voz (dos frecuencias) a la nueva conversación, y ambos, BS y MS, conmutarán al canal de voz mientras dure la conversación.

En el caso que se produzca una llamada procedente de un teléfono fijo, se sigue los procedimientos similares a los utilizados en telefonía convencional, la llamada es encaminada desde la central local asociada al abonado que llama, hasta el MSC en el que el usuario móvil de destino este dado de alta. Se interroga al HLR basándose en el número del móvil marcado. El HLR indicará el MSC donde el móvil se encuentra como visitante, encaminando la llamada hacia dicho MSC. En caso de que este en su zona encaminará la comunicación a través de su BSC.

Todos los elementos del sistema están controlados, y mantenidos por el centro de operación y del mantenimiento (OMC).

El MSC se comunica con la red publica PSTN, mediante el sistema de señalización con protocolos SS7. Este sistema es utilizado por ISDN para redes publicas. El SS7 facilita la transferencias de mensajes en tiempo real entre la MSC, HLR , VLR y EIR.

### **III-II ANALISIS DE LAS MEJORES TECNOLOGÍAS PRESENTES Y FUTURAS PARA TRANSMISIÓN DE INFORMACIÓN MEDICA**

El sistema de telefonía celular digital es uno de los más dinámicos y con mayor perceptiva de futuro.

La tecnología digital facilitan la introducción de servicios de valor agregado, siendo perfectamente compatible con sistemas digitales cableados ya existentes.

Telemedicina sobre sistemas móviles, se adapta perfectamente a los sistemas celulares digitales, viéndola como una tecnología posible para implementar nuestro propósito al sistema GSM o sus respectivos migraciones sobre 3G. Con este sistema tendríamos las siguientes ventajas:

- Interconexión con las redes digitales cableadas, convirtiéndola en una red de transmisión global y con acceso de cualquier punto. Uno de nuestros objetivos es tener acceso a los datos desde cualquier punto, teniendo un acceso móvil o una entrada fija a Internet.

- Implementación de protocolos de señalización rápidos y seguros, que permiten ampliar la gama de servicios suplementarios, como por ejemplo el correo electrónico de mensajes cortos (140 byte), que puede considerarse como un servicio de búsqueda (paging) alfanumérico y bidireccional. Este servicio en caso de urgencias podría ser muy útil.
- Incorpora técnicas de acceso como TDMA o CDMA simplificando los circuitos de RF, mejorando prestaciones como el consumo y portabilidad, que en equipos móviles de telemedicina es de importancia cuando debe ser transportado continuamente por el paciente.
- Posee compatibilidad internacional, permitiendo “*roaming*” automático en zonas con distinto sistema. Esto es óptimo en países donde hay zonas cubiertas por distintas administraciones, las cuales nuestro servicio tendrá que cubrirlas.
- Personalización inmediata del equipo mediante tarjetas inteligentes.
- Las estaciones móviles participan en el proceso de handoff, en lugar de seguir ordenes de la MSC. Esto aumenta la fiabilidad, que es uno de los puntos débil para el uso de esta tecnología en nuestro sistema, como en otros servicios.
- Incorpora métodos corrector de errores, que permitirá mejor calidad en la información transmitida y que en nuestro caso es de mucha importancia.
- Pueden usarse técnicas de cifrado, brindando confidencialidad a la comunicación.
- Posee buena compatibilidad con redes de comunicaciones personales, pudiendo ser útil en caso de tener que extender la red.
- Es uno de los sistemas que más penetración ha tenido en el mundo, esto hace que el sistema telemédico móvil pueda ser extensivo a redes personales.

Este último aspecto hace a GSM y su migración hacia 3G una tecnología interesante para nuevas aplicaciones. A finales del 2001 del total de los usuarios suscriptos a telefonía celular, el 71% era sobre GSM. Esta tecnología está implementada en 170 países lo que proporciona amplio *roaming* global a sus subscriptores.

La arquitectura que presenta un sistema digital no difiere mucho de cualquier otro sistema celular. Los elementos básicos son los mismos que se utilizan en los sistemas celulares clásicos, las estaciones móviles MS o equipos de abonados, las estaciones base BS que son las que se conectan con los móviles en cada celda y un controlador de las estaciones base BSC que realiza la parte de software. Estas estaciones están conectadas a los centros de conmutación de móviles MSC.

El estándar GSM describe las funciones de cada elemento y los protocolos utilizados entre ellos. En el estándar también se describen con profundidad los protocolos entre las estaciones base y los MSC, así como los protocolos entre los distintos MSC.

Un esquema simple de los elementos que constituyen el sistema aparece en la figura 3-8 que describiremos brevemente a continuación.

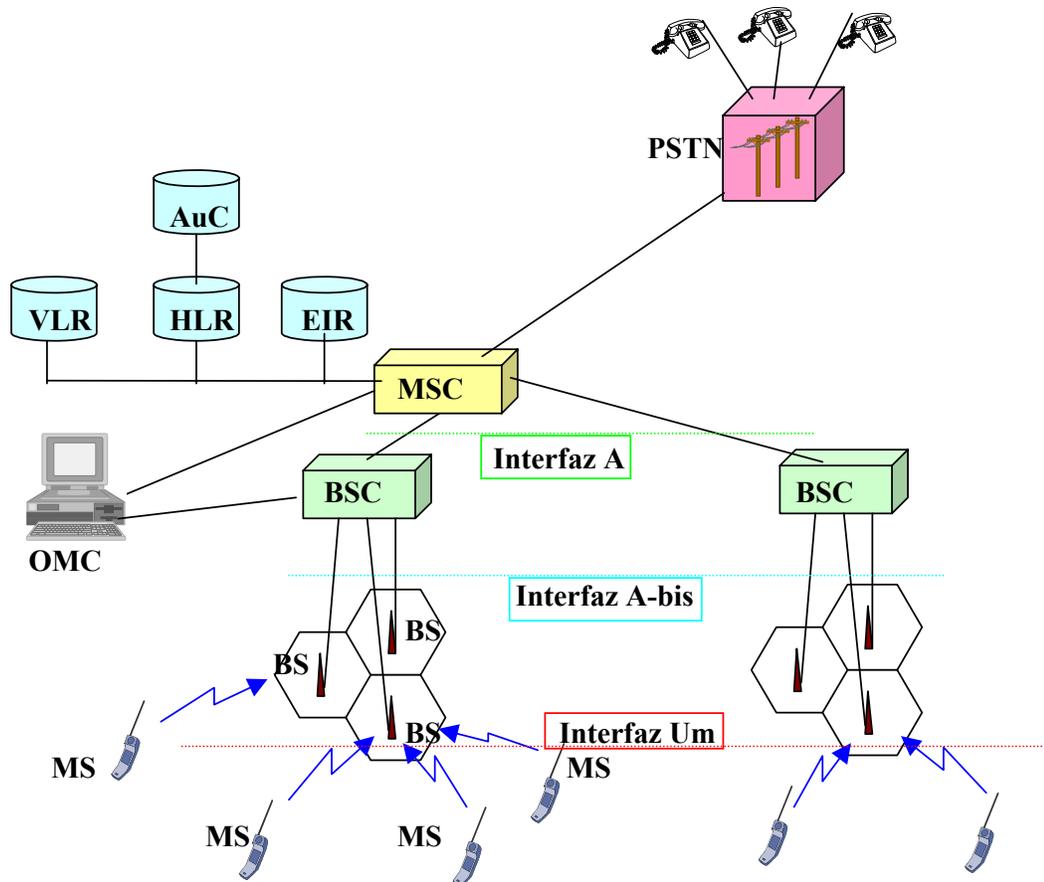


Figura 3-8 - Arquitectura de Redes Celulares GSM

Los registros HLR almacenan la identidad y datos de los usuarios suscriptos en el área del MSC y poseen datos permanentes y temporales con la siguiente información:

Permanentes	Número internacional de usuario móvil (IMSI) Números de teléfono del usuario para la red pública Calve de autenticación Servicios especiales permitidos al usuario
Temporales	Dirección de VLR actualmente usada Segundo número (para el servicio de desvío de llamada) Parámetro transitorio para cifrado y autenticación.

El IMSI (International Mobile Station Identity) es un código de identificación de la estación móvil. Para almacenar la IMSI y que esta pueda ser usada por varios usuarios, se utilizan tarjetas inteligentes, denominadas SIM (Subscriber Identity

Modules) similares a una tarjeta de crédito. Este chip almacena la identidad del usuario (IMSI), así como el número de teléfono de acceso al móvil y la lista de servicios y facilidades a la que está subscripto. Estas tarjetas también tienen un clave de identificación (PIN), de tal forma que una vez que uno introdujo la tarjeta en el teléfono debe ingresar el PIN para habilitarlo.

Los registros VLR tienen los datos relevantes de todos los móviles localizados en el área de un MSC. Estos datos se obtienen por medio de la red, del registro HLR donde está subscripto el abonado. Los datos permanentes son los mismos y los temporales difieren un poco, por ejemplo, el VLR contiene el TMSI o número temporal de identificación del usuario, que se emplea para evitar transmitir el IMSI vía radio.

Los registros HLR y VLR cumplen las funciones ya explicadas en el capítulo II.

Los OMC gestionan mensajes de error, controla la carga de tráfico y puede chequear las estaciones base a través de los controladores BSC.

Los AuC actúan de autenticador, ya que poseen algoritmos idénticos a los que cada usuario posee en su tarjeta SIM. Mientras que los EIR cumplen función similar que en cualquier red celular.

Conectar un equipo de telemedicina a un sistema celular GSM o su migración a 3G, permitiría utilizar toda la potencialidad del mismo en la transmisión ya sea en pacientes ambulatorios como el de traslado de pacientes sobre ambulancias.

Debemos destacar que la migración sobre 3G permitirá ir acoplando nuevos servicios a esta red medica ya que las potencialidades sobre los equipamientos de 3G son mucho mayores.

### III-III ESTRUCTURA DE PROTOCOLOS

En GSM existe doble método de acceso. Por una parte es FDD ya que dispone de un numero de frecuencias portadoras con las que trasmite entre el usuario y la BS. Por otro lado es TDD (Time División Duplexion), ya que cada portadora está compartida temporalmente por ocho usuarios. O sea que el tiempo de transmisión es dividido en slot temporales durante el cual los usuarios transmiten su ráfaga (burst) de bits de información. Así puede llamar *canal físico* al binomio frecuencia de transmisión - slot temporal.

Sin embargo, la información a transmitir no siempre es la misma. Hay informaciones propias del usuario y otras de mantenimiento. La forma en que los datos serán transmitidos dependerá de que tipo de información se trate. Por lo tanto se estructurará en una serie de *canales lógicos*, cada uno de los cuales es transportado por algunos de los distintos canales físicos disponibles y tendrán un formato dependiendo del tipo de información que lleve.

Existen dos grandes tipos de canales lógicos:

- Canales lógicos de tráfico
- Canales lógicos de control

Los canales lógicos de tráfico transportan la voz o datos que son transmitidos por el usuario. Mientras que los de control son empleados para señalización y mantenimiento de la red.

### **III-III-I CANALES DE TRAFICO**

La estructura de 26 tramas soporta canales de tráfico (TCH) y sus correspondientes canales asociados de control, que pueden ser lentos (SACCH) o rápidos (FACCH).

Los TCH se han dividido en dos tipos de TCH uno de velocidad máxima y otro de mitad de velocidad y a su vez los canales pueden transmitir voz o datos. Un TCH de velocidad máxima permite la transmisión de voz codificada a 13 Kbits/s, denominado TCH/FS (full-rate speech) o el canal TCH/Fxx (los xx representa el régimen binario) son los canales full-rate para transmisión de datos a 3.6, 6 ó 12.6 Kbits/s. Un TCH de velocidad media, denominado TCH/HS (half-rate speech), que se consigue usando en media una ráfaga de cada dos, permite transportar voz codificada a 6.5 Kbits/s y datos a 2.4 y 4.8 Kbits/s. Estas velocidades son las velocidades de información útil, puesto que las velocidades reales son algo mayores (22.8 Kbits/s) debido a la información de control que hay que incluir. En datos TCH/Hxx son los canales half-duplex para transmisión de datos, con velocidades de 4,8 o 2,4 Kbps.

Los TCH de velocidad máxima se implementan sobre 24 de las 26 tramas de la multitrama, donde cada TCH ocupa el mismo intervalo de tiempo en cada trama. La trama 12 (numeradas desde la 0), se dedica a los canales SACCH. Obteniéndose 8 canales SACCH, uno para cada uno de los TCHs. Los canales SACCH llevan señalización correspondiente a la información recurrente, como ajuste de potencia o de trama, medidas de calidad del canal, información de tarificación. La trama 25 está reservada para implementar los 8 SACCH adicionales requeridos para soportar los 8 canales TCH adicionales de velocidad media.

### **III-III-II CANALES DE CONTROL**

Los componentes de la red GSM utilizan los siguientes protocolos para su comunicación en los canales de control y señalización:

- MS : los usuarios hacia la BTS utilizan como protocolo de comunicación LAPDm. La interfaz aérea puede disponer de diferentes normas.
- BTS: la estación de transeptores radioeléctricos se comunican con un centro de control mediante la interfaz A-bis con protocolo LAPD.
- BSC: el controlador se comunica con el centro de conmutación MSC mediante la denominada interfaz A que utiliza el protocolo de señalización SS7-MTP.
- MSC: con los registros utiliza también el SS7

- PSTN: la red publica o ISDN dispone de la señalización con protocolo SS7-ISUP

El protocolo LAPD es un modelo que surgió después del LAPB usado en X.25 y basado en el HDLC. Mientras que el SS7 que esta diseñado para ser un estándar en canales de señalización que puede ser usado en una variedad de redes de conmutación de circuitos digitales.

Usando el modelo OSI, el sistema GSM puede describirse considerando varios “niveles” funcionales en las siguientes entidades e interfaces:

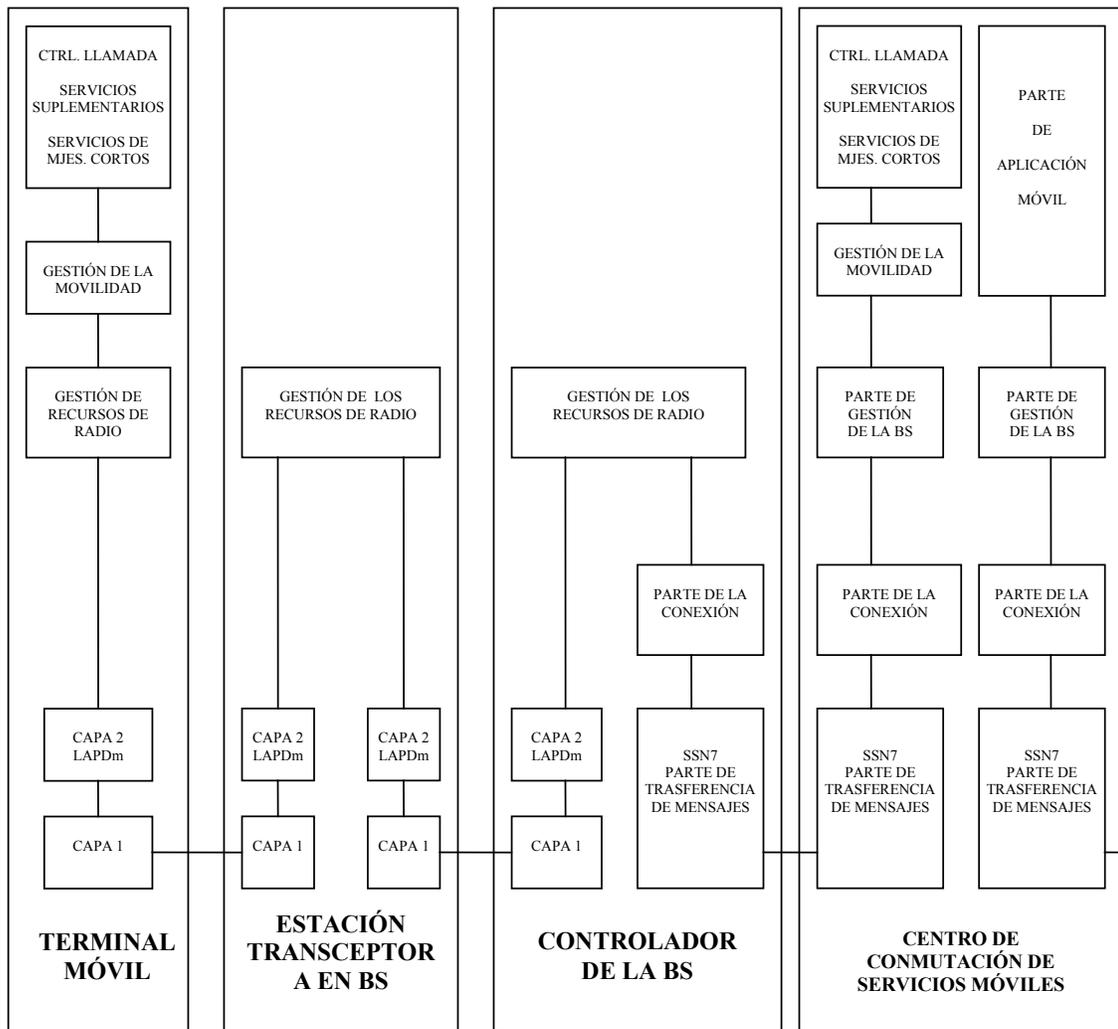


Figura 3-9 Modelo de capa OSI aplicado sobre canales de control de GSM.

Los canales de señalización y control de tipo general son el inicio/fin de la llamada, identificación y actualización del móvil, etc.

Los canales lógicos de control transportan la información que la red y los terminales de radio necesitan para asegurar que todo el tráfico se mueva eficientemente y seguro. Este canal a su vez se puede dividir en cuatro grupos que son:

- Canales de difusión
- Canales de control común
- Canales de control dedicados
- Canales asociados

Los canales de difusión siempre parten de la estación base y su objeto es proporcionar al terminal móvil la información necesaria para que se sincronice con la red, está formado por los siguientes canales:

BCCH o canal de control de difusión. Se utiliza en la dirección base (BS) a móvil para la difusión de información a nivel de sistema como puede ser: parámetros de sincronización, servicios disponibles e identificador de célula. Este canal está activo de forma permanente, enviando ráfagas mudas cuando no hay información que transmitir, pues los móviles monitorizan el nivel de señal recibida de este canal para la determinación del *handover*.

SCH o canal de sincronización. Se utiliza para difundir información, desde la BS al móvil, de sincronización de trama.

FCCH o canal de corrección de frecuencia. Se utiliza para difundir información, desde la BS al móvil, de sincronización de portadora.

Los canales de control común CCCH permiten el establecimiento de un enlace dedicado entre MS y BS. Son un conjunto de canales lógicos que se utilizan para transferir información de señalización entre todos los móviles y la BS, por ejemplo cuando se origina una llamada o se realiza la búsqueda mediante llamada. Hay tres canales de control comunes:

PCH o canal de paging. Lo utiliza el sistema para realizar la búsqueda de los móviles.

RACH o canal de acceso aleatorio. Lo utilizan los móviles que tratan de comunicarse con el sistema. Se utiliza un protocolo de acceso denominado ALOHA RANURADO para solicitar la adjudicación de un canal SDCCH con el que poder iniciar el establecimiento de una llamada.

AGCH o canal de concesión de acceso. Lo usa el sistema para asignar recursos a los móviles como puede ser un SDCCH.

Continuamente existe la necesidad de mantener una señalización de control. Esta tarea se realiza bien por canales independientes (canales dedicados de control) o por los canales asociados (canales asociados de control).

Existe un solo canal dedicado de control el SDCCH. Se utiliza para transferencia de control de la llamada, desde y hacia el móvil durante el establecimiento de la llamada. Como los canales TCH, el SDCCH tiene asociado su propio SACCH y se libera cuando la llamada ha sido establecida.

El SACCH o canal lento es un canal de control asociado. El FACCH o canal rápido lleva la misma información que los SACCH, la única diferencia es la urgencia con que transmite dicha señalización, como sería el caso de handover urgentes.

Deberíamos hacer nota aquí que los canales PCH y AGCH nunca son usados por el mismo sistema en le mismo instante y por tanto pueden estar implementados sobre el mismo canal lógico.

Todos los canales lógicos descritos, excepto el SDCCH, se implementan sobre el intervalo 0 de las tramas que forman la multitrama (de 51 tramas). Para ello se utiliza una frecuencia dedicada exclusivamente a tareas de control y que se asigna de forma individual a cada célula.

El SDCCH y su canal SACCH se implementan sobre un canal físico seleccionado por el operador.

Dependiendo de las necesidades y criterios del operador, con los canales de señalización y control descritos en este apartado se pueden crear tres estructuras de multiplexación de canales lógicos alternativas:

1. Un canal de difusión (BCCH) y un canal común (CCCH).
2. Ocho canales dedicados independientes (SDCCHs).
3. Cuatro canales de control SDCCH, un BCCH y un CCCH.

### **III-IV DATOS SOBRE REDES CELULARES**

El objetivo de este trabajo es transportar la información medica móvil sobre telefonía celular a través del protocolo IP, que conjuntamente con Internet dará a nuestro sistema la posibilidad de transmitir desde y hacia cualquier lugar.

Aunque la telefonía celular digital esta preparada para la transmisión de datos, el transporte del protocolo IP sobre redes celulares no es fácil y presenta una serie de inconvenientes que se deben solucionar, que detallaremos y analizaremos a continuación.

### **III-V RUTEO PARA HUÉSPEDES (HOST) MOVILES**

Aunque Internet ofrece acceso a fuentes de información en cualquier parte del mundo, típicamente no esperamos beneficiarnos de ese acceso hasta que lleguemos a algún lugar familiar, sea la casa, el trabajo o la escuela. Sin embargo, el incremento en la variedad de dispositivos inalámbricos ofreciendo conectividad IP (Internet Protocol), tales como PDAs (Personal Digital Assistant), handhelds PC, Pocket PC y teléfonos celulares digitales, están comenzando a cambiar nuestra percepción de Internet y están dando posibilidades a nuevas aplicaciones como las que tratamos de explicar en este trabajo.

Para entender el contraste entre la actual realidad de la conectividad IP y las posibilidades futuras, considere la transición hacia la movilidad ocurrida en telefonía en los últimos 20 años. Una transición análoga en el mundo de las redes de datos, de la dependencia de puntos fijos conectados a la flexibilidad brindada por la movilidad, ha comenzado y nuevos servicios irán surgiendo vinculados a la libertad que da la movilidad.

Existen aún algunos obstáculos técnicos que deben ser superados antes que la comunicación de datos móvil pueda expandirse. El más importante es que IP, el protocolo que conecta las redes de Internet de hoy, encamina paquetes a su destino acorde a la dirección IP. Estas direcciones están asociadas con un sitio de red fijo tanto como un número de teléfono no móvil está asociado con un conector en la pared. Cuando el paquete de destino es un nodo móvil, esto significa que cada punto nuevo de conexión realizada por un nodo móvil es asociada con un nuevo número de red, y entonces una nueva dirección IP es asignada, resultando imposible mantener la comunicación.

Hoy en día millones de personas tienen ordenadores portátiles y generalmente quieren leer su correo y acceder normalmente a los sistemas de ficheros donde quiera que estén. Aparece entonces una nueva complicación para enrutar un paquete de un host móvil, la red primero tiene que localizarlo. El tema de incorporar un host móvil en la red es muy joven, pero veamos algunas soluciones.

Todos los routers del mundo tienen tablas de ruteo diciendo qué línea usar para llegar a la red determinada en función de su dirección de red.

Si por sorpresa, la máquina destino se apaga mientras está en algún sitio distante, los paquetes continúan enrutándose a su LAN home (o router). El propietario no podrá recibir más correo ni ninguna otra cosa. Que la máquina dé una nueva dirección IP correspondiendo a su nueva localización es una solución poco atractiva debido al gran número de personas, programas y bases de datos que tendrían que ser informados del cambio.

Otra posibilidad es que el router tenga uso completo de direcciones IP para enrutar, en vez de ajustar la clase y la red. Sin embargo, esta estrategia requeriría que cada router tuviera millones de entradas en sus tablas.

Cuando se empezó a analizar alternativas para encontrar una solución a estos problemas, se formularon un conjunto de reglas consideradas deseables en cualquier solución:

1. Cada host móvil debe ser capaz de usar su dirección IP home en cualquier lugar.
2. No se permite cambiar la dirección de los host fijos.
3. No se permite cambiar el software del router ni sus tablas.
4. La mayoría de paquetes para host móviles no deberían dar rodeos.

### **III-VI IP MOVIL**

Ha habido varias tentativas para solucionar los problemas que se originaban en tratar de transmitir IP a través de móviles. El IP móvil (Mobile IP) fue propuesto por un grupo de trabajo dentro de la IETF (Internet Engineering Task Force), que representa muchas de las ideas realizadas en el pasado, elaborando el estándar RFC 2002. La alternativa elegida cumple las reglas que se indicaron en el apartado anterior, solucionando el problema descrito anteriormente mediante el uso de dos direcciones IP, una dirección fija llamada *home address* y una variable que cambia con cada nuevo punto de conexión llamada *care-of address*.

El estándar también describe cómo IP móvil cambiará con la nueva versión 6 de IP (IPv6). Aunque IPv6 soportará la movilidad en un grado mucho mayor que IPv4 (Actual versión IP), todavía se necesitará IP móvil para hacer que las aplicaciones y los protocolos de niveles superiores como TCP resulten transparentes para la movilidad.

### **III-VII ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE MOVIL IP**

El protocolo IP encamina paquetes de un punto origen extremo a un punto destino extremo (end-to-end) por medio de routers que distribuyen los paquetes que llegan desde una interfaz de red entrante (inbound network) hacia una interfaz de salida (outbound interface), de acuerdo a las tablas de encaminamiento (routing tables). Estas tablas típicamente mantienen información de la dirección IP del próximo salto (next hop) asociada con la interfaz de salida para cada dirección IP de destino. El número de la red es obtenida de la dirección IP, como es sabido con la máscara. Así, la dirección IP transporta información que especifica la dirección IP de la máquina a la cual me quiero conectar, como así también el punto de conexión del nodo (dirección red) que posee la máquina mencionada.

Para mantener la conexión a nivel de red (Capa 3 del modelo de referencia OSI, ver figura 3-10), ya que el nodo móvil se traslada de un lugar a otro lugar, se debe mantener la misma dirección IP. En TCP, las conexiones son indexadas por una cuadrupla que contiene las direcciones IP y los números de puertos (IP address:port) de

ambos extremos de conexión (por ejemplo, 200.32.101.10:25 - 200.45.80.5:1080). Así, cambiando cualquiera de estos cuatro números, puede causar que la conexión a nivel TCP se interrumpa y por lo tanto, se pierda la comunicación (figura 3-11). Por otro lado, la distribución correcta de paquetes hacia el punto de conexión actual del nodo móvil depende del número de red contenido dentro de la dirección IP de dicho nodo, que cambia, como dijimos, en cada nuevo punto de conexión.

Para mantener actualizadas las tablas de encaminamiento se necesita conocer la nueva dirección IP asociada con el nuevo punto de conexión.

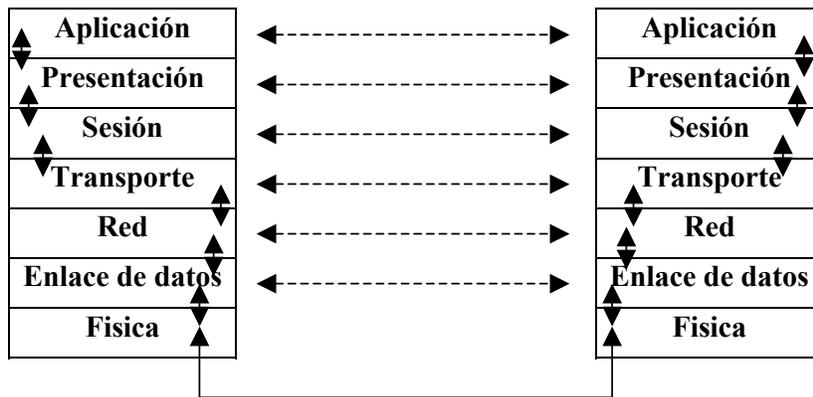


Figura 3-10. Modelo de referencia OSI

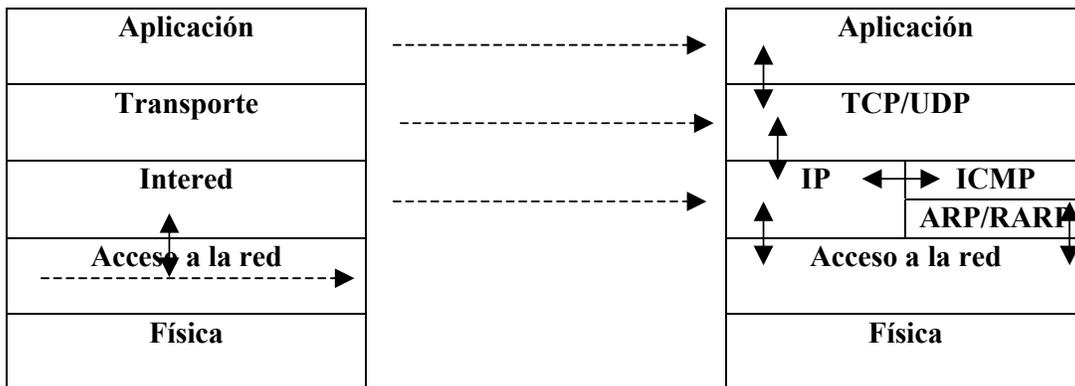


Figura 3-11. El stack del protocolo TCP/IP

IP móvil ha sido diseñada para resolver estos problemas, permitiendo que el nodo móvil utilice dos direcciones IP. En IP móvil, la dirección *home address* es estática y es utilizada para identificar las conexiones TCP, esta dirección es configurada en el equipo móvil y es asignada por la empresa proveedora del servicio de red inalámbrica. La dirección *care-of address* cambia con cada nuevo punto de conexión y

puede ser pensada como la dirección con significancia topológica del nodo móvil, indicando el número de red y así identificando el punto de conexión del nodo móvil con respecto a la topología de la red inalámbrica. La dirección *home address* hace que parezca que el nodo móvil es capaz de recibir datos continuamente en su *home*, donde IP móvil requiere la existencia de un nodo de red conocido como *home agent*. Siempre que el nodo móvil no este conectado con su *home network*, el *home agent* recibe todos los paquetes destinados al nodo móvil y se encarga de la distribución de ellos al punto de conexión actual del nodo móvil.

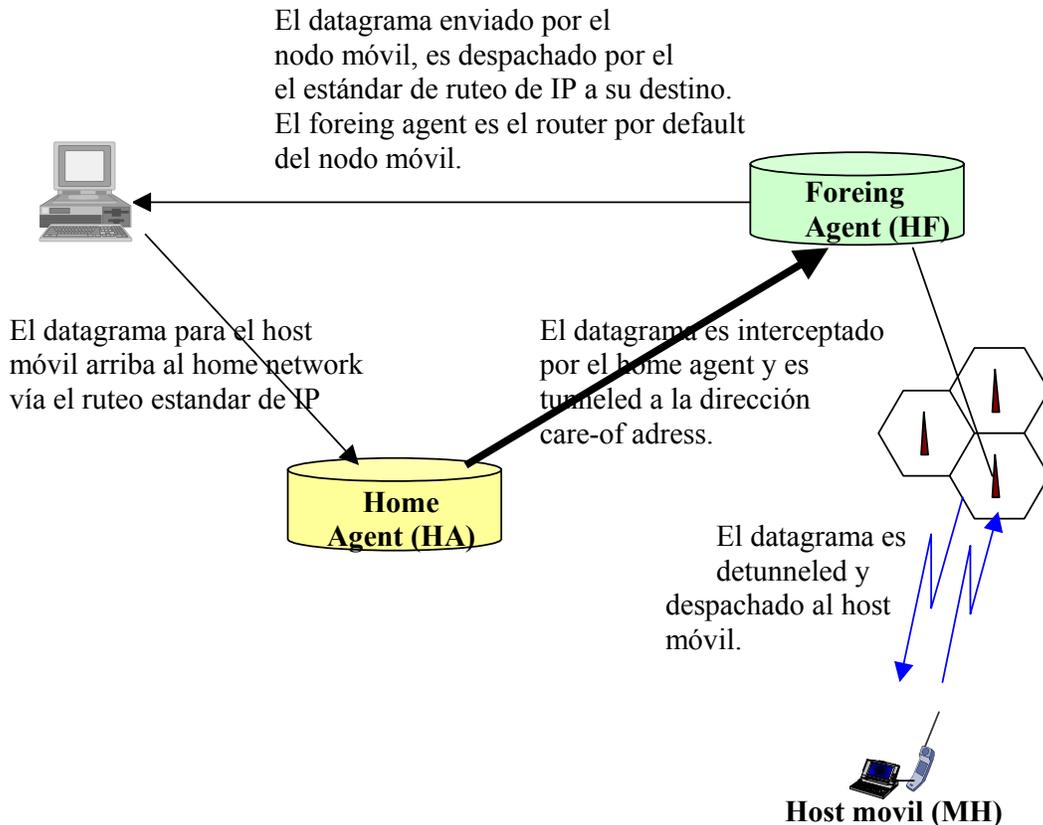


Figura 3-12. Componentes de IP móvil

Cuando el nodo móvil se traslada de una celda a otra, registra su nueva dirección *care-of address* con su *home agent*. Para enviar un paquete a un nodo móvil desde la *home network*, el *home agent* envía el paquete desde aquella hacia la dirección *care-of-address*. El envío requiere que el paquete sea modificado apareciendo entonces la dirección *care-of-adress* como la dirección de IP de destino. Esta transformación debe ser entendida como una transformación del paquete o, más específicamente, como una redireccionamiento o enmascaramiento.

Cuando el paquete llega a la dirección *care-of address*, la transformación inversa es aplicada, entonces el paquete otra vez parece como si tuviera la dirección *home address* del nodo móvil como la dirección de destino. Cuando el paquete llega al nodo móvil, direccionado con la *home address*, podrá ser apropiadamente procesado por TCP

o por cualquier otro protocolo de las capas superiores.

En IP móvil, el home agent redirecciona paquetes desde la home network hacia la dirección *care-of address* mediante la construcción de una nueva cabecera IP (IP header) que contiene la dirección *care-of address* del nodo móvil como la dirección IP de destino.

Esta nueva cabecera entonces encapsula el paquete original, causando que la dirección *care-of address* del nodo móvil no tenga efecto en el encaminamiento del paquete encapsulado hasta que llegue a la dirección *care-of address*. Tal encapsulamiento es también llamado *tunneling*, el cual sugiere que el paquete hace un túnel a través de Internet, dejando sin efecto el encaminamiento IP usual. La dirección *care-of address* puede ser la dirección de un *foreign agent*, que es el router que está más cerca del nodo móvil.

En una operación básica de IP móvil, los paquetes con destino al nodo móvil, son enviados por el host correspondiente siempre primero hacia la home network y luego desviados por el home agent hacia la dirección actual *care-of address* del nodo móvil. Los paquetes originados por el nodo móvil son enviados directamente al host correspondiente, formando así una ruta triangular, como se puede observar en la figura 3-12. Estos paquetes usan la dirección *home address* como la dirección de origen para preservar su identidad. Los paquetes desviados por el home agent hacia la dirección *care-of address* son encapsulados en otro paquete IP, como veremos más adelante.

Analicemos cual serían los pasos a seguir si un nuevo usuario entra en una celda, bien para conectarse por ejemplo en una LAN o simplemente para entrar por la celda:

1. Periódicamente, cada *foreign agent* envía un paquete en broadcast comunicando su existencia y dirección. Una llegada de un host móvil esperará uno de estos mensajes, pero si no llega rápidamente el host móvil puede enviar un broadcast diciendo “¿Hay algún *foreign agent*?”
2. El móvil es registrado por el *foreign agent* dando su dirección home, su dirección del nivel de enlace y alguna otra información de seguridad.
3. El *foreign agent* contacta con el *home agent* del móvil y le dice: “¿Uno de tus host está aquí?”. El mensaje del *foreign agent* al *home agent* contiene la dirección de red del *foreign agent*. También incluye información de seguridad para convencer al *home agent* que realmente el host móvil está allí.
4. El *home agent* examina la información de seguridad la cual contiene un *timestamp*, para probar que fue generado hace pocos segundos. Si es correcta, le comunica al *foreign agent* que puede continuar.
5. A continuación introduce la información en sus tablas y comunica al host que ha quedado registrado.

Idealmente, cuando un usuario abandona una celda, debería anunciarlo para ser eliminado su registro, pero muchos usuarios apagan bruscamente sus ordenadores.

Haremos un análisis mas detallado de estos procesos separándolos en tres

mecanismos bien diferenciados como son:

- Descubriendo la dirección *care-of address*.
- Registrando la dirección *care-of address*.
- *Tunneling* de la dirección *care-of address*.

que pasaremos a describir.

### **III-VII-I DESCUBRIENDO LA DIRECCIÓN CARE-OF ADDRESS**

El *proceso de descubrimiento* (discovery process) en IP móvil ha sido construido basado en el mensaje de *Notificación de Router* (Router Advertisement), especificado en la RFC 1256. Este documento especifica una alternativa de métodos de descubrir router usando un par de mensajes ICMP, llamados *Notificación de Router* (Router Advertisement) y *Solicitud de Router* (Router Solicitations).

Mediante este proceso, un nodo móvil obtiene la dirección *care-of address* cada vez que pasa de una celda a otra de la forma que vimos en párrafos anteriores. No se modifica el campo original de los mensajes de *Notificación de Router* existente, simplemente se extiende para asociar las funciones propias de la red móvil.

Un mensaje de *Notificación de Router* puede transportar información sobre routers por defecto (es decir, aquellos routers que actúan como gateways), y además transportar información acerca de una o más direcciones *care-of address* disponibles para asignar a un nodo móvil. Cuando el mensaje *Notificación de Router* es extendido para contener también las necesidades relacionadas a la dirección *care-of address*, se conoce como *Notificación de Agentes* (agent advertisements). Los *agentes internos* y los *agentes externos* típicamente difunden (broadcast) hacia toda la red mensajes de *Notificación de Agentes* a intervalos regulares de tiempo (por ejemplo, una vez por segundo o una vez cada pocos segundos). Si un nodo móvil necesita obtener una dirección *care-of address* y no desea esperar hasta el próximo período de notificación, el nodo móvil puede realizar una solicitud mediante un broadcast o un multicast que será respondido por cualquier *foreign agent* o un *home agent* que lo haya recibido. Los *home agent* utilizan el proceso *Notificación de Agentes* para hacerse conocer en la red, aún si no asignan una dirección *care-of address*. Un *Notificación de Agentes* realiza las siguientes funciones:

- Permite la detección de agentes móviles (mobility agents).
- Lista una o más direcciones *care-of address* disponibles.
- Informa al nodo móvil acerca de características especiales provistas por los *foreign agent*, como por ejemplo, técnicas alternativas de encapsulamiento.
- Permite que los nodos móviles determinen el número de red y el estado de sus enlaces hacia Internet.
- Permite que los nodos móviles conozcan cuando un agente es un *home agent*, un *foreign agent* o ambos, y así conocer cuando están en su home network y cuando

están en una foreign network.

Los nodos móviles utilizan las *Notificaciones de Routers* para detectar cualquier cambio en el conjunto de agentes móviles disponibles en el punto actual de conexión, en IP móvil esto es conocido como *Solicitud de agentes* (agent solicitation). Si las notificaciones provenientes de un *foreign agent*, que previamente tenía ofrecida una dirección *care-of address*, no son más detectadas por un nodo móvil, este podría suponer que el *foreign agent* no está más dentro del rango de alcance de la interfaz de red del nodo móvil. En esta situación, el nodo móvil debería comenzar a buscar una nueva dirección *care-of address*. El nodo móvil puede elegir esperar hasta otra notificación si no ha recibido recientemente una notificación cualquiera de direcciones *care-of address*, o podría enviar una *Solicitud de Agente* (agent solicitation).

### **III-VII-II REGISTRANDO LA DIRECCION CARE-OF ADDRESS**

Una vez que un nodo móvil tiene una dirección *care-of address* asignada, su *home agent* debe conocerla. La figura 3-13 muestra el proceso de registro definido por IP móvil para este propósito. El proceso comienza cuando el nodo móvil, posiblemente con la asistencia, de un *foreign agent*, envía un requerimiento de registro (registration request) con la información de la dirección *care-of address*. Cuando el *home agent* recibe este requerimiento, agrega (típicamente) la información necesaria a su tabla de encaminamiento (routing table), aprueba el requerimiento, y envía una réplica de registro de regreso al nodo móvil.

De esta manera, el *home agent* mantiene una lista conocida como *home list*, la cual identifica a los nodos móviles a los cuales tiene que prestar servicio, junto con la localización actual de cada uno de estos nodos. Esta localización es la dirección del *foreign agent*, quien es quien mantiene la conexión con el nodo móvil. Similarmente, cada *foreign agent* mantiene una lista conocida como *visitor list*, la cual identifica a aquellos nodos móviles que están actualmente registrados. Cada entrada en esta lista contiene la dirección home address y la localización actual del nodo móvil. Esta combinación es conocida como un enlazamiento (binding). El enlace entre un nodo móvil y un *foreign agent* es etiquetado con un *timestamp*, el cual es generado por el nodo móvil incrementando su valor previo cada vez que intenta registrarse con un *foreign agent*. El *timestamp* es siempre incluido en cualquier enlazamiento almacenado o pasado a través de la red.

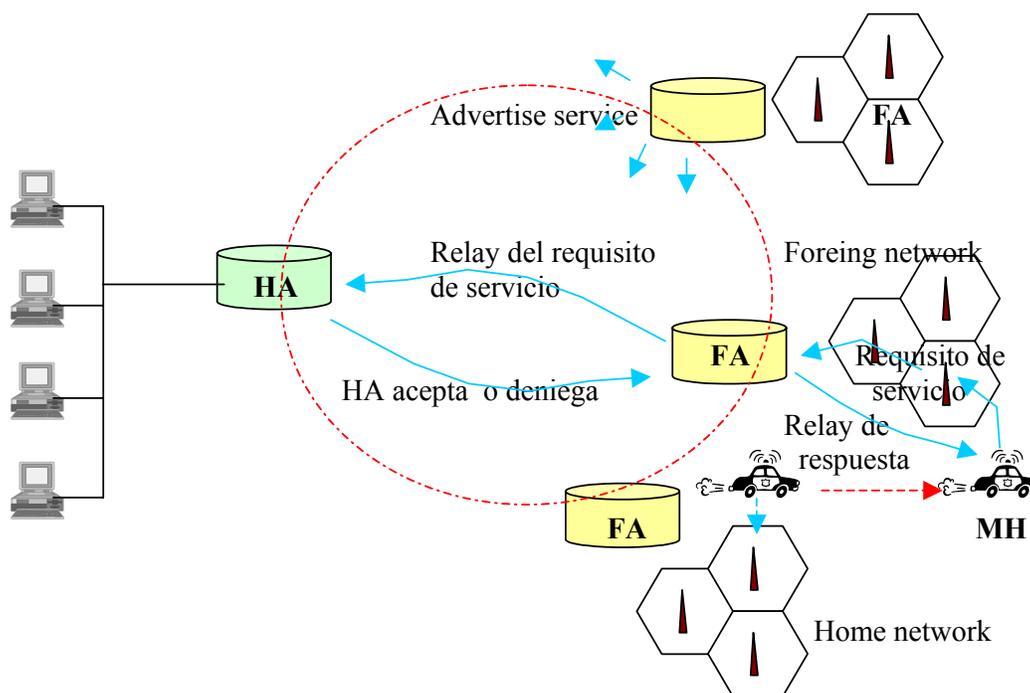


Figura 3-13. El proceso de registro en IP móvil

### III-VII-III AUTENTICACION

El requerimiento de registro de un *nodo móvil* contiene parámetros y banderas que caracterizan el túnel a través del cual el *home agent* distribuirá paquetes a la dirección *care-of address*. Los túneles puede ser construidos de varias maneras, descritas brevemente en la próxima sección. Cuando un *home agent* acepta el requerimiento, comienza a asociar la dirección *home address* del nodo móvil con la dirección *care-of address*, y mantiene esta asociación hasta que expira el término de vida del registro (*registration lifetime*). Un requerimiento del registro puede ser considerado como una actualización de enlazamiento (*binding update*) enviado por el nodo móvil.

Una actualización de enlazamiento es un ejemplo de una redirección remota (*remote redirection*), porque es enviada remotamente al *home agent* afectando la tabla de ruteo de este. Esta forma de registro hace que se necesite una vía de autenticación muy clara. El *home agent* debe estar seguro que cualquier registro será originada por un nodo móvil y no por algún otro nodo malicioso pretendiendo hacerse pasar por un nodo móvil. Este nodo podría causar que un *home agent* altere sus tablas de ruteo con información errónea de la dirección *care-of address*, y el verdadero nodo móvil se volvería inalcanzable para toda la comunicación entrante desde Internet.

La necesidad de información de registrarse en forma auténtica ha jugado un rol mayor en la determinación de parámetros aceptables para IP móvil. Cada *nodo móvil* y *home agent* debe compartir una asociación segura y deben ser capaces de emplear el protocolo de encriptación Message Digest 5 (MD5 del RFC 1321) con claves de 128 bits para crear firmas digitales únicas para requerimientos de registro. La firma es calculada ejecutando el algoritmo MD5, sobre todos los datos dentro de la cabecera del mensaje de registro (registration message header) y las extensiones que preceden a aquella.

Para asegurar el requerimiento de registro, cada uno de estos debe contener datos únicos de manera que dos registros diferentes no posean en términos prácticos el mismo valor MD5. De otra manera, el protocolo podría ser susceptible de ataques tipo réplica (replay attacks), en las cuales un nodo dañino podría grabar registros válidos para posterior uso, interrumpiendo efectivamente la capacidad del *home agent* para crear el túnel a la actual dirección *care-of address* de un nodo móvil en un tiempo posterior. Para asegurar que esto no suceda, IP móvil incluye dentro del mensaje de registro un campo de identificación especial que cambia con cada nuevo registro. La semántica exacta del campo de identificación depende de varios factores, los cuales están descritos en gran detalle en la especificación del protocolo. Brevemente, hay dos formas principales de hacer un campo de identificación único.

Una forma es utilizar el registro de la fecha y hora (timestamp), entonces cada nuevo registro tendrá una *timestamp* posterior y así será diferente del anterior registro. La otra es hacer que la identificación sea un número pseudoaleatorio, con suficientes bits de aleatoriedad, de esta manera es altamente improbable que dos valores elegidos independientemente para el campo de identificación posean el mismo valor. Cuando la aleatoriedad es empleada, IP móvil define un método que protege el requerimiento de registro y la réplica del ataque mencionado. Si el *nodo móvil* y el *home agent* pierden sincronización mediante el empleo de *timestamp*, o si pierden la secuencia del número pseudoaleatorio esperado, el *home agent* rechazará el requerimiento de registro e incluirá información para permitir la resincronización dentro de la réplica. Usando números pseudoaleatorios en lugar de *timestamps* se evita el problema de contención de ataques en el protocolo NTP que podría causar que el *nodo móvil* pierda la sincronización temporal con el *home agent* o la de enviar un requerimiento de registro de autenticado para uso futuro que podría ser utilizado por un nodo dañino para destruir un futuro registro.

El campo de identificación es también empleado por el *foreign agent* para asociar requerimientos de registros pendientes con réplicas de registros cuando llegan al *home agent* o subsecuentemente ser capaz de enviar la réplica a un *nodo móvil*. El *foreign agent* también almacena otras informaciones para los registros pendientes, incluyendo la *home address*, la dirección MAC (Media Access Layer), el número de port origen para el requerimiento de registro, el registro del término de vida propuesto del *nodo móvil* y la dirección del *home agent*. El *foreign agent* puede limitar el término de vida del registro a un valor configurable que es puesto en la notificación del agente (agent advertisement). El *home agent* puede reducirla, lo cual está incluido como parte de la réplica del registro, pero nunca puede incrementarla.

Como la figura 3-13 muestra, en IP móvil los *foreign agent* son mayoritariamente pasivos, transportando requerimientos de registros y réplicas entre el *home agent* y el *nodo móvil*, haciendo lo que ellos indican. El *foreign agent* también desencapsula el tráfico proveniente del *home agent* y lo desvía al *nodo móvil*.

#### **III-VII-IV    DESCUBRIENDO AUTOMÁTICAMENTE AL HOME AGENT**

Cuando un *nodo móvil* no puede contactar a su *home agent*, IP móvil tiene un mecanismo que permite al *nodo móvil* intentar registrarse con otro *home agent*, siendo éste desconocido, en su propia *home network*. Este método de descubrimiento automático del *home agent* (automatic home agent discovery) funciona utilizando una dirección IP de broadcast en lugar de la dirección IP del *home agent* como destino del requerimiento del registro. Cuando el paquete broadcast llega a una *home network*, otros *home agent* en la red rechazarán al *nodo móvil*; sin embargo, esta notificación contendrá la dirección del *home agent* que rechazó el requerimiento, de esta manera el *nodo móvil* puede utilizar esta dirección para intentar solicitar un requerimiento de registro formal. Note que el broadcast no se transmite por toda Internet, solo es un broadcast dirigido a la *home network*.

#### **III-VII-V    TUNNELING DE LA DIRECCIÓN CARE-OF ADDRESS**

La figura 3-14 muestra la operación de *tunneling* en IP móvil. El mecanismo de encapsulamiento por defecto que debe ser soportado por todos los agentes móviles usando IP móvil es IP-dentro de-IP (IP-within-IP). Usando este método, el *home agent*, el origen del túnel, inserta una nueva cabecera IP (tunnel header), delante de la cabecera IP (IP header) de cualquier datagrama direccionado a la dirección *home address* del *nodo móvil*. La nueva cabecera del túnel usa la dirección *care-of address* del *nodo móvil* como la dirección IP de destino. La dirección IP de origen del túnel es el *home agent*, y la cabecera del túnel utiliza 4 como el número de protocolo de nivel superior, indicando que la próxima cabecera de protocolo es nuevamente una cabecera IP. En IP-dentro de-IP la cabecera IP original completa es preservada dentro de la primera parte de la carga (payload) de la cabecera del túnel. Por esto, para recuperar el paquete original, el *foreign agent* tiene simplemente que eliminar la cabecera del túnel y enviar el resto al *nodo móvil*.

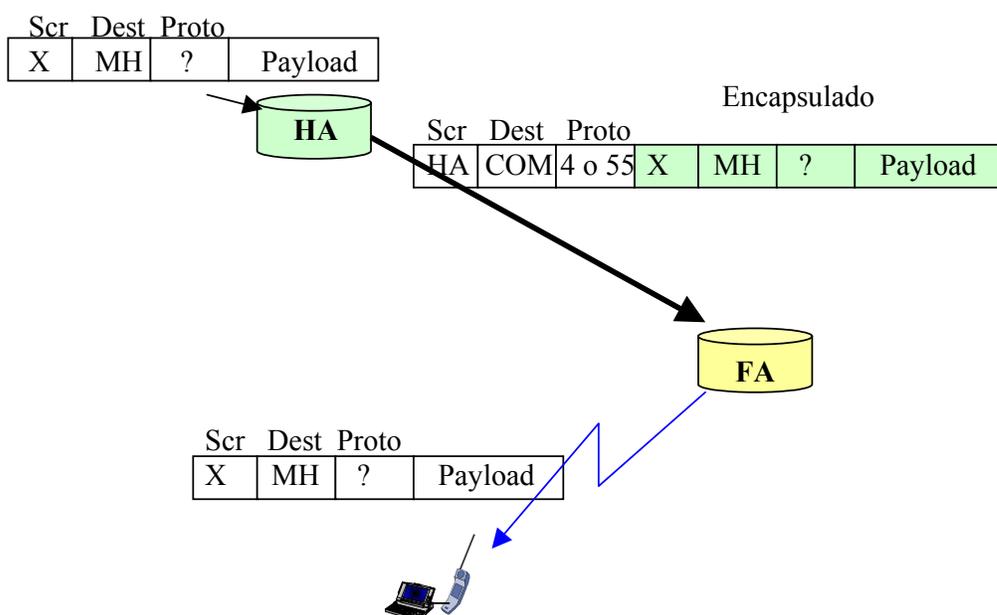


Figura 3-14 Operaciones del Tunneling en IP movil.

La figura 3-14 muestra que a veces la cabecera del túnel usa el protocolo número 55 como la cabecera interior. Esto sucede cuando el *home agent* utiliza encapsulamiento mínimo (minimal encapsulation) en lugar de IP-dentro de-IP. El procesamiento de la cabecera de este tipo de encapsulamiento es significativamente más complicado que para IP-dentro de-IP, porque algo de la información de la cabecera del túnel es combinada con la información en la cabecera interior del encapsulamiento mínimo para reconstituir la cabecera IP original. Por otro lado, la sobrecarga en la cabecera (header overhead) es reducida.

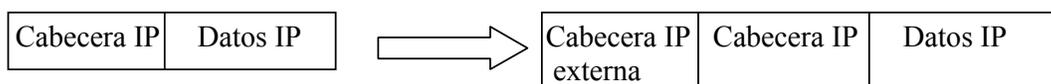


Figura 3-15. Encapsulado IP-dentro de-IP

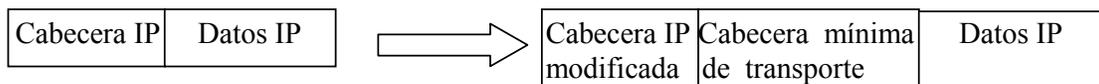


Figura 3-16. Encapsulado mínimo

### **III-VIII PROBLEMAS ASOCIADOS CON IP MÓVIL**

#### **III-VIII-I INEFICIENCIA DE ENCAMINAMIENTO**

La especificación base de IP móvil tiene el efecto de introducir un túnel en el camino de encaminamiento (routing path) seguido por paquetes enviados por el nodo correspondiente (correspondent node) hacia el nodo móvil. Los paquetes desde éste, por otro lado, pueden volver directamente al nodo corresponsal sin requerir un túnel para esto. Esta asimetría es englobada por el término triángulo de encaminamiento (routing triangle), dónde un lado del triángulo va desde el nodo móvil hasta el nodo corresponsal, y el *home agent* forma el tercer vértice controlando el camino tomado por los datos desde el nodo corresponsal hacia el *nodo móvil*. Este problema es mejorado mediante la utilización de técnicas de optimización de encaminamiento descritos en algunos draft, pero hacerlo requiere cambios en los nodos corresponsales que tomarían mucho tiempo para instalarse bajo IPv4. Se espera que este problema no sea un factor limitante para la movilidad bajo el nuevo estándar IPv6.

#### **III-VIII-II PROBLEMAS DE SEGURIDAD**

Una gran atención esta siendo puesta en hacer que IP móvil coexista con las características de seguridad utilizadas en Internet. Los *firewalls*, en particular, causan dificultades a IP móvil porque bloquean toda clases de paquetes entrantes que no cumplen criterios específicos (en el ambiente de estos equipos, reglas). Los *firewalls* instalados en las empresas son típicamente configurados para bloquear paquetes que ingresan vía Internet que parecen provenir de computadoras internas. Este es el caso cuando un nodo móvil pretende comunicarse con otros nodos dentro de la red empresarial privada. Tal comunicación, originada por el nodo móvil, transporta la dirección *home address* (sería una dirección de la red privada) de este y podría así ser bloqueada por el *firewall*. Algunas soluciones han sido propuestas, las cuales ofrecen una solución para atravesar *firewalls*, estas soluciones parten del hecho que IP móvil puede ser visto como un protocolo para establecer túneles seguros.

#### **III-VIII-III FILTROS DE ENTRADA**

Las complicaciones están también presentes mediante las operaciones de aplicación de filtros de entrada a los *routers* que conviven entre Internet y la red empresarial, debido a que algunos de estos descartan los paquetes que vienen de esta red si estos no contienen una dirección IP de origen configurada para una de las redes internas de la empresa. Ya que los *nodos moviles* usan su dirección *home address* como la dirección IP de origen para los paquetes por ellos transmitidos, éste representa una dificultad. Una solución a este problema en IPv4 móvil típicamente involucra que los paquetes salientes viajen a través de un túnel con origen en la dirección *care-of address*, pero la dificultad es ahora como encontrar un destino apropiado para estos paquetes enviados por el *nodo móvil*. La única posibilidad universalmente aceptada es utilizar

como destino el *home agent*, pero esto introduce aún serias anomalías en el encaminamiento para la comunicación entre el nodo móvil y el resto de Internet. La solución propuesta es utilizar un túnel reverso (reverse tunnel) hacia el *home agent* para evitar las restricciones impuestas por el filtrado. IPv6 también ofrece una solución a este problema.

### **III-VIII-IV PROBLEMAS DE DIRECCIONAMIENTO IP**

IP móvil crea la percepción que el nodo móvil esta siempre conectado a su *home network*. Esto es básico para la alcanzabilidad (reachability) de la dirección IP del nodo móvil, que puede estar convencionalmente asociado con su nombre de dominio calificado completamente (Fully Qualified Domain Name, FQDN), (por ejemplo, si pensamos en una URL tal como www.altavista.com, este sería el FQDN asociado con la dirección IP 209.73.180.3). El problema es que estas asociaciones tienen un período de tiempo limitado estando lejos de ser resueltas..

### **III-VIII-V COMPETENCIA CON OTROS PROTOCOLOS**

IP móvil esta compitiendo con otros protocolos alternativos de tunneling como PPTP (Point-to-Point Tunneling Protocol) y L2TP (Layer 2 Tunneling Protocol). Estos otros protocolos, basados en PPP (Point-to-Point Protocol), ofrecen al menos portabilidad a computadoras móviles. Aunque esta operación no será una solución a largo plazo, luce muy atractiva en el corto término debido a la ausencia de instalaciones completas de IP móvil. Si estos métodos alternativos son adoptados ampliamente, no es claro si el uso de IP móvil será desplazado o en lugar de ello, se incorporarán estos protocolos para permitir que IP móvil sea utilizado en plataformas que no soportan encapsulamiento IP-dentro de-IP.

### **III-IX IP MOVIL Y VERSIÓN IPv6**

Cómo cambiará IP móvil cuando se adopte la versión 6 del IP?

IPv6 incluirá muchas características para soportar movilidad que faltan en IP versión 4 (actual versión) incluyendo Stateless Address Autoconfiguración y Neighbor Discovery. IPv6 también procura simplificar los proceso de reenumeración, que pueden ser críticos para el futuro de ruteo de Internet. Además el número de computadoras móvil que tendrán acceso Internet probablemente van a ir en incremento, por lo tanto el aumento de eficiencia para equipos móviles hará la diferencia en el futuro funcionamiento de Internet. Esto, junto con la importancia creciente de Internet y de la web, indican la necesidad de prestar la atención a apoyar a la movilidad.

Las prueba de interoperabilidad ha indicado que la especificación de IP móvil es realizable, y de intereses diversos a través de la comunidad de Internet.

Movil en IPv6, según lo propuesto por el grupo de trabajo de IP móvil, sigue el diseño de IPv4 móvil. Conserva las ideas de una *home network*, de un *home agent*, y del uso de la encapsulado para entregar los paquetes de la *home network* al *nodo móvil*. Mientras que todavía se requiere el descubrimiento de la *care-of address*, un *nodo móvil* puede configurar su *care-of address* usando la Stateless Address Autoconfiguración y Neighbor Discovery. Así, no se requieren los *foreign agent* para concretar movilidad en IPv6. El hacer un túnel IPv6-dentro de-IPv6 es también una de las utilidades de esta versión que permite la mejor adaptación a la movilidad (figura 3-17).

Encabezado base	Extensión 1 de encabezado	.....	Extensión N de encabezado	DATOS
-----------------	---------------------------	-------	---------------------------	-------

Figura 3-17 - IPv6-dentro de-IPv6 – Forma general de un datagrama IPv6 con varios encabezados.

### III-IX-I OPTIMIZACION DEL RUTEO

IPv6 optimiza el ruteo especificados por IPv4, particularmente la idea de entregar actualizaciones obligatorias directamente a los nodos correspondientes.

Cuando es conocida la dirección *care-of address* de un *nodo móvil*, un nodo correspondiente puede entregar los paquetes directamente a la *home address* del *nodo móvil* sin ninguna ayuda del *home agent*. La optimización del ruteo es una probable mejora del funcionamiento para los nodos del móvil sobre IPv6. Es realista requerir esta funcionalidad adicional de todos los nodos IPv6 por dos razones. Primero, en un nivel práctico, los documentos de los estándares IPv6 todavía están en el primer tiempo de la estandarización, así que es posible poner requisitos adicionales en los nodos IPv6. En segundo lugar, el proceso de actualizaciones obligatorias se puede poner en ejecución como modificaciones bastante simples al uso de IPv6's del cache de destino.

### III-IX-II SEGURIDAD

Las diferencias más grandes entre IPv6 e IPv4 es que se espera que todos los nodos IPv6 pongan en ejecución la autenticación y el cifrado, fuertes aspectos para mejorar seguridad en Internet. Esto produce una simplificación importante para la ayuda de la movilidad sobre IPv6, puesto que todos los procedimientos de la autenticación se pueden asumir que existen cuando son necesarios y no tienen que ser especificados en el protocolo móvil IPv6. Incluso con las características de la seguridad en IPv6, el bosquejo actual del grupo de funcionamiento para la ayuda de la movilidad IPv6 especifica el uso de los procedimientos de la autenticación tan infrecuentemente como sea posible. Las razones de esto son dobles. Primero, la buena autenticación

viene en el costo del funcionamiento y así que se debe requerir solamente de vez en cuando. En segundo lugar, las preguntas sobre la disponibilidad de la gerencia dominante Internet-ancha están lejos de estar resuelto en este tiempo.

### **III-IX-III FUENTES DE RUTEO**

En contraste con la optimización de rutas que se especifica en IPv4, en los nodos correspondientes de IPv6 no se hace túnel con los paquetes a los nodos móviles. En lugar, utilizan los ruteos con encabezamientos (IPv6 routing headers), qué instrumento una variación de la opción del ruteo de fuentes de IPv4. Un número de propuestas tempranas para el soporte de movilidad en IPv4 especificaron un uso similar de las opciones de los ruteos de fuente, pero dos problemas principales imposibilitaron su uso:

- Las opciones del ruteo de fuente IPv4 requieren el receptor de paquetes fuente-ruteo para seguir la trayectoria invertida al remitente a lo largo de los nodos intermedios indicados. Esto significa que los nodos malévolos que usaban las rutas de la fuente de posiciones remotas dentro del Internet podrían personificar otros nodos, un problema exacerbado por la carencia de la autenticación.
- Las rutas existentes exhiben funcionamiento terrible al manejar las rutas de la fuente. Por lo tanto, los resultados de desplegar otros protocolos que utilizan las rutas de la fuente no han sido favorables.

Sin embargo, las objeciones al uso de las rutas de la fuente no se aplican a IPv6, porque una especificación más cuidadosa de IPv6 elimina la necesidad de la reversa fuente-ruteo y deja las router no hacer caso de las opciones que no necesitan su atención. Por lo tanto, los nodos correspondientes pueden utilizar los ruteos con encabezamientos sin pena. Esto permite que el nodo móvil se determine fácilmente cuando un nodo correspondiente no tiene la dirección *care-of address*. Es otro punto del contraste para encaminar la optimización en IPv4, que en ayuda de la movilidad IPv6, el nodo móvil entregue actualizaciones obligatorias a los nodos correspondientes en vez de al *home agent*. En IPv6, la gerencia dominante entre el nodo móvil y el nodo del correspondiente es más probable que este disponible.

Otras características apoyadas por la movilidad de IPv6 incluyen:

- Coexistencia con la filtración del ingreso del Internet
- Handoffs lisos, que en IPv4 móvil se especifica para los *foreign agent* como parte de la optimización de la ruta
- Renumeración de home network
- Descubridor automático de home agent

### **III-X TRANSMISIÓN DE DATOS MEDICOS SOBRE REDES MOVILES**

Algunos de los servicios que podrá dar esta red de salud a través de sus servidores y del Centro de Computo serán:

- Los pacientes ambulatorios transportarán el sistema de monitoreo, pudiendo enviar en forma continua o periódica las señales que se desean sensar. Hoy los equipos celulares móviles de 3G poseen un servicio de localización, a través de tecnología GPS, pudiendo ubicar al usuario con error de 10 metros. Este servicio adiciona una potencialidad más a este sistema de monitoreo de pacientes.
- Los pacientes ambulatorios en sus domicilios tendrán la posibilidad de realizar su conexión a través de la red fija de Internet.
- Los información de los pacientes pueden ir siendo almacenados en base de datos, para ser analizados o visualizados con posterioridad. Las bases de datos conjuntamente con un soft adecuado podrían analizar la información y determinar un diagnóstico previo.
- Obtener datos de pacientes que están siendo transportados por una ambulancia u otro medio de movilidad, permitiendo en forma inmediata un diagnóstico previo en el centro de salud en donde será atendido
- La comunicación con el transporte móvil de pacientes sería bidireccional, pudiendo el vehículo recibir indicaciones de auxilios previos indicados por los especialistas ubicados en el centro de atención médica o recibir un diagnóstico previo efectuado por el software dedicado a tal fin. Esto daría una ayuda al profesional que transporta al paciente para efectuarle los primeros auxilios.
- Realizar intervenciones quirúrgicas a través de la red. Este servicio será entre puntos fijos de al red.
- Se podrán obtener e intercambiar imágenes entre las instituciones integradas a la red para diagnósticos imagenológicos utilizando la red Telemática de Salud como soporte de transmisión. Con ese objetivo se debe crear una Red Nacional de Telediagnóstico que permita esta aplicación a distancia, transmitiendo imágenes entre diferentes unidades. Esta red debe crear bases de datos de imágenes y de estudio de casos de interés, para la consulta de especialistas y futuras investigaciones.
- Realizar consultas e interconsultas remotas en tiempo real o diferido, que permita un mayor acceso a los servicios especializados del país, a fin de permitir una mayor calidad en la atención a los pacientes.

En función de estos objetivos y de los temas analizados hasta el momento, nuestra red de datos médicos quedaría conformada como se observa en la figura 3-18.

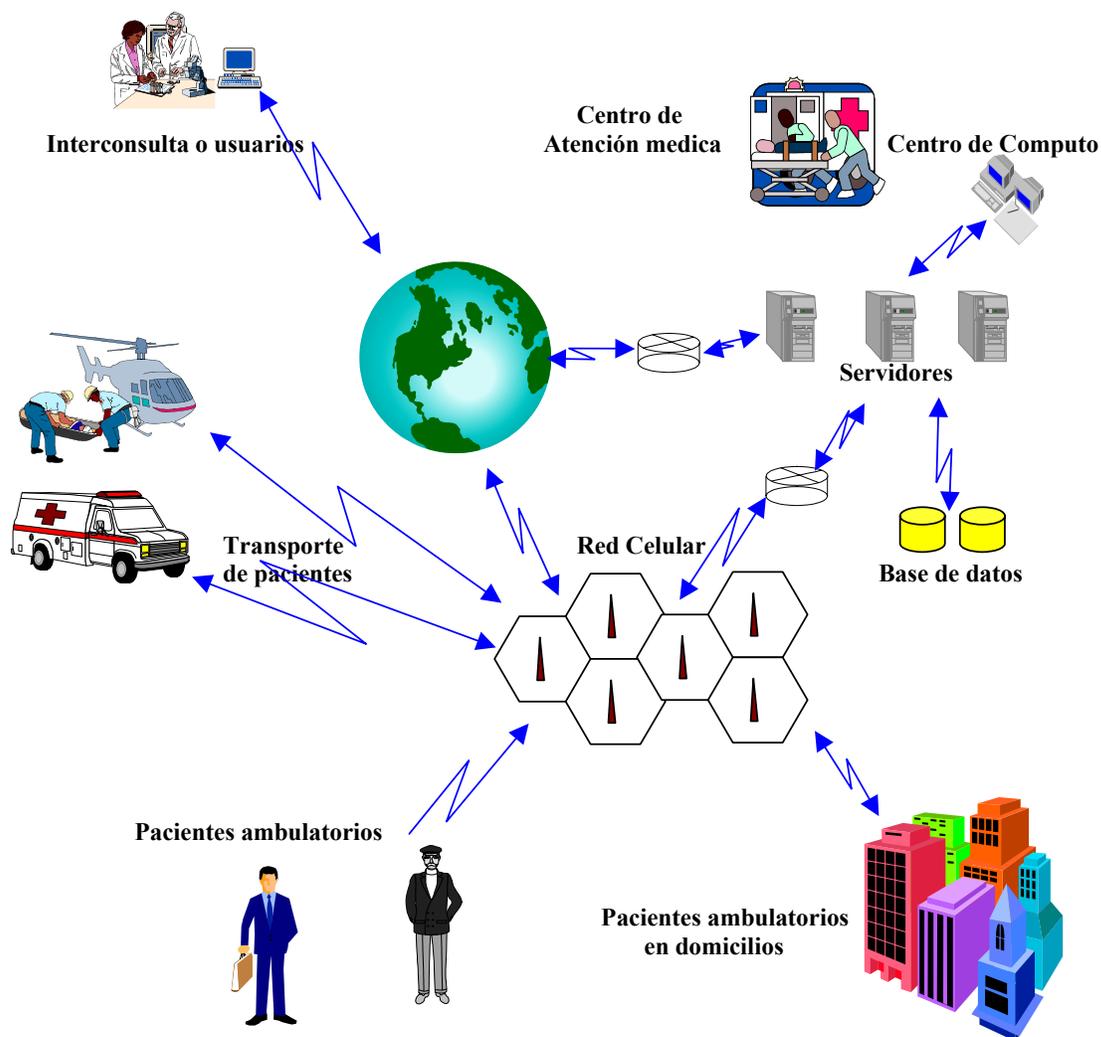


Figura 3-18 Red de Salud

La *red celular* estará implementada sobre un sistema GSM o su migración correspondiente sobre 3 G, permitiendo una comunicación dinámica y móvil entre los puntos a enlazar, teniendo las ventajas ya enumeradas por dicho sistema.

Los servidores estarán conectados a las *bases de datos* interactuando con ellas cuando sea necesario, ya sea leyendo datos almacenados de monitoreos realizados, como para adicionar nuevos datos obtenidos sobre pacientes ambulatorios que están siendo detectados en ese momento. Los datos también podrían ser procesados en el Centro de Cómputo y con software especiales diagnosticar el estado del paciente, siendo de ayuda rápida y eficiente para el profesional que atiende el caso. El Centro de Cómputo estará formado por:

- Centro de Referencia: Será el centro rector de la especialidad, avalado por el grupo de la especialidad que corresponda y brinda el servicio de teleconsulta o telediagnóstico de mayor nivel. Se responsabiliza con la acreditación de los centros que conforman la red de telediagnóstico del país.
- Centro de Diagnóstico: Será un centro que cuenta con alto nivel de especialización en la temática nivel local y que brinda el servicio de teleconsulta para segunda opinión o telediagnóstico.
- Centro consultante. Será el que solicita el servicio de teleconsulta o telediagnóstico.

Los requerimientos que deberán poseer los centros que interviene y los usuarios de las consultas e interconsultas al Centro Informático de Salud serán:

- Disponer de la tecnología informática y de telecomunicaciones necesarias para recibir y prestar servicios de telediagnóstico.
- Garantizar la ética médica establecida en los procedimientos a efectuar.
- Contar con el plan de seguridad informática establecido y aprobado de la instancia correspondiente.
- Certificar y registrar al personal médico que estará autorizado a solicitar y emitir un criterio sobre un determinado caso.
- Certificar y registrar el área de dicho hospital que se constituirá en centro para brindar servicios de telediagnóstico.
- El servicio debe ser totalmente auditable por las autoridades competentes para verificar el cumplimiento de los requisitos planteados, por tanto el proceso debe organizarse para garantizar esto.

Debemos contemplar otros servicios que podría dar la red y que hoy son de tanta utilidad en Internet (correo electrónico, web, etc), que por el solo hecho de estar conectada a una red existen.

La doble conexión a la red celular y a Internet hace que el sistema adquiera mayor potencialidad aumentando su campo de acción y pudiendo enlazarse a redes hospitalarias similares.

### III-XI REFERENCIAS

- ✓ ISDN and Broadband ISDN - William Stallings - Macmillan Publishing Company
- ✓ Redes inalámbricas y telefonía móvil - Sonia Belzunce Quijada y Ana Belen Diez Barreiro - Universidad Politécnica de Valencia.  
<http://www.iespana.es/infotutoriales/redes/redes.htm>
- ✓ Mobile Networking through mobile IP - Charles E. Perkins (Sun Microsystem)  
<http://www.computer.org/internet/v2n1/perkins.htm>
- ✓ Mobile IP explains - Ville Ollikainen (Helsinki University of Technology)  
<http://www.tml.hut.fi/Opinnot/Tik-111.550/1999/Esitelmat/MobileIP/Mobip.html>
- ✓ RFC 2002 - IP Mobility Support - C. Perkins <http://www.faqs.org/rfcs/rfc2002.html>
- ✓ RFC 1256 - ICMP Router Discovery Messages - S. Deering  
<http://www.faqs.org/rfcs/rfc1256.html>
- ✓ RFC 1321 - The MD5 Message - Digest Algorithm - R. Rivest  
<http://www.faqs.org/rfcs/rfc1321.html>
- ✓ RFC 2003 - IP Encapsulation within IP - C. Perkins <http://www.faqs.org/rfcs/rfc2003.html>
- ✓ RFC 2004 - Minimal Encapsulation within IP - C. Perkins  
<http://www.faqs.org/rfcs/rfc2004.html>

# TELEMEDICINA SOBRE MOVIL IP

## **IV-I ANÁLISIS Y ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES DE PACIENTES MOVILES Y EN URGENCIAS MEDICAS**

Actualmente la medicina esta utilizando cada día mas las comunicaciones como fin para transportar la información medica a través de sus medios. Técnicas como la nanotecnologías aplicadas a la medicina en algunos campos necesitan de las comunicaciones para trasladar los resultados o implantes inteligentes monitoreados que a través de un medio de comunicación, como es el caso de telefonía celular, permiten detectar anomalías de las funciones sensadas, también se están empleando con éxito sistemas de monitoreos domiciliarios, con muy buenos resultados. Estas son algunas de las tecnologías nuevas, las cuales cambiarían la vida cotidiana en el siglo XXI de forma hasta ahora inimaginable. Todos estos avances tecnológicos podrán ser organizados a través de una red médica, que permitirá potenciar estos servicios y brindar mayor cobertura, logrando una globalización de las técnicas.

Esta red será de libre acceso, sin embargo se requiere cierta organización para que los puntos de acceso se coordinen entre sí y para que la red sea tolerante a fallos.

Una gestión de red eficiente permite un buen aprovechamiento de todo el ancho de banda disponible dinámicamente, localización de caídas y reencaminamiento alternativo, minimizar la latencia y distancia de red.

### **IV-I-I DISPOSITIVOS PORTATILES Y MANUALES**

Analicemos los dispositivos portátiles que actualmente existen en el mercado y que por suerte para las aplicaciones móviles, están siendo cada vez más pequeños y potentes debido al avance de la tecnología electrónica.

Los localizadores inteligentes, los teléfonos con web activados y los asistentes digitales (PDA por sus siglas en ingles de Personal Digital Assistants) se han popularizado y son de uso frecuente. Los PDA, con sus mini maquinas, encabezados por la marca Palm Inc, han florecido durante los últimos años. El atractivo de los PDA es su sencillez, son muy versátiles, pueden guardar números telefónicos y sustituir a las PC en sus aplicaciones de Internet

La tecnología Palm incluye su buscador de Web, gerencia de información personal (PIM) y correo electrónico, así como la solución de mensajería inalámbrica. Además, Palm está desarrollando una nueva configuración estructural llamada Reliable Transport (RT), que es una infraestructura de base que será el soporte de todas las iniciativas inalámbricas empresariales de Palm. Este será un componente empresarial para la plataforma de Palm que optimizará la experiencia del usuario final, al tener acceso a la tecnología IBM en una computadora de mano Palm. Diseñada para proporcionar a una infraestructura flexible de las comunicaciones, el RT acepta los

pedidos de las transacciones de dos vías y determina la mejor forma posible de transmitir las del dispositivo al servidor, o viceversa

Dentro de los dispositivos de poco tamaño que podrían dar utilidad a nuestros servicios, tenemos también las Pocket PC, estas diminutas maquinas están más orientadas a usuarios con necesidades de multimedia integradas, aunque al igual que los PDA se pueden conectar con teléfonos celulares digitales con un cable o infrarrojo o módem insertados. Aunque estos dispositivos están siendo implementados con acceso inalámbricos propios, también uno podría usar modelos combinados, que son uniones entre los PDA y los teléfonos celulares.

Con Bluetooth, podemos realizar tecnología de radio de bajo alcance que permite interacción inalámbrica entre PCs, impresoras, teléfonos celulares y otros dispositivos de entrada.

Bluetooth es una tecnología de la variedad spread-spectrum que resulta más confiable que los diseños con frecuencia de 27MHz actualmente utilizados en otros periféricos inalámbricos. Esto reduce la posibilidad de perder señal o de encontrar interferencias.

El transceiver es del tamaño de una caja de fósforos y se conecta vía USB, pudiendo funcionar tanto con desktops, como con laptops. Puede conectar en forma inalámbrica hasta siete dispositivos compatibles con Bluetooth a la vez.

Debemos remarcar que para nuestros propósitos, con respecto a pacientes ambulatorios, el equipamiento debería ser lo más diminuto posible, de tal forma de ocasionar la menor molestia posible sobre el usuario que lo transporta. Mientras que en los equipos móviles sobre un vehículo (el caso de ambulancias o helicópteros) podrían estar equipados con PC Laptop, notebook o PC implementadas para tal propósito.

Algunos fabricantes de equipos de telemedicina están implementando soluciones para GSM. Los equipos permiten enviar desde un punto remoto (ambulancia, domicilio del enfermo, lugar del accidente), y con un equipo totalmente portable, los datos del electrocardiograma o los signos vitales del paciente a una central, situada en el hospital. De esta forma se pueden ganar valiosos minutos en el diagnóstico que, en muchos casos, salvan la vida del paciente.

#### **IV-I-II TELEMEDICINA**

Desde inicios de la centuria de 1900 se ha usado la medicina a distancia y existen ejemplos de equipos que fueron desarrollados para la transmisión de resultados de rayos X a través del telégrafo en Australia. También aplicaron telemedicina los primeros programas espaciales de Estados Unidos y la antigua Unión Soviética permitiendo a los equipos médicos controlar desde tierra las condiciones físicas de los astronautas que se hallaban en órbita o que viajaban a la luna.

Otros medios de comunicación también se han utilizado para la transmisión de información en diferentes actividades de atención de la salud en el mundo entero. Dato

importante es que por primera vez que en la historia de las comunicaciones, se hizo Cirugía a distancia vía Internet y fue entre el 29 de Agosto y el 3 de Septiembre de 1996, desde Pontiac en Michigan, a Laguna Hills en California, y a Buenos Aires en la Argentina, con audio y videoconferencia interactiva en tiempo real (demora máxima o delay de 0,5 a 2 segundos). Se trataba de intervenciones de cirugía laparoscópica.



a)

b)

*Figura 4-1 - Imágenes de laparoscopia de a) recto y b) esófago..*

La integración de las ciencias médicas con el desarrollo de las telecomunicaciones y la informática y su aplicación en las diferentes actividades del sector de la salud, hace posible conceptualizar el término de Telemedicina (del griego teles = lejos):

*Como la distribución de servicios de salud, en el que la distancia es un factor crítico, donde los profesionales de la salud usan información y tecnología de comunicaciones para el intercambio de información válida para el diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades o daños, investigación y evaluación; y para la educación continuada de los proveedores de salud pública, todo ello en interés del desarrollo de la salud del individuo y su comunidad.*

Existen decenas de malas definiciones que no terminan de englobar todos los aspectos de un tema tan amplio. Para los profesionales de la medicina es cualquier acto médico realizado sin contacto físico directo entre profesional y paciente. De este modo, no siempre que damos un ordenador a un médico podemos hablar de telemedicina. Aquello que no es un acto médico, aunque sea realizado por un profesional de la medicina, no puede englobarse en este concepto. Así, no es telemedicina utilizar Internet para realizar un curso, asistir a un congreso, consultar una revista médica, o recibir por ordenador el listado de consultas de la mañana.

Telemedicina tampoco es una nueva disciplina clínica. Su uso es aplicable a cualquier aspecto de la práctica médica aunque, como veremos, requiere un entrenamiento, praxis y pautas de comunicación diferentes.

La Telemedicina es, en definitiva, tanto una herramienta como un procedimiento. Es una herramienta pues su desarrollo depende del avance tecnológico y

permite realizar actos médicos, pero también es una nueva manera de desarrollar modos diagnósticos y terapéuticos, de enfocar la relación médico paciente, y de llevar a cabo una eficiente y racional utilización de los recursos.

La *cibermedicina*, sin embargo, es la medicina en el ciberespacio, la aplicación de Internet y las redes de la comunicación global a la Medicina y la Salud Pública.

De esta manera, y de un modo grosero, podemos asociar los conceptos:

- Telemedicina- Asistencia (diagnóstico, terapéutica, prevención)
- Cibermedicina- Acceso a la información médica, bien sea por un profesional o por la población general (e-salud)
- E-Salud es un concepto asimilable al de cibermedicina. Se usa, preferentemente, para hablar del acceso a la información médica por parte de los pacientes.

Aunque nuestra Red de Salud esta centrada en la actividad asistencial, como actividades diagnósticas, terapéuticas o de medicina social realizadas por medios de transmisión electrónica, que capacitan la transmisión de información acústica y/o visual a larga distancia, sin que el médico esté realmente presente en la consulta requerida; también tiende a ser más amplio dando servicios de Cibermedia, de tal forma de ser una red total de servicios médicos.

#### **IV-I-III TIPO DE SEÑALES A TRANSPORTAR**

Hay infinidad de instrumentos externos que proveen la información inmediata sobre el estado de condiciones biológicas tales como:

**Electrocardiograma** : técnica diagnostica en la detección y visualización de la evolución temporoespacial de la actividad del corazón mediante la aplicación de sensores (electrodos) en la piel

**Electrodomo medico:** aparatos electrónicos domiciliarios para practicas médicas. Actualmente se han generalizado los medidores de presión sanguínes y termómetros digitales

**Holter:** Técnica descrita por este autor norteamericano de monitorización continua del ritmo cardiaco de los pacientes mediante un electrocardiógrafo portátil. En su momento fue un hito en el estudio y comprensión de las arritmias cardiacas, y hoy en día es una técnica diagnóstica imprescindible.

**Termografía:** Técnica de imaginería médica en la que se visualizan las temperaturas de la piel y los órganos subyacentes a la misma, muy sensible a los aumentos de circulación en los tejidos

**Electromiografos:** Existen en la actualidad instrumentos pequeños que permiten detectar la actividad muscular con electrodos de superficie, permitiendo evaluar el comportamiento del músculo.

Todos estos instrumentos y otros no nombrados detectan señales generalmente generadas por el cuerpo humano, las que pueden ser de vital importancia trasmitirlas a través de una red de Salud.

Estas son generalmente señales no muy complejas (figura 4-2), teniendo un ancho espectral como se muestra en la figura 4-3.

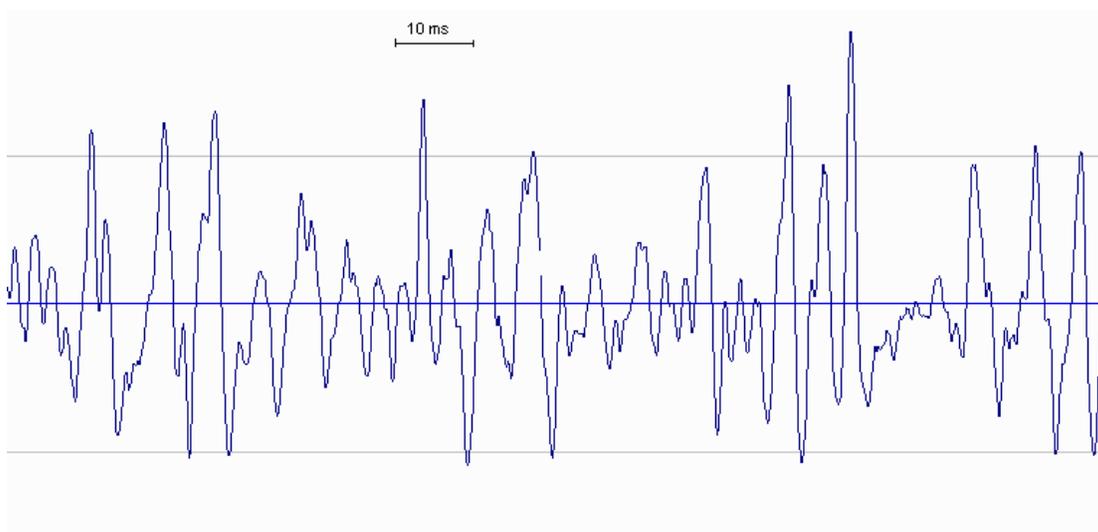


Figura 4-2 - Señal eléctrica del movimiento de un músculo

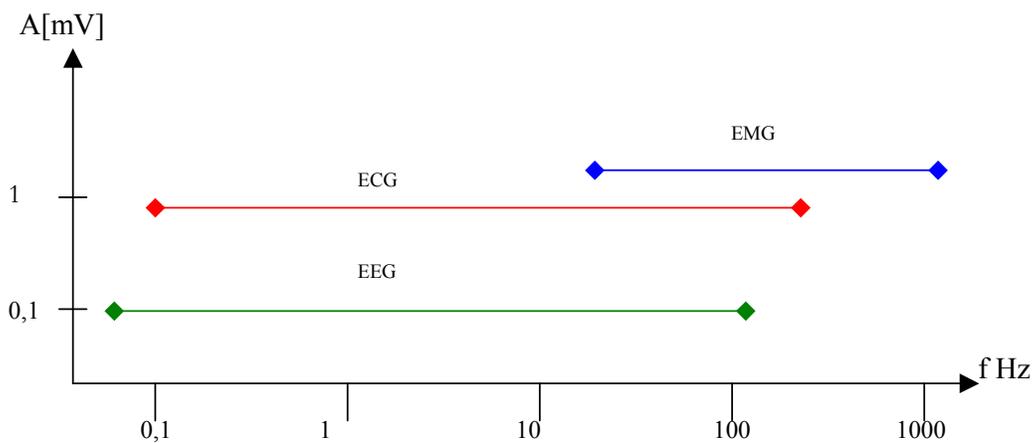


Figura 4-3 -Espectro de señales bioeléctricas

No debemos olvidar que además de las señales bioeléctricas típicas de un cuerpo humano o señales obtenidas de instrumentales médicos, como medida de temperatura corporal y otras, se puede obtener la necesidad del envío sobre una red de Salud de información de mayor complejidad y de mayores necesidades en ancho de banda para la red, como son:

**Telesradiología** o sistemas para ver y diagnosticar radiografías, ultrasonografías etc., a distancia, que está en uso, por ejemplo, en el Hospital Gómez Ulla de Madrid para atender a las tropas desplazadas a Bosnia.



*Figuar 4-4 - Radiografía digital*

**Telepatología**, con sistemas de transmisión por vídeo en tiempo real, para que los patólogos puedan ver a distancia las preparaciones histológicas. El patólogo tiene control remoto sobre un microscopio en el que examina las preparaciones elaboradas por el técnico local. Está pensado para ser utilizado por hospitales sin especialistas patólogos, incluso para biopsias intraoperatorias.

**Teleoftalmología:** las imágenes oftalmoscópicas del paciente, que es atendido por un técnico u óptico, son transmitidas a distancia en tiempo real, al especialista oftalmólogo, que diagnostica y trata al paciente.

**Teledoscopia:** Las imágenes del videoendoscopio, (digestivo, ORL, urológico, etc) además de ser observadas "junto al enfermo" por un médico, las ve otro especialista, más calificado, a distancia del enfermo. Se están evaluando en Noruega proyectos pilotos para hacer directamente en la consulta del médico generalista diversas endoscopias, que hasta la fecha se realizaban en el hospital de referencia.

**Teledermatología:** El Hospital Universitario de Tromso ofrece desde 1988, diagnósticos dermatológicos a través de imágenes transmitidas en tiempo real.

**Tele-consultas médico-enfermo, educación sanitaria y consultas de Enfermería** especialmente para pacientes de la tercera edad, mediante un sistema de videoconferencia adaptado al televisor doméstico del paciente

Todas estas aplicaciones sumadas a las intervenciones quirúrgicas a través de la red deberán ser tenidas en cuentas por la red de Salud, contemplando también nuevas tecnologías que se van a ir agregando producido por el avance de la técnica.

Otras técnicas y estudios médicos pueden ser sumadas a la red como son:

**Ecografía** : Técnica de imaginería médica en la que se aprovecha la distinta capacidad de reflejar las ondas sonoras de los distintos tejidos. Consiste en un emisor de ultrasonidos y un captador de sus ecos, usualmente integrados en el mismo cabezal.

**Estereotaxis**: Técnica de manipulación en la que, mediante un sistema referencial externo, se accede a un punto predeterminado en el interior de un objeto sólido gracias a las coordenadas del sistema externo. Se aplica a la neurocirugía, en la que se sujeta un sistema de coordenadas en el exterior de la cabeza, tomando como referencias los conductos auditivos.

**Pastillas rastreadoras**: Tecnología de miniaturización que substituirá a las endoscopias por un sistema completo dirigido a distancia integrado en una cápsula del tamaño de las de medicamentos, que se insertará o tragará por vías naturales y permitirá la visualización y toma de muestras. Ya existen prototipos funcionales para el intestino delgado.

**Resonancia Magnética Nuclear (RMN)**: Técnica de imaginería médica en la que se aprovecha la propiedad de los protones (H<sup>+</sup>) (de sus espines, una propiedad de los átomos) de alinearse con un campo magnético y emitir ondas electromagnéticas al volver a su posición previa, para obtener una representación de las estructuras corporales (que difieren en su concentración de protones). Presenta las ventajas, sobre la radiología, tanto convencional, mejorada o la T.A.C., de no irradiar al paciente (se le somete a pulsos magnéticos) y de permitir cortes sagitales.

**Tomografía Axial Computarizada (TAC)**: Técnica de imaginería médica en la que se reconstruyen, a partir de las imágenes unidimensionales obtenidas a distintos ángulos, las imágenes bidimensionales de una sección del cuerpo. Mediante una adaptación de los programas informáticos empleados en dicha reconstrucción, se pueden obtener imágenes tridimensionales de órganos o estructuras específicos.

En un futuro todas estas técnicas y señales enviadas adecuadamente por la red de salud, brindarán un amplio servicio a la población.

Debemos remarcar la importancia del manejo de imágenes y de señales de vídeo en los estudios médicos de más alta complejidad, lo cual deberá ser tenido en cuenta en este tipo de redes.

#### **IV-II CARACTERISTICAS Y OBJETIVOS DE DISEÑO DE LA RED**

Una de las características importantes de una red es la de *compartir recursos*, obteniendo se una serie de beneficios como son ahorro de costos al compartir dispositivos de hardware, compartición de datos, bases de datos comunes, etc.

En un sistema distribuido con varias computadoras cada una con un solo procesador pueden correr varios procesos en paralelo siempre que cada proceso sea alocado en diferentes computadoras. Esta característica se denomina *conurrencia*.

Otra de las características es la *escalabilidad*. Los sistemas distribuidos operan efectivamente y eficientemente en gran cantidad de escalas, entendiéndose por cambios de escala como aumento del número de usuarios y/o recursos.

La *transparencia* es definida como la ocultación de la separación de los componentes a los usuarios y a los programadores de aplicaciones y provee la visión del sistema como un todo y no como una colección de componentes independientes.

En todo sistema puede haber fallos tanto de hardware como de software y tanto resultados incorrectos como paradas después de haber intentado realizar un cómputo. Es por eso que la *tolerancia a fallas* es importante en los sistemas distribuidos, que está íntimamente vinculada con la *confiabilidad* de la red.

Además de todas estas características de importancia de un sistema distribuido que analizaremos a continuación, nuestra red de salud deberá contemplar algunos aspectos particulares propio del servicio que prestará, y que enumeramos a continuación:

*Cobertura geográfica:* Local o regional. Global.

*Area de aplicación:* Principalmente clínica y preventiva.

*Seguridad:* Alta Limitada.

*Intercambio de datos:* Clínicos Información para educación de profesionales y clientes. Datos epistemológicos y de Salud Publica de uso público.

*Actores:* Paciente-médico.  
Médico-médico.  
Paciente-paciente.  
Médico-médico.  
Paciente-médico.  
Médico-paciente.

*Propósito:* Manejo individual de pacientes. Prevención y promoción de la Salud.

*Manejado por:* Grupo técnico. Proveedores-consumidores.

*Participante:* Usuarios limitados y definidos.

La red de salud deberá como objetivos cumplir con los siguientes servicios:

*Servicios médicos descentralizados*

*Atención domiciliaria :*televigilancia, telemonitorización, telepresencia

*Teleconsulta:*

Pacientes urbanos: organizaciones asistenciales reestructuradas.

Pacientes alejados física u organizativamente

Pacientes en situaciones especiales:

Grandes compañías (petrolíferas, constructoras) con personal en zonas aisladas

Marina mercante (programa Medimar, Italia)/ Aviación.

Sanidad militar.

*Telediagnóstico/Exploraciones complementarias:* Esto tiene especial interés en departamentos de Radiología, Patología, Laboratorio, Fisiología, etc, donde las imágenes y parámetros de medida pueden ser transmitidos electrónicamente.

*Teleurgencias:* Acercar al profesional de forma instantánea donde se le requiera, y transmitir y obtener datos vitales.

Discusión interactiva entre profesionales alejados físicamente. Obtención de segunda opinión y trabajo en equipo.

Tutorización de actos medico-quirúrgicos complejos por especialistas localizados a distancia.

*Investigación*

ensayos clínicos y estudios descriptivos.(empresas farmacéuticas, centros de investigación):

Facilitar el acceso a la población en estudio, y permitir la interacción y compartición de datos entre investigadores.

*Salud Pública y Medicina de catástrofes.*

*Teleformación:*

(universidades, hospitales, servicios de salud) educación, entrenamiento.

#### **IV-III-I CONCURRENCIA**

Cuando varios procesos existen en una sola computadora se dice que se están ejecutando concurrentemente. En una computadora con un solo procesador esto es alcanzado intercalando porciones de cada uno de los procesos.

En una computadora con N procesadores se pueden procesar N procesos simultáneamente (paralelismo).

En un sistema distribuido con M computadoras cada una con un solo procesador pueden correr M procesos en paralelo siempre que cada proceso sea asignado en diferentes computadoras.

La concurrencia y el paralelismo surge naturalmente en los sistemas distribuidos debido a:

- Separación de las actividades de los usuarios.
- Independencia de los recursos.
- Separación de los procesos servidores.

Dentro de cada computadora y principalmente en las computadoras y servidores que se encuentran en el centro de operaciones de la red de salud (Figura 3-18), existe la posibilidad de ejecución concurrente. Existe la posibilidad de conflictos (inconsistencia) y debe haber sincronización de los accesos y ésta debe ser planificada cuidadosamente para no perder los beneficios de la concurrencia. Debemos remarcar que estos problemas pueden surgir en cualesquiera servicio de los que brinda la red y pueden ser

críticos en los *servicios médicos descentralizados* y principalmente en lo que llamamos *teleurgencias*.

#### **IV-III-II ESCALABILIDAD**

La escalabilidad se refiere a la capacidad del sistema para adaptarse a una demanda incrementada de servicio.

Los sistemas distribuidos operan efectivamente y eficientemente en gran cantidad de escalas, entendiéndose por cambios de escala al aumento del número de usuarios y/o recursos.

Cuando se produce un cambio de escala lo ideal sería:

- No hay necesidad de cambios en el software de las aplicaciones o del sistema.
- No hay pérdidas significativas de prestaciones.
- El costo de los recursos físicos es controlado.
- Si hay muchos usuarios se pueden añadir servidores.
- Si un recurso es muy solicitado se puede replicar.
- No se producen cuellos de botella en las prestaciones.
- No se limita el número de recursos de software.

Lo más común es que los ambientes distribuidos evolucionen y crezcan tanto en usuarios como en servicios, por lo tanto es deseable que pueda adaptarse a estas nuevas especificaciones sin causar interrupción de los servicios o pérdidas de desempeño significativas. Algunas reglas de diseño para la escalabilidad las mencionaremos enseguida.

*Evitar entidades centralizadas.*- El uso de una entidad centralizada como una base de datos o un servidor de archivos en especial vuelve al sistema no escalable debido a las siguientes razones:

- a) La falla en el componente central causa la caída total del servicio en el sistema.
- b) El desempeño de un componente centralizado se convierte en un cuello de botella cuando se tienen más usuarios compitiendo por él.
- c) Aunque el componente centralizado tenga la suficiente capacidad de desempeño, almacenamiento o velocidad, la red puede saturarse en las regiones cercanas a dicha entidad, cuando el tráfico se incrementa por el acceso a dicho recurso.
- d) En una red amplia, formada por varias redes interconectadas, es poco eficiente tener un tipo particular de peticiones atendido sólo en un punto.

En general deber evitarse el uso de componentes centralizados, usando replicación de recursos y algoritmos de control para satisfacer éste objetivo de diseño.

*Evitar algoritmos centralizados.*- Un algoritmo centralizado puede definirse como

aquél que recolecta información de varios nodos, la procesa en uno solo y luego distribuye los resultados entre los demás. Su uso debería ser restringido por razones muy similares a las del punto anterior, es decir la implementación no opera suficientemente bien con el incremento de peticiones de servicio. En lugar de ello, en un algoritmo descentralizado las decisiones se toman en los nodos sólo sobre la base de información global.

*Ejecutar la mayoría de las operaciones en las estaciones clientes.*- Esta técnica favorece la escalabilidad, puesto que realiza una degradación suave del desempeño del sistema conforme crece en tamaño, a través de la reducción de la contienda por recursos compartidos.

Es de esperar que una red con este uso tenga un crecimiento exponencial a medida que se conozca y se valoren sus utilidades, por lo tanto deberá contemplar los problemas que esto ocasione. Es de esperar que el crecimiento no controlado venga por el lado de consulta a base de datos, *teleconsulta e investigación*, debido a que la red tome importancia los usuarios externos que encuentren solución a sus problemas arriben a la red a través de Internet. Los usuarios de los otros *servicios médicos descentralizados* son mas controlados porque dependen de toda una infraestructura para hacer uso de la misma y por supuesto tendrán un acceso prioritario a la misma debido al tipo de servicio. Los problemas de escalabilidad que se pueden presentar son perfectamente manejables y las técnicas para afrontarlos son:

- Servidores cooperativos.
- Replicación de datos.
- Conservación de los datos cerca de donde se utilizan (caching)

#### **IV-III-III TRANSPARENCIA**

El ambiente con sistemas distribuido debe volver “invisibles” (transparentes) a todas las máquinas que lo integran y con las cuales trabajan las personas. El requisito es que cada persona trabajando con este conjunto de máquinas conectadas por una red de comunicaciones sientan que están trabajando con un único procesador. Existen diferentes enfoques para la transparencia que se presentan a continuación.

*Transparencia de acceso.*- Por esto se entiende que el usuario no debe distinguir si un recurso es remoto o local, por lo que respecta al usuario, utilizar un recurso debe ser un mecanismo igual sin importar la localización física de tal ente. Otra forma de expresar esto es diciendo que la interface de usuario la cual toma forma a través de llamadas al sistema no debe distinguir entre recursos locales y remotos, y deber. ser responsabilidad del sistema operativo distribuido localizar los recursos y hacer la asignación de los mismos.

*Transparencia de localización.*- Se entiende básicamente en dos aspectos, los cuales son la *transparencia de nombres y movilidad del usuario*. La transparencia de nombre se

refiere a que los recursos deben tener nombres únicos dentro del sistema y no estar vinculados con la localización física de los mismos, de manera que se logre que la persona tenga una vista lógica única del sistema. Más aún, los recursos deben conservar un mecanismo y nomenclatura dinámico que se ajusten a los cambios de localización de un nodo a otro dentro del sistema. La movilidad de usuario significa que no importa el punto desde el cual se esté solicitando el acceso a un recurso en particular, la persona siempre tendrá la posibilidad de accederlo (si las restricciones y condiciones de seguridad lo permiten)

*Transparencia de replicación.*- A fin de lograr mejor desempeño y confiabilidad, casi todos los sistemas operativos distribuidos crean réplicas de los procesos tanto de los archivos como de los recursos en diferentes nodos del sistema. El nombramiento (nomenclatura) de éstas réplicas, el control de la replicación y de los lugares donde se llevará a cabo deben ser manejados en forma totalmente automática y transparente.

*Transparencia a fallas.*- El sistema distribuido deber. continuar operando, quizás en forma degradada, aún en el caso de fallas en alguno de sus componentes. Un ejemplo de ello son los sistemas que respaldan recursos como servidores o discos duros, donde todas las acciones se duplican en los componentes, y si el elemento principal falla, los restantes toman su lugar y siguen con la operación sin que los usuarios aprecien la falla. Lo ideal es que esto se logra con la menor sobrecarga (overhead) posible de manera tal que la cooperación entre los diferentes subsistemas no altere el desempeño conjunto esperado. Un sistema totalmente tolerante a fallas aunque teóricamente factible, es muy difícil llevarlo a la práctica: un sistema distribuido totalmente tolerante a fallas sería lento en extremo , dada la enorme cantidad de redundancia requerida para soportar todos los tipos de fallas que pudieran presentarse.

*Transparencia de migración.*- Significa que los recursos puedan ser cambiados de localización sin alterar su nombre. Hay tres formas importantes en este rubro para concretarlos y son:

- a) Las decisiones de migración deben ser hechas automáticamente.
- b) La migración de un objeto a otro no requerirá cambio en su nombre.
- c) La comunicación interprocesos debe poder enviar un mensaje a un proceso que está siendo reubicado, sin tener que obligar al originador a reenviar de nuevo su paquete de datos.

*Transparencia de concurrencia.*- Significa que el sistema debe proveer una facilidad de operación tal para compartir sus recursos que cada usuario no perciba la presencia de otros que también están haciendo uso de los mismos.

*Transparencia de desempeño.*- La capacidad de procesamiento del sistema debe ser uniformemente distribuida entre los procesos existentes en un momento dado. El balance y asignación de cargas de trabajo deben ser automáticamente reconfigurados sin intervención del usuario.

*Transparencia de escalamiento.*- Esta propiedad permite expandir en escala al sistema sin interrumpir los trabajos de usuarios.

Nuestra red de salud tendría que ser capaz de cumplir todos los enfoques de transparencias que hemos enumerado. La *transparencia de acceso* es indispensable en nuestra red ya que se debe poder usar los recursos del sistema independientemente de su localización, si unos de los aspectos particulares del servicio era una cobertura geográfica local o regional, los servicios que brinda esta red tendrán que ser independientes de su localización. Con excepción del *Servicios de atención domiciliaria*, que solo tiene sentido con cobertura local.

La *transparencia de localización* de nuestra red debe permitir que los recursos tengan nombres consistentes, y que puedan usarse desde cualquier sitio que esté el usuario. Esto es valido para cualquiera de los servicios que brinde la red de salud.

Lo que respecta a la *transparencia de replicación*, las réplicas de procesos y recursos se deben crear y administran en forma automáticamente, para que tanto en los *servicios médicos descentralizados* como en *investigación y teleformación* el usuario pueda acceder en forma rápida y siempre que lo desee.

En los servicios de *teleurgencias: y atención domiciliaria* la *transparencia a fallas* son de vital importancia, ya que la vida del paciente esta en juego con los minutos que pasan, por lo tanto las fallas en componentes deben ser resueltas con componentes de respaldo y en forma automáticamente, esto tiene que ver mucho con la *transparencia de replicación*, de migración y de desempeño. Debemos remarcar que todos los servicios deben estar protegidos contra fallas, pero rescatamos que hay servicios con mas prioridad que otros, en donde se debe sobredimensionar la estructura que soporte el manejo de la información de los mismos.

La *transparencia de migración* debe ser uno de los recursos que debe poseer la red para poder moverse de lugar y mantener nomenclatura consistente.

También la *transparencia de concurrencia* debe ser una de las propiedades de la red de salud para que cada persona no nota la existencia de los demás

Por último la *transparencia de desempeño* permitirá la asignación y balance de carga de trabajo que se llevan a cabo en la red sin intervención del usuario, con la *transparencia de escalamiento* que le permite al sistema poder expandirse sin interrumpir el trabajo de los usuarios, ni que ellos se enteren.

#### **IV-III-IV CONFIABILIDAD**

El objetivo de utilizar un sistema distribuido es lograr no solo potencialidad, sino paralelamente obtener confiabilidad.

En general, se espera que un ambiente distribuido tenga mayor confiabilidad que uno centralizado, dado que se tienen múltiples componentes que funcionan como respaldo. Sin embargo, la existencia de tales componentes por sí misma no puede aumentar la confiabilidad del sistema.

Los temas que debemos abordar para aumentar la confiabilidad del sistema son dos, uno es la eliminación de fallas y el otro es la tolerancia a fallas del sistema.

*Eliminación de fallas.*- Este criterio se aplica para los aspectos de diseño de componentes del sistema de forma tal que la ocurrencia de fallas sea minimizada. Ciertas prácticas de diseño intentan evadir las fallas mediante el uso de componentes de alta confiabilidad (como equipos certificados, software especial, etc.).

*Tolerancia a fallas.*- Es la posibilidad de un sistema para continuar operando aún en presencia de problemas en sus componentes. El desempeño del sistema pudiera verse degradado si ciertos elementos críticos se pierden, pero la intención fundamental es que definitivamente no se interrumpa salvo daños extensos. Para la tolerancia a fallas se siguen las técnicas de *redundancia* y *control distribuido*. La redundancia significa evitar los puntos únicos de falla duplicando hardware o software críticos. Esta parece ser a priori una buena idea, puesto que si se tienen dos equipos o programas atendiendo a un servicio en forma simultánea, ante la falla de uno de ellos el segundo continúa atendiendo el servicio específico.

Las técnicas de redundancia imponen una sobrecarga inherente al sistema, para operar las copias del recurso y mantenerlas sincronizadas (coherentes) para cuando sea necesario usar una de ellas. En general, mientras mayor es el número de recursos duplicados, la tolerancia a fallas se minimiza incrementando por ende la confiabilidad, pero añadiendo sobrecarga (overhead) en el sistema. La cuestión que se plantea en la vida práctica es la siguiente: ¿Cuánta redundancia es necesaria para cierto problema de incremento en la confiabilidad?

Se puede implementar un sistema distribuido que apliquen algoritmos de control que pueden ir asignando recursos sobre equipos independientes para aumentar las alternativas en caso de falla de un proveedor de servicio.

*Detección y recuperación de fallas.*- Aquí se usan métodos basados en hardware y software que pueden determinar la ocurrencia de una falla y luego corregir el sistema hasta un estado estable que permita continuar la operación. Algunas técnicas ampliamente utilizadas en sistemas operativos distribuidos pueden ser el uso de *transacciones atómicas*, *servers sin estado* y *transmisión de mensajes basados en reconocimiento y tiempos fuera*.

Una transacción se define como el conjunto de operaciones que se ejecutan en forma indivisible en presencia de fallas y otros procesos en ejecución. Esto es, o todas las operaciones se llevan a cabo de forma exitosa o ninguna de sus operaciones individuales permanece, sin que los otros procesos puedan modificar u observar los estados de dichos cálculos. Si un proceso se detiene en forma inesperada debido a falla en hardware o software, el sistema restaura posteriormente los objetos de datos involucrados hacia sus estados originales.

El server sin estado basa su operación en el enfoque cliente-servidor. Un servidor con estado guarda la información del estado del cliente a lo largo de sus transacciones y afecta la ejecución de la siguiente petición de servicio. Por el contrario, un servidor sin estado no guarda información de sus clientes y puede recobrase más rápido en caso de alguna falla. Cuando se usa el paradigma de server sin estado, tanto el cliente como el servidor deben tener implementados mecanismos para detectar cuando uno u otro pierden su conexión en el sistema de forma tal que pueden borrar la información de estado y recobrase de la falla. Aunque realmente la recuperación de fallas se puede dar tanto en server con estado como sin él, es más simple que el sistema se recobre en el segundo esquema y deberá preferirse en la mayoría de los casos.

La transmisión de mensajes basados en reconocimiento y tiempos fuera se basa en que un nodo puede interrumpir la comunicación entre dos procesos en caso de falla del nodo mismo o del enlace de comunicación. En un sistema de comunicación de mensajes, los equipos deben estar en posibilidad de detectar paquetes fuera de secuencia, perdidos o hasta duplicados, así como establecer los *timers* necesarios para no seguir esperando retransmisión de los paquetes faltantes en caso de una falla como las descritas, y hacer el cierre necesario de la conexión.

## IV-IV ARQUITECTURA DE UNA RED MEDICA

### IV-IV-I ACCESO A LA RED MEDICA

Los métodos de acceso a la red de salud pueden ser variados y dependerán de la forma de conexión que se disponga y el camino que se elija para acceder a la misma.

En la figura 4-5 se observa la conexión entre un móvil de la red de salud y los servidores de acceso remoto. Esta sería la conexión normal que tendrían los pacientes ambulatorios y los equipos montados sobre unidades móvil de traslado de pacientes.

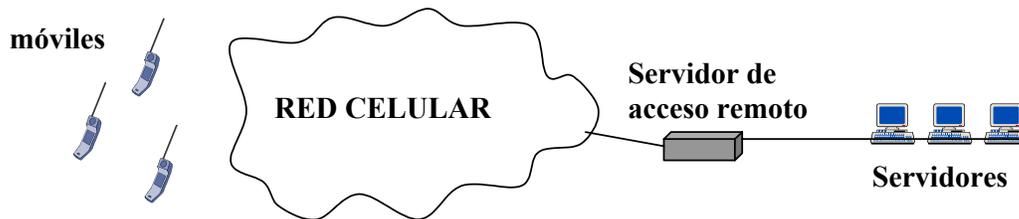


Figura 4-5- Conexión a través de la red celular

Este tipo de conexión puede realizarse mediante un bloque de dispositivo GSM de datos o con una conexión directa, de forma similar a una red fija. Las ventajas fundamentales de esta implementación son la simplicidad de la estructura, que supone mayor disponibilidad y compatibilidad.

A la red de salud se podrá tener acceso también a través de una red de telefonía básica, este es el caso de un usuario que desee realizar una consulta desde alguna estación fija (figura 4-6).

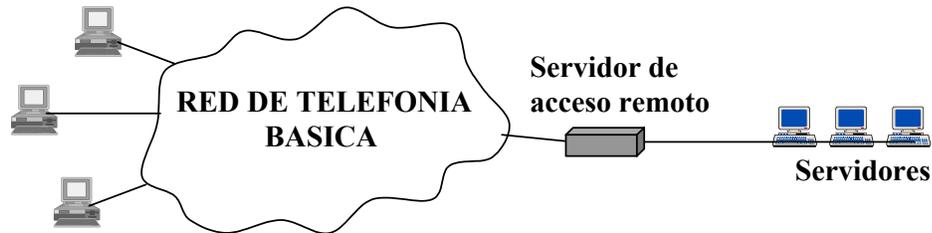


Figura 4-6- Acceso a través de la red telefónica pública

En estos dos modelos vemos que llegamos con la llamada conmutada hasta el router de entrada a los servicios de la Red de Salud. En ambos casos los usuarios remotos marcarán el número de cabecera del servidor, quien lo autenticará y le permitirá el acceso a los recursos de la Red de Salud.

El acceso remoto a la red de salud podría ser también, desde otra red celular por lo tanto todos los accesos vistos hasta el momento podrían repetirse accediendo desde otra red móvil y la señal tendría que cursar sobre dos redes de conmutación (figura 4-7).

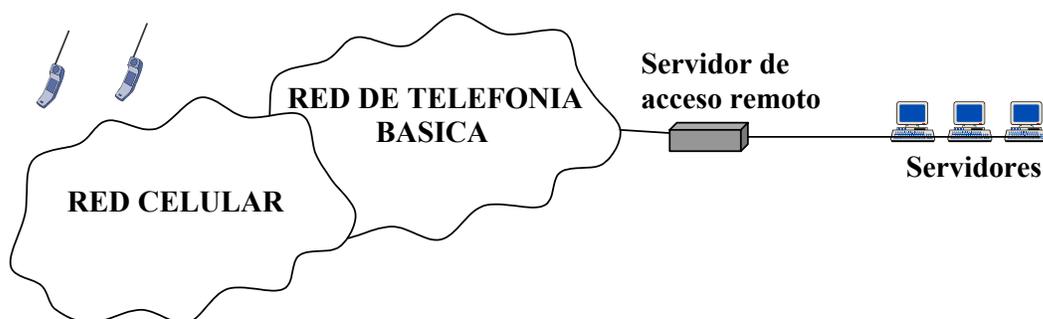


Figura 4-7- Acceso desde otra red celular

En la figura 4-8 vemos la forma de acceder a la Red de Salud reduciendo el tramo conmutado y aprovechando la estructura de Internet, evitando también el acceder a un servidor de acceso remoto.

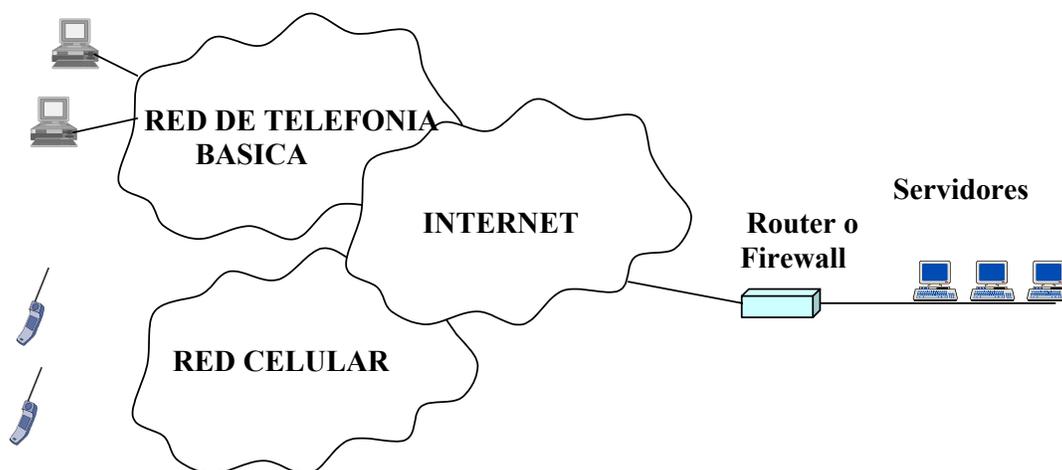


Figura 4-8- Acceso a través de Internet

Si queremos optimizar al máximo el acceso desde un dispositivo móvil, es necesario que tengamos en cuenta las particularidades de este tipo de comunicación para adecuar la forma de trabajar en la misma. Así, de cara a los desarrolladores se puede proponer:

- Evitar que la conexión requiera de tiempos largos on-line. Ya que la conexión puede perderse con la consiguiente pérdida de información. Es mucho más efectivo para la red seguir la filosofía de descarga de datos y trabajo off-line, enviando la información procesada. Las aplicaciones que se desarrollan deberían estar desarrolladas de este modo.
- Las aplicaciones deberían llevar cuenta de la información transmitida, para evitar que una caída de la llamada provoque una pérdida masiva de datos. En este sentido, es interesante la funcionalidad de recuperación de la información desde el punto donde se haya perdido la conexión.
- Las aplicaciones deben ser sencillas de configurar y usar, dado que vamos a trabajar con usuarios remotos con poca ayuda especializada cuando la puedan necesitar.

#### **IV-V MODELO MATEMATICO DE SERVIDORES CON ACCESO DE TIEMPO LIMITADO**

##### **IV-V-I GRAFICO DE LEE**

Algunos servicios en redes de datos tienen la necesidad de dar acceso a los servidores en periodos de tiempo estipulados. Generalmente este inconveniente aparece cuando es necesario efectuar en una red trabajos en tiempo real y en donde los tiempos de ejecución de dicho proceso y su respuesta al usuario son de vital importancia para la concreción de la tarea.

Un ejemplo de este caso es una red móvil de telemedicina, tema de este trabajo, en donde una cantidad de usuarios (pacientes ambulatorios, servicios móviles de urgencias, ambulancias, etc.) desean acceder a los servidores, teniendo en muchos casos que trabajar a tiempo real y dar servicios en períodos cortos de tiempo.

Nuestra propuesta es asemejar una red de datos, que da un cierto servicio a través de servidores múltiples y en donde una serie de usuarios desea poseer un servicio de telemedicina no bloqueante, a una central digital.

Hay una gran variedad de técnicas que pueden ser usadas en evaluar el acceso o bloqueo de una red. Estas técnicas varían acorde a la complejidad, exactitud y aplicabilidad de las diferentes estructuras de redes. Una de las más versátiles y claras para calcular los bloqueos en función de gráficos fue propuesto por C. Y. Lee, y es muy usado en todo lo que se refiere a cálculo de probabilidad de bloqueo en tráfico telefónico. A través de esta técnica se obtienen varias aproximaciones y proveen un resultado razonablemente exacto. La ventaja de este método es que es fácilmente aplicable a estructuras de redes complejas.

En función de analizar el acceso o el bloqueo de una red con varios caminos, utilicemos porcentajes de ocupación de un enlace. Por lo tanto definamos  $p$  como el porcentaje de tiempo que un enlace esta en uso o ha sido ocupado.

Luego el porcentaje de tiempo que el enlace está libre puede expresarse como:

$$q = 1 - p \quad (1)$$

Cuando un paralelo de  $n$  enlaces están todos necesitados de realizar una conexión (figura 4-9), la probabilidad de bloqueo compuesta es la probabilidad de que todos los enlaces estén ocupados.

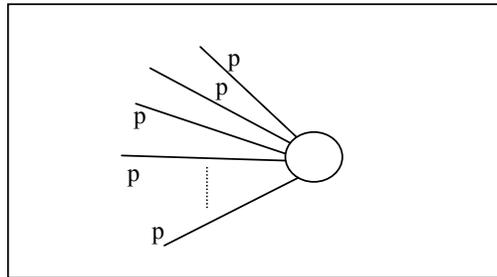


Figura 4-9-Paralelo de  $n$  enlaces

Luego tenemos para este caso que:

$$B = p p p \dots p = p^n \quad (2)$$

Cuando una serie de  $n$  enlaces están todos necesitados de completar su conexión (figura 4-10), la probabilidad de bloque es más fácil calcularla como 1 menos la probabilidad de que estén todos disponibles:

$$B = 1 - q^n \quad (3)$$

Donde  $q$  es la porcentaje de tiempo que el enlace esta libre o desocupado.

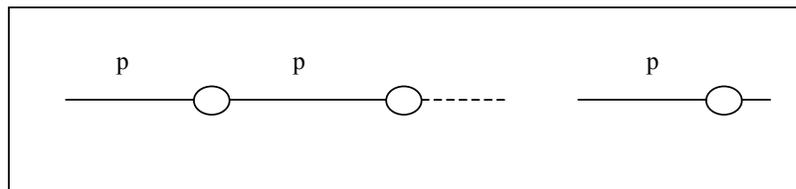


Figura 4-10 – Serie de  $n$  enlaces

Aplicamos estos criterios a un sistema de multietapas como el que se ve en la figura 4-11, donde las  $N$  entradas y salidas son particionadas en subgrupos de  $n$  entradas y  $n$  salidas respectivamente. Las entradas son servidas por  $k$  servidores centrales. Si todos los arreglos poseen disponibilidad plena, hay  $k$  posibles caminos para cada conexión en particular entre entrada y salida.

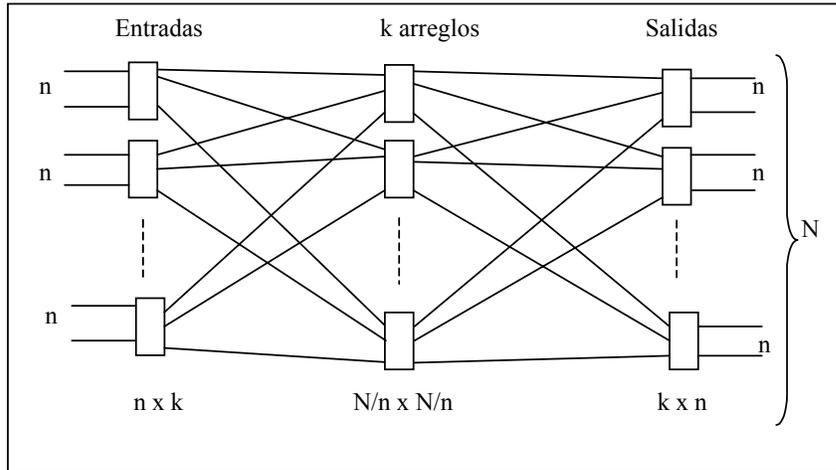


Figura 4-11- Arreglos de tres etapas en el espacio

Un grafico de Lee de esta red de tres etapas sería el observado en la figura 4-12.

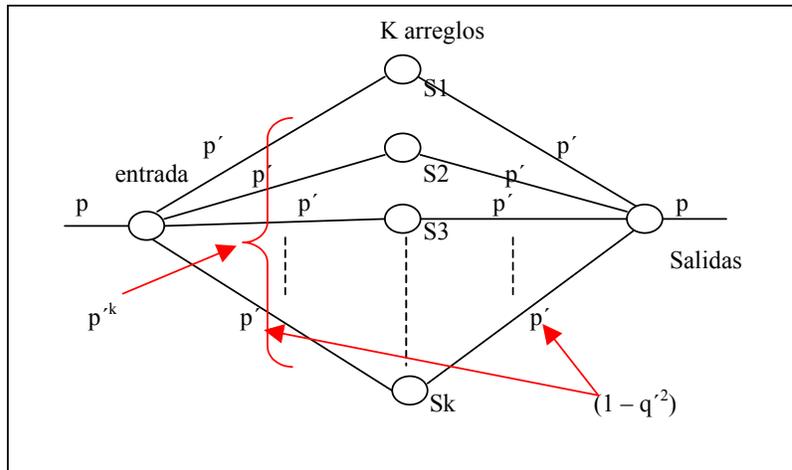


Figura 4-12- Gráfico de Lee de un arreglo de tres etapas

Analizando la figura 4-12 y según lo expuesto en las ecuaciones (2) y (3) podemos decir que la probabilidad de bloqueo de tres etapas está dada por el paralelo de los k servidores con probabilidad  $p'$ , estén ocupados, representado por uno menos la posibilidad que estén desocupados  $1 - q'$  y además al cuadrado porque hay dos probabilidades en serie. Esto queda expresado por:

$$B = (1 - q'^2)^k \quad (4)$$

La probabilidad  $p$  de que una entrada esté ocupada puede determinarse y con esto podemos determinar la probabilidad  $p'$  de que un enganche interetapas esté

ocupado. Luego analizando el bloque de entrada podemos realizar el siguiente razonamiento, una entrada particular puede ser ocupada por cualquiera de las k salidas con igual probabilidad. Por lo tanto, la probabilidad de que una salida este ocupada por una de entradas es  $p/k$  (Figura 4-13).

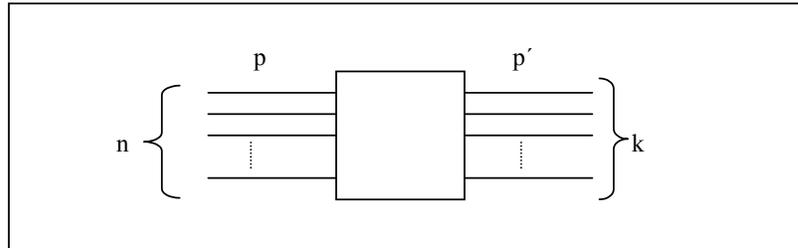


Figura 4-13- Bloque individual de n entradas

Luego, como esa particular salida puede ser ocupada por cualquiera de las n entradas, la probabilidad que una salida este ocupada por cualquiera de las n entradas es:

$$p' = p/k + p/k + \dots + p/k \quad (n \text{ veces})$$

$$p' = p (n / k) \quad (5)$$

Definimos el factor

$$\beta = k / n \quad (6)$$

que nos dirá que efecto tiene el servicio sobre los usuarios, si  $\beta < 1$  el sistema tendrá la posibilidad de atender a menos cantidad de usuarios que los que entran al sistema y si  $\beta > 1$  el sistema tiene mas servicios de los que puede entrar al sistema pidiendo ser atendidos.

Analicemos el caso de disponibilidad plena en un sistema de tres etapas como el que hemos desarrollado. Como vemos en la figura 4-14 para acceder a las etapas centrales el caso extremo sería cuando n-1 entradas estén ocupadas, a la salida de los bloques centrales sucedería lo mismo y la situación limite sería igual con n-1 salidas ocupadas. Por lo tanto la cantidad de arreglos centrales para disponibilidad plena estará dada por:

$$k = (n-1) + (n-1) + 1 = 2n - 1 \quad (7)$$

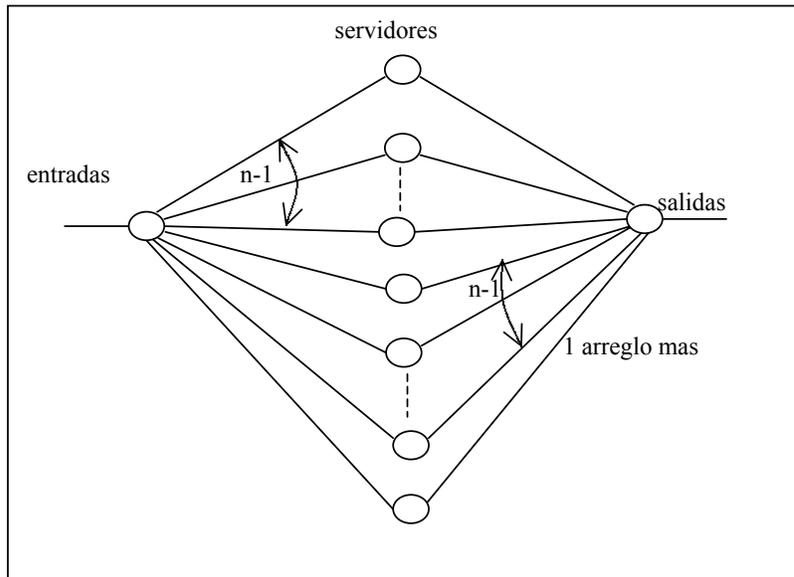


Figura 4-14- Análisis de disponibilidad plena

**IV-V-II EXTRUCTURA DE LA RED VISTA EN DOS DIMENSIONES**

Realicemos el análisis sobre una red de datos de una LAN que debe atender a los usuarios generales de Internet a través de una serie de servidores múltiples. Veamos el arreglo como un sistema en dos dimensiones, una que trabaja en el tiempo que serían los routers de entrada donde los usuarios arriban a través paquetes de TCP. Los servidores trabajan en el espacio, y están dispuestos como se observa en la figura 4-15.

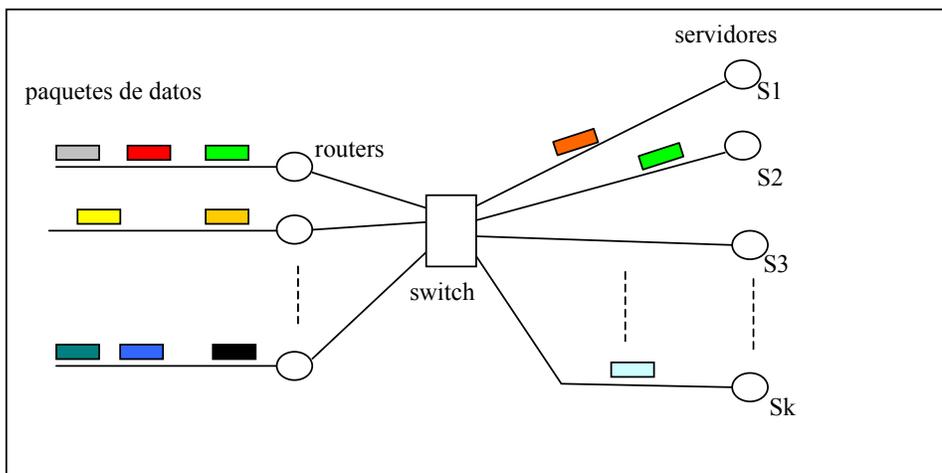


Figura 4-15- Sistema en dos dimensiones (tiempo-espacio)

Por otro lado podemos decir que los paquetes de datos que entran a los router provienen de usuarios que necesitan acceder o a los servidores. Cada usuario esta identificado por un paquetes de datos, en enlaces distribuidos en el tiempo.

Cada servidor tiene que atender el servicio y devolver la respuesta al usuario que lo consultó, esto indica que el sistema se transforma, con una etapa de salida en el tiempo (figura 4-16), en un sistema tiempo – espacio – tiempo (TST) con cierta similitud con una central de conmutación telefónica de la misma especie. Esto se considera en teoría de colas un proceso de nacimiento-muerte, ya que son un tipo particular de proceso estocástico útil para modelar sistemas en los que los clientes llegan y completan su servicio de uno en uno.

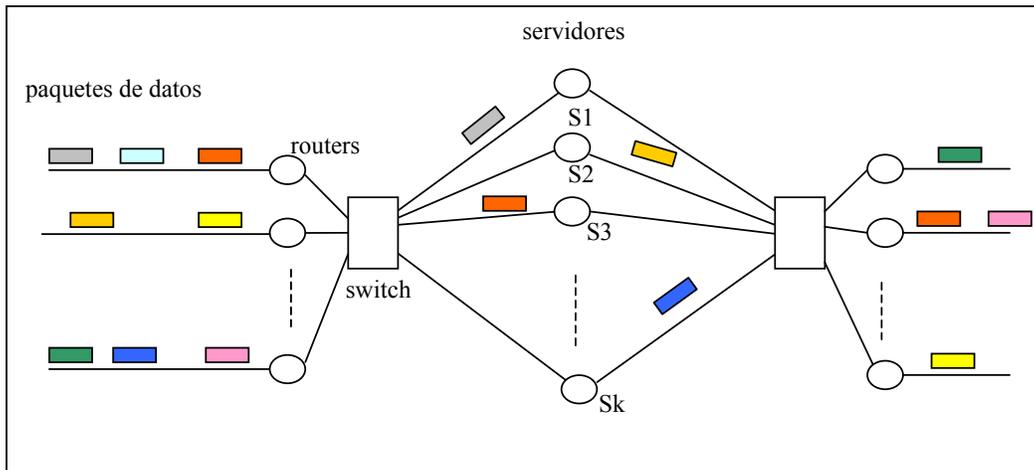


Figura 4-16- Sistema tiempo –espacio-tiempo

Debemos contemplar y suponer que la etapa de tiempo o sea los routers proveen disponibilidad plena y algún servidor puede proveer servicio al usuario. Este sería el típico caso de una red abierta y la productividad (throughput) de este tipo de red es menor a la tasa de entrada al sistema si el sistema es estable. Si  $\lambda$  es la frecuencia o tasa de llegada y  $\mu$  es la capacidad o tasa media de servicio, o sea el número medio de trabajos que es capaz de atender el servidor por unidad de tiempo. En nuestro caso con k servidores, la capacidad total de servicios es  $k\mu$ . Luego la condición de estabilidad estará dada por:

$$\lambda < k\mu. \tag{8}$$

Esta condición de estabilidad no se aplica a sistemas con población y/o capacidad finitas, dado que en estos sistemas el tamaño de la cola no puede crecer indefinidamente.

Apliquemos la graficación de Lee sobre la figura 4-16. Nos queda un sistema de tres etapas como el que observamos en la figura 4-17

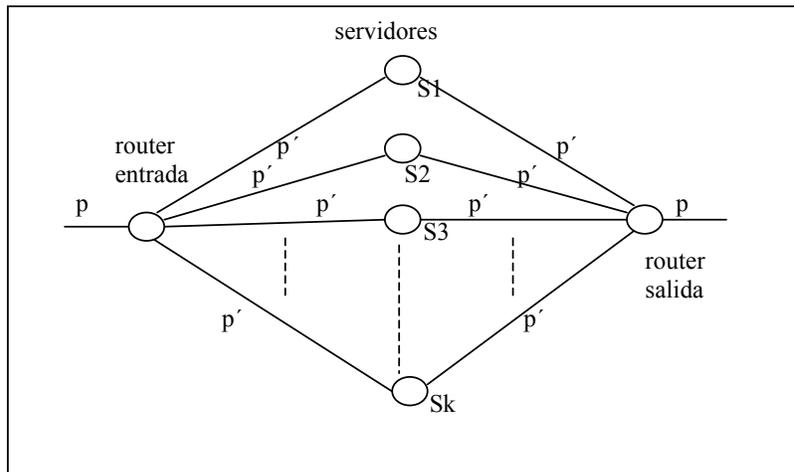


Figura 4-17- Grafico de Lee en un sistema TST

Luego la probabilidad de bloqueo se analiza en forma similar al sistema de tres etapas en el espacio y nos queda:

$$B = (1 - q'^2)^k \quad (9)$$

donde k sigue siendo el número de servidores y  $q' = 1 - p'$  es la probabilidad que los servidores estén desocupados. En este caso la relación entre p y p' estará dada por :

$$p' = p (c / k) \quad (10)$$

donde c es el número de canales de entrada que piden servicio en el intervalo de tiempo deseado.

Una vez definidos todos los términos y analizadas todas las situaciones podemos hacer una analogía del sistema de la figura 4-17, sistema TST, con el de la figura 4-14, sistema de tres etapas en el espacio, y decir que la condición de no bloqueo de nuestro sistemas esta dado por:

$$k = 2 \cdot c - 1 \quad (11)$$

Donde c es el número de usuarios que pueden ser atendidos por la red en el tiempo estipulado por el servicio (T) y en este caso k es el número de servidores necesarios para dar servicio en dicho tiempo T. Esto indicia que debemos analizar la

distribución de arribos de las entrada a los routers, que debemos estudiar a través del método de teoría de colas clásico.

El estudio de problemas de colas requiere de herramientas matemáticas muy potentes. Muchas de estas herramientas tienen sus fundamentos, en la teoría de procesos estocásticos y más concretamente en los procesos y cadenas de Markov.

Las colas en los sistemas que estamos analizando, como se mencionó anteriormente, no son mas que un tipo de proceso estocástico de nacimiento y muerte (N-M), ya que se trata de sistemas en los que las llegadas al mismo (proceso de nacimientos) y las salidas como consecuencia de la terminación del servicio (proceso de muerte), son ambos procesos markovianos.

Analicemos el caso mas sencillo en donde suponemos una sola cola con un solo servidor (según la notación de Kendal nos referiremos al M/M/1), donde  $T$  es el tiempo que tarda en atender el router los paquetes y se puede deducir considerando una cola infinita donde llegan por término medio  $\lambda$  usuarios por unidad de tiempo y son servidos por término medio  $\mu$  usuarios por segundo. La cola puede encontrarse en los estados 1, 2, 3, ..., h

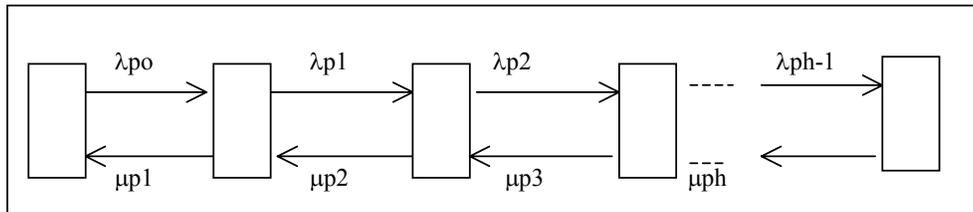


Figura 4-18- Análisis de colas en un sistema M/M/1

Luego, según lo planteado en la ecuación (8), en el equilibrio en la figura 4-18, el número de transiciones en uno y otro sentido debe ser igual, ya sea que la cola se encuentre vacía o crezca sin límites. Por lo tanto podemos expresar que:

$$\lambda p_0 = \mu p_1 \tag{12}$$

$$\lambda p_1 = \mu p_2$$

$$\lambda p_2 = \mu p_3$$

-----

-----

$$\lambda p_{h-1} = \mu p_h \tag{13}$$

Reemplazando la primera ecuación (12) en la segunda y así sucesivamente obtenemos el siguiente resultado general:

$$p_h = (\lambda/\mu)^h p_0 \tag{14}$$

Podemos determinar  $p_0$  valiéndonos de la siguiente condición:

$$\sum_{h=0}^{\infty} p_h = 1 \quad (15)$$

Luego aplicándolo a la ecuación (14) tenemos:

$$\sum_{h=0}^{\infty} p_h = \sum_{h=0}^{\infty} (\lambda/\mu)^h p_0 = p_0 \sum_{h=0}^{\infty} (\lambda/\mu)^h = 1 \quad (16)$$

Como suponemos que el ritmo de servicio es mayor que el ritmo medio de llegada podemos aproximar la serie como:

$$\sum_{h=0}^{\infty} (\lambda/\mu)^h = \frac{1}{1 - \frac{\lambda}{\mu}} \quad (17)$$

implica de la ecuación (16) que:

$$p_0 = 1 - \lambda/\mu \quad (18)$$

Finalmente reemplazando en la ecuación (14) tenemos:

$$p_h = (\lambda/\mu)^h (1 - \lambda/\mu) \quad (19)$$

Si se denomina

$$\rho = \lambda/\mu \quad (20)$$

y se tiene en cuenta que la condición de estabilidad del sistema exige que la capacidad de servicio supere a la frecuencia de llegada, es decir  $\rho$  debe estar entre cero y uno

$$0 < \rho < 1 \quad (21)$$

podemos expresar la (19) en función de  $\rho$  quedando:

$$p_h = (\rho)^h (1 - \rho) \quad (22)$$

Calculemos el número medio de usuarios ( $c$ ) en la cola como:

$$c = \sum_{h=0}^{\infty} h p_h = (1 - \rho) \sum_{h=0}^{\infty} h (\rho)^h \quad (23)$$

y como

$$\sum_{h=0}^{\infty} h (\rho)^h = \rho / (1 - \rho)^2 \quad (24)$$

Tenemos

$$c = \rho / (1 - \rho) \quad (25)$$

Obsérvese que cuando el ritmo de llegada se aproxima al ritmo de servicio ( $\rho=1$ ) la cola crece indefinidamente.

Por otro lado la ley de Little, una de las relaciones mas importantes y útiles de la teoría de colas, permite relacionar el número de trabajos de un sistema, con el tiempo que pasa un trabajo en el sistema. Esta se puede enunciar como:

$$\text{Numero medio de trabajos} = \text{Frecuencia de llegada} \times \text{tiempo medio de respuesta} \quad (26)$$

Esta relación se aplica a todos los sistemas (o parte de un sistema) en los que el número de trabajos que entran es igual al número de trabajos que completan sus servicios. Es decir la única condición para que la relación sea aplicable es que no se cree ningún trabajo en el sistema y no se pierdan trabajos dentro del sistema. Incluso en los sistemas en los que algunos trabajos se pierden debido a su capacidad limitada, la ley puede aplicarse a la parte del sistema compuesta por la cola de espera y el servidor, ya que una vez que el trabajo entra en la cola (o servidor) ya no se pierde.

Usando la nomenclatura que venimos empleando, la ley de Little se puede expresar como:

$$c = \lambda T \quad (27)$$

Luego aplicando la ley de Little, podemos decir que si llegan  $\lambda$  usuarios a la cola por termino medio y esta tiene la longitud  $N$  que expresa la ecuación (25), el tiempo de respuesta del sistema  $T$  esta dado por:

$$T = c / \lambda = (1/\mu) / (1 - \rho) \quad (28)$$

$T$  es igual al tiempo de red que expresamos como  $T_{red}$ . Si el tiempo de servicio ( $T_{servicio}$ ) se determina por  $1/\mu$ , luego tendremos:

$$T_{red}/T_{servicio} = 1 / (1 - \rho) \quad (29)$$

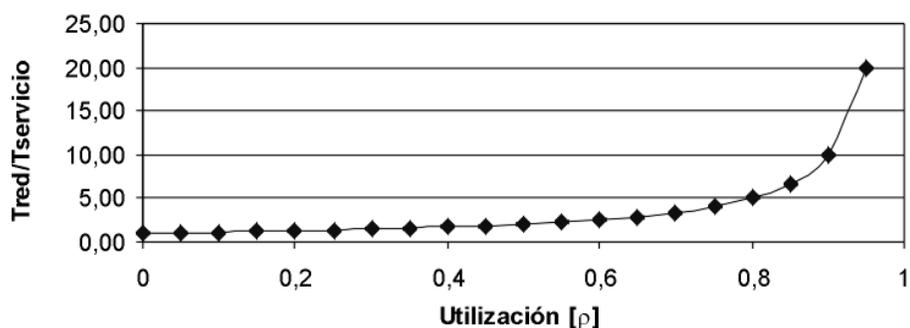


Gráfico 1- Gráfico de tiempo de respuesta de un solo servidor

La grafica de la ecuación (29) muestra que cuando el ritmo de llegada se aproxima al ritmo de servicio ( $\rho=1$ ) la cola crece indefinidamente. Por lo tanto podemos decir que:

$$c = Tred \cdot \lambda \quad (30)$$

Una vez definidos todos los términos y analizada todas las situaciones podemos vincular el análisis hecho con el realizado con grafico de Lee y podemos decir que para disponibilidad plena en el tiempo estipulado para ser atendido se consigue reemplazando en la ecuación (11) la (30) quedando:

$$k = [2 \cdot Tred \cdot \lambda] - 1 = [2 \cdot \rho / (1 - \rho)] - 1 \quad (31)$$

Graficando tendremos

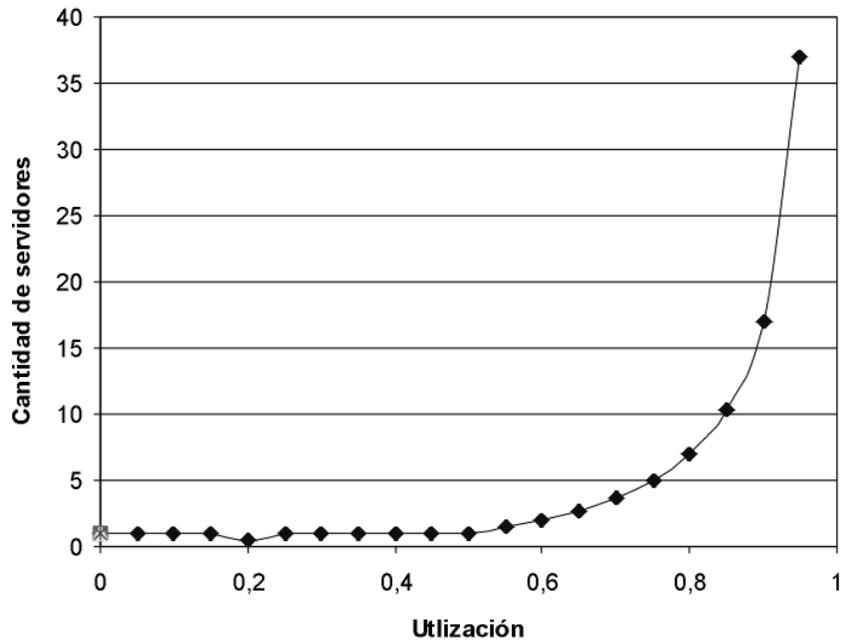


Gráfico 2- Cantidad de servidores para disponibilidad plena en función de la utilización para un mismo tiempo de respuesta

El gráfico 2 representa la cantidad de servidores necesarios si deseamos tener acceso con disponibilidad plena a los mismos, o sea que cuando el usuario acceda al router encuentre en cualquier circunstancia un servidor libre. Debemos remarcar que dicha gráfica esta representando al numero de servidores suponiendo valores de  $K > 1$

#### IV-V-III ESTUDIO DE COLAS M/M/k

Analicemos el caso anterior con teoría de colas clásica. Supongamos el mismo modelo en donde llegan  $\lambda$  tramas por segundo y son canalizadas por  $k$  servidores, que comparten una cola en común, por lo tanto

$$\begin{aligned} \lambda_k &= \lambda \\ \mu_k &= k \mu \end{aligned} \quad (32)$$

Consideremos el caso que  $k$  sea igual a dos. o sea una cola con tasa de arribo  $\lambda$  que alimenta a dos servidores, iguales por simplicidad analítica, de tasa de servicio  $\mu$  cada uno. Este sistema funcionará de forma similar a las colas M/M/1 estudiadas anteriormente cuando hay un usuario o ninguno e la cola de espera, sin embargo cuando hay más usuarios, la cola servirá con una tasa de servicio equivalente a  $2\mu$ .

Para esta cola de nacimiento y muerte se puede expresar como:

$$\begin{aligned}\lambda_h &= \lambda \\ \mu_h &= 2\mu\end{aligned}\quad (33)$$

Si calculamos la probabilidad de estado k:

$$\rho = \lambda/2\mu \quad (34)$$

$$p_k = \frac{\prod_{i=0}^{h-1} \lambda_i}{\prod_{i=0}^h \mu_i} = p_0 \frac{\lambda^h}{\mu (2\mu)^{h-1}} = p_0 2^h \rho^h \quad (35)$$

Nótese que en la definición de intensidad de tráfico se ha optado por definir la intensidad de tráfico para todo el sistema (para la cola de dos servidores)

Aplicando que el sumatorio de todos los sucesos ha de ser la unidad para un sistema cerrado se obtiene:

$$\sum_{h=0}^{\infty} p_h = 1 \quad (36)$$

$$\sum_{h=0}^{\infty} p_h = p_0 + \sum_{h=1}^{\infty} p_h = p_0 + \sum_{h=1}^{\infty} 2^h \rho^h p_0 = p_0 (1 + \sum_{h=1}^{\infty} 2^h \rho^h) = p_0 (1 + \frac{2\rho}{1-\rho}) \quad (37)$$

$$p_0 = \frac{1}{(1 + \frac{2\rho}{1-\rho})} = \frac{1-\rho}{1+\rho} \quad (38)$$

Por lo tanto la probabilidad de estado k por sustitución de la expresión obtenida para la probabilidad de cola vacía (38), reemplazando en la ecuación (35) nos queda:

$$p_h = \frac{2(1-\rho)}{1+\rho} \rho^h \quad (39)$$

Partiendo de las probabilidades de estado calculadas anteriormente y aplicando la definición de media, se puede calcular fácilmente el número medio de usuarios en el sistema, así, analíticamente tenemos:

$$c = \sum_{h=0}^{\infty} h p_h = \frac{2(1-\rho)}{1+\rho} \sum_{h=0}^{\infty} h (\rho)^h \quad (40)$$

Reemplazando el valor de la sumatoria por la ecuación (24) nos queda:

$$c = \frac{2(1-\rho)}{1+\rho} \frac{\rho}{(1-\rho)^2} = \frac{2\rho}{1-\rho^2} \quad (41)$$

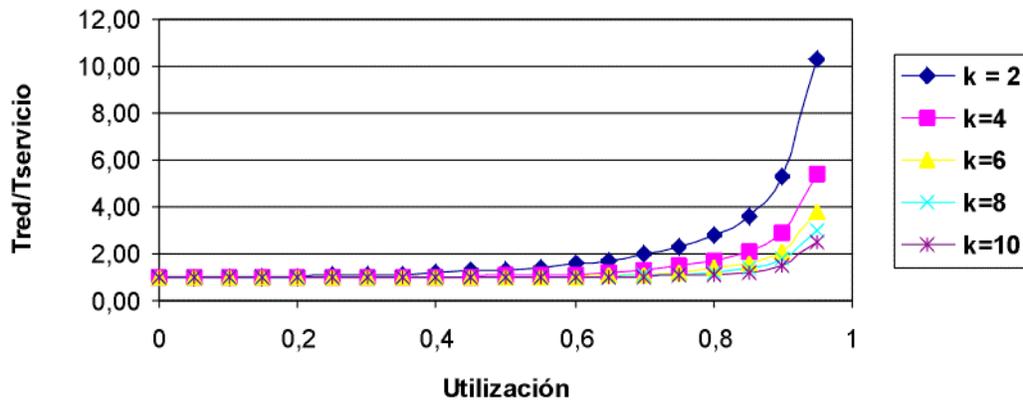
Luego el tiempo medio de espera en el sistema será:

$$T_{red} = c / \lambda = \frac{2\rho}{\lambda(1-\rho^2)} = \frac{2\frac{\lambda}{2\mu}}{\lambda(1-\rho^2)} = \frac{1}{\mu(1-\rho^2)} \quad (42)$$

O sea

$$T_{red}/T_{servicio} = \frac{1}{(1-\rho^2)} \quad (43)$$

De la misma forma podemos realizar el mismo análisis para 2, 4, 8, ..... K servidores, la cual expresamos en la siguiente grafica.



Gráfica 3- Análisis de múltiples servidores con teoría de colas clásica

El modelo de teoría de colas no contempla la posibilidad de disponibilidad plena, ya que esto sucedería cuando  $T_{red}/T_{servicio}$  se hace igual a la unidad y solo sucede cuando  $\rho = 0$  (Gráfico 3). Sin embargo evaluando el termino  $T_{red}/T_{servicio}$  en las proximidades de la unidad (1) y determinando la cantidad de servidores (K), vemos que los valores obtenidos son similares a los calculados con el modelo de gráfico de Lee, representado en el gráfico 3.

El estudio del trafico abordado, es importante para la implementación de la *red de salud*, como lo hemos mencionado en el análisis de las características. Un usuario que arribe al centro de asistencia médica que brinda la red, debe encontrar un servidor libre que lo atienda. Esto asegura que las urgencias que se presenten sean procesadas con la rapidez que se necesita.

#### **IV- VI VENTAJAS Y PROBLEMAS DE LA RED DE SALUD**

La red de salud mejorará la accesibilidad, calidad y eficiencia de los servicios sanitarios, dando las siguientes ventajas:

*Accesibilidad:* Los servicios a distancia son una alternativa a los desplazamientos de pacientes o profesionales, que suponen un ahorro de tiempo y de costos.

*Eficiencia:* Información compartida. Ahorro de medios (diagnósticos, por ejemplo): uso más eficiente de los recursos. El resultado de una misma prueba es útil para diferentes niveles asistenciales, y puede consultarse sin límite en el tiempo. Los equipos costosos pueden rentabilizarse en menor tiempo

*Calidad:* Mejora en la precisión diagnóstica y en las decisiones de las actitudes terapéuticas (por ejemplo, posibilidad de consultar con especialistas tratamientos).

*Formación:* Posibilidad de educación práctica y formación autorizada a profesionales alejados de los núcleos urbanos.

*Mejora en la calidad de vida de pacientes crónicos:* televigilancia, telemonitorización, etc..

*Libertad y movilidad para el paciente:* Posibilidad de asistir al paciente en su actividad diaria (domicilio, trabajo). Seguimiento más fiable.

*Libertad y movilidad para el profesional:* posibilidad de teletrabajo, guardias localizadas, etc.

*Equidad de los servicios sanitarios:* Acercamiento de los recursos sanitarios a zonas despobladas o áreas rurales alejadas de los grandes núcleos urbanos y con dificultades de comunicación terrestre. Además, "tele" no significa solamente salvar las distancias geográficas y físicas, sino también las distancias dentro de la organización.

*Confidencialidad:* el paciente no es visto por un vecino en la sala de espera de psiquiatría, por ejemplo. Nuevas posibilidades en dispositivos ante emergencias y catástrofes. Asistencia especializada directa, supervisión. Nuevas formas de colaboración entre hospitales, y entre atención primaria y especializada.

*Facilidad de contacto medico-paciente:* el paciente puede acceder con menos trabas (correo electrónico, por ejemplo)

Nuevos modos de relación entre pacientes y proveedores de salud.

Nuevas perspectivas en la cooperación sanitaria internacional.

*Económicos:*

Optimización de recursos humanos.

Expansión de la base de mercado.

Disminución de costos.  
Oferta diferenciada.

Además de los problemas propios que surgen del diseño de la red de salud, tratados en los párrafos anteriores, nos encontramos con otros obstáculos y problemas que surgen como consecuencia del uso de nuevas tecnologías aplicadas a la medicina y son:

*Dependencia tecnológica y económica:*

Existe un costo inicial alto en equipamiento. Es necesario un análisis conceptual previo al diseño del sistema que deseamos implantar. En la actualidad los interfaces amigables hacen que el usuario solo precise manejar los programas, por lo que habitualmente se ha cedido la responsabilidad del desarrollo conceptual a los diseñadores informáticos y a los ingenieros. Un sistema de telemedicina debe generar un nuevo servicio o resolver un problema previo. Aún no está contemplado el pago por servicios telemáticos por convenios o seguros.

*Dependencia gubernamental:*

(extensión de redes: evitar la paradoja de facilitar el acceso a quien ya está cerca). La rentabilidad de la Telemedicina, desde el punto de vista de ahorro potencial, puede ser directamente proporcional a la dificultad de acceso a los recursos sanitarios de la población.

*Se requieren cambios estructurales y administrativos para su implantación:*

(modernizar y desburocratizar estructuras, adaptar los procedimientos a las posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías). Las organizaciones sanitarias son muy complejas, y difíciles de cambiar. Los cambios estructurales suponen pérdidas y ganancias para todos los miembros de la organización, así como para la propia empresa. (parcelas de poder, número de pacientes, recursos asignados, etc.).

La Telemedicina requiere una mayor planificación de todos los servicios y actuaciones, para poder ofrecer toda su potencialidad en cuanto a rapidez y simultaneidad.

*Educación:*

(aprender a usar los medios técnicos, a comunicarse). Es necesaria la implicación y disposición favorable de pacientes y profesionales.

*Choque transcultural:*

Es necesario acercar y adaptar la tecnología a las diferentes realidades y condicionantes sociológicos y antropológicos.

*Metas:*

Necesidad de definir mejor las metas sociales de la infraestructura global de información

*Estudios:*

son necesarios estudios económicos bien realizados, que contemplen todas las facetas del gasto sanitario, para demostrar la viabilidad de los servicios.

*Esfuerzo inicial:*

tanto para el profesional, para el paciente y para el sistema. Las consultas son más largas. Necesitamos aprender a usar la aplicación. Hemos de convencer al paciente de las bondades del sistema y conseguir su colaboración, pues es un elemento activo.

Los nuevos retos que hay que vencer son:

*Médicos:*

Criterios de selección de la información (limitar el exceso). Integración de la Telemedicina en las guías de práctica clínica, y garantizar niveles mínimos de calidad. Nuevos modos de establecer y enfocar la relación médico-paciente. Hemos de crear y aprender técnicas de comunicación adaptadas a la teleconsulta.

Adaptación de los códigos éticos y deontológico a la nueva realidad, así como nuevos sistemas de vigilancia y validación profesional, así como mecanismos de selección, regulación y certificación. Evitar que información y atención incorrecta o fraudulenta pueda filtrarse hasta el usuario.

*Organizativos:*

Nuevas estructuras: la telemedicina ofrece una sencilla forma de adquirir información, esto hace que resulte una herramienta fundamental para reorganizar y reestructurar los sistemas de atención sanitaria. Aparición de nuevas estructuras sanitarias descentralizadas y menos rígidas (hospital virtual). Deben utilizarse las nuevas tecnologías como "excusa" para introducir cambios cualitativos que permitan a los sistemas convertirse no solo en una herramienta, sino en un motor de cambio. Dado que la telemedicina provoca una dilución de barreras entre Atención Primaria/ especializada, debe optimizarse la ubicación y gestión de los servicios sanitarios.

Cambios en la gestión: continuidad entre niveles y contención de costos.

Nuevos sistemas de organización y recuperación de la información (toda accesible pero fácilmente seleccionable).

Nuevos medios de relación entre pacientes y suministradores de salud. Es necesaria la implicación de los pacientes y, por tanto, su opinión.

Motivación de los profesionales: adecuadas condiciones de trabajo, programas eficientes de formación continuada, etc.

*Tecnológicos:*

Normalización de estándares tecnológicos ("hablar el mismo idioma"). Armonizar herramientas y lenguajes, eliminar barreras técnicas. La elección adecuada de estándares reducirá costes, evitará la fragmentación del mercado y dará competitividad a los nuevos sistemas.

Mayor fluidez en el flujo de información (rapidez, simultaneidad), pero con plenas garantías (seguridad, confidencialidad).

Acercar y hacer fácil el uso de la tecnología ("amigabilidad").

Sistemas "indelebles" de almacenamiento de información.

*Legislativos:*

Los problemas éticos y jurídicos son aun grandes, y pueden necesitar una nueva cultura, nuevas prácticas y nuevas leyes.

Necesidad de un marco legal (delimitar-compartir responsabilidades, firmas electrónicas, credenciales y colegiación fuera de un ámbito geográfico definido, prescripción de medicamentos a distancia. etc).

Compatibilizar leyes, códigos y reglamentos entre diferentes países.

Desarrollo de sistemas fiables de reembolso, pago o compensación por los servicios.

Globalización: las redes de información diluyen los límites geográficos, pero no los políticos.

Una sociedad interconectada electrónicamente y sin fronteras es una experiencia totalmente nueva, que desafía las formas y el ejercicio del poder tradicional en las comunidades locales.

*Económicos (comerciales):*

Se generan nuevas actividades y nuevas herramientas para los nuevos modos de gestión.

Los productos desarrollados deben "crecer" en el ámbito industrial.

Los proveedores de servicios y la industria, han de demostrar que los servicios telemáticos son rentables.

Las empresas de telecomunicaciones deben colaborar estrechamente con las autoridades sanitarias para ser capaces de ofrecer sus servicios donde son necesarios.

Las telecomunicaciones deben trabajar con los desarrolladores de hardware y software, y con el personal de la tecnología de la información de los servicios de salud, para determinar qué sistemas se usan y qué estándares se crean; también deben colaborar con las empresas de material médico y electromedicina.

Cooperar con la industria es la forma de obtener todo el rendimiento que las nuevas tecnologías puedan ofrecernos. Esta cooperación puede realizarse a través de oficinas de transferencia tecnológica, que dirijan estudios de campo, y puedan mantener y coordinar seminarios de transferencia tecnológica.

#### **IV-VII RAZONES PARA EL USO DE TELEMEDICINA EN ARGENTINA**

*Demográficas:*

Envejecimiento de la población: encarecimiento de la asistencia.

saturación de sistemas, dependencia del sistema sanitario: patologías crónicas

dificultades de acceso: traslados

Geográficas: Barreras geográficas (insularidad, aislamiento, etc.).

Sanitarias.

Cambio de modelo asistencial: programas de atención domiciliaria, descentralización (mayor conexión y continuidad entre niveles asistenciales).

Escasez de profesionales, a medio plazo.

Sociales.

"Vida moderna": cambio de los roles familiares, dificultad de compatibilizar asistencia tradicional y horarios de trabajo (consulta en el lugar de trabajo).

Mayor demanda de servicios sanitarios.

Tecnológicas.

Actual factibilidad: la tecnología actual permite, por vez primera, la práctica médica a distancia de manera efectiva.

Construcción de infraestructuras telemáticas (redes, sistemas de banda ancha que permitan sincronización bidireccional, imágenes, etc.).

Abaratamiento tecnológico.

Teniendo los siguientes futuros utilidades y servicios :

*Hospital virtual:* no es necesario que los servicios médicos ocupen un mismo lugar físico. Esto nos ofrece nuevas posibilidades en la organización más eficiente del trabajo: servicios en funcionamiento durante todo el día y todos los días del año, menor infraestructura y menores costes de mantenimiento.

*Servicios de asesoramiento:*

Centro virtual de asesoramiento especializado de referencia: conexión instantánea entre atención primaria continuada y atención especializada. Posibilidad de consultar y decidir la conveniencia de enviar pacientes a servicios especializados y hospitalarios: Decisiones compartidas. Esto haría posible el diagnóstico y tratamiento de un mayor número de pacientes en Atención Primaria y, así, la reducción del número de asistencias hospitalarias y de las necesidades de transporte de los pacientes. Además, esto supondría una continua formación para los profesionales de Atención Primaria, y una mayor comunicación entre diferentes niveles asistenciales.

Centro de asesoramiento toxicológico.

Centro de asesoramiento en Salud Pública.

Medicina laboral: centros de asesoramiento en accidentes laborales y servicios de prevención: PYMES.

*Hospitalización domiciliaria:* trasladar los recursos hospitalarios y de Atención Primaria y especializada hasta el domicilio de los pacientes. El desarrollo de la telemedicina móvil nos ofrece mayor libertad para el paciente (no ha de desplazarse, está en su medio, etc.) y mayores posibilidades de cuidados y monitorización (pacientes crónicos: cardiópatas, broncópatas, etc.), así como ahorro en traslados y recursos hospitalarios.

*Servicios móviles de Urgencia:* El desarrollo de la telemedicina móvil ofrece nuevas posibilidades de diagnosticar y tratar al paciente en el lugar donde se manifiesta su enfermedad o se accidenta.

Actualmente, es posible adaptar cualquier instrumento médico a un sistema de telemedicina. El único límite viene impuesto por nuestra imaginación. Así, el futuro de la telemedicina solo depende de nuestra capacidad para demostrar su rentabilidad:

Durante la segunda mitad de nuestro siglo, los servicios sanitarios se han consolidado como un sector especializado de la economía mundial. En la actualidad representan un enorme sector industrial que supone el 9% del producto mundial (doscientosmil millones de dólares anuales). El desarrollo final de la Telemedicina y su implantación general estará en función de los recursos que pueda generar o que evite consumir.

#### **IV-VIII CONCLUSIONES Y CONTINUACIÓN DEL TRABAJO**

El trabajo presenta dos propuestas innovadoras, por un lado se propone una *red de salud utilizando telefonía celular con móvil IP* y del trabajo surge un *modelo matemático para acceder a servidores múltiples con disponibilidad plena*.

Con respecto a la *red de salud*, hay muchos trabajos y tratados que proponen el empleo de redes en servicios de salud. A diferencia de esto, en este trabajo se pensó y diagramó una red montada sobre móvil IP principalmente para pacientes ambulatorios y servicios médicos de urgencias sobre vehículos móviles.

Se propone la idea de implementar este sistema aprovechando la evolución de las redes móviles en el mundo y principalmente en nuestro país, observando que conjuntamente con Internet son disciplinas que están en pleno desarrollo tecnológica.

Se han expuesto durante el desarrollo del tema las ventajas de esta *red de salud* en lo que corresponde a accesibilidad, calidad y eficiencia de los servicios de atención sanitarios, aunque debemos señalar que la implementación dependerá no sólo de los problemas propios del diseño, sino de los obstáculos creados como consecuencia de la utilización de nuevas tecnologías.

Con el objeto de dar continuidad al presente trabajo, se proponen los siguientes problemas o/y tareas de investigación:

- Profundizar el estudio de las características de la red referidas a escalabilidad, concurrencia y fiabilidad.
- Avanzar y experimentar en el transporte de señales médicas a través de redes IP y telefonía celular.
- Vincular la actividad realizada con necesidades de los centros hospitalarios del país, a fin de entender los requerimientos reales de dichos organismos.

Durante el análisis del tema se abordaron las generalidades de la red de salud. Pero el tratado de algunas características me llevó a realizar el desarrollo de un *modelo matemático para acceder a servidores múltiples con disponibilidad plena* utilizando la teoría de redes telefónicas a través de los gráficos de Lee. Se propone un método para el cálculo de la cantidad de servidores necesarios para que los usuarios posean disponibilidad plena, utilizando las técnicas que se aplican en telefonía digital. Este modelo es un aporte original a sistemas como en el caso de una red de salud, donde es necesario acceder a los servicios en un tiempo bien definido.

Es muy común en telefonía estudiar la necesidad de disponibilidad plena de un usuario que arriba a una central, pero no es típico en redes. Este tema podría ser utilizado en otras aplicaciones, en donde los usuarios tengan la necesidad de adquirir un servicio con un grado de disponibilidad alta.

Como continuación del modelo matemático se propone los siguientes problemas o/y tareas de investigación:

- Analizar otros modelos con las mismas características, que no han sido estudiados por desconocimiento del autor, y ver si se adaptan a las necesidades de la red. Hacer una comparación con el modelo propuesto.
- Probar el modelo con simulaciones que permitan evaluarlo en distintas situaciones.

Cabe destacar que el modelo matemático de *acceso a servidores múltiples con disponibilidad plena* fue presentado en el IX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación CACIC2003 realizado en la ciudad de La Plata entre el 6 al 16 de Octubre y su resumen fue publicado en los anales de este congreso.

#### IV-IX REFERENCIAS

- Telemedicina: la revolución lenta-Ignacio Basagoiti-Servicio de Telemedicina de la Universidad Politécnica de Valencia.
- Telemedicine written by I. M. Davis, Z. Galzie, M. Silcox - <http://www.student.city.ac.uk/~dz542/telem8.htm#introduction>
- Quo vadis Telemedicina?- Conferencia del Area Internet y Neurologia - Maria Jesús Coma del Corral -Unidad de Investigación. Hospital General Yagüe- Burgos. España- <http://bio.hgy.es/neurocon/congreso-1/conferencias/int-neuro-coma.html>
- Portal de Salud de Cuba - Telemedicina - <http://www.sld.cu/telemedicina/>
- **Primera operación transatlántica** - 1997-2001 Gabriela Roxana Ilczyszyn -Juan +- Carlos Gurí- <http://www.healthig.com/cirugia/cirugia9.html>
- Telemedicina: Experiencia Internacional - González Toledo, Eduardo C - <http://www.diagnostico.com.ar/diagnostico/dia079/d-te079.htm>
- Perspectivas y condicionantes desde una óptica de equidad - 15/9/97 - Santiago Marimón, Consorci Hospitalari de Catalunya, Barcelona, VII Congreso de la Asociación Latina para el Análisis de los Sistemas de Salud (ALASS) sobre Telemedicina - Ginebra Junio de 1996 <http://www.healthig.com/telemedicina/telemedicina2.html>
- John C. Bellamy, "Digital Telephony", Wiley Interscience.
- Modelización de redes ATM – Prof. Ramon Puigjaner – Universidad de las Islas Baleares – Curso de posgrado dictado en la Facultad de Inforamtica, UNLP, 1999.
- Modelado de Tráfico en sistemas, fundamentos de la teoria de colas – Iker Losada Corderi.
- Computer Networks – Tanenbaum A. – Prentice Hall, 1988.

# ANEXO I

## **A-I SISTEMAS MOVIL CELULARES**

En las últimas décadas el avance tecnológico permitió un implementar en un reducido espacio los criterios de codificación vocal y procesamiento digital ya conocidos teóricamente pero difícil realización con antiguas técnicas debido al elevado número de componentes. En estos tiempos se han implementado una variedad de soluciones basadas en sistemas radioeléctricos que trataremos de sintetizar con las siguientes definiciones y tablas que expresaremos a continuación. Las abreviaturas expresadas corresponden a los siguientes sistemas:

**AMPS** (Advance Mobile Telephone) : sistema analógico, norma IS-19, desarrollado en USA que se extendió a América del Sur.

**NMT** (Nordic Mobile Telephony) : sistema celular que nació en los países del norte de Europa.

**D-AMPS** (Digital Advance Mobile Telephone) : es una extensión del AMPS (norma IS-54), la principal característica es la compatibilidad de sistemas, norma IS-91 y IS-54.

**GSM** (Global System MOBILE) : en este sistema se tomo como principal argumento la compatibilidad con ISDN. Es un sistema de telefonía celular de segunda generación, estandarizado en Europa, pero cuyo uso se a extendido a otras zonas del planeta.

**CT2** (Cordless Telephone) : Este sistema inalámbrico se desarrollaron desde los analógicos (CT0) a los digitales (DECT) como una forma de eliminar el cableado dentro de edificios. Fue desarrollado en Inglaterra como el primer sistema con duplexación TDD para radio móvil. Es un sistema telepunto público en ambientes domésticos o comerciales y mejora a CT0 y CT1.

**DECT** (Digital European Cordless Telephone) : opera como evolución de CT2 para todo el ámbito de Europa. Inicialmente sé penso como sistema inalámbrico privado, pero hoy está integrado a la red pública. Fue digital desde su inicio y el objetivo es el de eliminar el cableado de la red de acceso al usuario (la denominada Last Mille). Es compatible con GSM y la red ISDN.

**PDC** (Personal Digital Cellular) : este sistema digital surge en Japón debido a la saturación de las redes celulares analógicos. Hay algunas similitudes con la norma IS-54 en aspectos técnicos y tiene compatibilidad con redes ISDN.

## ANEXO I

---

**DCS-1800** (Digital Celular System) : es conocida como PCN (Personal Communication Network). Es la red de comunicaciones personales en la banda de 1710-1785 (Reverse) y 1805-1880 (Forward). Se basa en normas europea GSM para 900 MHz.

**CDMA** (Code Divison Multiplex Access) : la principal ventaja de este sistema radica en la posibilidad de reutilización de frecuencias entre celdas y sectores contiguos con el correspondiente incremento de la eficiencia espectral.

**TFTS** (Terrestrial Flight Telecom System) : este sistema, al igual que el AMSS, permiten la cobertura sobre rutas de aviones y aeropuertos. Define celdas de baja-mediana-grande amplitud dependiendo de la posición del avión. Es un sistema útil en áreas de alta densidad de aeropuertos.

**AMSS** (Aeronautical Mobile Satellite Service) : es un sistema basado en 4 satélites Inmarsat en órbita geoestacionaria (servicio Skyphone). La cobertura es global mas allá del aeropuerto cercano.

**Iridium** : el nombre se debe al elemento de numero atómico 77, ya que la red proyectaba originalmente 77 satélites en órbita. Realiza enlaces en banda L con los usuarios y en banda Ka entre satélites.

**Globastar** : este satélite opera en forma distinta al Iridium, no realiza comunicación entre satélites, es por ello que necesita mas Gateway en tierra para efectuar la conexión hacia la red publica (PSTN). Posee una amplia constelación de satélites de baja altura.

**Inmarsat** : una constelación de satélites geoestacionarios brinda servicios móviles para diversas aplicaciones. Las estaciones móviles son de elevado costo y tamaño.

Las características técnicas de los principales sistemas hasta acá expresados se pueden observar en la siguiente tabla:

**ANEXO I**

Denominación	AMPS	NMT	TACS	D-AMPS	GSM	CT2	DECT	PDC	DCS-1800	CDMA	TFTS	AMSS	Iridium	Globastar	Inmarsat
Normalización	IS-19	Piases Escandinavo	Inglaterra	IS-54	ETSI	ETSI	ETSI	Japon	ETSI	IS-95	ETSI 300	Inmarsat-A	Motorola	Qualcomm	Inmarsat-C
Año de Inicio del sistema	1971	1982	1985	1992	1982	1992	1992	1993		1994			1998	1998	2000
Banda de frecuencia MHz	850	450/900	900	850	900	850	1900	900	1800	850/1800	1700	1600	L-Ka	L-C	
Tipo de acceso	FDMA	FDMA	FDMA	F/TDMA	F/TDMA	F/TDMA	F/TDMA	TDMA	F/TDMA	F/CDMA	TDMA	FDMA	TDMA	CDMA	CDMA
Tipo de duplexion	FDD	FDD	FDD	FDD	FDD	TDD	TDD	FDD	FDD	FDD	FDD	FDD	FDD	FDD	FDD
Shift de duplexion MHz	45		45	45	45	-	-	130	95		130	101,5			
Separación entre canales KHz	30	25	25	30	200	100	1728	25	200	1250	30,3	17,5			
Numero de portadoras	666		1000	666		40	10		374		164	600		13	
Canales por portadora	1		1	3(6)	8(16)	1	10	3(6)	8(16)	56-62	4	1		128	
Numero de canales	666	180	600	832	124					798					
Potencia del móvil Watt	3		10	2 a 9	2 a 20						25	40			
Radio de la celda Km	2 a 20		2 a 20	0,5 a 20	0,5 a 30	0,2	0,15	2	10		240	Global	Global	Latitud 70°	Global
Canal de telefonía	Analógico	Analógico	Analógico	Analógico											
Tipo de modulación	FM	FM/MSK	FM	FM											
Desviación de frecuencia KHz	± 12	± 5	± 9,5	± 12											
Señal del canal de control	10		8	10											
Codificación	Manchester	NRZ	Manchester	Manchester											
Corrección de errores	BCH	Rafaga	BCH	BCH											
Modulación canal de control	FSK		FSK	FSK											
Desviación de frecuencia KHz	± 8		± 6,4	± 8											
Canal de telefonía					Digital	Digital	Digital	Digital	Digital	Digital	Digital	Digital	Digital	Digital	Digital
Tipo de codificación					VSELP	RPE-LTP	ADPM	VSELP	ADPCM	RPE-LTP	QCELP	MP-LPC	MP-LPC	VSELP	CELP
Velocidad del canal Kbps					7,95	13	32	6,7	32	13	1,2 a 9,6	9,6		9,6	
Velocidad por portadora Kbps					48,6	270,833	72		1152	270	1229	44,2	21	1229	
Corrección de errores					FEC-1/2	RS		FEC-1/2							FEC-1/2
Roaming/Handoff					Si/Si	Si/Si	Si/Si		Si/Si	Si/Si	Si/Si	Si/Si	Si/Si	Si/Si	Si/Si
Tipo e modulación					π/4DQPSK	GMSK	GMSK	π/4DQPSK	GMSK	B/OQPSK	QPSK	QPSK	QPSK	QPSK	QPSK

**A-II SISTEMAS DE CODIFICACIÓN DIGITAL DE LA VOZ**

En la TABLA A-2 se pueden observar los métodos que permiten la digitalización de la voz, que por naturaleza es analógica, para transmitirla en dicho formato. Los métodos de digitalización han ido evolucionando utilizando técnicas de predicción que permiten la reducción de la cantidad de bits para la misma muestra de un sistema que no use esta técnica, lográndose mandar mas información con la misma velocidad de transmisión.

**TABLA A-2**

<b>PCM</b>	(Pulse Code Modulation) Modulación de pulsos codificado convierte a la señal analógica en una longitud fija de números binarios que varían según la amplitud. No se utiliza para transmisión de voz, pero sirvió de base para
<b>DPCM</b>	(Delta Pulse Code Modulation) Utiliza la modulación PCM, pero en vez de transmitir una representación codificada de la muestra, solo transmite un bit sencillo que indica si esa muestra es mayor o menor que la muestra anterior
<b>ADPCM</b>	(Adaptive Delta Pulse Code Modulation) Es un sistema de modulación delta en donde el tamaño del escalón del conversor analógico/digital varia automáticamente en función de la amplitud de la señal analógica. Se usa a 32 Kbps en DECT CT” y TFTS
<b>VSELP</b>	(Vector Sum Excited Linear Predictive) División de la palabra en vectores de corto y largo plazo. Es usado en DAMPS y en Iridium a 8 Kbps. Los métodos siguientes son variantes del mismo proceso genérico.
<b>RPE-LTP</b>	(Regular Pulse Excitation-Long Term Prediction). Análisis de predicción de corto y largo plazo. Se transmite el código de error residual. Usado en GSM y DECS1800 a 13 Kbps.
<b>CELP</b>	(Code Excited Linear Prediction) Transmisión de corto y largo plazo junto con el error residual. Usado en CDMA con un ajuste de velocidad de acuerdo al ruido entre 1,2 Kbps y 9,6 Kbps

**A-III SISTEMAS DE DUPLEXIÓN**

En las comunicaciones celulares en duplex, la transmisión y la recepción se realiza en forma simultánea. Es por eso que para la conexión simultanea móvil a base (Reverse o subida) y base a móvil (Forward o bajada) se dispone de las siguientes variantes:

**TABLA A-3**

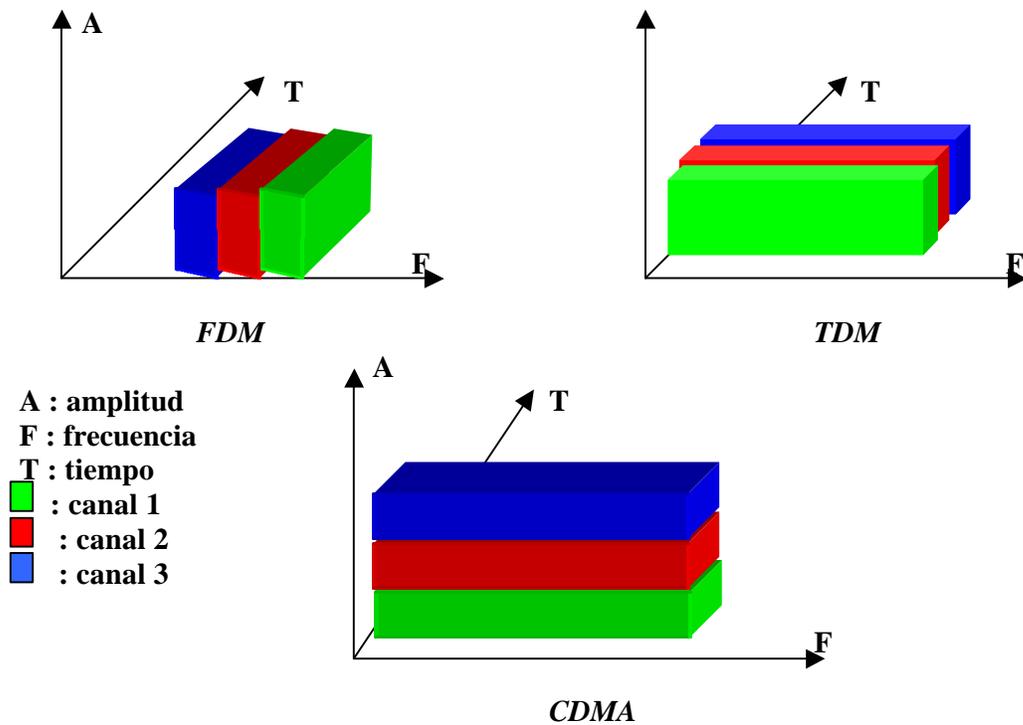
<b>FDD</b>	(Frecuency División Duplex) La duplexación por división de frecuencia se asigna distinta banda de frecuencia para las portadoras de subida y bajada.
<b>TDD</b>	(Time División Duplex) La duplexación por división de tiempo asigna sobre la misma portadora distintos intervalos de tiempo (ping-pong)

**A-IV TÉCNICAS DE ACCESO**

Las técnicas de acceso múltiple tienen como objetivo permitir que varios usuarios compartan simultáneamente una porción finita del espectro radioeléctrico. Los típicos sistemas de acceso múltiple se pueden observar en la siguiente tabla y a continuación se observa una representación gráfica de cómo los canales comparten el espectro con distintas técnicas de acceso.

**TABLA A-4**

<b>DAMA</b>	(Demand Assigned Múltiple Access) Asignación de canales por demanda del usuario
<b>FDMA</b>	(Frecuency División Múltiple Access) El acceso múltiple por división de frecuencia asigna un canal para cada portadora.
<b>TDMA</b>	(Time División Múltiple Access) El acceso por división de tiempo distribuye mediante una trama los intervalos de tiempo para distintos usuarios. En general se presenta como una combinación de TDMA sobre varias portadoras FDMA.
<b>CDMA</b>	(Code División Múltiple Access) El acceso múltiple por división de código se trata de un acceso sobre la misma portadora de varios usuarios en banda ancha al mismo tiempo. La principal ventaja es la reutilización del plan de frecuencias en todas las celdas. La capacidad del canal esta limitada por el procesamiento soft de la señal.



*Figura A-1 – Representación gráfica de técnica de acceso de tres canales*

**A-V SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL**

En modulación digital podemos distinguir tres grupos principales:

- ◆ Modulación digital con envolvente no constante (QPSK, DQPSK)
- ◆ Modulación digital con envolvente residual pequeña (casi constante) (OPSK, /4DQPSK)
- ◆ Modulación digital con envolvente constante (FSK, MSK, GMSK)

En realidad todas las modulaciones que se han mencionado, idealmente, son de envolvente constante. Sin embargo, el primer grupo se caracteriza por la posibilidad de que aparezcan saltos bruscos de fase (180°) que, al pasar por sistemas de baja linealidad (amplificadores clase C) provocan que la envolvente deje de ser constante. Las características de este tipo de modulación son: buena eficiencia espectral y mala eficiencia de potencia.

El segundo grupo se caracteriza porque los posibles saltos de fase son limitados, con lo que la posibilidad de que la envolvente se desvanezca es menor.

El último grupo presenta una característica especial que les permite atravesar amplificadores no lineales sin que se vean afectados sus propiedades. El problema es que necesitan mayor ancho de banda. Por lo tanto, al contrario de los primeros presentan alta eficiencia de potencia y baja eficiencia espectral.

**TABLA A-5**

<b>FSK</b>	(Frequency Shift Keying) Se define a si a la modulación de frecuencia cuando la señal es digital. Se utiliza en Ermes.
<b>GFSK</b>	(Gaussian Frequency Keying) Al sistema FSK se le realiza un filtrado gaussiano. Se aplica en DECT y CT2.
<b>MSK</b>	( Minimum Shift Keying) Corresponde a un sistema FSK ortogonal y se produce cuando la separaciones de frecuencia son mínimas.
<b>GMSK</b>	( Gaussian Minimum Shift Keying) Es un MSK con filtrado gaussiano. Se utiliza en GSM y DECS1800.
<b>QPSK</b>	( Quadrature Phase Shift Keying) Se trata de la modulación en fase PSK de cuatro niveles (4PSK). Se emplea en el uplink (Forward) de los sistemas CDMA.
<b>OQPSK</b>	(Offset Quadrature Phase Shift Keying) Versión de la modulación QPSK donde solo un bit cambia por vez. Se usa en CDMA en el enlace downlink.
<b>DQPSK</b>	(Differential Phase Shift Keying) Se trata de la modulación QPSK con codificación diferencial.
<b>/4DQPSK</b>	( /4 Phase Shift Keying) Es una variante de QPSK con codificación diferencial. El corrimiento affset es de /4. Se utiliza en DAPMS.

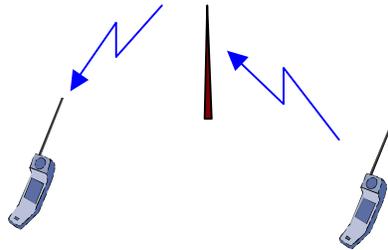
## ANEXO II

### MODOS DE TRANSMISIÓN

Los sistemas de comunicaciones electrónicas pueden diseñarse para manejar la transmisión solamente en una dirección, en ambas direcciones pero solo uno a la vez o en ambas direcciones al mismo tiempo.

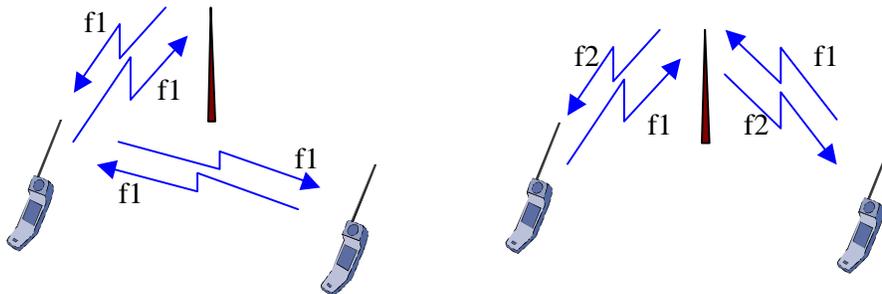
En los sistemas inalámbricos se definen estos modos como:

- Simplex: Las comunicaciones entre el móvil-base y entre la base móvil se realiza una a la vez y en algunos casos usan la misma portadora. Por lo tanto en un sistema simplex no se puede transmitir simultáneamente en ambos sentidos.



*Equipo simples*

En muchos equipos simples la conmutación entre transmisión y recepción se realiza en forma manual mediante un pulsador PTT (Push to Talk), que es el caso de los terminales portátiles de las redes móviles privadas.



Simplex de una frecuencia

Simplex de dos frecuencia

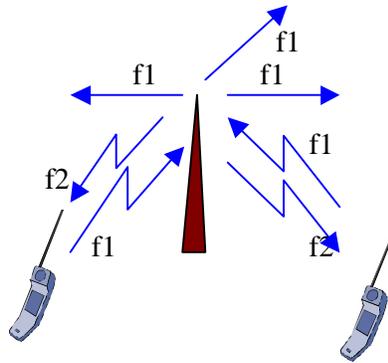
En el caso de simples de una frecuencia es posible la transmisión entre móviles sin la intervención de la estación base.

El sistema simplex de dos frecuencias se utiliza distintas frecuencias para el enlace ascendente y descendente, en muchas bibliografías encontraremos a este

sistema asignado como half-duplex. En este caso las estaciones móviles no se pueden escuchar entre sí directamente.

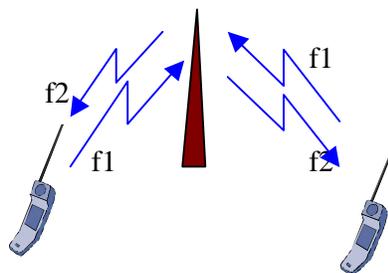
- Semiduplex: En este caso la base se configura en el modo duplex y los terminales móviles son simples. Este tipo de configuración es muy utilizada en las redes móviles privadas.

La señal procedente de cualquier terminal móvil, si llega con un nivel adecuado a la estación base, se amplificará y retransmitirá, por lo que todo usuario está enterado en cada momento de cualquier conversación que se produce en el canal al que está sintonizado.



Sistema semiduplex

- Duplex: Las comunicaciones en cada uno de los sentidos utilizan portadoras distintas, suficientemente separadas en frecuencia. El conjunto del canal en el sentido móvil-base y el canal en el sentido base-móvil constituye un radiocanal duplex (también llamadas comunicaciones full-duplex).



Sistema duplex

Este sistema tiene a la entrada del transeptor un duplexor que permite separar los dos sentidos de la comunicación, permitiendo la transmisión y recepción en forma simultaneas.

Se utiliza este sistema habitualmente en los sistemas de telefonía celular. Tanto los equipos de la estación base como los móviles son duplex

## **CANALES DUPLEX**

Los ejemplos que vimos hasta el momento son en el dominio de la frecuencia, pero un canal duplex también se puede lograr en el dominio del tiempo. Por lo tanto podemos definir los siguientes sistemas:

FDD (Frequency Duplexion División)

TDD (Time División Duplexion)

En el caso de FDD cada usuario opera en dos bandas de frecuencia, una para el canal descendente (base-móvil) y otra para el canal ascendente (móvil-base). La separación entre ambas bandas es constante para todo sistema, independientemente del canal usado. Este sistema generalmente es el usado en telefonía celular

Los sistemas TDD son técnicos de duplexación en la que cada terminal efectúa la transmisión y recepción en slot o intervalos de tiempo diferente, pero utilizando la misma portadora. Los TDD son utilizados en telefonía inalámbrica (cordless).

**ANEXO II**

	<b>ESTÁNDAR</b>	<b>RANGO DE FRECUENCIA MHz</b>	<b>TECNICAS DE ACCESO</b>	<b>SISTEMA DE DUPLEXION</b>	<b>NUMERO DE CANALES</b>	<b>SEPARACION ENTRE CANALES KHz</b>	<b>MODULACION</b>	<b>VELOCIDAD DE DATOS Kbps</b>
<b>TELEFONIA CELULAR ANALOGICA</b>	AMPS/NAMPS	Rx: 869-894 Tx: 824-849	FDMA	FDD	AMPS: 832 NAMPS: 2496	AMPS: 30 NAMPS: 10	FM	
	TACS	ETACS Rx: 916-949 Tx: 871-904 NTACS Rx: 860-870 Tx: 915-925	FDMA	FDD	ETACS: 1240 NTACS: 400	ETACS: 25 NTACS: 12,5	FM	
	NMT	NMT-450 Rx: 463-468 Tx: 453-458 NMT-900 Rx: 935-960 Tx: 890-915	FDMA	FDD	NMT-450: 200 NMT-900: 1999	NMT-450: 25 NMT-900: 12,5	FM	
<b>TELEFONIA CELULAR DIGITAL</b>	TDMA IS-54/-134	Rx: 869-894 Tx: 824-849	TDMA/FDM	FDD	832 3 usuarios/canal	30	$\pi/4$ DQPSK	48,6
	CDMA IS-95	Rx: 869-894 Tx: 824-849	CDMA/FDM	FDD	20 798 usuar./canal	1250	QPSK/OQPSK	1228,8
	GSM	Rx: 925-960 Tx: 880-915	TDMA/FDM	FDD	124 8 usuarios/canal	200	GMSK	270,833
	DCS 1800 / DCS 1900	Rx: 1805-1880 Tx: 1710-1785	TDMA/FDM	FDD	374 8 usuarios/canal	200	GMSK	270,833
	PDC	Rx: 810-826 Tx: 940-956 Rx: 1429-1453 Tx: 1477-1501	TDMA/FDM	FDD	1600 3 usuarios/canal	25	$\pi/4$ DQPSK	42

**ANEXO II**

<b>TELEFONOS INALAMBRICO ANALÓGICO</b>	CT0	2/48 (U.K.) 26/41 (France) 30/39 (Australia) 46/49 (China, Korea, USA)	FDMA	FDD	10, 12, 15, 20 o 25	1,7, 20, 25 o 40	FM	
	CT1/CT1+	CT1: 864/868 CT1+: 944/948	FDMA	FDD	CT1: 40 CT1+: 80	25	FM	
<b>TELEFONO INALAMBRICO DIGITAL</b>	CT2/CT2+	CT2: 864/868 CT2+: 944/948	TDMA/FDM	TDD	40	100	GFSK	72
	DECT	1880-1900	TDMA/FDM	TDD	10 12 usuarios/canal	1728	GFSK	1152
	PHS	1895-1918	TDMA/FDM	TDD	300 4 usuarios/canal	300	$\pi/4$ DQPSK	384
<b>WIRELESS DATA</b>	CDPD	Rx: 869-894 Tx: 824-849	FDMA	FDD	832	30	GMSK	19,2
	Bluetooth	2400-2496	Frecuency Hopping	TDD	79 (o 23 en Japon, España y Francia)	1	GFSK	1
	IEEE 802.11	2400-2483 (EEUU, Europa) 2470-2499 (Japan)	CSMA	TDD	FHSS: 79 DSSS: 11	FHSS: 1 DSSS: 11	FHSS: GFSK DSSS: DBPSK (1Mbps) DQPSK (2Mbps)	1 a 2
<b>SISTEMAS DE COMUNICACIONES PERSONALES</b>	TETRA	380 –400	TDMA	FDD	4	25	$\pi/4$ DQPSK	36
	APCO25	Varias bandas	FDMA	FDD	1	12,5	C4FM o CQPSK	9,6

NAMPS : Narrow Band Advanced Mobile Phone System  
TACS: Total Access Communication System  
NMT: Nordic Mobile Telephone

PHS: Personal Handy Phone System  
CT0: Cordless Telephone 0  
CT1: Cordless Telephone 1

*ANEXO II*

---

TDMA: Time Division Multiple Access  
CDMA: Code Division Multiple Access  
GSM: Global System for Mobile Communications  
DCS 1800: Digital Communication System  
PDC: Personal Digital Celular

CT2: Cordless Telephone 2  
CDPD: Cellular Digital Packet Data (WAN)  
IEEE 802.11: Wireless LAN  
DECT: Digital Enhanced Cordless Telephone

# ANEXO III

## AIII-I PROCESAMIENTO DE UNA LLAMADA: IS-41

El tratamiento de la llamada en un sistema celular requiere de las siguientes fases generales:

- Arranque e inicialización.
- Activación: detección de origen, respuesta de ordenes.
- Exploración de canal de control, gestión interfaz de usuario.
- Control de potencia y frecuencia.
- Conversación, liberación y reposo.

El usuario (**estación móvil**) se comunica con la **estación base** de una celda la cual a su vez depende de una **estación central** del sistema. El acceso del usuario al sistema se efectúa mediante un canal de control distintivo de cada celda y sector; en el sistema AMPS se denomina canal de *setup* o de control y es asignado exclusivamente a tal efecto (una portadora por celda y por sector). Normalmente en cada sector se disponen cerca de 15 portadoras de tráfico y una de *setup*.

### AIII-I-I INICIO

El procesamiento inicial de acceso al servicio móvil celular se realiza mediante una portadora de control *Setup*. En el caso de 7 celdas con 3 sectores son 21 portadoras de control las asignadas para todo el sistema (una por sector).

Con el encendido (*Power On*) del móvil, se procede a estudiar (*Scanner*) los canales de control *Setup*. Se selecciona a la portadora que se recibe con mayor potencia. El proceso de acceso y recepción de parámetros desde la estación base no puede superar los 3 seg. En caso contrario se procede a seleccionar otro canal de control. El canal de control tiene dos direcciones: base-a-móvil *Forward* y móvil-a-base *Reverse*.

Se tienen dos formas de reducir los efectos de colisión en el canal de control:

- Cada 10 bits del canal de control *Forward* se inserta un bit que informa si el canal de control está libre.
- En el canal *reverse* se añade un precursor de 48 bits a la tentativa de toma asíncrona del móvil. Se lo utiliza para sincronización de bit y de palabra e indica a la base quién dirige la tentativa. Esto reduce las falsas tomas causadas por interferencias.

---

## AIII-II PAGING Y ROAMING

El proceso de *Paging* permite localizar la estación móvil dentro del área de cobertura para las llamadas entrantes. Este proceso se complica cuando se trata de localizar a un usuario entre sistemas operados por distintas empresas.

En AMPS el canal de paging es el mismo canal de control (setup). Se utiliza la dirección Forward y Reverse para cada una de las acciones de acceso y paging. Ambos canales solo transportan información de datos a 10 kb/s; no poseen señal vocal. Se denomina *Roamer* a una estación móvil que opera en un sistema celular de otra administración.

## AIII-III AUTENTIFICACIÓN

Cuando se ha efectuado el discado y emisión (*Send*), la estación base accede a la central de conmutación. La **MTSO** (*Mobile Telephone Switching Office*) toma una línea de salida del sistema celular. Al querer procesar una llamada saliente desde el usuario se procede a realizar el proceso de **Autenticación** de usuario y de aparato. Este proceso requiere del auxilio del registro usuarios locales HLR y visitantes VLR. Con posterioridad se le asigna una portadora de tráfico libre, dejando la portadora de control para el setup de otro usuario.

## AIII-IV HANDOFF

El proceso *Handoff* (denominado *Handover* en el sistema europeo GSM) tiene las siguientes características:

- Una llamada al suscriptor se **enruta** a la celda que mejor cobertura disponible en dicho momento. Una llamada en progreso puede cambiar sucesivamente de una a otra celda (*Handoff*). La estación central **reasigna** una frecuencia libre en la nueva celda con mejor nivel de cobertura.
- La primer generación de handoff tiene en cuenta la detección del nivel en la estación base. Pueden ocurrir tiempos de demora elevados (hasta 10 seg). La segunda generación de handoff se aplica en los sistemas digitales y se denomina **MAHO** (*Mobile Assisted Handoff*). En MAHO el móvil reporta a base el nivel de potencia de recepción o alguna otra característica para asistir el proceso. El nivel de potencia de emisión del usuario es variable y depende del nivel de recepción en la estación base. Entonces la estación central informa al móvil el nivel de la potencia con que debe transmitir en cada momento. Sin embargo, las condiciones de propagación en uno y otro sentido pueden ser distintas.
- El handoff se realiza debido a diversas causas relacionadas con el nivel de recepción desde el móvil. En un caso se utiliza un algoritmo que determina un umbral de ruido ambiente (por ejemplo, -100 dBm) y un umbral de relación C/I. Para C/I= 18dB en AMPS el 75% de los usuarios indica que la calidad vocal es buena (BellLabs-1979). Próximo al umbral se prepara el handoff y superado el umbral (3 dB por encima) se efectúa.

- Se disponen de procesos del tipo *Hard-Handoff* que involucra el cambio de frecuencia en el acceso FDMA o TDMA. El tipo *Soft-Handoff* consiste en un cambio de código sobre la misma frecuencia en el sistema CDMA. El proceso Handoff entre distintos proveedores de servicio en Globalstar (móvil satelital) genera un hard-handoff en CDMA (normalmente es soft-handoff).

### AIII-V CRITERIOS DE PERFORMANCE

La calidad vocal de un sistema celular se mide en base a un criterio subjetivo de la señal. Se trata de la cifra de mérito **CM** (*Circuit Merit*) asignada por un usuario (desde CM1 a CM5). El valor obtenido mediante el promedio de evaluación de usuarios se denomina **MOS** (*Mean Opinion Score*). Ambos valores se indican en la misma **Tabla AIII-I**.

Un criterio de calidad adicional es el **GOS** (*Grade Of Service*) definido como la posibilidad de acceso al sistema. Requiere del estudio de la teoría de tráfico en colas de espera (Erlang).

**Tabla AIII-I. Figura de mérito y calidad subjetiva de un canal.**

<b>CM5</b>	Calidad excelente.
<b>CM4</b>	Calidad buena, señal con algo de ruido.
<b>CM3</b>	Calidad fallada, requiere algunas repeticiones.
<b>CM2</b>	Calidad pobre, requiere repeticiones permanentes.
<b>CM1</b>	Calidad insatisfactoria, no se reconoce la señal vocal.

**Comparación entre sistemas de codificación.**

Codificación	Velocidad kb/s	Norma	Año	MOS	Tamaño trama mseg
<b>PCM</b>	64	G.711/712	1972	4,3	0,125
<b>ADPCM</b>	32	G.721	1984	4,1	0,125
<b>ADPCM</b>	16, 24, 32, 40	G.726	1990		0,125
<b>LD-CELP</b>	16	G.728	1992	4,0	0,625
<b>CS-CELP</b>	8	G.729	1995		10
<b>MPC-MLQ</b>	5,3 y 6,4	G.723.1	1995		30
<b>RPE-LTP</b>	13	GSM	1991	3,5	20
<b>VSELP</b>	8	IS-54	1993	3,5	20
<b>IMBE</b>	6,4	Inmarsat-M	1993	3,4	
<b>QCELP</b>	1...8	IS-95	1993	3,4	20
<b>CELP</b>	4,8	FS-1016	1991	3,2	30
<b>LPC-10</b>	2,4	FS-1015	1984	2,3	22,5

### AIII-VI SEÑALES SOBRE EL CANAL DE TRÁFICO EN UN SISTEMA AMP

El espectro completo está formado por 3 componentes:

- Canal vocal analógico: que modula a la portadora en FM (desviación de  $\pm 12$  kHz);
- Tono de supervisión: de 6 kHz que modula en FM a la portadora (desviación de  $\pm 2$  kHz);
- Canal de control o señalización: con 10 kb/s modulado en FSK sobre una portadora a +10 kHz ( $\pm 8$  kHz).

#### AIII-VI-I CANAL VOCAL

En este sistema el canal vocal se transmite en forma analógica. Las principales características son:

- Se efectúa una compresión-expansión silábica de relación 2:1 (2 dB de cambio en la entrada se traduce a 1 dB).
- Se realiza luego una pre-acentuación de 6 dB/octava entre las frecuencias de 300 y 3400 Hz.
- Se logra de esta forma confinar la energía en la banda del canal y un salto inferior entre pulsos de palabras.
- Se trata de un tiempo de 3 mseg de ataque y 13,5 mseg de recuperación.
- La señal vocal se modula en frecuencia FM con una desviación máxima de  $\pm 12$  kHz.
- La desviación eficaz es de  $\pm 2,9$  kHz sobre la portadora del canal.

### AIII-VI-II TONO DE SUPERVISIÓN DE AUDIO

Sobre el canal vocal se coloca un **SAT** (*Supervisory Audio Tone*). Este es un tono de 5970, 6000 o 6030 Hz (tolerancia 15 Hz). Cada estación base tiene asignada una frecuencia distinta. Se modula en FM a la portadora con una desviación de  $\pm 2$  kHz.

El SAT (conocido como código de color en el canal de tráfico) se suma a la portadora de audio.

Se envía sobre el canal vocal *Forward* **FVC** y se utiliza para transmitir el canal en *Reverse* **RVC**.

- El móvil filtra y detecta el tono y dispone de una indicación de presencia de señal.
- Si una estación móvil no recibe el SAT durante 5 seg debe cortar la llamada (*Off*).
- En el canal en reversa el SAT se suspende durante la transmisión de datos o control.
- El código de color en el canal de control es el equivalente digital a este tono.

### AIII-VI-III CANAL DE CONTROL

Este canal se utiliza para emitir datos de señalización con las siguientes características:

- Se trata de una señal digital de 10 kb/s en codificación Manchester.
- Se modula en FSK con una desviación de  $\pm 8$  kHz sobre un tono a 10 kHz sobre el canal vocal.
- Ambos espectros están separados por la concentración de energía.

### AIII-VII CANALES DE SEÑALIZACION

Tanto sobre el canal de Setup (usado para acceso en llamadas salientes y para paging en llamadas entrantes), como sobre el canal de Tráfico (usado para control de handoff y potencia de transmisión del móvil) se encuentra una señal de 10 kb/s para datos de señalización **IS-41**. Las tramas de datos son distintas en cada caso y se define una interfaz común para el enlace radioeléctrico denominada **CAI** (*Common Air Interface*). Contiene 4 canales:

TABLA AIII-II

	Denominación	Dirección	Función
-RECC	(Reverse Control Channel)	Móvil-a-Base	Sobre canal de Setup.
-FOCC	(Forward Control Channel)	Base-a-Móvil	Sobre canal de Setup.
-RVC	(Reverse Voice Channel)	Móvil-a-Base	Sobre canal de Tráfico vocal.
-FVC	(Forward Voice Channel)	Base-a-Móvil	Sobre canal de Tráfico vocal.

Los dos primeros canales (RECC y FOCC) sirven para el acceso al sistema y se envían sobre el canal de Setup. Durante una llamada saliente o entrante la señalización se transmite por los canales de tráfico vocal obteniéndose entonces los dos canales finales (RVC y FVC). Las características de cada canal se encuentran a continuación; en las Tablas siguientes se describen los datos en las tramas.

Para realizar tareas de supervisión se envían dos tonos dentro del canal vocal pero fuera de la banda. El primero es el SAT (Supervisory Audio Tone), un tono que es enviado por la BS y que debe ser devuelto por el terminal móvil mientras la conversación está en curso. Su pérdida le indica a la BS que la señal es muy débil, bien por acercarse a las fronteras de la célula (por lo tanto deberá proceder a un handover), o bien por otras razones (fading, desconexión abrupta, etc,...).

El segundo es el ST ( Signaling Tone) que se usa, por ejemplo, al final de una conversación para indicar que el terminal ha sido cortado.

Cuando se pierde el SAT puede encadenarse el proceso handover. Para ello la MSC pide a las BS adyacentes que monitorean el nivel de la señal del canal de voz correspondiente, asumiendo que el móvil ha entrado en la zona de cobertura de aquellas BS cuya señal se recibe con mayor amplitud. Si la conexión es posible en la nueva BS (quedan canales libres) al MSC, a través de la BS, le indicará al móvil la nueva frecuencia a utilizar. Para ello se interrumpe la señal de voz por un momento (400 msegundo) y se le envía un mensaje de señalización al móvil. Esta interrupción es apenas distinguible durante una conversación, pero si se están transmitiendo datos se producirán una pérdida de información. Esta es una de las razones que han llevado a la introducción de sistemas más avanzados como puede ser GSM.

### AIII-VIII PROCESO DE COMUNICACIÓN

Los procesos de inicio de la comunicación siguen los siguientes pasos:

- Encendido del móvil.
- Cuando el móvil se enciende (*On*) se efectúa un análisis (*scanning*) de los canales de control (*setup*).
- El canal de Setup dispone del tono de supervisión para la detección de potencia y la identificación de la base.
- Se selecciona el canal Setup de mejor nivel y se realiza la operación de acceso al sistema enviando datos de configuración.
- Se procede a autenticar al usuario mediante el registro **HLR** (*Home Location Register*) y **VLR** (*Visitor LR*).

- Los datos de configuración corresponden a un mensaje RECC de la **Tabla T3-04**.
- -Por el canal de Setup (actuando como paging) se reciben los datos de configuración desde el sistema (mensaje FOCC).
- -El canal de paging (Setup) continua bajo monitoreo para recibir llamadas entrantes. Se trata del estado de reposo (Idle).
- Llamada saliente.
- -En una llamada saliente, luego de seleccionar el número, se ejecuta la tecla "Send".
- -El móvil selecciona el canal de acceso más potente, envía los datos de llamada y espera la respuesta sobre el mismo canal.
- -Recibida la respuesta las acciones dependen del tipo de sistema analógico o digital.
- -En el analógico se sintoniza la frecuencia del canal vocal, la potencia, el tono SAT y entra en el modo conversación.
- -En el digital se sintoniza la frecuencia, potencia, intervalo de tiempo, el alineamiento y *offset* y codificación de telefonía.
- -Luego se pasa al canal de tráfico donde se continua el diálogo de señalización mediante los canales F/SACCH.

En una llamada entrante se procede de la siguiente manera:

- En una llamada entrante la conexión se efectúa mediante el canal de paging (Setup).
- Se detecta el mensaje y se emite una respuesta. Se espera la información por el canal de Setup.
- Se recibe el mensaje Alert y se para al modo de conversación mediante Send.
- En el caso de cambio de celda handoff se requiere una reasignación de frecuencia, potencia, SAT o DVCC.
- El mensaje para el handoff se transmite usando el campo de datos FACCH sobre el canal de tráfico.

#### **AIII-IX HANDOFF MAHO** (*Mobile-Assisted HandOff*)

Se trata del proceso de handoff asistido por el usuario (en el sistema analógico solo se toma en cuenta la potencia de recepción de la estación base). Para este efecto se miden dos tipos de indicaciones: la tasa de error BER y el nivel de potencia de recepción en el móvil.

El proceso MAHO consiste de 3 mensajes:

- Mensaje de inicio de medición (Forward) y Mensaje de reconocimiento (Reverse).
- Mensaje de stop de medición (Forward) y Mensaje de reconocimiento (Reverse).
- Mensaje con los resultados de la calidad de canal (Reverse). Los resultados se transmiten sobre el canal SACCH o FACCH con lo que se asiste a la base para realizar el handoff.

## AIII-X SEÑALIZACION ENTRE SISTEMAS CELULARES.

### AIII-X-I EIA/TIA IS-41

Este standard permite la operación de distintos sistemas y operadores celulares. Describe las siguientes operaciones:

- Handoff intersistema. El handoff intersistemas tiene como objetivo permitir que el usuario continúe la conexión entre dos sistemas que cooperan.
- Roaming automático. El Roaming automático permitirá al usuario identificarse como visitante en otro proveedor de servicio celular. Se requiere entonces el auxilio del registro de visitantes VLR y de residentes HLR para eliminar accesos fraudulentos.
- OA&M. Para las acciones de operación y mantenimiento. Se trata de registrar las condiciones anormales, fallas del sistema, datos de *roamer* no disponibles, pruebas de enlaces, performance de la red, etc.
- Red de comunicación de datos. IS-41 soporta la interconexión de señalización intersistemas en los protocolos SS7.

En el sistema AMPS y D-AMPS se disponen de señales para la validación (autenticación) del usuario. Son las siguientes informaciones:

- El número de identificación del móvil **MIN**. Secuencia de 34 bits derivado del directorio telefónico de 10 dígitos.
- El número serial electrónico **ESN** que identifica a la estación móvil en el sistema celular. Se trata de 32 bits donde los 18 primeros identifican al número de serie del aparato y los 8 finales al fabricante.
- El número de identificación del sistema **SID** consiste de 15 bits e identifica el sistema celular contratado. Los 2 últimos bits identifican el país (01 para Sudamérica).

### AIII-X-II SEÑALIZACION SS7

Los centros de conmutación celulares se comunican con la red pública mediante el sistema de señalización **SS7** (Capa 7-3 mediante **ISUP-ISDN User Part**). El protocolo de señalización entre sistemas celulares se basa en SS7 (adoptado por **IS-41**). Las capas involucradas en la comunicación entre:

- Capa 7b: **MAP** (*Mobile Application Part*).
- Capa 7a: **TCAP** (*Transaction Capabilities Application Part*). Según ITU-T Q. 771/775.
- Capa 3b: **SCCP** (*Signaling Connection Control Part*). Según ITU-T Q.711/716.
- Capa 1-3a: **MTP** (*Message Transfer Part*).

En la **Tabla AIII-III** se encuentra un resumen de funciones de cada capa. En un Capítulo por separado se estudia en más detalle el SS7 para redes públicas de tipo ISDN. El modelo de capas en SS7 no tiene previstas las capas 4-5-6, en tanto que las capas 3 y 7 se encuentran subdivididas.

*ANEXO III*

---

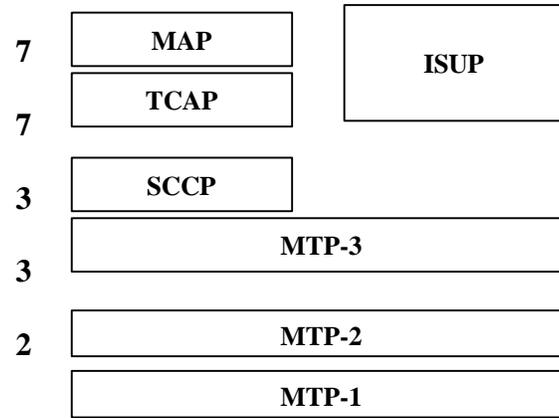


TABLA III-III

<b>MTP-1</b>	<b>Capa 1.</b> Tiene las funciones de conexión física entre módulos a interconectar.
<b>MTP-2</b>	<b>Capa 2.</b> Se ocupa del alineamiento de paquete mediante banderas ( <i>Flag</i> ) al inicio y final. Permite la detección de errores mediante un código CRC-16. Realiza el proceso de numeración secuencial de mensajes e indicación de retransmisión. Efectúa la confirmación o rechazo del mensaje para la retransmisión automática en mensajes con errores. Los paquete son numerados en forma secuencial con módulo-7. Indica la longitud total del mensaje transmitido.
<b>MTP-3</b>	<b>Capa 3.</b> Posee la dirección de punto de acceso al servicio <b>SAP</b> en el octeto de información de servicio <b>SIO</b> . SAP permite identificar a la capa superior SCCP sobre el protocolo MTP3. En la red PSTN se dispone de las direcciones de procesador CPU de origen y destino (14 bits de dirección). Por otro lado identifica el enlace de señalización utilizado cuando existe más de uno. Realiza las funciones de Routing dentro de la red de señalización SS7.
<b>SCCP</b>	<b>Capa 3.</b> Efectúa funciones de direccionamiento adicionales a MTP3, especial para sistemas celulares. La combinación de SCCP y el MTP3 se denomina parte de servicio de red <b>NSP</b> ( <i>Network Service Part</i> ). El SCCP puede brindar servicios con y sin conexión. En telefonía celular se trata de un servicio connectionless y la capa superior es TCAP. En el caso de servicio con conexión la capa superior es ISUP. El caso con conexión se aplica para consulta de base de datos (ejemplo, tarjeta de crédito). El protocolo SCCP entrega una dirección (adicional a los 14 bits de MTP3) que se denominada <b>SSN</b> ( <i>SubSystem Number</i> ). Permite direccionar al usuario (dentro del nodo de comunicaciones) del protocolo SCCP. Se trata de 4 direcciones: al registro de localización VLR y HLR, la red de conmutación MSC, el centro de autenticación EIR. El campo de direcciones de SCCP posee la dirección de origen y destino y la selección de ruta de señalización. Dispone de 16 tipos de mensajes: requerimiento de conexión, confirmación de conexión, conexión negada, formato de datos, control de flujo, datos urgentes (puntea el control de flujo), requerimiento de reset y confirmación de reset, etc.
<b>TCAP</b>	<b>Capa 7.</b> Facilita la transferencia de mensajes en tiempo real entre MSC, HLR y VLR. Se aplica a enlaces con O&M. Realiza el control de diálogo (servicio de transporte) con el terminal remoto. La información contiene: tipo de mensaje (unidireccional, inicio, final, intermedio, aborto); longitud del mensaje (número de bytes total); identificador de origen y destino de transacción; tipo de contenido (retorno de resultado, reporte de error y de reject) y contenido de información (código de operación, de error, de problema, parámetros, etc).
<b>MAP</b>	<b>Capa 7.</b> Se trata de una normalización ETSI y IS-41 que se ha especificado para transferencia de información que no corresponde a circuitos de usuario. Se utiliza para interconectar los siguientes elementos entre sí: <b>HLR</b> ( <i>Home Location Register</i> ), <b>VLR</b> ( <i>Visitor LR</i> ), <b>MSC</b> ( <i>Mobile Switching Center</i> ), <b>EIR</b> ( <i>Equipment ID Register</i> ). Además permite conectar a varios MSC de distinto proveedor de servicio SP ( <i>Service Provider</i> ). Permite las operaciones de: Actualización de localización; Roaming; Handoff; autenticación; información de llamada entrante; información de servicio de subscriber; identificación de equipos móviles; carga de información a los registros; etc.
<b>ISUP</b>	<b>Capa 7.</b> Sirve para los mensajes de señalización de usuario ISDN. Algunos tipos de mensajes son:
<b>IAM</b>	( <i>Initial Address Message</i> ). Contiene la información inicial de llamada para el encaminamiento.
<b>SAM</b>	( <i>Subsequent Address Message</i> ). Transporta las cifras no enviadas en el mensaje IAM.
<b>ACM</b>	( <i>Address Complete Message</i> ). Indica que se ha obtenido en acceso al destino.
<b>ANM</b>	( <i>Answer Message</i> ). Indica que el usuario llamado ha respondido.
<b>BLO</b>	( <i>Blocking Message</i> ). Permite el bloqueo del canal útil.
<b>UBL</b>	( <i>Unblocking Message</i> ). Desbloquea el canal útil.
<b>REL</b>	( <i>Release Message</i> ). Permite iniciar la liberación del canal.
<b>RLC</b>	( <i>Release Complete Message</i> ). Informa que la liberación ha sido completada.

### AIII-XI CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS GSM

En GSM se utiliza *Slow Frequency Hopping*. Es un cambio periódico del intervalo de tiempo y frecuencia. Esta operación involucra saltos a una velocidad de 217 veces/seg; 1200 bits por hop. Esto permite disminuir los efectos periódicos de propagación sobre un canal individual.

### ANEXO III

Existe un corrimiento de 3 intervalos de tiempo en la numeración desde el enlace Forward y Reverse. Se impide de esta forma la transmisión y recepción simultánea y el sincronismo entre Forward y Reverse. La emisión por ráfagas (600  $\mu$ seg cada 5 mseg) optimiza el consumo de potencia. También se corta la transmisión durante los silencios, el canal se rellena con ruido (mecanismo VAD). De esta manera, se reduce el tiempo de ocupación del espectro, las interferencias y la potencia del móvil. Solo cuando los 2 abonados extremos se encuentran en línea se establece la comunicación del canal vocal. Este aspecto permite un ahorro de energía y del tiempo de uso del medio de enlace sobre el sistema D-AMPS.

Se dispone de un control y ajuste de potencia de emisión de la estación móvil cada 60 mseg. En AMPS se estructuran mensajes esporádicos de control de potencia; en tanto que en CDMA se realiza un control cada 1,25 mseg. Se tienen 15 estados de potencia con un margen de 26 dB (entre 20 mw a 8 watt). En AMPS el control es entre 8 niveles de potencia entre 10 mw y 4 watt.

La sensibilidad (mínima potencia de trabajo) del receptor es cercana a -104 dBm (en D-AMPS es de -93 dBm). El rango dinámico de funcionamiento permite recibir sin saturación hasta -10 dBm. -El Control de Ganancia AGC y un ecualizador permiten compensar el efecto Doppler y el desvanecimiento selectivo. El ecualizador es del tipo autoadaptativo y se utiliza una secuencia fija conocida (training) dentro de la trama para el ajuste de los coeficientes del ecualizador.

#### AIII-XII CANALES DE CONTROL

##### AIII-XII-I CANALES EN LA INTERFAZ AEREA

De los 8 intervalos de tiempo *Time Slot* el primero se lo usa para canales común de control CCH y el resto para canales de tráfico TCH. En la **Tabla T4-05** se indican todos los tipos de canales de información existentes en GSM (tráfico y control). Este burst ocupa el intervalo de tiempo cero TS:0 de la trama de 270 kb/s. Una superframe de canales de control ocupa 51 multitramas (de 26 Frame c/u) donde se envía una secuencia de canales de control.

Tabla AIII-IV Tipos de canales de tráfico y de control en GSM.

<b>TCH</b>	<i>Traffic Channel.</i> Se tienen 6 distintos tipos de canal de tráfico <b>TCH</b> . Se trata de los canales de fonía y de datos a velocidades desde 2,4 a 9,6 kb/s.
<b>TCH/FS</b>	<i>Full rate Speech.</i> En el ítem anterior se describió en detalle la forma de codificación para un canal vocal de tasa completa (13 kb/s). TCH/FS se trata de dicho canal a 13 kb/s.
<b>TCH/HS</b>	<i>Half rate Speech.</i> Es un canal físico para voz a tasa nominal de 13 kb/s en <b>TCH/FS</b> o la mitad en el caso <b>TCH/HS</b> (donde se utilizan intervalos de tiempo alternados). Los canales de datos trabajan a 2400, 4800 o 9600 b/s. En todos los casos la velocidad se eleva a 22,8 kb/s en TCH/FS o a 11,4 kb/s en TCH/HS.
<b>CCH</b>	<i>Control Channels.</i> Es utilizado para diversas funciones de control.
<b>BCH</b>	<i>Broadcast Channel.</i> El canal broadcasting BCH permite diversas aplicaciones y está embebido en un canal de tráfico. Es utilizado solo en la dirección forward.
<b>BCCH</b>	<i>Broadcast CCH.</i> El BCCH es emitido regularmente para todos los móviles activos para señalar la disponibilidad de canales, informar de congestión, identificación y localización.
<b>FCCH</b>	<i>Frequency CCH.</i> El FCCH se encuentra disponible para el cambio de frecuencia del móvil con 124 bits cada 235 mseg (permite la sintonía del oscilador del usuario respecto de la base). La trama se compone de: Start de trama (3 bits); secuencia todos cero (142); Stot (3) y banda de guarda (8,25 bits).
<b>SCH</b>	<i>Synchronization CCH.</i> El SCH continúa luego del FCCH en el TS:0 para ajuste de frecuencia y sincronismo de trama. Se emite el número de trama y el código de identificación de la estación base. La estructura de trama de SCH es: Start de trama (3 bits); Datos criptografiados (39 bits); bits de training (64 bits); Datos criptografiados (39 bits); Stop de trama (3 bits); período de guarda (8,25 bits).
<b>CCCH</b>	<i>Common CCH.</i> Los canales PCH y AGCH son forward, en tanto que RACH es reverse.
<b>PCH</b>	<i>Paging CCH.</i> El PCH es un canal utilizado para la función de búsqueda en llamadas entrantes desde la PSTN y para información de mensaje de textos (paging) en caracteres ASCII.
<b>RACH</b>	<i>Random Access CCH.</i> RACH es el único canal Reverse para identificación y acceso de llamada saliente. Se utiliza como confirmación del canal PCH. El acceso a RACH se realiza mediante un <i>Slotted Aloha</i> , consistente en un pedido de acceso al canal.
<b>AGCH</b>	<i>Access Grant CCH.</i> Se aplica como cierre del diálogo con el móvil antes de llevar a off el canal de control. Por otro lado, es usado como respuesta a RACH.

### ANEXO III

<b>DCCH</b>	<i>Dedicated CCH.</i> Estos canales son dedicados al canal de tráfico. Todos son bidireccionales con igual formato.
<b>SDCC</b>	<i>Stand alone CCH.</i> SDCCH es utilizado para muy baja tasa de
<b>H</b>	datos para roaming, autenticación y criptografía.
<b>SACC</b>	<i>Slow Associated CCH.</i> SACCH se usa como canal de tasa lenta
<b>H</b>	para decisiones de control (potencia de transmisión) y mediciones.
<b>FACC</b>	<i>Fast Associated CCH.</i> Las funciones de FACCH son similares a
<b>H</b>	SACCH pero de mayor urgencia: para la autenticación y comandos de handover.

#### AIII-XII-II PROCEDIMIENTO DE LLAMADA

El procedimiento inicial incluye cuando el móvil selecciona el canal BCCH para obtener información broadcasting y PCH para el paging. Los canales FCCH y SCH entregan la sintonía de frecuencia y el sincronismo de reloj al móvil. Se utiliza además el canal de acceso RACH para hacer un requerimiento de canal SDCCH. La estación base responde por el canal AGCH.

El proceso de autenticación se realiza mediante un algoritmo que se indica más abajo. La conexión del canal de tráfico TCH se realiza solo cuando la comunicación vocal está establecida. Cuando el móvil hace un nuevo roaming el VLR informa al HLR la nueva localización. Se actualiza entonces el registro de localización.

#### AIII-XII-III AUTENTIFICACIÓN

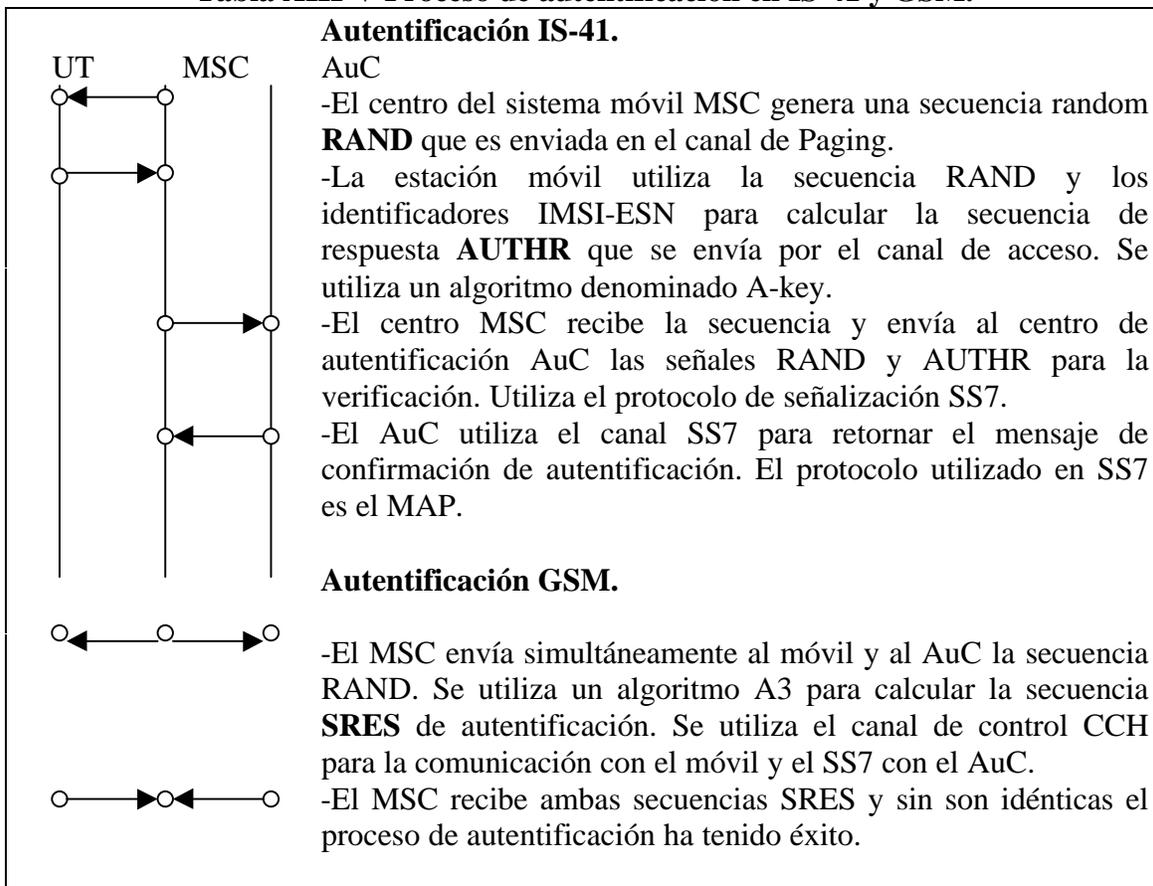
El proceso de autenticación es similar en los sistemas basados en la norma IS-41 (para AMPS y CDMA) y GSM. Se utilizan secuencias pseudoaleatorias RAND para calcular en el móvil y en el centro de autenticación una secuencia de comprobación.

Las características del proceso de autenticación en **GSM** son indicadas en la **Tabla T4-06**. El proceso dispone de dos fases.

-En la primer fase: un código **PIN** (*Personal Identification Number*) protege al **SIM** (*Subscriber Identity Module*). El PIN es chequeado por el SIM en forma local. Por ello el SIM no es enviado al enlace de radio.

- En la segunda fase: la red GSM envía un número random RAND de 128 bits. RAND es mezclado por el móvil con un parámetro secreto (denominado Ki) y un algoritmo conocido (denominado A3). Esto produce un resultado de 32 bits denominado **SRES** que se devuelve a la red GSM para su verificación. Cada usuario se equipa con un módulo **SIM** (*Subscriber Identity Module*), similar a una tarjeta de crédito.
- El SIM posee un código permanente o temporario para un área exclusiva. Se trata de **IMSI** (*International Mobile Subscriber Identity*) y **TMSI** (*Temporary MSI*). El registro VLR controla la asignación del TMSI en el SIM.
- Estos elementos permiten realizar la autenticación para evitar llamadas no autorizadas. El mecanismo de criptografía utiliza también la secuencia RAND y otros algoritmos similares, denominados A8 y A5.

Tabla AIII-V Proceso de autenticación en IS-41 y GSM.



# ANEXO IV

## **AIV-I INTRODUCCIÓN**

En este anexo se tradujo una pequeña parte de la Norma RFC2002, que permite la definición y aclaración de algunos items del capítulo III.

Se trata de conservar los terminos en ingles, para permitir al lector la mejor comprensión de lo expuesto.

Para cualquier duda o extensión del tema uno deberá remitirse a la norma correspondiente.

## **AIV-II NORMA RFC2002**

La versión 4 del IP asume que el IP ADDRESS de un nodo identifica únicamente el punto del acceso del nodo al Internet. Por lo tanto, un nodo se debe situar en la red indicada por su IP ADDRESS para recibir los datagramas destinados a él; si no, los datagramas destinados al nodo serían inentregables. Para que un nodo cambie su punto del acceso sin perder su capacidad de comunicarse, uno de los dos mecanismos siguientes debe ser típicamente empleado:

- a) el nodo debe cambiar su IP ADDRESS siempre que cambie su punto del acceso, o
- b) las rutas específicas del host se deben propagar a través de muchas de las rutas de Internet.

Ambas alternativas son a menudo inaceptables. El primer mecanismo hace imposible que un nodo mantenga conexiones del transporte y de capas altas cuando el nodo cambia la posición. El segundo tiene problemas obvios y severos del escalamiento, especialmente relevantes considerando el crecimiento explosivo en ventas de las computadoras móviles portátiles (nootbook, palm, etc). Un nuevo, mecanismo escalable se requiere para la movilidad servicial del nodo dentro del Internet. Este documento define tal mecanismo, que permite a nodos cambiar su punto del accesorio al Internet sin cambiar su IP ADDRESS

## **AIV-III REQUERIMIENTOS DE PROTOCOLOS**

Uno nodo móvil debe poder comunicarse con otro nodo después cambiar su posición en la red móvil (link-layer) punto acceso a Internet, sin cambiar su IP ADDRESS.

Un nodo móvil debe poder comunicarse con otros nodos que no pongan estas funciones de la movilidad en ejecución. No se requiere ningunos realces del protocolo en los host o router que no están actuando como cualesquiera de las entidades arquitectónicas nuevas introducidas en la sección 1,5.

Todos los mensajes usados para poner al día otro nodo en cuanto a la localización de un nodo móvil se deben autenticar para proteger contra ataques alejados del cambio de dirección.

#### **AIV-IV LAS METAS**

El enlace por el cual un nodo móvil es unido directamente a Internet puede a menudo ser un acoplamiento sin hilos. Este acoplamiento puede así tener substancialmente menor ancho de banda y una tasa de error más alta que redes alámbricas tradicionales. Por otra parte, los nodos móviles son probables alimentados con batería, y la reducción del consumo de energía al mínimo es importante. Por lo tanto, el número de los mensajes administrativos enviados sobre el enlace por el cual un nodo móvil es unido directamente a Internet se debe reducir al mínimo, y el tamaño de estos mensajes se debe mantener tan pequeño como razonablemente posible.

#### **AIV-V LAS SUPOSICIONES**

Los protocolos definidos en este documento no ponen ningún apremio adicional en la asignación de las direcciones del IP. Es decir, un nodo móvil se puede asignar un IP ADDRESS por la organización que posee la máquina. Este protocolo asume que los nodos móviles no cambiarán generalmente su punto del acceso a Internet más con frecuencia de una vez por segundo. Este protocolo asume que los datagramas del unicast del IP están encaminados basandose en la dirección de destino del encabezamiento del datagrama (y no, por ejemplo, por la dirección de la fuente).

#### **AIV-VI LA APLICABILIDAD**

El IP móvil esta pensado para permitir a nodos moverse a partir de un subnet del IP a otra. Es tan conveniente justo para la movilidad a través de medios homogéneos como para la movilidad a través de medios heterogéneos. Es decir, el IP móvil facilita el movimiento del nodo a partir de un segmento de Ethernet a otro, o tan bien es como acomodar el movimiento del nodo de un segmento de Ethernet a un LAN sin hilos, mientras el IP ADDRESS del nodo móvil sigue siendo igual después de tal movimiento. Uno puede pensar en el IP móvil como la solución al problema "macro" de la gerencia de la movilidad. Está menos bien satisfecho para más gerencia "micro" usos de la movilidad por ejemplo, handoff entre los transmisores-receptores sin hilos, cada uno de los cuales cubre solamente un área geográfica muy pequeña.

Mientras el movimiento del nodo no ocurre entre los puntos del accesorio en diversos subnets del IP, los mecanismos de la acoplamiento-capa para la movilidad (es decir, handoff de la acoplamiento-capa) pueden ofrecer una convergencia más rápida y lejos menos gastos indirectos que el IP móvil.

#### **AIV-VII ENTIDADES ARQUITECTÓNICAS NUEVAS**

IP movil introduce las siguientes entidades arquitectónicas nuevas:

##### *Nodo Movil*

Host o router que cambia su punto del acceso a partir de un red o subnetwork a otro. Un nodo móvil puede cambiar su localización sin cambiar su IP ADDRESS; puede continuar comunicándose con otros nodos de Internet en cualquier localización usando su IP ADDRESS (de la constante), conectividad asumida de la acoplamiento-capa a un punto del acceso esté disponible.

##### *Home agent*

Es un router un nodo móvil que hace un túnel los datagramas para la entrega al nodo móvil cuando está ausente de su hogar, y mantiene la información actual de la localización para el nodo móvil.

### *Foreing agent*

Es un router en la red visitada de un nodo móvil que proporciona servicios de la encaminamiento al nodo móvil mientras que está registrado. Foreing agent detunnels y entregan los datagramas al nodo móvil que eran tunneled por el home agent del nodo móvil. Para los datagramas enviados por un nodo móvil, el foreing agent puede servir como router del defecto para los nodos móviles registrados.

A un nodo móvil se le da una IP ADDRESS a largo plazo en una home network. Esta home address se administra de la misma manera que un IP ADDRESS "permanente" se proporciona a un host inmóvil. Cuando se está lejos de su home network, "care-of address" se asocia al nodo móvil y refleja el punto actual del acceso al nodo móvil. El nodo móvil utiliza su home address como la dirección de la fuente de todos los datagramas del IP que envíe, a menos en donde es descrito de otra manera en este documento para los datagramas enviados para ciertas gerencias de la movilidad (por ejemplo, en la sección 3.6.1.1).

## **AVI-VIII TERMINOLOGÍA**

Este documento usa generalmente los siguientes terminos:

### *Agent Advertisement*

Agent Advertisement (Anuncio un mensaje) está construido uniendo una extensión especial mensajes del anuncio de router.

### *Care-of Address*

El punto de terminación de un túnel hacia un nodo móvil, para datagramas remitidos al nodo móvil mientras está ausente de home. El protocolo puede utilizar dos tipos de direcciones care-of address: un "foreing agent care-of address" es una dirección de un foreing agent con el cual el nodo móvil se registró, y "co-located care-of address" es una dirección local externamente obtenida que el nodo móvil asociada a uno de sus propios interfaces de la red.

### *Nodo correspondiente*

Es un nodo con quien un nodo móvil se está comunicando. Un nodo correspondiente puede ser móvil o inmóvil.

### *Foreing network*

Cualquier red con excepción de la home network del nodo móvil.

### *Home address*

Un IP ADDRESS que se asigna por un período del tiempo extendido a un nodo móvil. Permanece sin cambiar sin importar donde el nodo se une al Internet.

### *Home network*

Una red, posiblemente virtual, teniendo un prefijo de la red que corresponde al home address de un nodo móvil. Observe que los mecanismos estándares del ruteo del IP entregarán los datagramas destinados a la home address de un nodo móvil a la home network del nodo móvil.

### *Enlace (link)*

Medio en donde los nodos pueden comunicarse. Un enlace es la base de la capa de red.

#### *Link-Layer Address*

La dirección identifica un punto final de una cierta comunicación sobre un acoplamiento físico. Típicamente, la dirección del link-layer es dirección del Media Access Control de un interfaz (MAC).

#### *Mobility agent*

Un home agent o un foreign agent.

#### *Mobility Binding*

La asociación de una home address con una care-of address, junto con el curso de la vida restante de esa asociación.

#### *Mobility Security Association*

La colección de contextos de la seguridad, entre un par de los nodos, de los cuales se pueden aplicar a los mensajes de gestión de protocolo móviles del IP intercambiado entre ellos. Cada contexto indica un algoritmo y un modo (sección 5,1), un secreto (una llave compartida, o par dominante apropiado de la autenticación de public/private), y un estilo de juego de nuevo en el uso de seguridad (sección 5,6).

#### *Nodo*

Host o router.

#### *Nonce*

El valor aleatoriamente elegido, diferente de las opciones anteriores, insertadas en un mensaje para proteger contra replicas.

#### *Security Parameter Index (Índice del parámetro de la seguridad - SPI)*

Un índice que identifica un contexto de la seguridad entre un par de nodos entre los contextos disponibles en la asociación de la seguridad de la movilidad. Los valores 0 a 255 de SPI son reservados y NO SE DEBEN utilizar en ninguna asociación de la seguridad de la movilidad.

#### *Túnel*

La trayectoria seguida por un datagrama cuando se encapsula. El modelo es que, cuando se encapsula, un datagrama está encaminado a un agente desencapsulador bien informado, que los desencapsula el datagrama y entonces correctamente lo entregan a su último destino.

#### *Virtual network ( Red virtual)*

Una red sin el instalación física más allá de un router (con un interfaz físico de la red en otra red). El router (e.g., un home agent) advierte generalmente rechazo a la red virtual usando protocolos convencionales de ruteo.

#### *Visited network (Red visitada)*

La red, con excepción de la home network de un nodo móvil, con la cual el nodo móvil está conectado actualmente.

### *Visitor list (Lista del visitante)*

La lista de los nodos móviles que visitan los foreign agent

### *Descripción del protocolo*

Los siguientes servicios de ayuda se definen para el IP móvil:

#### *Los agent discovery*

Los home agent y los foreign agent pueden anunciar su disponibilidad en cada acoplamiento para el cual proporcionen servicio. Un nodo móvil nuevamente llegado puede enviar una solicitud en el acoplamiento para aprender si algunos agentes anticipados están presentes.

#### *Registration (Registro)*

Cuando el nodo móvil está ausente de hogar, coloca su care-of address con su home agent. Dependiendo de su método de acceso, el nodo móvil se colocará directamente con su home agent, o a través de su foreign agent que transmita al registro al home agent.

## **AIV-IX OPERACION DEL PROTOCOLO MOVIL**

Los pasos siguientes proporcionan un entorno de la operación del protocolo móvil del IP:

- Los agentes de la movilidad (es decir, los foreign agent y home agent) anuncian su presencia vía Agent Advertisement messages (sección 2). Un nodo móvil puede solicitar opcionalmente un Agent Advertisement messages de cualquier agente localmente unido de la movilidad a través de un Agent Solicitation message.
- Un nodo móvil recibe estos Agent Advertisements (anuncios del agente) y se determina si está en su home network o en una foreign network.
- Cuando el nodo móvil detecta que está situado en su home network, funciona sin servicios de la movilidad. Si vuelve a su home network de la colocación a otra parte, el nodo móvil retorna a sus registros con su home agent, a través de intercambio de una petición del Registration Request and Registration Reply message con él.
- Cuando un nodo móvil detecta que se ha movido a una foreign network, obtiene a care-of address en la foreign network. La care-of address puede ser determinada desde foreign agent's advertisements (a foreign agent care-of address), o por un cierto mecanismo externo de asignación tal como DHCP [ 6 ] (un co-located care-of address).
- El nodo móvil que funciona lejos de su hogar entonces coloca su nuevo care-of address con su home agent con intercambio de una petición del Registration Request and Registration Reply message con él, posiblemente vía un foreign agent (sección 3).
- Los datagramas enviados a la home address del nodo móvil son interceptados por su home agent, tunneled por el home agent al nodo móvil de dirección care-of address, recibido en la punta final del túnel (en un foreign agent o en el nodo móvil mismo), y finalmente entregado al nodo móvil (sección 4,2,3).
- En la dirección contraria, datagramas enviados por el nodo móvil se entregan generalmente a su destinación usando los mecanismos estándares de la ruteo del IP, pasando no necesariamente a través del home agent.

Cuando lejos del home, IP móvil utiliza el protocolo que hace un túnel para ocultar la home address de un nodo móvil de las router que intervienen entre su home network y su localización actual. El túnel termina en la care-of address del nodo móvil. La care-of address debe ser una dirección a la cual los datagramas se pueden entregar vía la encaminamiento convencional del IP. En la care-of address, el datagrama original se quita del túnel y se entrega al nodo móvil.

El IP móvil proporciona dos modos alternativos para la adquisición de la care-of address:

- Un "foreign agent care-of address" es a care-of address proporcionada por un foreign agent a través de sus Agent Advertisement messages. En este caso, la care-of address es una IP ADDRESS del foreign agent. En este modo, el foreign agent es la punto final del túnel , recibiendo el datagramas dentro del tunel, los desencapsula y entrega el datagrama interno al nodo móvil. Este modo de la adquisición se prefiere porque permite que muchos nodos móviles compartan la misma care-of address y por lo tanto no pone demandas innecesarias en el espacio de dirección ya limitado por IPv4.
- Una "co-located care-of address" es una care-of address adquirida por el nodo móvil como IP ADDRESS local con algunos medios externos, que el nodo móvil después asocia a uno de sus propios interfaces de la red. La dirección se puede adquirir dinámicamente como dirección temporal por el nodo móvil tal como DHCP directo [ 6 ], o se puede poseer por el nodo móvil como dirección a largo plazo para su uso solamente mientras que visita una cierta foreign network. Los específicos métodos externos de adquirir un IP ADDRESS local para el uso como co-located care-of address están más allá del alcance de este documento. Al usar co-located care-of address, el nodo móvil sirve mientras que la punto final del túnel y sí mismo realiza el desencapsulado de los datagramas tunneled a él.

El modo de usar co-located care-of address tiene la ventaja que permite que un nodo móvil funcione sin un foreign agent, por ejemplo, en las redes que todavía no han desplegado un foreign agent.

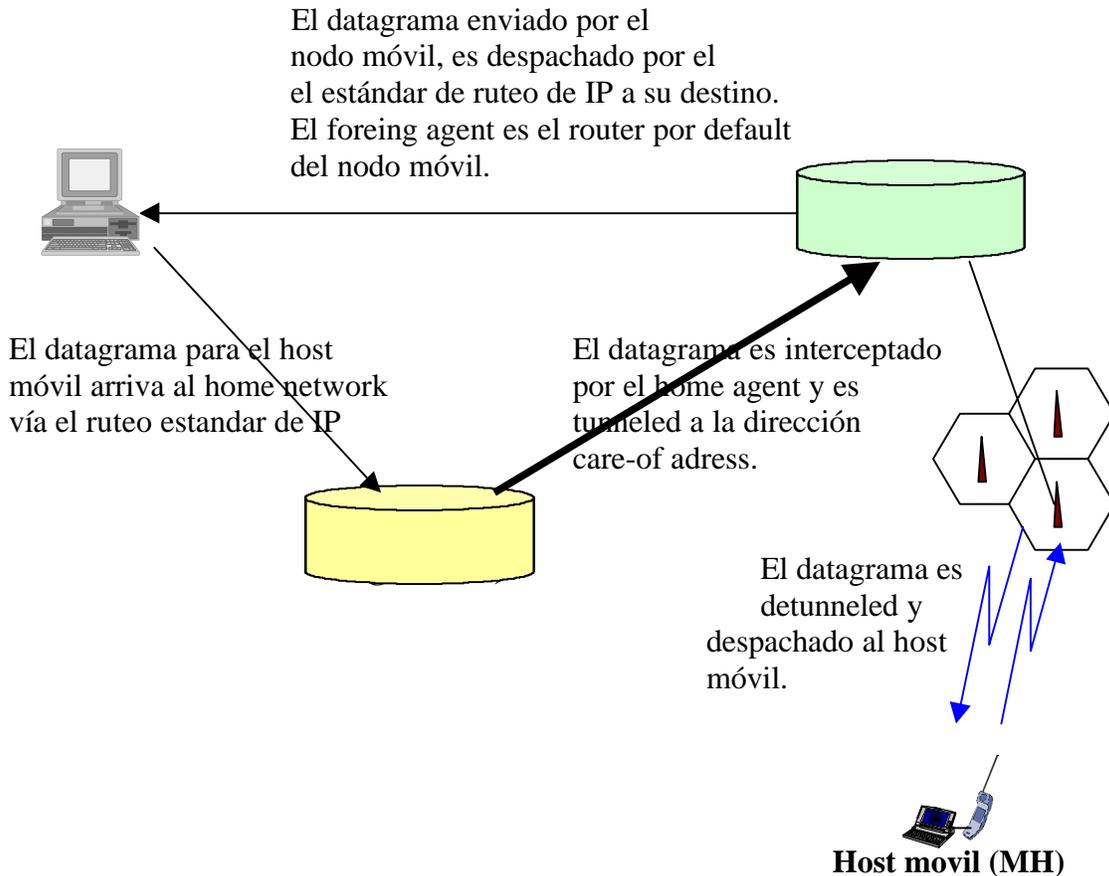
Sin embargo, pone carga adicional en el espacio de dirección IPv4 porque requiere una piscina de direcciones dentro de la foreign network para ser puesta a disposición de las visitas de nodos móviles. Es difícil mantener eficientemente piscinas de direcciones para cada subnet que pueda permitir que los nodos móviles visiten.

Es importante entender la distinción entre care-of address y de las funciones de los foreign agent. Care-of address es simplemente la punto final del túnel. Puede ser que sea de hecho una dirección de un foreign agent (una care-of address de un foreign agent), pero puede ser que en lugar de otro sea una dirección adquirida temporalmente por el nodo móvil (un co- located care-of address). Un foreign agent, por otra parte, es un agente de la movilidad que proporciona servicios a los nodos móviles. Vea las secciones 3,7 y 4,2,2 para los detalles adicionales.

Un home agent DEBE poder atraer e interceptar los datagramas que son destinados a la home address de cualquiera de sus nodos móviles registrados. Usando el poder y los mecanismos gratuitos del ARP descritos en la sección 4,6, este requisito puede ser satisfecho si el home agent tiene un interfaz de la red en el acoplamiento indicado por la

home address del nodo móvil. Otras colocaciones del home agent concierne a la localización casera del nodo móvil PUEDEN también ser posibles con otros mecanismos para los datagramas que interceptan destinados a la home address del nodo móvil. Tales colocaciones están más allá del alcance de este documento.

Semejantemente, una perspectiva corriente de un nodo móvil y un foreign agent DEBEN poder intercambiar datagramas sin confiar en mecanismos estándares del ruteo de IP; es decir, esos mecanismos que toman decisiones de la expedición basaron sobre el prefijo de red la dirección destino en el header del IP. Este requisito puede ser satisfecho si el foreign agent y el nodo móvil el visitante tienen una interfaz en el mismo enlace. En este caso, el nodo y el foreign agent puentean simplemente su mecanismo normal de ruteo de IP al enviar datagramas el uno al otro, tratando los paquetes subyacentes de la link-layer packets a sus direcciones respectivas de la link-layer addresses. Otras colocaciones del foreign agent concierne al nodo móvil PUEDEN también ser posibles con otros mecanismos para intercambiar datagramas entre estos nodos, pero tales colocaciones están más allá del alcance de este documento. Si un nodo móvil está utilizando co-located care-of address (según lo descrito en (b) arriba), el nodo móvil SE DEBE situar en el acoplamiento identificado por el prefijo de la red de esta care-of address. Si no, los datagramas destinados a care-of address serían inentregables. Por ejemplo, la figura abajo ilustra la encaminamiento de datagramas a y desde un nodo móvil lejos del hogar, una vez que el nodo móvil se haya colocado con su home agent. En la figura abajo, el nodo móvil está utilizando un foreign agent care-of address:



En este documento, varias palabras se utiliza para significar los requisitos de la especificaciones. Estas palabras se capitalizan a menudo.

NECESARIO esta palabra, o el adjetivo "requirió", significa que la definición es un requisito absoluto de la especificación.

NO DEBEN los medios de esta frase que la definición es una prohibición absoluta de la especificación.

DEBE esta palabra, o el adjetivo "recomendado", significa que, en algunas circunstancias, las razones válidas pueden existir para no hacer caso de este artículo, pero las implicaciones completas deben ser entendidas y ser pesadas cuidadosamente antes de elegir un diverso curso. Los resultados inesperados pueden resultar de otra manera.

PUEDE esta palabra, o el adjetivo "opcional", significa que este artículo es uno de un sistema permitido de alternativas. Una puesta en práctica que no incluye esta opción.

SE DEBE preparar con otra puesta en práctica que incluya la opción.

Desecha silenciosamente: los descartes de la puesta en práctica el datagrama sin la transformación posterior, y sin indicar un error al remitente. La puesta en práctica DEBE proporcionar la capacidad de registrar el error, incluyendo el contenido del datagrama desechado, y DEBE registrar el acontecimiento en estadística al revés.

# ANEXO V

## V-I INTRODUCCION

La transmisión de vídeo sobre redes de telecomunicaciones está llegando al punto de convertirse en un sistema habitual de comunicación debido al crecimiento masivo que ha supuesto Internet en estos últimos años. Lo estamos utilizando para ver películas o comunicarnos con conocidos, pero también se usa para dar clases remotas, videoconferencia, distribución de TV, vídeo bajo demanda, para distribuir multimedia en Internet, pero también se de vital importancia en telemedicina.

Debido a la necesidad de su uso que se plantea en el presente y futuro, se han proporcionado distintas soluciones y sucesivos formatos para mejorar su almacenamiento y transmisión.

En este anexo se explica cual son los principios de generación, grabación y transmisión de una imagen. Todos estos procesos son de interés en una red de salud, en donde se va a procesar imágenes y se van a transmitir muchas señales que la contienen. Analizaremos las señales analógicas de vídeo su transmisión, recepción y almacenamiento, hasta llegar a la digitalización, con sus formatos especiales de compresión, para el transporte a través de redes

## V-II SEÑAL DE VÍDEO EN BLANCO Y NEGRO

El vídeo no es nada más que la reproducción en forma secuencial de imágenes, que al verse con una determinada velocidad y continuidad dan la sensación al ojo humano de apreciar el movimiento. Una señal de *vídeo en blanco y negro* esta compuesta básicamente por las siguientes señales:

- ◆ Señal de luminancia
- ◆ Sincronismo

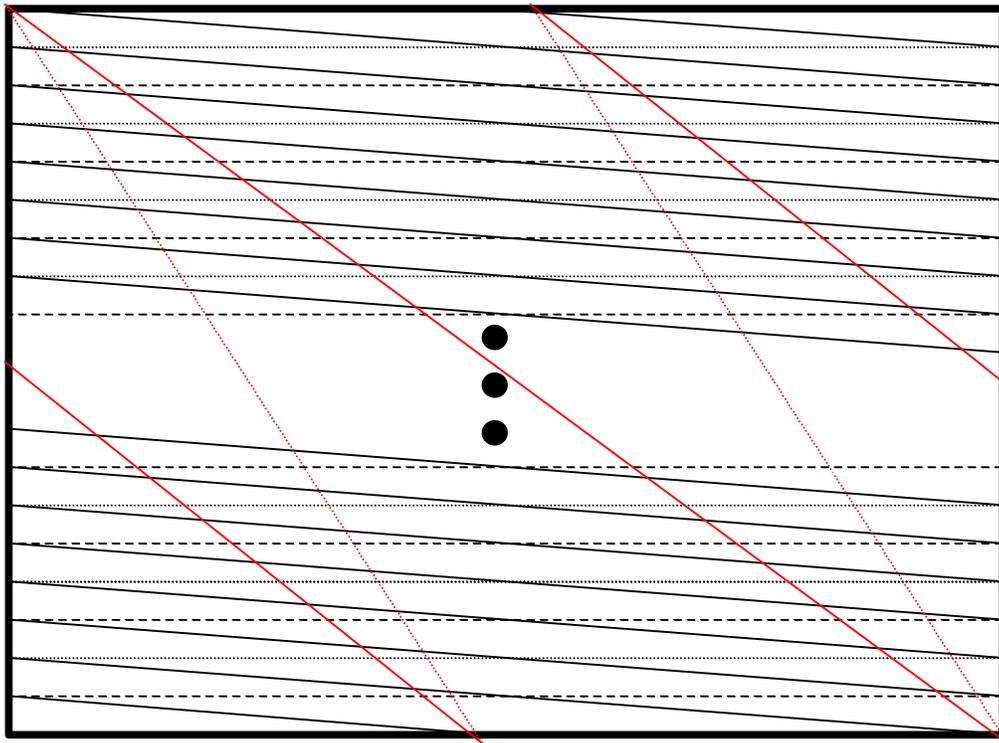
Si a la señal de vídeo se le suma el audio y se genera una señal que muchos autores la llaman señal de vídeo compuesta, pero que generalmente son procesados en cada sector por separado, aun mismo en un receptor de imagen (monitor o receptor de TV).

En la figura 1 se puede observar las distintas partes que conforman una señal de vídeo:

- ◆ *La luminancia* esta definida como la intensidad luminosa sobre el área aparente que ilumina. En nuestro caso es una señal analógica, como se observa en la figura 1, que en cada instante representa la intensidad de la señal de vídeo de un punto de la imagen que se ha registrado. Por lo tanto en cada trama entre señales de sincronismo horizontal representara una línea de la imagen que deseamos reproducir. La señal tiene una

excursión entre el nivel de blanco y el nivel de negro, pasando por todos los valores intermedios que originan las tonalidades de grises

- ◆ *Los sincronismos* permitirá sincronizar la señal de luminancia de tal forma que secuencialmente se ordenen en el receptor de imagen y compongan la misma sobre una pantalla. Como se observa en la figura 1 hay dos pulsos de sincronismos, *horizontales y verticales*, estos serán los encargados de enclavar los osciladores de los receptores de imagen para que queden sincronizadas con la señal de luminancia a la cual corresponden. Los pulsos de sincronismos, a través de los osciladores de sincronismos, producirán sobre la pantalla del receptor los dos barridos para generar la imagen como observamos en la figura 2.



————— Cuadro 1 (horizontal)                      ————— barrido vertical  
 ..... Cuadro 2 (horizontal)                      - - - - - retroceso vertical

*Figura 2 – Formación de la imagen y entrelazado*

Los sincronismos horizontales permitirán realizar los barrido horizontales (líneas llenas y línea punteadas de la figura 2). Durante el trazado horizontal de la línea, el punto varia su brillo de acuerdo con el valor de la luminancia del punto de la imagen analizado en ese momento.

Los sincronismos verticales permitirán una vez terminado el barrido de una pantalla completa iniciar nuevamente desde la parte superior de la pantalla, además el sincronismo vertical debe sincronizar para realizar los entrelazados de los cuadros (cuadro 1 y 2 del la figura 2).

Luego una imagen o un cuadro completo se envía en dos cuadros entrelazados. Luego la persistencia de la imagen en la retina, hace que el ojo humano vea al cuadro con su definición completa, a pesar de tratarse de dos campos de mitad de líneas cada uno.

Para aclarar entendemos por *cuadro* a la imagen completa con todas las líneas, indicando la norma para nuestro país 625 líneas por imagen, como cada cuadro esta generado por dos campos, cada campo tendrá 312 ½ líneas (línea roja de la figura 2). Para la norma N se generan en un vídeo 25 cuadros y 50 campos por segundo.

De acá se deduce que una imagen esta compuesta por un sistema secuencial de líneas, intentando con esto reproducir una imagen con ciertas aproximaciones utilizando un compromiso razonable entre la cantidad de información transmitida y los factores de definición de una imagen.

Como se observa en la figura 1 vemos que la señal de vídeo es una señal analógica, formada por una serie de secuencias de líneas.

### V-III SEÑAL DE VÍDEO CON COLOR

Otro de la información que debemos analizar de una señal de vídeo es la de *color*. La inserción de esta información surgió lógicamente a posterior de la imagen de blanco y negro, por lo tanto, siguiendo las mismas filosofías cuando se desea transmitir información con ciertos objetivos, se acoplo dicha información a la ya existente imagen de blanco y negro.

Para entender el envío de información de color debemos indagar sobre la respuesta de nuestro ojos a imágenes policromaticas.

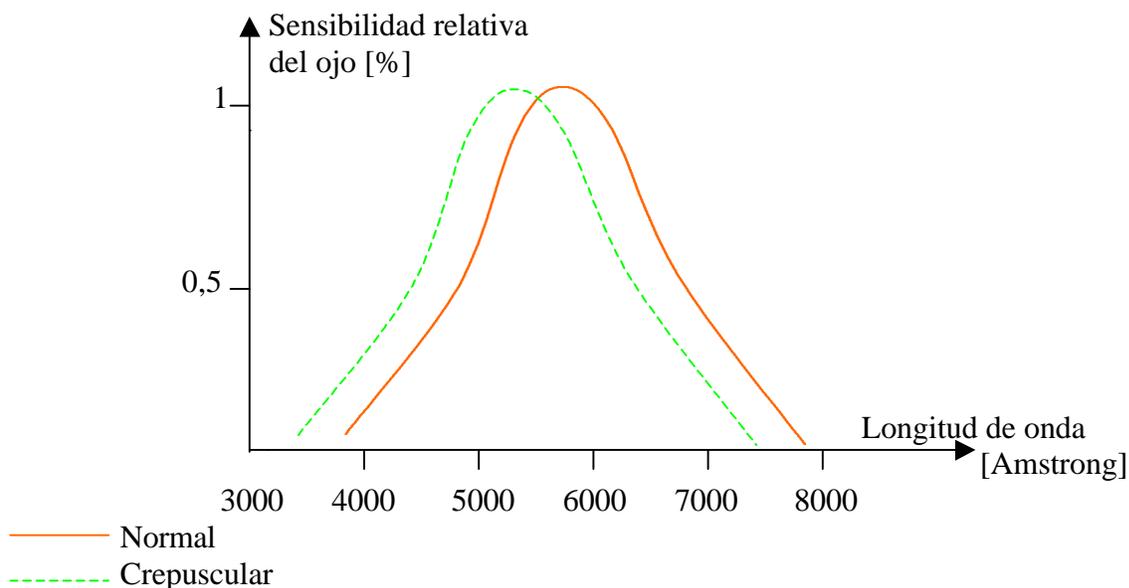


Figura 3- Sensibilidad relativa del ojo para diferentes longitudes de onda

Esta gráfica representa la sensibilidad del ojo para distintas longitudes de onda, cada longitud de onda representa un color con el máximo de pureza ( por ejemplo rojo 700 Angstrom, verde=5460 Anstrong, azul=4360 Anstrong), mientras la sensibilidad del ojo nos

esta indicando que un ojo medio tiene una sensibilidad mayor entre los 5000 y 6000 Anstrong, lugar donde se encuentra el color verde. Esta curva de sensibilidad espectral se ha obtenido sobre gran cantidad de sujetos y se llama también curva de visibilidad internacional. Dichas curva esta ocasionada por razones psicológicas y fisiológicas del ser humano.

Uno cree que una imagen de vídeo esta transmitiendo una señal tal cual la original, referida a la información de croma. Generalmente las técnicas de vídeo utilizaron la curva de sensibilidad del ojo para economizar la cantidad de señal que debía intervenir para la generación de una señal de vídeo que le permitiera a un ser humano captar la imagen sin observar los detalles. Debemos también remarcar cada individuo tendrá una respuesta individual del ojo, dependiendo de muchos factores, uno de ellos es la luz circundante, la curva de la figura 3 corresponde a una iluminación normal y se desplaza hacia la izquierda en el caso de iluminación crepuscular.

Otro de los temas a abordar cuando se desea obtener la información de color, son los *tipos de mezcla* y los colores producidos por ellas. Las mezclas pueden ser *aditivas* y *sustractivas* o *multiplicativas*. Los resultados obtenidos, según sea la mezcla aditiva o sustractiva, son completamente diferentes.

Las mezclas sustractivas es la que se obtiene de la multiplicación de los espectros de los colores a mezclar y es la típica realizadas cuando efectuamos mezclas de pinturas. Mientras que la mezcla aditivas es la producida por ejemplo por la mezcla de luces, y es la que se utiliza en imágenes policromaticas.

El ojo humano muy rara vez se encuentra frente a una luz monocromática. Generalmente los colores que se generan en la naturaleza son originados por una mezcal de colores monocromáticos (figura 4)

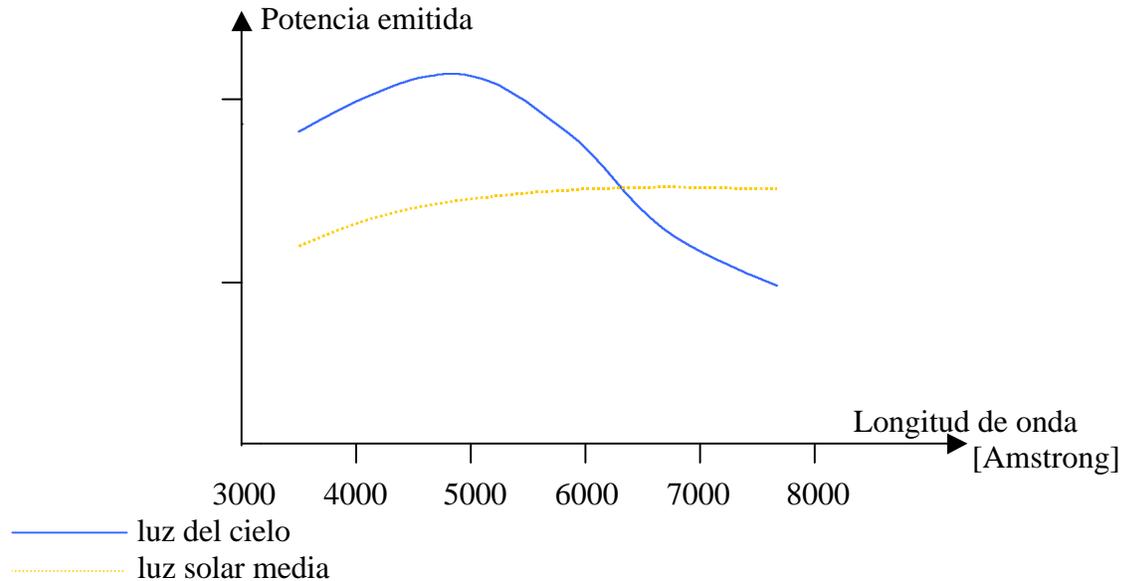


Figura 4- Distribución de potencia para distintas fuentes emisoras

La elección de los colores básicos o primarios a ser utilizadas en imágenes de color fue consecuencia de un sinnúmero de experiencias y medidas, eligiéndose los siguientes tres colores:

Rojo: longitud de onda 7000 Anstrong

Verde: longitud de onda 5460 Anstrong

Azul: longitud de onda 4360 Anstrong

Cabe destacar que no existe tres colores primarios que con mezcla aditiva permitan generar todos los colores existentes en la naturaleza. Este inconveniente se suple con la insuficiencia visual que posee el ojo humano, ya que este puede reconocer el color de una superficie extensa y no puede apreciar diferencias de color en una imagen de vídeo entre pequeños detalles.

Sobre la base de estos criterios se conforma la señal de vídeo con información de croma y con el objetivo de ahorro de transporte de información, en lugar de enviar la información por separado ( luminancia, señal de información del rojo, señal de información del verde y señal de información del azul), se envían las siguientes ecuaciones:

$$Y = 0,11 A + 0,59 V + 0,30 R \quad (1)$$

$$I = 0,60 R - 0,28 V - 0,32 A \quad (2)$$

$$Q = 0,21 R - 0,52 V + 0,31 A \quad (3)$$

Donde Y es la señal de luminancia que cumple la misma función en receptores monocromáticos, A es la señal de información del azul, V es la señal de información del verde y R es la señal de información del rojo. I y Q son dos componentes en cuadratura que poseen la información de matiz y saturación del color de la imagen, estas señales se modulan en QAM (señal  $C = (I+Q)\text{mod}$  ) y son insertadas con una portadora de croma (portadora de 3,58 MHz) sobre la información de luminancia, obteniendo de esa forma una superposición de espectros perfectamente recuperables.

La señal compuesta por luminancia, sincronismo e información de croma puede observarse en la figura 5. A esta señal la norma N del sistema PAL la define como *señal cromática compuesta*.

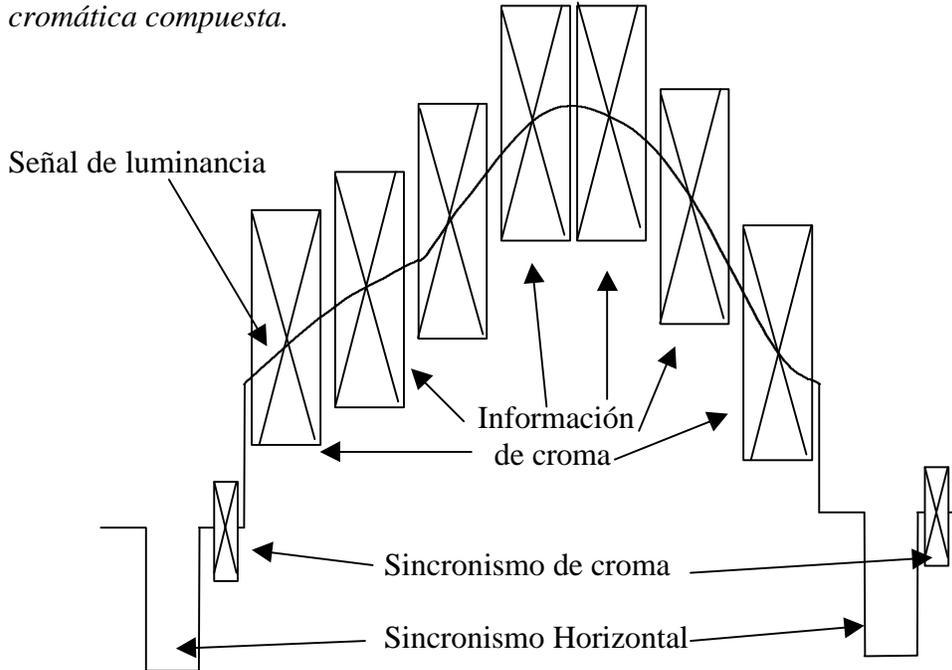


Figura 5- Espectro de la señal de luminancia con información de color

#### V-IV TRANSMISOR DE IMAGEN DE COLOR

Luego la cámara de vídeo deberá efectuar los procesos para generar las señales dadas en las ecuaciones 1, 2 y 3. La siguiente figura 6 muestra el diagrama en bloques muy simplificado de una cámara mostrando como se realiza el proceso de compaginación de la señal de vídeo.

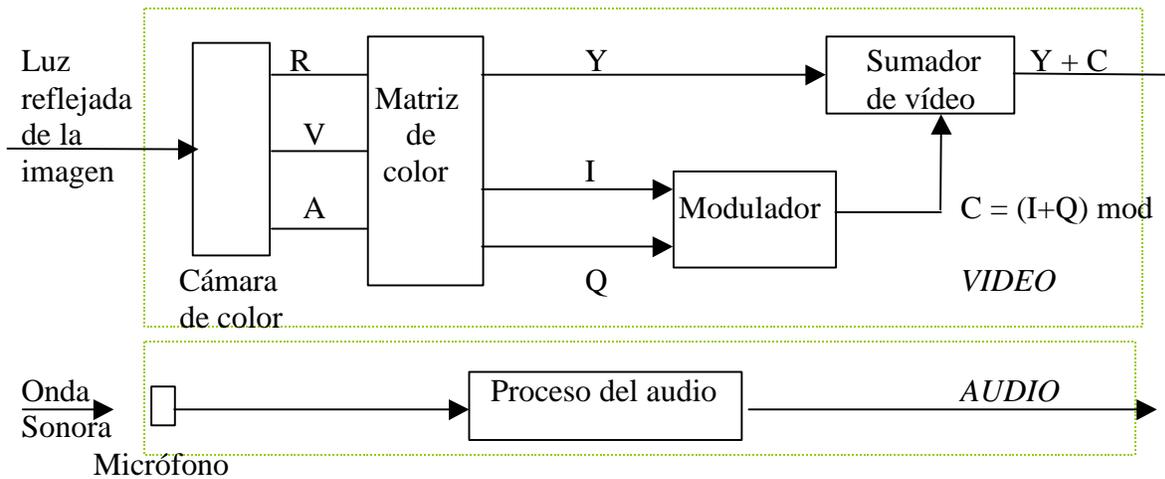
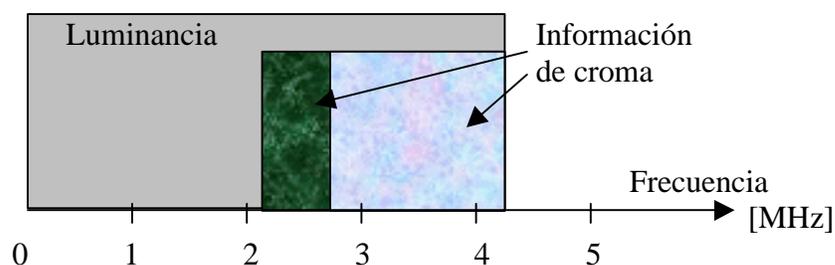


Figura 6 –Transmisor de señal de vídeo con color.

La información del vídeo se limita a las frecuencias menores de 4 Mhz, este es el mínimo aceptable para compaginar una señal de vídeo para difusión, debemos remarcar que si deseáramos transmitir una señal de vídeo con mucha mas definición tendríamos que utilizar un ancho de banda espectral mucho mayor.

El espectro que ocupara una señal de vídeo con su respectiva información de color es la observada en la siguiente figura.



*Figura 7 -Espectro de vídeo con color.*

## V-V EL AUDIO

El audio va siempre por separado de la imagen en todos los procesos y deberá en cada caso ser compaginado para que sucedan en forma simultanea con la imagen coordinando los tiempos de sucesos. La información de audio se limita a frecuencias menores de 15 KHz y son originadas por un micrófono en el transmisor de imágenes en forma separada de la señal de vídeo, grabando la señal en un cassette de audio independiente y si es en una cinta de vídeo en pistas separadas.

Aun más en cualquier proceso de teledifusión en donde el objetivo es enviar una imagen con sonido a una distancia lejana, utilizando técnicas de propagación por rayo directo o comunicaciones satelitales, la imagen y el audio van en anchos de bandas diferentes y con procesos de modulación también diferentes. Luego en el destino el receptor debe ser capaz de procesar el vídeo y el audio, y compaginarlos.

Luego la señal de audio es modulada en FM con una desviación de  $\pm 25$  KHz de desviación para una modulación de 100%. Por otro el vídeo (luminancia) se modula en banda lateral vestigial y la señal con información de color (I y Q) se modulan en amplitud y fase (QAM) sobre dicha señal de vídeo.

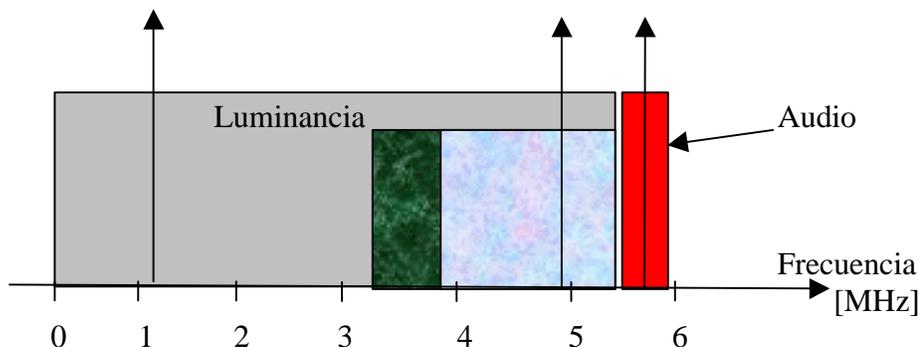


Fig 8 -Espectro de la señal de vídeo para radiodifusión

El ancho de banda total es de 6 MHz, estando la portadora de vídeo 1,25 MHz arriba de límite inferior del canal y la portadora de sonido a 0,25 MHz abajo del límite superior. Por lo tanto la portadoras de vídeo y sonido están separadas 4,5 MHz. La subportadora de color esta ubicada 3,58 Mhz arriba de la portadora de vídeo.

## V-VI NORMAS DE VÍDEO

Lamentablemente y debido a diversas razones entre las que cuenta principalmente la frecuencia de red de alimentación, existe en diversos países diferentes *normas* y sistemas de televisión., ya sea monocromática o en colores.

Las *distintas normas* difieren entre sí en algunas de las siguientes características: número de líneas, frecuencia de cuadro, polarización positiva o negativa de la modulación de vídeo, modulación de sonido de amplitud o en frecuencia, configuración y espaciado entre portadoras, etc.

Con advenimiento del color, se agrego otro factor de diferenciación, los tipos de sistemas mas conocidos son :

NTSC : National Television System Commitee

PAL : Phase Alternance Line

SECAM : Systeme Electronique Couleur avec Memoire

En nuestro país se adopto el sistema de color PAL-N, teniendo encuentra su compatibilidad con la norma ya existente en la República Argentina para televisión monocromática. Estas normas se adoptan en el Boletín de la Secretaria de Estado de Comunicaciones N° 9646 y la Norma S.C.-S.3-80.03, las cuales concuerdan con las detalladas en el Informe 624 del Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones (CCIR).

## V-VII RECEPTOR DE IMÁGENES DE COLOR

El proceso que debe realizar un receptor de vídeo será el inverso al de una cámara y desamblando la señal procesada en una cámara o en una cinta de vídeo, con el fin de lograr obtener las componentes de Rojo, Verde y Azul generadas por la imagen real. En la figura 9 vemos un esquema en bloques muy simplificado de un receptor de imagen.

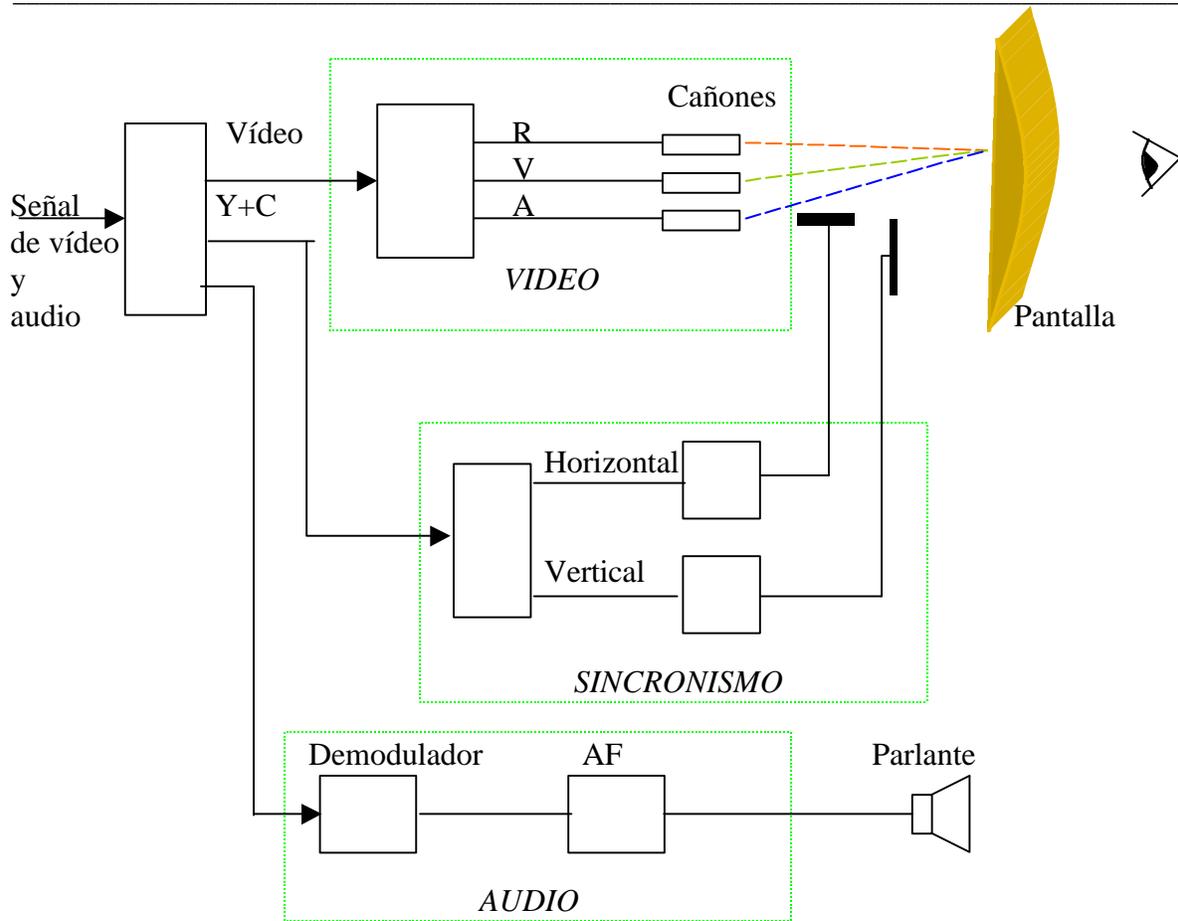


Figura 9 – Receptor de imágenes de vídeo con color.

Luego el receptor deberá procesar las siguientes señales, *el sincronismo* serán los encargados de realizar el barrido en forma horizontal y vertical de los asos de los cañones del rojo, verde y azul, sincrónicamente con la señal de luminancia y cromas. Por otro lado la señal de *vídeo* deberá rescatar la información de rojo, verde y azul y excitar los cañones respectivo, para que impacten en un punto de la pantalla fosforescente y se genere por mezcla aditiva un color en la misma. Por otro lado el audio debe ser demodulado y amplificado para excitar un parlante que tratara de reproducir los sonidos sincrónicamente con el vídeo.

Si los tiempos de sincronismos no son molestos para la recepción de la imagen sonora, el espectador en muchos casos no será capaz de detectar los pequeños retardos que se puedan originar al procesar las señales de audio y vídeo.

## V-VIII FORMATOS DE VÍDEO

Los formatos de vídeo se refiere a los dispositivos en que son grabados o almacenados las señales. Los más comunes son:

- ♦ VHS : es la calidad mas baja de grabación de vídeo, la señal recibida en TV abierta por ejemplo es de superior calidad que la grabada en una casetera de VHS.

- ◆ SVHS: es sistema de grabación es de mejor calidad. Cabe destacar que las cámaras de grabación solo lo hacen en SVHS, además utilizan la norma PAL-B que es superior a PAL-N y PAL-M.
- ◆ U-MATIC: en este caso utiliza una cinta más ancha y por supuesto en PAL-B (en EEUU es el mismo sistema con NTSC). Dentro del sistema U-MATIC existen dos alternativas, U-MATIC LowBand y U-MATIC HighBand. Donde se nota claramente que la calidad del primero es inferior al segundo.
- ◆ Betacam: este sistemas con otros mas son del tipo digital muy sofisticado y se utilizan en el ámbito profesional.
- ◆ Mini DV: generalmente son casete que utilizan las cámaras digitales, y permiten filmar con gran calidad aun en ambientes poco favorables en lo referente a luz. Al ser grabadas en forma digital, evitan algunos defectos que se producen con las cámaras comunes.

Las grabaciones más comunes son la de VHS con las siguientes características:

ANEXO IV

CARACTERÍSTICA	VHS
Ancho de la cinta	½ " (12,7 mm)
Sistema de grabación	Helicoidal con dos cabezas
Enhebrado de la cinta	Tipo M
Diámetro del Tambor	62 mm
Velocidad relativa cabeza/cinta	Alrededor de 5,8 m/s
Tamaño del gas	Aproximadamente 0,3 mm
Velocidad lineal de la cinta	SP 33,3 mm/s LP 16,6 mm/s EP 11,1 mm/s
Disposición de señales en la cinta	Superior : audio Medio : Vídeo Inferior : Control
Ancho del track de audio	1,0 mm
Ancho del track de control	0,75 mm
Angulo de los tracks de vídeo	6°
Consumo de cinta por hora	SP 120 m/h LP 60 m/h EP 40 m/h
Grabación de luminancia	Modulada en FM con una desviación de 3,4 – 4,4 MHz
Grabación de crominancia	Heterodino con 4,21 MHz para obtener 629 KHz con fase rotada.
Grabación de audio en HiFi	Grabación de profundidad con cabezas adicionales
Máximo tiempo de grabación	6 hrs (EP)
Tamaño del cassette	8,8 x 10,4 x 2,5 cm (488,8 cm <sup>3</sup> )

## V-IX GRABADOR DE IMÁGENES Y SONIDO

Una videogradora es una maquina electrónica-mecánica diseñada para reproducir y grabar señales de vídeo compuesta (vídeo y audio) en cinta magnética.

El proceso que se lleva a cabo para grabar son obtención de las señales de luminancia (Y) y de croma (C), manejo individuales de cada una de ellas, mezcla de ambas señales debidamente procesadas y grabación en la cinta magnética. Lógicamente que el proceso que se realiza para la lectura de la información grabada es el inverso (figura N° 10).

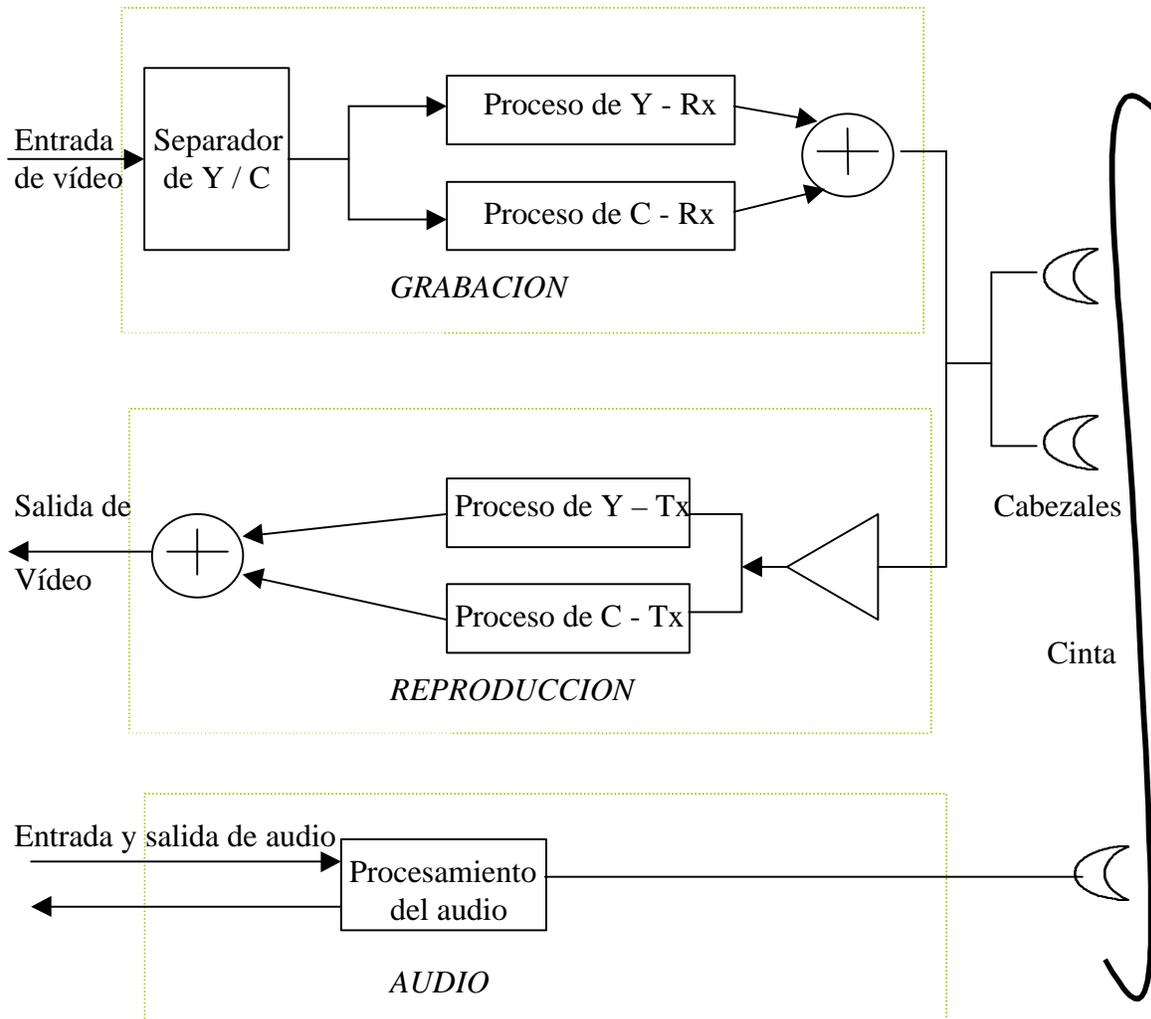


Figura N° 10 – Diagrama en bloques de un videogradora.

Por supuesto que en ambos procesos hay que considerar la grabación y reproducción de audio respectivo, que se realiza en forma separada.

Debido a las características de la señal de vídeo compuesto (ancho de banda de 4,5 MHz), la grabación con métodos de grabación lineal (típico en audio) debería ser a una velocidad de cintas muy grande, consumiendo grandes cantidades de cinta. Es por eso que se utiliza *grabación helicoidal*. Este método se basa en un mecanismo de dos cabezas (figura N° 8). Las cabezas de grabación /reproducción se montan sobre un tambor rotatorio que gira a alta velocidad. La cinta rodea al tambor en una trayectoria ligeramente inclinada,

por lo que la información se graba en una serie de delgadas líneas inclinadas (tracks o pistas) sobre la superficie de la cinta (figura N° 11). De esta manera aunque la cinta se mueve con velocidad muy baja (unos cuantos cm por segundo), la velocidad relativa cabeza/cinta es lo suficientemente alta para poder grabar señales de muy alta frecuencia; típicamente la velocidad relativa es de alrededor de 5 metros por segundo.

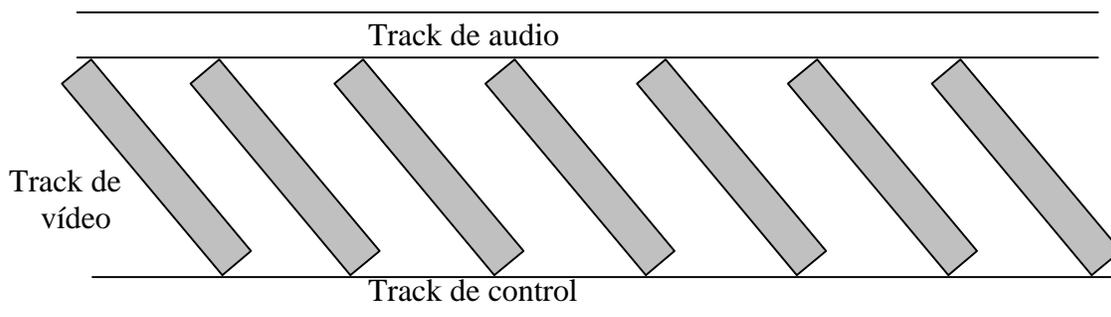


Figura N° 11 – Forma de grabado de cintas magnéticas

La información de audio no se graba junto con la de vídeo, sino que se almacena siguiendo el método tradicional (una cabeza fija) en un track lineal que se encuentra en la parte superior de la cinta (figura N° 9). Las bandas de sonido que puede captar el oído humano se ubican en el rango de 20 Hz a 20 KHz, debido a las bajas velocidades de la cinta magnética, el ancho de banda VHS deja mucho que desear; alcanza un máximo de 15 KHz en velocidades SP, la más alta, y cae drásticamente a menos de 10 KHz cuando se graba en velocidades EP, la más lenta.

Cuando se desea alta fidelidad se utiliza el mismo tambor de vídeo para el audio y se realiza una *grabación en profundidad*. En este caso un par de cabezas de audio adicionales pasan antes de que se grave el vídeo y graban con mucha potencia la información de audio, de modo que penetre profundamente en el sustrato de partículas magnéticas. Inmediatamente después pasa la cabeza de grabación de vídeo, borra la grabación de audio que hay en la superficie, colocando ahí los datos de vídeo, pero dejando en lo más profundo de la cinta.

El track de control permite sincronizar el giro de las cabezas con el desplazamiento de la cinta, indicando si la fase de giro del tambor es la correcta y además permite determinar la velocidad a la que fue grabada la cinta originalmente y, en consecuencia, a la velocidad que debe desplazarse la cinta frente a las cabezas rotatorias.

Muchas videograbadoras ofrecen la modalidad de reproducir en diversas velocidades, que van desde una cámara rápida hasta una lenta o inclusive un avance cuadro por cuadro. Conseguir esto obliga incluir en el sistema múltiples cabezas de vídeo (Double-Azimuth 4-Head Vídeo System), para que al momento de efectuar los efectos especiales se haga una rápida conmutación de cabezas.

El formato de mayor difusión mundial es el VHS convencional. La característica es el VHS convencional. La característica principal de este formato es que graba la señal de vídeo compuesta en forma analógica, con el método de modulación baja o color under. Esto

significa que la señal de crominancia es desplazada a una banda de frecuencia baja que corresponde a 629 KHz, para que ocupe un espectro de menor frecuencia.

También en la señal de luminancia se introduce un cambio; es modulada sobre una subportadora en frecuencia, con la intención de reducir el ancho de banda en la grabación de la cinta. Luego en el espectro de una señal de formato VHS, las señales de luminancia y de crominancia se presentan por separado y están grabadas cada una en una frecuencia diferente, aunque son grabadas y reproducidas por la misma cabeza .

## V-X DIGITALIZACIÓN DEL VÍDEO.

La digitalización de la imagen a permitido un sin numero de ventajas adicionales que han llegado al campo de la computación y se han desarrollado programas de diseño animación, que permiten agregar a una escena una gran cantidad de efectos especiales, ventaja que dejo de ser exclusiva para los profesionales.

A diferencia de la técnica analógica, con la tecnología digital no se presentan perdidas inherentes de calidad en el momento de copiar o trabajar con el sistema. Con un proceso digital se pueden conseguir resultados impensables en forma analógica.

La edición digital de vídeo es una de las posibilidades más creativa que hoy ofrece el mundo de las computadoras. Con un poco de practica y software no muy sofisticado, podemos lograr efectos trucos y técnicas que utilizan los profesionales.

La calidad de edición de vídeo en la actualidad esta limitada solo por el costo, ya que los adelantos tecnológicos han puesto en manos de estas tecnologías herramientas muy potente. Generalmente para digitalizar y trabajar sobre un vídeo se debe tener encuentra tres componentes básicos:

- ◆ Tamaño del cuadro
- ◆ Velocidad de cuadro (frame rate)
- ◆ Profundidad del color

*Tamaño de cuadro:* Esto indica cuan grande aparece la imagen del vídeo en la pantalla, y se mide en pixeles horizontales por pixeles verticales. Pixeles son puntos que van a ir generando cada cuadro de la imagen con el mismo barrido que lo hacían los procesos analógicos.

Los tamaños más comunes son:

- 160 x 120 – Web vídeo
- 320 x 240 – Vídeo de escritorio
- 352 x 288 – VHS, MPEG1
- 720 x 576 – Resolución de TV, MPEG 2 , DVD

*Velocidad de cuadro:* La velocidad de cuadro representa la calidad de los detalles del vídeo. Esta velocidad se mide en cuadros por segundo y habíamos visto que para un movimiento suave entre escenas, las normas Argentinas (PALN) utilizan 25 cuadros por segundo. Las opciones más comunes cuando digitalizamos una señal son:

- 10 cps – Web vídeo
- 15 cps – Vídeo de escritorio
- 24 cps – Cine
- 25 cps – TV Argentina (PALN), VHS, MPEG 1
- 30 cps – Norma NTSC

*Profundidad del color:* Es ya sabido que las PC en estos últimos tiempos se han vuelto tan poderosas que no tienen problema de generar gran cantidad de colores. Ejemplos de estos son:

- 8 bits (256 colores) – Web vídeo y vídeo de escritorio
- 16 bits (65.536 colores) – Vídeo de escritorio
- 24 bits (16,7 millones de colores) – TV, escritorio, VHS y DVD

Generalmente la razón por la cual se utilizan los valores más pequeños de tamaño, velocidad y profundidad es para ocupar menos espacio en el disco.

Para realizar los trabajos en la actualidad de edición de vídeo y audio, solo se necesita tener una grabadora de vídeo y una placa de captura con el software de edición para incorporar a su PC hogareña. De acuerdo al tipo de trabajo será la placa y el software.

El trabajo consistirá en tres etapas que son

- ◆ Captura
- ◆ Edición
- ◆ Devolución al formato original

La *captura* consiste en la digitalización de la imagen y sonido con una placa que va incorporada a la PC o actualmente hay maquinas filmadoras que almacenan la imagen en formato digital en forma directa.

Una vez realizada la digitalización la imagen con su respectivo sonido están dentro del disco de la maquina y debe comenzar la *edición* con algún software para tal objetivo. Debemos recordar que si se trabaja en formato mas usado para edición (AVI), siete minutos de grabación ocupan 2 GB. Pero es bueno saber que si uno trabaja con un formato comprimido como es el MPEG, los cuales permite almacenar alrededor de siete veces más, que además permitirá la transmisión de vídeo con mejor performance, como trataremos a continuación

Dando un ejemplo la TV analógica que utiliza la Argentina habíamos explicado que se generaba con 625 líneas con un ancho de banda de 6 MHz (la imagen posee un ancho de banda de 4,5 MHz) mientras que el sistema de HDTV (televisión de alta definición), que nos daría una imagen mucho más real, debe explorar 1.250 líneas con un ancho de banda de 30 MHz. Implica para ver una imagen de mayor calidad necesitamos cuatro veces mayor que la TV convencional.

## V-XI FORMATOS ESTANDAR DE GRABACION DE VIDEO

Los formatos mas utilizados para el trabajo de imágenes fijas y en movimientos son los siguientes :

AVI	Audio-Video Interleaver	Diseñado por Microsoft para CD-ROM con pocos cuadros por segundo y baja calidad
DVI	Digital Video Interactive	Similar al AVI pero diseñado por Intel
JPEG	Joint Photographic Expert Group	Para imagines fijas (fotos, gráficos, rayos X). Este tipo de formato (jpg) permite una sustancial reducción de datos respecto a otros tipos de formatos
MPEG	Motion Picture EG	Se trata de imagenes en movimiento para aplicacione en multimedia y video comercial; utiliza la compresión por correlación de tramas (compensación de movimientos)

## V-XII TRANSMISION DE VIDEO DIGITAL

Si queremos difundir el vídeo por vías digitales tendremos que digitalizarlo, con lo que debe ser capturado en su formato analógico y almacenado digitalmente.

El vídeo es muy sensible al retardo de la red, ya que puede provocar cortes en las secuencias. La pérdida de alguna información en el vídeo sin comprimir no es muy relevante, ya que al perderse un fotograma, el siguiente fotograma proporciona la suficiente información para poder interpretar la secuencia. En cambio el vídeo comprimido es mucho más sensible a errores de transmisión, ya que las técnicas de compresión que se valen de la redundancia espacial y temporal pueden perder la información de esta redundancia y los efectos de la falta de datos pueden propagarse en los próximos fotogramas. Es por eso que actualmente la comunicación con vídeo vía Internet no prometen una elevada fiabilidad de transmisión.

Algunas técnicas de compresión compensan esta sensibilidad a la pérdida de datos enviando la información completa sobre un fotograma cada cierto tiempo, incluso si los datos del fotograma no han cambiado. Esta técnica también es útil para los sistemas de múltiples clientes, para que los usuarios que acaban de conectarse, reciban las imágenes completas.

Un ejemplo de conversión de señal analógica de televisión en color a una señal en vídeo digital sería:

Sistema PAL : 576 líneas activas, 25 fotogramas por segundo, para obtener 720 pixels y 8 bit por muestra a 13,5Mhz:

- Luminancia(Y):  $720 \times 576 \times 25 \times 8 = 82.944.000$  bits por segundo
- Crominancia(U):  $360 \times 576 \times 25 \times 8 = 41.472.000$  bits por segundo
- Crominancia(V):  $360 \times 576 \times 25 \times 8 = 41.472.000$  bits por segundo

Número total de bits: 165.888.000 bits por segundo (aprox. 166Mbits/sg). Ninguno de los sistemas comunes de transmisión de vídeo proporcionan transferencias suficientes para este caudal de información

Las imágenes de vídeo están compuestas de información en el dominio del espacio y el tiempo. La información en el dominio del espacio es provista por los pixels, y la información en el dominio del tiempo es provista por imágenes que cambian en el tiempo. Puesto que los cambios entre cuadros colindantes son diminutos, los objetos aparentan moverse suavemente.

El valor de luminancia de cada pixel es cuantificado con ocho bits para el caso de imágenes blanco y negro. En el caso de imágenes de color, cada pixel mantiene la información de color asociada; una imagen completa es una composición de tres fotogramas, uno para cada componente de color, así los tres elementos de la información de luminancia designados como rojo, verde y azul, son cuantificados a ocho bits.

La técnica de compresión de vídeo consiste de tres pasos fundamentalmente, primero el preprocesamiento de la fuente de vídeo de entrada, paso en el cual se realiza el filtrado de la señal de entrada para remover componentes no útiles y el ruido que pudiera haber en esta. El segundo paso es la conversión de la señal a un formato intermedio común (CIF), y por último el paso de la compresión. Las imágenes comprimidas son transmitidas a través de la línea de transmisión digital y se hacen llegar al receptor donde son reconvertidas al formato común CIF y son desplegadas después de haber pasado por la etapa de post-procesamiento. Mediante la compresión de la imagen se elimina información redundante. Se ayuda de la redundancia espacial y temporal. La redundancia temporal es reducida primero usando similitudes entre sucesivas imágenes, usando información de las imágenes ya enviadas. Cuando se usa esta técnica, sólo es necesario enviar la diferencia entre las imágenes, es decir las zonas de la imagen que han variado entre dos fotogramas consecutivos, lo que elimina la necesidad de transmitir la imagen completa. La compresión espacial se vale de las similitudes entre pixeles adyacentes en zonas de la imagen lisas, y de las frecuencias espaciales dominantes en zonas de color muy variado.

El método para eliminar las redundancias en el dominio del tiempo pueden ser eliminadas mediante el método de codificación de intercuadros, que también incluye los métodos de compensación/estimación del movimiento, el cual compensa el movimiento a través de la estimación del mismo.

En el otro extremo, las redundancias en el dominio espacio es llamado codificación intracuadros, la cual puede ser dividida en codificación por predicción y codificación de la transformada usando la transformada del coseno.

La transformada del coseno o DCT es una implementación específica de la transformada de Fourier donde la imagen es transformada de su representación espacial a su frecuencial equivalente. Cada elemento de la imagen se representa por ciertos coeficientes de frecuencia. Las zonas con colores similares se representan con coeficientes de baja frecuencia y las imágenes con mucho detalle con coeficientes de alta frecuencia. La información resultante son 64 coeficientes DCT. El DCT reordena toda la información y la prepara para la cuantización.

El proceso de cuantización es la parte del algoritmo que causa pérdidas. La cuantización asigna un número de bits específico a cada coeficiente de frecuencias y entonces comprime los datos asignando unos cuantos bits a los coeficientes de alta frecuencia. sin que lo note el observador. Los parámetros de la cuantización son optimizados, pero el proceso aún

deteriora la calidad del vídeo. Generalmente se acepta que un factor de compresión de 2:1 (aproximadamente 10Mb/seg), se pueden apreciar visualmente algunas pérdidas en la integridad del vídeo.

El proceso de decodificación es básicamente el inverso del proceso de codificación. La compresión del audio está descrita por tres parámetros: ratio de muestreo (numero de muestras por segundo), bits por muestra (numero de bits para representar cada valor), y número de canales (mono o estéreo).

Las formas de optimizar la transmisión de vídeo digital son varias algunas de ellas son:

Muchas aplicaciones actuales como el vídeo requieren que los mismos datos de un servidor sean distribuidos a múltiples clientes. Si varios clientes solicitan los mismos datos y esta información fuera enviado una vez por cada cliente, estaríamos malgastando el ancho de banda ya que estaríamos transmitiendo la misma información varias veces por el mismo tramo de red y el número de clientes estaría limitado por el ancho de banda disponible. La solución es IP multicast. Soporta eficientemente este tipo de transmisión permitiendo al servidor enviar una sola copia de la información a múltiples clientes quienes deseen recibir la información.

Otras de las técnicas de optimización son el streaming video, o vídeo en tiempo real. Es la tecnología que permite la transmisión y recepción de imágenes y sonidos de manera continua a través de una red. A diferencia de otros formatos de audio y vídeo, en los que es necesario esperar que el archivo sea cargado en el equipo para su visualización, esta tecnología permite apreciar el contenido conforme se va teniendo acceso a la información del archivo.

EL servidor de streaming permite visionar el vídeo de forma continua porque hace uso de un buffer, donde van cargándose algunos segundos de la secuencia antes de que sean mostrados. Entonces cuando se detecta un periodo de congestión de red, se visualizarán los datos que tenemos ya almacenados en el buffer. De esta forma el cliente obtiene los datos tan rápido como el servidor y la red lo permitan. Hay pocos formatos hoy en día que soporten este tipo de visualización progresiva, probablemente en el futuro próximo, el estandar para el streaming vídeo será en Advanced streaming format (ASF).

El streaming puede decirse que funciona de forma inteligente ya que asegura al usuario que recibirá la más alta calidad posible dependiendo de la velocidad de conexión o de los problemas de conexión de la red. Tradicionalmente la congestión de la red forzaba al usuario a detener la visualización del vídeo almacenando en un buffer la información para posteriormente continuar mostrando la secuencia. Con los nuevos formatos de streaming como el MPEG-4, el cliente y el servidor pueden degradar la calidad de forma inteligente para asegurar una reproducción continua del vídeo.

### **V-XIII NORMA JPEG**

Desde 1967 la ISO ha buscado un algoritmo común para compresión de imágenes fijas. En la actualidad JPEG lleva el número ISO-10918. El concepto es dividir la imagen en bloques de 8x8 pixel y comprimir los datos para reducir la capacidad de memoria de almacenamiento necesaria. Una fotografía típica ocupa 200 Kb en formato .bmp o .tif y solo 15 Kb en .jpg. Es similar a MPEG pero no utiliza la correlación entre imágenes

(compensación de movimientos), por eso es posible su aplicación para imágenes en movimiento de muy baja velocidad. La calidad de codificación es mejor que MPEG. En JPEG se aplican las siguientes técnicas generales :

- La digitalización se realiza mediante un scanner en bloques de imágenes de 8x8 pixel. La reducción de redundancia utiliza la descorrelación de datos mediante el uso de una transformada reversible DCT. Se aprovecha también la reducción y codificación de la entropía para minimizar el número promedio de bits de codificación (codificación Huffman).
- La imagen que se divide en bloques de 8x8 pixel se digitaliza en una componente de luminancia de 16 niveles por pixel. Se codifica la matriz de datos en **DCT** obteniendo coeficientes de frecuencia. Esta matriz genera 2 secuencias de coeficientes **Ac** y **Dc**. La matriz se lee en zig-zag para reordenarla en forma lineal desde el extremo superior izquierdo. Se determinan entonces coeficientes **Ac** decrecientes. Permite ordenarlos en forma decreciente de importancia. La lectura en zig-zag de los coeficientes DCT se aplica también en MPEG y las normas derivadas.
- Se codifica a continuación en forma diferencial (coeficientes **Dc** respecto a la matriz anterior). Los coeficientes se dividen por 10 y se aproxima al entero más cercano. Por último se efectúa la codificación VLC (Huffman) y se obtiene de esta forma la señal definitiva.

#### V-XIV NORMA MPEG.

Este estándar ISO es del año 1990 y descansa en la reducción de la redundancia temporal entre tramas (**MCT**) y la redundancia espacial en la misma trama (**DCT**). En ITU-T se aplica el mismo concepto que en ISO.

El algoritmo que utiliza además de comprimir imágenes estáticas compara los fotogramas presentes con los anteriores y los futuros para almacenar sólo las partes que cambian. La señal incluye sonido en calidad digital. El inconveniente de este sistema es que debido a su alta complejidad necesita apoyarse en hardware específico

MPEG aplica la compresión temporal y la espacial. En primer lugar se aplica una transformada de coseno discreta, seguida de una cuantización para finalmente comprimir mediante un algoritmo RLE. Los bloques de imagen y los de predicción de errores tienen una gran redundancia espacial, que se reduce gracias a la transformación de los bloques desde el dominio del espacio al dominio de frecuencia.

MPEG requiere una intensiva computación para su codificación, aunque se consiguen ratios desde 50:1 hasta 200:1

Se disponen las siguientes variantes:

- **MPEG-1.** Nace en 1988 para estandarizar videoconferencia a 1,5 y 2 Mb/s, según ISO-11172 del año 1992. Se aplica a grabaciones en CD-ROM con formato (.mpg). Un tipo de formato distinto es el (.avi) de Microsoft. El MPEG-1 se aplica en ITU-T H.261 y ITU-R Rec.723.
- **MPEG-2.** Nace en 1990 para codificar la norma ITU-R Rec.601. Se aplica en vídeo digital comprimido en broadcasting (estándar actual desde 3 a 10 Mb/s). Responde a la norma ISO-13818.
- **MPEG-3.** Iniciada en 1992 para aplicaciones de HDTV; luego fue abandonada.
- **MPEG-4.** Se inicia en 1994. Originalmente para imágenes de muy baja velocidad, en la actualidad funciona de modelo para cualquier tipo de aplicación futura. Es de interés en sistemas de baja calidad como en los sistemas móviles. Se estima el uso a velocidades hasta 64 kb/s para sistemas móviles o la red PSTN y hasta 2 Mb/s para TV/film.
- **MPEG-7.** Normalizado a partir de 1996 se aplicará para funciones de Interfaz para Descripción de Contenidos de Multimedia (catálogos de imágenes, páginas amarillas, radios y canales de TV, etc).

Las principales características son:

- La variante denominada **MPEG-1** con velocidad de 1,15 y 1,5 Mb/s es aplicable para video-game y CD-ROM. La resolución (líneas/cuadros) es de 240/30 para NTSC; 288/25 para PAL y Secam.
- En **MPEG-2** se tiene en cuenta aplicaciones de calidad VHS, PAL y HDTV. Se tiene previsto el funcionamiento en multimedia **ATM** con celdas de 2 prioridades. El funcionamiento es aceptable aun con tasas de pérdida de celdas de  $10^{-4}$ .
- MPEG utiliza un cuadro de tipo **CIF** de 352 x 288 pixel. Para más detalles ver la descripción más adelante. La crominancia tiene la mitad de pixel y de líneas (176 x 144). Se efectúa un sub-muestreo de tipo (4:2:0) con refresco de cuadros de 25 Hz. Se utilizan imágenes predictivas que incrementan en el retardo de codificación (600 mseg).
- MPEG aplica **DCT**, **VLC** y la compensación de movimiento **MCT**. Cada macrobloque puede tener predicción: *Intra*, *Forward-Predicted*, *Backward-Predicted*, *Average*. El codificador DCT tiene entrada de niveles (-255,+255) y salida (-2047,+2047). MCT se aplica sobre los macrobloques en tanto que DCT se aplica sobre los bloques. La salida del codificador se aproxima con una tasa 1/10.

## V-XV COMPRESION DE IMÁGENES EN MPEG

Es un estándar relativamente nuevo orientado inicialmente a las videoconferencias, y para Internet. El objetivo es crear un contexto audiovisual en el cual existen unas primitivas llamadas AVO (objetos audiovisuales). Se definen métodos para codificar estas primitivas

que podrían clasificarse en texto y gráficos

La comunicación con los datos de cada primitiva se realiza mediante uno o varios "elementary streams" o flujos de datos, cuya característica principal es la calidad de servicio requerida para la transmisión.

Ha sido especialmente diseñado para distribuir videos con elevados ratios de compresión, sobre redes con bajo ancho de banda manteniendo una excelente calidad para usuarios con buen ancho de banda.

Es rápido codificando el vídeo de alta calidad, para contenidos en tiempo real y bajo demanda.

La compresión de imágenes involucra los siguientes procesos:

- ✓ Formato de pantalla: **CIF** para 4:3 o **HDTV** de 16:9.
- ✓ Codificación Diferencial mediante predicción y transformada compensación de movimiento: **MCT**.
- ✓ Interpolación de imágenes entre las de referencia y las de compensación de movimiento.
- ✓ Transformada discreta coseno **DCT** sobre bloques de 8x8 pixel.
- ✓ Codificación Huffman de longitud variable: **VLC**.

## V-XVI ESTÁNDAR PARA TRANSMISION

### V-XVI-I EL ESTÁNDAR T.120

El estándar ITU T.120 esta constituido por un conjunto de protocolos de la capa de comunicaciones y de aplicaciones desarrollados y aprobados por las industrias internacionales de computadores y telecomunicaciones.

Esos protocolos permiten a los desarrolladores crear productos compatibles y servicios de conexiones multipunto de datos y conferencias en tiempo real. Las aplicaciones basadas en T.120 permiten a varios usuarios el participar en sesiones de conferencia, sobre diferentes tipos de redes y conexiones. De acuerdo al tipo de producto T.120, los usuarios podrían:

- Conectarse
- Transmitir y recibir datos.
- Compartir aplicaciones usando las posibilidades de conferencia de datos, como por ejemplo pizarrón compartido o transferencia de archivos.

### V-XVI-II COMPONENTES T.120

T.120 es un estándar "sombrilla", que involucra una serie de estándares de aplicación y comunicaciones. Los siguientes estándares y componentes son los que integran la infraestructura del T.120:

- |       |  |
|-------|--|
| T.121 | Este estándar proporciona un perfil general de aplicación, el cual especifica un conjunto común de guías de trabajo para la construcción de protocolos de aplicaciones. Para asegurar la consistencia, T.121 es un estándar requerido para productos desarrollados bajo T.120. |
| T.122 | El estándar T.122 define los servicios multipunto que habilitan a uno o mas participantes a enviar datos como parte de una conferencia. Esos servicios   |

T.123	<p>multipunto son implementados por el T.125, que provee el mecanismo para transportar los datos. Además, los estándares T.122 y T.125 constituyen el Servicio de Comunicaciones Multipunto del estándar T.120 (MCS en inglés). El estándar T.123 es el responsable del transporte y secuenciado de datos y de controlar el flujo de datos a través de la red, lo que incluye las funciones conectar, desconectar, enviar y recibir. Para transporte de datos, T.123 define una serie de perfiles de interfaces de red. T.123 también provee de mecanismo de corrección de errores que asegura envío de datos con precisión y confiabilidad.</p> <p>El anexo B de T.123 también define el protocolo para conferencia de datos segura.</p>
T.124	<p>Control de Conferencia Genérico (Generic Conference Control=GCC): La definición del protocolo de aplicación que soporta reservaciones y servicios básicos de control de conferencias para teleconferencias multipunto.</p>
T.125	<p>Este estándar especifica como los datos son transmitidos en una videoconferencia. T.125 define los canales privados y de broadcast que transportan los datos y asegura comunicaciones eficientes y precisas entre múltiples usuarios. T.125 implementa el servicio multipunto definido por T.122.</p>
T.126	<p>Protocolo de anotaciones e imagen detenida: Definiciones para trabajos en colaboración con datos compartidos, imágenes compartidas, visualización grafica de información e intercambio de imágenes un una conferencia multipunto.</p>
T.127	<p>Este estándar define como los archivos son transferidos simultáneamente a los participantes de una conferencia.. T.127 habilita uno o mas archivos para ser seleccionados y transmitidos de forma comprimida o descomprimida para todos o algunos de los participantes durante una conferencia.</p>
T.128	<p>Este estándar define como las ordenes de compartir aplicaciones son transmitidas .</p>

## **V-XVII VIDEOCONFERENCIA SOBRE ISDN**

### **V-XVII-I EL ESTÁNDAR H.323**

H.323 es un estándar de la ITU ( International Telecommunication Union) que especifica como las terminales o computadoras personales y los servicios de multimedia se comunican sobre Internet o redes que no brindan una calidad de servicio garantizada. El equipamiento que cumple con H.323 puede transportar voz, datos y video en tiempo real y permite conectar usuarios tan fácilmente como es realizar una llamada de teléfono

H.323 consta de una serie de estándares que especifican:

- Como se establecen las llamadas.
- El proceso que deben llevar a cabo dos terminales para comunicarse entre sí o con cualquier otra.
- Como se transmiten los datos.
- De que manera se comprimen o descomprimen los datos y que codec ( compresor/descompresor) utilizan.

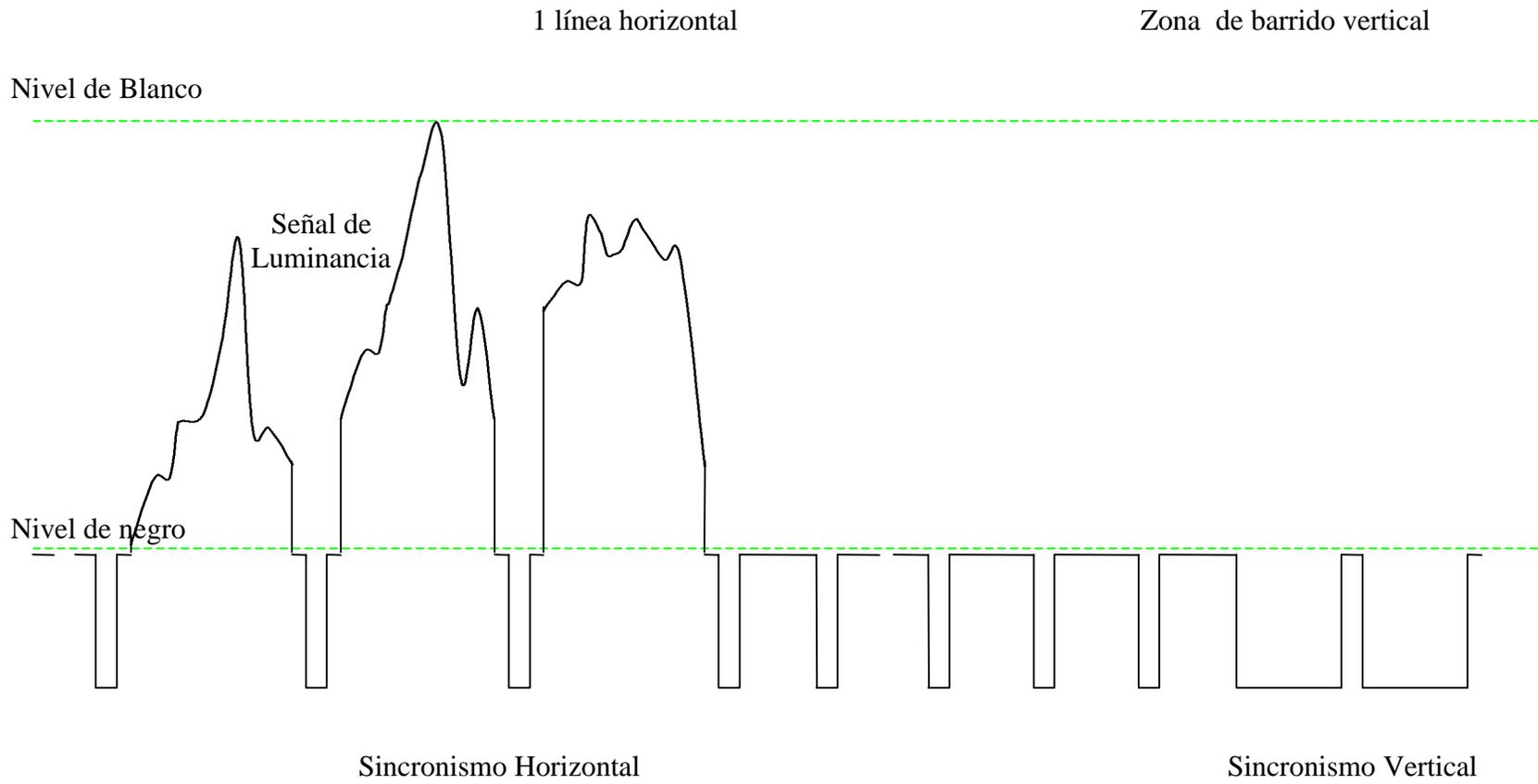
Para conexiones de poco ancho de banda, H.323 especifica codecs estándar para audio (G.723) y para video (H.263) que permiten a productos H.323 enviar y recibir voz e imágenes de video. H.323 también especifica el uso del estándar T.120 para conferencia de datos.

### **V-XVI-II COMPONENTES H.323**

El H.323 incluye los siguientes componentes:

- H.225.0 Define una capa que da formato a las entradas y salidas de video, audio, datos y señalización de control. H.225.0 utiliza el formato de paquete especificado por IETF RTP y las especificaciones RTCP.
- H.245 El estándar H.245 provee el mecanismo de control de llamada que permite a las terminales H.323 compatibles conectarse entre sí.
- H.261 El estándar H.261 define el formato y algoritmo para un codec alternativo de gran ancho de banda de video, usado para enviar o recibir imágenes de video sobre redes de alta velocidad.
- H.263 Especifica el formato y algoritmo para un codec de video por defecto, utilizado para enviar o recibir video sobre conexiones de redes de poco ancho de banda.
- G.711 El estándar G.711 define el formato y algoritmo para codec alternativo de audio, usado para enviar o recibir voz sobre redes de gran ancho de banda.
- G.723 Codec de audio, para modos de 5,3 y 6,3 kilobits por segundo.
- G.723.1 Especifica el formato y algoritmo para un codec de audio por defecto, utilizado para enviar o recibir voz sobre conexiones de redes de poco ancho de banda.

Figura 1 – Señal de video



## SITIOS WEB

- [www.cadie.org.ar/3G.htm](http://www.cadie.org.ar/3G.htm)
- [www.cnc.gov.ar](http://www.cnc.gov.ar)
- <http://www.iespana.es/infotutoriales/redes/redes.htm>
- <http://www.computer.org/internet/v2n1/perkins.htm>
- <http://www.tml.hut.fi/Opinnot/Tik-111.550/1999/Esitelmat/MobileIP/Mobip.html>
- <http://www.fags.org/rfcs/rfc1256.html>
- <http://www.fags.org/rfcs/rfc1321.html>
- <http://www.fags.org/rfcs/rfc2003.html>
- <http://www.fags.org/rfcs/rfc2004.html>
- <http://www.student.city.ac.uk/~dz542/telemed8.htm#introduction>
- [www.FrecuenciaOnline.com](http://www.FrecuenciaOnline.com)
- <http://bio.hgy.es/neurocon/congreso-1/conferencias/int-neuro-coma.html>
- <http://www.healthig.com/cirugia/cirugia9.html>
- <http://www.diagnostico.com.ar/diagnostico/dia079/d-te079.htm>
- [http://bipt247.bi.ehu.es/tdd/files/queues'fundamentals\(final\)2.pdf](http://bipt247.bi.ehu.es/tdd/files/queues'fundamentals(final)2.pdf)
- <http://www.sld.cu/telemedicina/>

## ARTICULOS

- [Camara Argentina de Industrias Electrónicas](#)
- [Redes inalámbricas y telefonía móvil - Sonia Belzunce Quijada y Ana Belen Diez Barreiro - Universidad Politécnica de Valencia.](#)
- [Redes Inalambricas - José Eduardo Aguirre](#)
- [Mobile Networking through mobile IP - Charles E. Perkins \(Sun Microsystem\)](#)
- [Mobile IP explains - Ville Ollikainen \(Helsinki University of Technology\)](#)
- [RFC 2002 - IP Mobility Support - C. Perkins](#)
- [Telemedicina: la revolución lenta-Ignacio Basagoiti-Servicio de Telemedicina de la Universidad Politécnica de Valencia.](#)
- [Telemedicine written by I. M. Davis, Z. Galzie, M. Silcox.](#)
- [Quo vadis Telemedicina?- Conferencia del Area Internet y Neurologia - Maria Jesús Coma del Corral -Unidad de Investigación. Hospital General Yagüe- Burgos. España.](#)
- [Primera operación transatlántica - 1997-2001 Gabriela Roxana Ilczyszyn -Juan +-Carlos Gurí](#)
- [Perspectivas y condicionantes desde una óptica de equidad - 15/9/97 - Santiago Marimón, Consorci Hospitalari de Catalunya, Barcelona, VII Congreso de](#)

la Asociación Latina para el Análisis de los Sistemas de Salud (ALASS) sobre  
Telemedicina - Ginebra Junio de 1996

- Equipos de telemedicina
- Glosario básico de telemedicina
- Mobile Networking Terminology
- Otros