



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

FACULTAD DE INGENIERIA

---

## Sistema de monitoreo para sector eléctrico vía GPRS

### TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

PRESENTA:

**SANTIAGO EUGENIO JIMÉNEZ SÁNCHEZ**

ASESOR: DR. LUIS ANDRÉS BUZO DE LA PEÑA

CIUDAD UNIVERSITARIA

MAYO 2007



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

“ Los hombres no son sino los instrumentos del genio del universo “  
HEGEL, Georg Wilhelm Friedrich

Dedicada a:

Maria Eugenia Sánchez Álvarez, mi madre, porque nunca conoceré a alguien con tanto valor y coraje para sacar adelante una familia.

Santiago Jiménez Fernández, mi padre, por regalarme la vida y acompañarme en cada momento.

Gracias a:

Dios.

Fernando Jiménez Sánchez, por brindarme su amistad independientemente de contar con los mismos genes.

Paula Fernanda Hurtado Calderón, mi vida nunca será la misma después de haberte encontrado.

Jehú Sánchez Álvarez y familia.

Felipe Jiménez Fernández y familia.

Softel.

# **Introducción.....I**

## **Capítulo I. Interacción entre Redes**

<b>1.1</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>1</b>
1.1.1	Historia de las comunicaciones de datos .....	1
<b>1.2</b>	<b>Redes.....</b>	<b>5</b>
1.2.1	Transmisión de datos en las redes.....	5
1.2.2	Tipos de Redes.....	9
1.2.3	Topologías de Red.....	10
1.2.4	Componentes de una red.....	12
1.2.5	Equipos que interconectan redes.....	13
<b>1.3</b>	<b>Interacción entre redes.....</b>	<b>14</b>
1.3.1	Modelo de referencia.....	16
1.3.2	Jerarquía de las redes.....	19
1.3.3	Redes orientadas y no orientadas a la conexión.....	20
1.3.4	Direccionamiento entre redes.....	21

## **Capítulo II. GPRS**

<b>2.1</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>24</b>
<b>2.2</b>	<b>Características de GPRS.....</b>	<b>26</b>
2.2.1	La necesidad de paquetes de datos.....	26
2.2.2	Características claves de GPRS.....	29
<b>2.3</b>	<b>Red GSM.....</b>	<b>32</b>
2.3.1	Arquitectura de Red GSM.....	32
2.3.2	Canales.....	36
<b>2.4</b>	<b>GPRS.....</b>	<b>41</b>
2.4.1	Historia de GPRS.....	41
2.4.2	Evolución del internet inalámbrico.....	42
2.4.3	Usuarios GPRS.....	44
2.4.4	Sobrecapa GPRS a GSM.....	44
2.4.5	Células y Áreas de ruteo.....	45
2.4.6	Conexión al SGSN.....	47

2.4.7	Conexión PDP.....	48
2.4.8	Transferencia de datos.....	48
2.4.9	Terminales GPRS.....	49
2.4.10	Arquitectura GPRS.....	51
2.4.11	Enrutamiento de datos.....	52
2.4.12	Manejo de movilidad.....	52
2.4.13	Interfaces GPRS.....	53
2.4.14	Canales físicos GPRS.....	54
2.4.15	Canales lógicos.....	55
2.4.16	Mapeo de canales lógicos en canales físicos.....	57
2.4.17	Funciones de los elementos GPRS.....	57
2.4.18	Conexión GPRS.....	64
2.4.19	Funciones de Seguridad.....	68
2.4.20	Interfaz de radio.....	69
2.4.21	Canales de Paquetes Lógicos.....	70

### **Capítulo III. Sistema de medición de consumo eléctrico vía GPRS**

<b>4.1</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>82</b>
<b>4.2</b>	<b>Arquitectura.....</b>	<b>83</b>
4.2.1	Descripción del sistema.....	83
4.2.2	Descripción de la red.....	84
4.2.3	Procesamiento de Información y Control de MODEM.....	85
4.2.4	Equipo de Procesamiento Central.....	87
<b>4.3</b>	<b>Módulo Nokia 12.....</b>	<b>88</b>
<b>4.4</b>	<b>Medidor de luz.....</b>	<b>92</b>
<b>4.5</b>	<b>Sistema de medición remota de luz vía GPRS utilizando Nokia 12 y Quadlogics RMS-5 .....</b>	<b>93</b>
4.5.1	Aplicación del módulo Nokia 12.....	93
4.5.2	Aplicación en el Servidor Central.....	99

<b>Conclusiones.....</b>	<b>107</b>
A. Interacción entre redes.....	107
B. GPRS.....	108
C. Sistema de monitoreo.....	110

<b>Bibliografía.....</b>	<b>112</b>
--------------------------	------------

# Introducción

El objetivo de esta tesis es proponer un sistema de monitoreo para el sector eléctrico sobre la red celular pública conocida como GPRS (General Packet Radio Service). La red GPRS es la contraparte para datos de la red celular de voz conocida como GSM (Global System for Mobile Communications). Esta tecnología actualmente la ofrecen con cobertura en las principales ciudades del país dos compañías, la mexicana Telcel y la española Telefónica.

La variable a monitorear es el consumo de los grandes clientes de una compañía de luz en tiempo real. Actualmente la información acerca del consumo eléctrico se realiza manualmente, es decir, enviando una persona a cada empresa para tomar los datos del medidor y posteriormente vaciar la información en una base de datos. El problema de este método es que se puede llegar a generar una situación de corrupción entre el cliente y la persona de la compañía de luz encargada de recolectar la información. Manipulando los medidores y la información la compañía de luz pierde millones de pesos anualmente mediante estas prácticas.

Con un sistema en tiempo real, la compañía sólo tendría que preocuparse por la integridad del medidor a la hora de la instalación y monitorear el consumo del cliente diariamente. De esta manera si en el futuro se ve una disminución en el consumo inmediatamente se debe de ir a verificar el medidor de luz.. Además una vez instalado el sistema la compañía reduce sus costos de recolección de datos ya que no se tiene que enviar periódicamente al sitio a una persona.

El sistema tendría como objetivo en principio a los grandes consumidores como la industria, empresas, hoteles, centros comerciales, etc... , en el futuro cuando se haga mas barata y accesible esta tecnología podría aplicarse a todos los hogares.

El capítulo 1 es teoría general de redes y su interconexión.

El capítulo 2 contiene extensiva información acerca de la tecnología inalámbrica de datos celulares GPRS.

Para los lectores familiarizados con estos temas o los que quieran simplemente conocer como funciona un sistema de medición remota de consumo eléctrico pueden pasar directamente al capítulo 3.

# Capítulo I Interacción de Redes

## 1.1 Introducción

Cada uno de los tres siglos pasados ha estado dominado por una sola tecnología. El siglo XVIII fue la etapa de los grandes sistemas mecánicos que acompañaron a la Revolución Industrial. El siglo XIX fue la época de la máquina de vapor.

Durante el siglo XX, la tecnología clave ha sido la recolección, procesamiento y distribución de información. Entre otros desarrollos, hemos asistido a la instalación de redes telefónicas en todo el mundo, a la invención de la radio y la televisión, al nacimiento y crecimiento sin precedente de la industria de las computadoras, así como a la puesta en órbita de los satélites de comunicación.

A medida que avanzamos hacia los últimos años de este siglo, se ha dado una rápida convergencia de estas áreas, y también las diferencias entre la captura, transporte, almacenamiento y procesamiento de información están desapareciendo con rapidez.

Organizaciones con centenares de oficinas dispersas en una amplia área geográfica esperan tener la posibilidad de examinar en forma habitual el estado actual de todas ellas, simplemente oprimiendo una tecla. A medida que crece nuestra habilidad para recolectar procesar y distribuir información, la demanda de más sofisticados procesamientos de información crece todavía con mayor rapidez. La industria de ordenadores ha mostrado un progreso espectacular en muy corto tiempo.

El viejo modelo de tener un solo ordenador para satisfacer todas las necesidades de cálculo de una organización se está reemplazando con rapidez por otro que considera un número grande de ordenadores separados, pero interconectados, que efectúan el mismo trabajo. Estos sistemas, se conocen con el nombre de redes de ordenadores. Estas nos dan a entender una colección interconectada de ordenadores autónomos.

### 1.1.1 Historia de las comunicaciones de datos

No hace mucho tiempo, el término telecomunicaciones implicaba tecnologías de comunicación de voz. Ahora, este término es usado para referirse a ambas tecnologías tanto de voz como de datos. Así, las redes se expanden para portar todo tipo de formas de información el término de telecomunicaciones ha evolucionado para incluir voz, video, datos, multimedia y audio.

Estamos viviendo durante un tiempo de evolución tecnológica. Muchas de las innovaciones tecnológicas de los últimos 10 años están apenas encontrando su camino dentro de nuestra vida diaria. Para entender la evolución de esta industria necesitamos examinar primero la historia de la industria de los datos.

Probablemente la primera contribución a la recolección de datos viene de 1614, cuando John Napier desarrolla los logaritmos. Los logaritmos son usados hoy para expresar grandes números y han sido una importante contribución a la industria de la computación, donde los grandes números pueden ser tediosos cuando se trabaja con formulas.

El matemático Blaise Pascal, creó la pascalina, una simple máquina sumadora con un mecanismo que fue usado en los siguientes 300 años. Naturalmente, esta máquina sumadora era mecánica, consistía de un número de engranes, discos y un visualizador mecánico. Al girar el disco, que se encontraba localizado en diferentes posiciones, giraba los engranes asociados, que en respuesta mostraba el resultado en el visualizador. Este mismo método fue usado en otras máquinas por mucho tiempo.

Una de las máquinas más infames fue la Máquina Diferencial de Charles Babbage, así como su Máquina Analítica. La Máquina Diferencial fue creada en 1822 pero nunca fue construida debido a la falta de apoyo del gobierno así como de financiamiento. La Máquina Analítica cayó en el mismo destino y tampoco fue construida excepto por un pequeño módulo. Solo el anteproyecto fue completado.

El problema era la cantidad de metal requerido para forjar los diferentes engranes y ruedas. El tamaño de la Máquina Analítica excedería hoy en día el de una locomotora de tren. Esta pudo haber sido la primera computadora “programable”, pero ciertamente no digital.

La Máquina Diferencial fue eventualmente construida por el inventor británico George Sheutz. Sheutz utilizó el anteproyecto de Babbage y financiamiento del gobierno Británico para crear la Máquina Behemoth. El gobierno Británico utilizó esta máquina para calcular tablas de aseguramiento.

George Boole en 1847 desarrolló lo que se ha llamado álgebra booleana. El álgebra booleana es la fundación del sistema numérico binario y de los circuitos lógicos modernos. Mucho de lo que aprendemos hoy en electrónica digital es el resultado de la contribución de Boole. Boole creía que las máquinas podían ser construidas para utilizar dos estados los cuales representarían casi cualquier información. Estos dos estados podían ser manipulados matemáticamente utilizando álgebra booleana, creando un dispositivo sencillo capaz de manejar información sin tener conocimiento de todas las variables.

Mientras que todos los inventores estaban usando ruedas y discos para manipular la entrada a sus máquinas, otro inventor, Herman Hollerith, pensó en un acercamiento más portable. Utilizando tarjetas de cartón, Hollerith divisó una manera de cambiar los valores de los discos y contadores de acuerdo a la posición de perforaciones en las tarjetas. Esta máquina se convirtió en nada más que un tabulador, que posteriormente probaría su valor al gobierno de Estados Unidos en la tabulación de censos poblacionales. Mediante la inserción de perforaciones en las tarjetas en vez de escribir formatos en papel, la tarjeta era regresada al Departamento de Censos, que a cambio la insertaría en el tabulador y obtendría resultados inmediatos. Cada perforación contenía un significado dependiendo de su posición.

La tarjeta de Hollerith (o tarjetas perforadas) fueron ampliamente utilizadas hasta el comienzo de la década de los 1970 para ingresar información a los programas dentro de computadoras centrales (mainframes). La primera vez que se utilizaron las tarjetas de Hollerith resultó en triplicar la velocidad de la tabulación del Censo. Después Hollerith formó su propia compañía, que se hizo conocida con el nombre de International Business Machines, o IBM.

Las computadoras mecánicas eran estorbosas, caras y difíciles de mantener. El trabajo ya había comenzado para desarrollar mejores máquinas, usando la electricidad en vez de la fuerza bruta. El problema era que no existían los suficientes dispositivos electrónicos capaces de proveer a las computadoras. La electrónica no tuvo ninguna contribución significativa hasta 1906 cuando Lee DeForest inventó el tubo de vacío.

El tubo de vacío fue usado por una gran variedad de aplicaciones. En computadoras, era capaz de cambiar la corriente de una dirección a otra, como lo hacen los transistores hoy, basándose en un valor de la corriente. Fueron usados en amplificadores para aumentar la potencia y en rectificadores para regular el voltaje y la corriente.

El tubo de vacío no fue un dispositivo electrónico eficiente y disipaba mucho calor. Debido a la salida de calor, el tubo no tenía mucho tiempo de vida. Las primeras computadoras que utilizaron un tubo de vacío manejaban tiempos de mantenimiento de hasta 22 horas a la semana, solo para mantener los tubos. Eran muy frágiles, hechos de vidrio y rellenos por materiales gaseosos, parecido a un bulbo de luz. Esto lo hacía difícil de utilizar en ambientes ásperos.

En 1947 William Shockley, Walter Brattain y John Bardeen desarrollaron un pequeño dispositivo que llamaron transistor. El transistor permitía a la electricidad fluir de entrada en una dirección y fluir de salida en una o varias diferentes direcciones, dependiendo del tipo de transistor y el valor del voltaje. Esta es la misma función básica del tubo de vacío, pero el transistor no requiere la potencia del tubo y trabaja en una temperatura mucho más baja.

Construido con pequeños trozos de silicón, este pequeño dispositivo revolucionó la electrónica. Pronto los transistores pudieron ser encontrados en cualquier dispositivo desde radios de bolsillo, hasta dispositivos de cocina. Esta fue el primer paso hacia la miniaturización de muchos dispositivos, incluyendo la computadora.

La primera computadora disponible comercialmente fue la UNIVAC, hecha por Sperry Rand. Antes de la UNIVAC, las computadoras eran dispositivos para propósitos especiales, hechas a la medida para las especificaciones del consumidor. La UNIVAC permitió a las compañías comprar un sistema de computación sin tener que pasar por el largo proceso de diseñar y manufacturar.

Estos sistemas no son como los conocemos ahora. La UNIVAC era una computadora central y requería de controles especiales eléctricos y ambientales. Las compañías tenían que contratar programadores para desarrollar software para sus necesidades específicas debido a que el software no podía ser comprado “en el aparador”. Consecuentemente, no muchas compañías podían permitirse el lujo de contar con estas máquinas.

Mientras tanto, el desarrollo hacia la miniaturización de los componentes eléctricos continuaba. En 1952, G.W.A. Dummer desarrolló el circuito integrado. Este pequeño “chip” contenía cientos de transistores microscópicos, dando como resultado un paquete compacto con muchos dispositivos. Ahora, estos circuitos integrados contienen millones de circuitos y son usados en todo lo que tocamos. Televisores, radios, aplicaciones y hasta los automóviles son controlados por circuitos integrados de todas las formas y tamaños.

Las computadoras todavía eran incómodas, difíciles de programar y ciertamente lejos de ser amigables para el usuario. Los programadores quedaban hartos de tener que escribir la misma instrucción una y otra vez. Muchas funciones (como la de acceder a un controlador de discos) requerían instrucciones que debían de ser escritas muchas veces en un programa de computadora.

Para resolver este problema, Bob Patrick de General Motors y Owen Mock de la North American Aviation crearon un programa llamado sistema operativo. El propósito del sistema operativo es proveer un conjunto de instrucciones usado por computadores en una rutina básica. Acceso a controladores de discos, impresión, manejo de archivos eran parte de lo que el sistema operativo hacía.

Los programadores no tenían ya que escribir instrucciones redundantes cuando creaban programas; solo tenían que hacer referencia a una instrucción en el sistema operativo, y la instrucción era llevada a cabo por el sistema operativo. Esto fue definitivo para el suceso de los sistemas computacionales, y así como el software ha evolucionado, los sistemas operativos son cada vez más poderosos.

La memoria seguía siendo un problema en los sistemas computacionales. Los circuitos integrados tenían medios para consolidar los bloques de memoria en paquetes mas pequeños pero no fue hasta 1967 que la Random Access Memory – Memoria de Acceso Aleatorio (RAM) se hizo disponible como circuito integrado. Desarrollada por Fairchild Semiconductor, el chip RAM fue un gran logro para hacer que las computadoras se hicieran mas pequeñas aún.

Douglas Engelbart pasó 10 años desarrollando un dispositivo que muchos de nosotros tomamos ahora por sentado. Engelbart reconoció la necesidad de un dispositivo que permitiera a los usuarios controlar su computadora sin tener que teclear comandos. El mouse nació en 1968 y fue usado como una interfaz estándar hasta 1989 por las computadoras Macintosh de Apple.

El Departamento de Defensa Estadounidense comenzó en 1960 el desarrollo de una red militar capaz de sobrevivir cualquier tipo de ataque. La red tenía que ser capaz de enrutar los datos alrededor de nodos fallidos y lo suficientemente inteligente para arreglarse a si misma en el caso de que los enlaces fallaran. Esta red, nombrada ARPANET, se convirtió tiempo después en lo que conocemos como la Internet. Usando el protocolo de transmisión TCP/IP, la ARPANET fue inicialmente usada para datos militares y fue después abierta a contratistas de defensa e instituciones educacionales.

El microprocesador fue el último paso para hacer que las computadoras cupieran en mesas de trabajo. Antes del desarrollo del microprocesador, las computadoras recaían en grandes tarjetas de circuitos llenas de transistores y circuitos integrados para proveer la capacidad de procesamiento necesaria. Con los microprocesadores, todos estos circuitos podían ser colocados en un paquete pequeño, permitiendo a las computadoras encogerse más.

El microprocesador ha continuado su crecimiento en capacidad y encogimiento en tamaño. Muchos dispositivos tienen hoy mas poder de procesamiento que la primera UNIVAC y pueden ser colocados encima de las mesas. Ted Hoff de Intel fue el responsable del microprocesador en el año de 1971.

También en 1971 el primer disco conocido como “floppy” fue construido por Alan Shugart e IBM. Shugart después fundo su propia compañía Shugart Disk Drives, con un disco floppy de 8 pulgadas que podía almacenar 300 kilobytes de datos.

La revolución de la computación había comenzado. Siendo más pequeñas, con mas poder de procesamiento, las computadoras personales se han convertido en un formidable competidor para las computadoras centrales. Las compañías empezaron a comprar computadoras personales uniéndolas a sus computadoras centrales funcionando como terminales. Cuando la computadora central falla, las PC podía continuar operando por si misma. El problema estaba que las PC's no tenía manera de comunicarse unas con otras, sin el soporte de la computadora central. En 1973, Xerox cambió la industria de la computación con la red Ethernet. Robert Metcalfe desarrollo el protocolo que sigue en uso hoy.

Las computadoras personales pueden ser encontradas en todos lados. El software de cualquier propósito puede ser adquirido en cualquier tienda de computadoras local. En 1975 Bill Gates y Paul Allen formaron la compañía llamada Microsoft, la cual es hoy la mas grande compañía del mundo. (Y Gates el hombre mas rico del mundo).

Otro par de empresarios Steve Jobs y Steve Wozniak, construyeron una pequeña computadora personal llamada Apple. A pesar de que nunca logró una gran rebanada del pastel que es el mercado de la computación, Apple continúa su lucha como uno de los mayores competidores de su rival IBM. Basados en un sistema operativo propietario, las computadoras Apple han sido forzadas a competir a la vez con Microsoft.

## **1.2 Redes**

Una Red es una manera de conectar varias computadoras entre sí, compartiendo sus recursos e información y estando conscientes una de otra. Cuando las PC's comenzaron a entrar en el área de los negocios, el conectar dos PC's no traía ventajas, pero esto desapareció cuando se empezó a crear los sistemas operativos y el software multiusuario.

Las redes en general, consisten en "compartir recursos", y uno de sus objetivos es hacer que todos los programas, datos y equipo estén disponibles para cualquiera de la red que así lo solicite, sin importar la localización física del recurso y del usuario. En otras palabras, el hecho de que el usuario se encuentre a 1000km de distancia de los datos, no debe evitar que este los pueda utilizar como si fueran originados localmente.

### **1.2.1 Transmisión de datos en las redes**

#### **Medios de transmisión**

La transmisión de datos en las redes, puede ser por dos medios:

##### **a. Terrestres o guiados**

Son limitados y transmiten la señal por un conductor físico. En medios guiados, el ancho de banda o velocidad de transmisión dependen de la distancia y de si el enlace es punto a punto o multipunto.

##### **Cable par trenzado**

Es el que comúnmente se utiliza para los cables de teléfonos, consta de 2 filamentos de cobre, cubiertos cada uno por plástico aislante y entrelazados el uno con el otro, existen dos tipos de cable par trenzado: el "blindado", que se utiliza en conexiones de redes y estaciones de trabajo y el "no blindado", que se utiliza en las líneas telefónicas y protege muy poco o casi nada de las interferencias.

##### **Cable coaxial**

Este tipo de cable es muy popular en las redes, debido a su poca susceptibilidad de interferencia y por su gran ancho de banda, los datos son transmitidos dentro del cable en un ambiente

completamente cerrado, una pantalla sólida, bajo una cubierta exterior. Existen varios tipos de cables coaxiales, cada uno para un propósito diferente.

### **Fibra óptica**

Es un filamento de vidrio sumamente delgado diseñado para la transmisión de la luz. Las fibras ópticas poseen enormes capacidades de transmisión, del orden de miles de millones de bits por segundo. Además de que los impulsos luminosos no son afectados por interferencias causadas por la radiación aleatoria del ambiente. Actualmente la fibra óptica está reemplazando en grandes cantidades a los cables comunes de cobre.

### **b. Aéreos o no guiados**

Se utilizan medios no guiados, principalmente el aire. Se radia energía electromagnética por medio de una antena y luego se recibe esta energía con otra antena.

Hay dos configuraciones para la emisión y recepción de esta energía: direccional y omnidireccional. En la direccional, toda la energía se concentra en un haz que es emitida en una cierta dirección, por lo que tanto el emisor como el receptor deben estar alineados. En el método omnidireccional, la energía es dispersada en múltiples direcciones, por lo que varias antenas pueden captarla. Cuanto mayor es la frecuencia de la señal a transmitir, más factible es la transmisión unidireccional.

Por tanto, para enlaces punto a punto se suelen utilizar microondas ( altas frecuencias) . Para enlaces con varios receptores posibles se utilizan las ondas de radio ( bajas frecuencias) . Los infrarrojos se utilizan para transmisiones a muy corta distancia ( en una misma habitación) .

### **Microondas Terrestres**

Suelen utilizarse antenas parabólicas. Para conexiones a larga distancia, se utilizan conexiones intermedias punto a punto entre antenas parabólicas. Se suelen utilizar en sustitución del cable coaxial o las fibras ópticas ya que se necesitan menos repetidores y amplificadores, aunque se necesitan antenas alineadas. Se usan para transmisión de televisión y voz. La principal causa de pérdidas es la atenuación debido a que las pérdidas aumentan con el cuadrado de la distancia ( con cable coaxial y par trenzado son logarítmicas) . La atenuación aumenta con las lluvias. Las interferencias es otro inconveniente de las microondas ya que al proliferar estos sistemas, puede haber más solapamientos de señales.

### **Microondas por Satélite**

El satélite recibe las señales y las amplifica o retransmite en la dirección adecuada. Para mantener la alineación del satélite con los receptores y emisores de la tierra, el satélite debe ser geoestacionario. El rango de frecuencias para la recepción del satélite debe ser diferente del rango al que este emite, para que no haya interferencias entre las señales que ascienden y las que descienden. Debido a que la señal tarda un pequeño intervalo de tiempo desde que sale del emisor en la Tierra hasta que es devuelta al receptor o receptores, ha de tenerse cuidado con el control de errores y de flujo de la señal.

## **Infrarrojo**

Los emisores y receptores de infrarrojos deben estar alineados o bien estar en línea tras la posible reflexión de rayo en superficies como las paredes. En infrarrojos no existen problemas de seguridad ni de interferencias ya que estos rayos no pueden atravesar los objetos ( paredes por ejemplo). Tampoco es necesario permiso para su utilización ( en microondas y ondas de radio si es necesario un permiso para asignar una frecuencia de uso).

## **Frecuencia, espectro y ancho de banda**

### **Tiempo**

Una señal, en el ámbito temporal, puede ser continua o discreta. Puede ser periódica o no periódica. Una señal es periódica si se repite en intervalos de tiempo fijos llamados periodo. La onda seno es la más conocida y utilizada de las señales periódicas. En el ámbito del tiempo, la onda seno se caracteriza por la amplitud, la frecuencia y la fase.

### **Frecuencia**

En la práctica, una señal electromagnética está compuesta por muchas frecuencias. Si todas las frecuencias son múltiplas de una dada, esa frecuencia se llama frecuencia fundamental. El periodo ( o inversa de la frecuencia) de la señal suma de componentes es el periodo de la frecuencia fundamental. Se puede demostrar que cualquier señal está constituida por diversas frecuencias de una señal seno.

El espectro de una señal es el conjunto de frecuencias que constituyen la señal. El ancho de banda es la anchura del espectro. Muchas señales tienen un ancho de banda infinito, pero la mayoría de la energía está concentrada en un ancho de banda pequeño.

### **Velocidad de transmisión y ancho de banda**

El medio de transmisión de las señales limita mucho las componentes de frecuencia a las que puede ir la señal, por lo que el medio sólo permite la transmisión de cierto ancho de banda. En el caso de ondas cuadradas ( binarias), estas se pueden simular con ondas senoidales en las que la señal sólo contenga múltiplos impares de la frecuencia fundamental. Cuanto más ancho de banda, más se asemeja la función seno (multifrecuencia) a la onda cuadrada. Pero generalmente es suficiente con las tres primeras componentes. Se puede demostrar que al duplicar el ancho de banda, se duplica la velocidad de transmisión a la que puede ir la señal. Al considerar que el ancho de banda de una señal está concentrado sobre una frecuencia central, al aumentar esta, aumenta la velocidad potencial de transmitir la señal. Pero al aumentar el ancho de banda, aumenta el coste de transmisión de la señal aunque disminuye la distorsión y la posibilidad de ocurrencia de errores.

### **Transmisión analógica y digital**

Los datos analógicos toman valores continuos y los digitales, valores discretos. Una señal analógica es una señal continua que se propaga por ciertos medios. Una señal digital es una serie

de pulsos que se transmiten a través de un cable ya que son pulsos eléctricos. Los datos analógicos se pueden representar por una señal electromagnética con el mismo espectro que los datos. Los datos digitales se suelen representar por una serie de pulsos de tensión que representan los valores binarios de la señal.

La transmisión analógica es una forma de transmitir señales analógicas ( que pueden contener datos analógicos o datos digitales). El problema de la transmisión analógica es que la señal se debilita con la distancia, por lo que hay que utilizar amplificadores de señal cada cierta distancia. La transmisión digital tiene el problema de que la señal se atenúa y distorsiona con la distancia, por lo que cada cierta distancia hay que introducir repetidores de señal.

Últimamente se utiliza mucho la transmisión digital debido a que:

- La tecnología digital se ha abaratado mucho.
- Al usar repetidores en vez de amplificadores, el ruido y otras distorsiones no es acumulativo.
- La utilización de banda ancha es más aprovechada por la tecnología digital.
- Los datos transportados se pueden encriptar y por tanto hay más seguridad en la información.
- Al tratar digitalmente todas las señales, se pueden integrar servicios de datos analógicos ( voz vídeo, etc..) con digitales como texto y otros.

## Capacidad del canal

Se llama capacidad del canal a la velocidad a la que se pueden transmitir los datos en un canal de comunicación. La velocidad de los datos es la velocidad expresada en bits por segundo a la que se pueden transmitir los datos. El ancho de banda es aquel ancho de banda de la señal transmitida y que está limitado por el transmisor y por la naturaleza del medio de transmisión (en hertzios).

La tasa de errores es la razón a la que ocurren errores. Para un ancho de banda determinado es aconsejable la mayor velocidad de transmisión posible pero de forma que no se supere la tasa de errores aconsejable. Para conseguir esto, el mayor inconveniente es el ruido.

Para un ancho de banda dado  $W$ , la mayor velocidad de transmisión posible es  $2W$ , pero si se permite (con señales digitales) codificar más de un bit en cada ciclo, es posible transmitir más cantidad de información. La fórmula de Nyquist nos dice que aumentando los niveles de tensión diferenciales en la señal, es posible incrementar la cantidad de información transmitida.

$$C = 2W \log_2 M$$

El problema de esta técnica es que el receptor debe de ser capaz de diferenciar más niveles de tensión en la señal recibida, cosa que es dificultada por el ruido. Cuanto mayor es la velocidad de transmisión, mayor es el daño que puede ocasionar el ruido.

Shannon propuso la fórmula que relaciona la potencia de la señal ( $S$ ), la potencia del ruido ( $N$ ), la capacidad del canal ( $C$ ) y el ancho de banda ( $W$ ).

$$C = W \log_2 ( 1 + S/N )$$

Esta capacidad es la capacidad máxima teórica de cantidad de transmisión, pero en la realidad, es menor debido a que no se ha tenido en cuenta nada más que el ruido térmico.

## **Perturbaciones en la transmisión**

### **Atenuación**

La energía de una señal decae con la distancia, por lo que hay que asegurarse que llegue con la suficiente energía como para ser captada por los circuitos del receptor y además, el ruido debe ser sensiblemente menor que la señal original (para mantener la energía de la señal se utilizan amplificadores o repetidores).

Debido a que la atenuación varía en función de la frecuencia, las señales analógicas llegan distorsionadas, por lo que hay que utilizar sistemas que le devuelvan a la señal sus características iniciales (usando bobinas que cambian las características eléctricas o amplificando más las frecuencias más altas).

### **Retardo**

Debido a que en medios guiados, la velocidad de propagación de una señal varía con la frecuencia, hay frecuencias que llegan antes que otras dentro de la misma señal y por tanto las diferentes componentes en frecuencia de la señal llegan en instantes diferentes al receptor. Para atenuar este problema se usan técnicas de ecualización .

### **Ruido**

El ruido es toda aquella señal que se inserta entre el emisor y el receptor de una señal dada . Hay diferentes tipos de ruido: ruido térmico debido a la agitación térmica de electrones dentro del conductor, ruido de ínter modulación cuando distintas frecuencias comparten el mismo medio de transmisión, diafonía se produce cuando hay un acoplamiento entre las líneas que transportan las señales y el ruido impulsivo se trata de pulsos discontinuos de poca duración y de gran amplitud que afectan a la señal .

## **1.2.1 Tipos de Redes**

### **Redes LAN (Local Area Network) o Redes de área local**

Es una red que se expande en un área relativamente pequeña. Éstas se encuentran comúnmente dentro de una edificación o un conjunto de edificaciones que estén contiguas. Así mismo, una LAN puede estar conectada con otras LANs a cualquier distancia por medio de línea telefónica y ondas de radio.

Pueden ser desde 2 computadoras, hasta cientos de ellas. Todas se conectan entre sí por varios medios y topología, a la computadora(s) que se encarga de llevar el control de la red es llamada "servidor" y a las computadoras que dependen del servidor, se les llama "nodos" o "estaciones de trabajo".

Los nodos de una red pueden ser PC's que cuentan con su propio CPU, disco duro y software y tienen la capacidad de conectarse a la red en un momento dado; o pueden ser PC's sin CPU o

disco duro y son llamadas "terminales tontas", las cuales tienen que estar conectadas a la red para su funcionamiento.

Las LANs son capaces de transmitir datos a velocidades muy rápidas, algunas inclusive más rápido que por línea telefónica; pero las distancias son limitadas.

Además de proporcionar un acceso compartido, las LAN modernas también proporcionan al usuario multitud de funciones avanzadas. Hay paquetes de software de gestión para controlar la configuración de los equipos en la LAN, la administración de los usuarios, y el control de los recursos de la red. Una estructura muy utilizada consiste en varios servidores a disposición de distintos (con frecuencia muchos) usuarios. Los primeros, por lo general máquinas más potentes, proporcionan servicios como control de impresión, archivos compartidos y correo a los últimos, por lo general computadoras personales.

### **Redes WAN (Wide Area Network) o Redes de área amplia.**

Es una red comúnmente compuesta por varias LANs interconectadas y se encuentran en una amplia área geográfica. Estas LANs que componen la WAN se encuentran interconectadas por medio de líneas telefónicas, fibra óptica o por enlaces aéreos como satélites.

Entre las WANs más grandes se encuentran: la ARPANET, que fue creada por la Secretaría de Defensa de los Estados Unidos y se convirtió en lo que es actualmente la WAN mundial: INTERNET, a la cual se conectan actualmente miles de redes universitarias, de gobierno, corporativas y de investigación.

Cuando se llega a un cierto punto deja de ser poco práctico seguir ampliando una LAN. A veces esto viene impuesto por limitaciones físicas, aunque suele haber formas más adecuadas o económicas de ampliar una red de computadoras.

Dos de los componentes importantes de cualquier red son la red de teléfono y la de datos. Son enlaces para grandes distancias que amplían la LAN hasta convertirla en una red de área extensa (WAN). Casi todos los operadores de redes nacionales (como DBP en Alemania o British Telecom en Inglaterra) ofrecen servicios para interconectar redes de computadoras, que van desde los enlaces de datos sencillos y a baja velocidad que funcionan basándose en la red pública de telefonía hasta los complejos servicios de alta velocidad (como relevo de tramas (Frame Relay) y SMDS (Synchronous Multimegabit Data Service – Servicio de Datos Síncronos Multimegabit) adecuados para la interconexión de las LAN.

Estos servicios de datos a alta velocidad suelen denominarse conexiones de banda ancha. Se prevé que proporcionen los enlaces necesarios entre LAN para hacer posible lo que han dado en llamarse autopistas de la información.

### **1.2.3 Topologías de Red**

Se entiende por topología de una red local la distribución física en la que se encuentran dispuestos los ordenadores que la componen.

#### **Estrella**

Esta topología se caracteriza por existir en ella un punto central, o más propiamente nodo central, al cual se conectan todos los equipos, de un modo muy similar a los radios de una rueda.

De esta disposición se deduce el inconveniente de esta topología, y es que la máxima vulnerabilidad se encuentra precisamente en el nodo central, ya que si este falla, toda la red fallaría. Este posible fallo en el nodo central, aunque posible, es bastante improbable, debido a la gran seguridad que suele poseer dicho nodo. Sin embargo presenta como principal ventaja una gran modularidad, lo que permite aislar una estación defectuosa con bastante sencillez y sin perjudicar al resto de la red.

Para aumentar el número de estaciones, o nodos, de la red en estrella no es necesario interrumpir, ni siquiera parcialmente la actividad de la red, realizándose la operación casi inmediatamente.

#### **Bus**

En la topología en bus, al contrario que en la topología de Estrella, no existe un nodo central, si no que todos los nodos que componen la red quedan unidos entre sí linealmente, uno a continuación del otro.

El cableado en bus presenta menos problemas logísticos, puesto que no se acumulan montones de cables en torno al nodo central, como ocurriría en una disposición en estrella. Pero, por contra, tiene la desventaja de que un fallo en una parte del cableado detendría el sistema, total o parcialmente, en función del lugar en que se produzca. Es además muy difícil encontrar y diagnosticar las averías que se producen en esta topología.

Debido a que la información recorre todo el bus bidireccionalmente hasta hallar su destino, la posibilidad de interceptar la información por usuarios no autorizados es superior a la existente en una Red en estrella debido a la modularidad que ésta posee. La red en bus posee un retardo en la propagación de la información mínimo, debido a que los nodos de la red no deben amplificar la señal, siendo su función pasiva respecto al tráfico de la red. Esta pasividad de los nodos es debida mas bien al método de acceso empleado que a la propia disposición geográfica de los puestos de red.

Añadir nuevos puesto a una red en bus, supone detener al menos por tramos, la actividad de la red. Sin embargo es un proceso rápido y sencillo.

#### **Anillo**

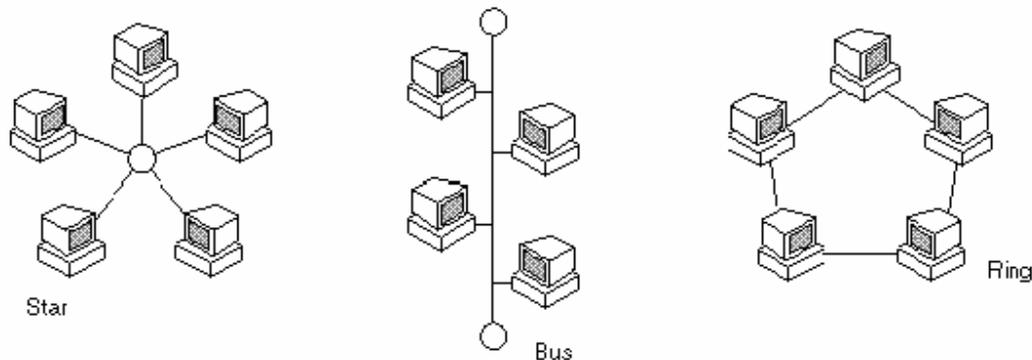
El anillo, como su propio nombre indica, consiste en conectar linealmente entre sí todos los ordenadores, en un bucle cerrado. La información se transfiere en un solo sentido a través del anillo, mediante un paquete especial de datos, llamado testigo, que se transmite de un nodo a otro, hasta alcanzar el nodo destino.

El cableado de la red en anillo es el más complejo de los tres enumerados, debido por una parte al mayor coste del cable, así como a la necesidad de emplear unos dispositivos denominados Unidades de Acceso Multiestación (MAU) para implementar físicamente el anillo.

A la hora de tratar con fallos y averías, la red en anillo presenta la ventaja de poder derivar partes de la red mediante los MAU's, aislando dichas partes defectuosas del resto de la red mientras se determina el problema. Un fallo, pues, en una parte del cableado de una red en anillo, no debe detener toda la red. La adición de nuevas estaciones no supone una complicación excesiva, puesto que una vez más los MAU's aíslan las partes a añadir hasta que se hallan listas, no siendo necesario detener toda la red para añadir nuevas estaciones.

## Híbridas

Son las más frecuentes y se derivan de la unión de topologías "puras": estrella-estrella, bus-estrella, etc.



### 1.2.4 Componentes de una red

#### Servidor

El servidor es la máquina principal de la red, la que se encarga de administrar los recursos de la red y el flujo de la información. Muchos de los servidores son "dedicados", es decir, están realizando tareas específicas, por ejemplo, un servidor de impresión solo para imprimir; un servidor de comunicaciones, sólo para controlar el flujo de los datos...etc. Para que una máquina sea un servidor, es necesario que sea una computadora de alto rendimiento en cuanto a velocidad y procesamiento, y gran capacidad en disco duro u otros medios de almacenamiento

#### Estación de trabajo

Es una computadora que se encuentra conectada físicamente al servidor por algún medio. Muchas de las veces esta computadora ejecuta su propio sistema operativo y ya dentro, se añade al ambiente de la red.

## **Sistema operativo de red**

Es el sistema (Software) que se encarga de administrar y controlar en forma general la red. Para esto tiene que ser un Sistema Operativo Multiusuario, como por ejemplo: Unix, Netware de Novell, Windows NT, etc.

## **Recursos a compartir**

Al hablar de los recursos a compartir, estamos hablando de todos aquellos dispositivos de Hardware que tienen un alto costo y que son de alta tecnología. En éstos casos los más comunes son las impresoras en sus diferentes tipos, plotters, scanner, fax, etc.

## **Hardware de red**

Son aquellos dispositivos que se utilizan para interconectar a los componentes de la red, serían básicamente las tarjetas de red (NIC Network Interface Cards – Tarjetas de Interfaz de Red) y el cableado entre servidores y estaciones de trabajo, así como los cables para conectar los periféricos.

### **1.2.5 Equipos que interconectan redes**

Los servicios en la mayoría de las LAN son muy potentes. La mayoría de las organizaciones no desean encontrarse con núcleos aislados de utilidades informáticas. Por lo general prefieren difundir dichos servicios por una zona más amplia, de manera que los grupos puedan trabajar independientemente de su ubicación. Desde el punto de vista del usuario, este enfoque proporciona una red físicamente heterogénea con aspecto de un recurso homogéneo.

## **Repetidor**

Se utilizan para resolver los problemas de longitudes máximas de los segmentos de red (su función es extender una red más allá de un segmento). No obstante, hay que tener en cuenta que, al retransmitir todas las señales de un segmento a otro, también retransmitirán las colisiones. Estos equipos sólo aíslan entre los segmentos los problemas eléctricos que pudieran existir en algunos de ellos. Con un repetidor modular se puede centralizar y estructurar todo el cableado de un edificio, con diferentes medios, adecuados según el entorno, y las conexiones al exterior.

## **Puentes**

Estos equipos se utilizan asimismo para interconectar segmentos de red, (amplía una red que ha llegado a su máximo, ya sea por distancia o por el número de equipos) y se utilizan cuando el tráfico no es excesivamente alto en las redes pero interesa aislar las colisiones que se produzcan en los segmentos interconectados entre sí.

Esto lo hace de la siguiente forma: Escucha los paquetes que pasan por la red y va configurando una tabla de direcciones físicas de equipos que tiene a un lado y otro (generalmente tienen una tabla dinámica), de tal forma que cuando escucha en un segmento un paquete de información que va dirigido a ese mismo segmento no lo pasa al otro, y viceversa.

El número máximo de puentes en cascada es de siete; no pueden existir bucles o lazos activos, es decir, si hay caminos redundantes para ir de un equipo a otro, sólo uno de ellos debe estar activo, mientras que el redundante debe ser de backup.

## **Routers - Enrutadores**

Pueden filtrar protocolos y direcciones a la vez. Los equipos de la red saben que existe un router y le envían los paquetes directamente a él cuando se trate de equipos en otro segmento. Además los routers pueden interconectar redes distintas entre sí; eligen el mejor camino para enviar la información, balancean tráfico entre líneas, etc. El router trabaja con tablas de encaminamiento con la información que generan los protocolos, deciden si hay que enviar un paquete o no, deciden cual es la mejor ruta para enviar un paquete o no, pueden contener filtros a distintos niveles, etc. Poseen una entrada con múltiples conexiones a segmentos remotos, garantizan la fiabilidad de los datos y permiten un mayor control del tráfico de la red. Su método de funcionamiento es el encapsulado de paquetes. Para interconectar un nuevo segmento a nuestra red, sólo hace falta instalar un router que proporcionará los enlaces con todos los elementos conectados.

## **Gateway – Puerta de Enlace**

También llamados traductores de protocolos, son equipos que se encargan, como su nombre indica, a servir de intermediario entre los distintos protocolos de comunicaciones para facilitar la interconexión de equipos distintos entre sí. Una computadora que conecta dos tipos diferentes de redes de comunicaciones. Realiza la conversión de protocolos de una red a otra. Por ejemplo, una puerta de acceso podría conectar una red LAN de computadoras. Nótese la diferencia con el puente, el cual conecta redes similares

### 1.3 Interacción entre redes

La interacción entre redes es una colección de redes individuales conectadas por dispositivos de red intermedios, y que funciona como una larga red sencilla. Interacción entre redes se refiere a la industria, a los productos y a los procedimientos que encuentran el reto de crear y administrar diferentes tipos de redes. La figura 1.3.1 ilustra algunas de los diferentes tipos de tecnologías de redes que pueden ser interconectadas por routers y otros dispositivos de red para crear la interacción entre las redes.

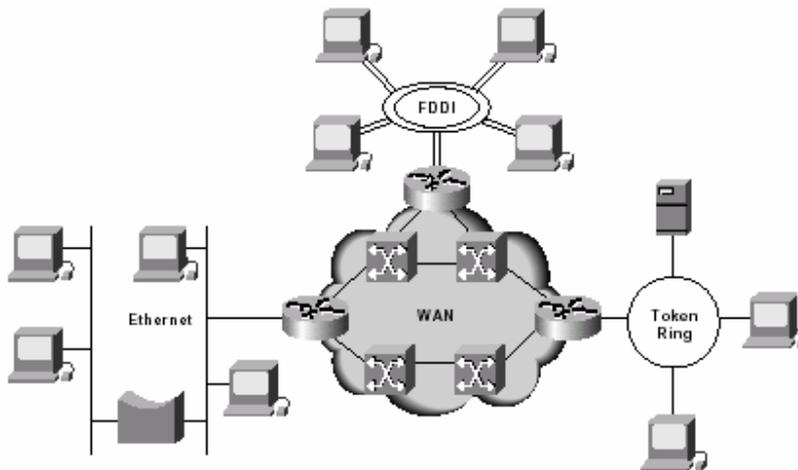


Figura 1.3.1

La interacción entre redes evoluciona como una solución a tres problemas claves: LANs aisladas, recursos duplicados y a la falta de administración de redes. LANs aisladas hicieron que las comunicaciones electrónicas entre diferentes oficinas o departamentos fueran imposibles. Los recursos duplicados significan que el mismo hardware y software tiene que ser aprovisionado a cada oficina o departamento. Esta falta de administración de redes significa que no hay método centralizado para el manejo y solución de problemas de las redes.

Implementar una interacción de redes funcional no es una tarea simple. Muchos retos deben de ser enfrentados, especialmente en el área de conectividad, confiabilidad, administración de la red y flexibilidad. Cada área es clave al establecer una interacción de redes eficiente.

El reto cuando se conectan varios sistemas es soportar las comunicaciones entre diferentes tecnologías. Diferentes sitios, por ejemplo, pueden usar diferentes tipos de medios operando en velocidades variables o pueden incluir diferentes tipos de sistemas que necesiten comunicarse.

Debido a que las compañías dependen fuertemente en las comunicaciones de datos, la interacción de redes debe proveer cierto nivel de confiabilidad. Este es un mundo impredecible, por lo tanto la interacción entre redes debe incluir redundancia para permitir la comunicación aún cuando surjan problemas.

Además, la administración entre redes debe proveer soporte centralizado y capacidad de solventar problemas en la interacción. La configuración, seguridad, desempeño y otros puntos deben de ser adecuadamente direccionados para que la interacción funcione suavemente.

Seguridad dentro de la interacción de redes es esencial. Mucha gente piensa en la seguridad de las redes desde la perspectiva de proteger redes privadas de ataques de afuera. De todas maneras, es tan importante proteger la red de ataques internos, especialmente porque las brechas de seguridad se abren desde adentro. Las redes también deben de ser aseguradas para que la red interna no pueda ser usada como herramienta para atacar otros sitios externos.

En el año 2000, muchos de los mas grandes sitios de Internet fueron victimas de ataques, estos ataques fueron posibles porque un gran numero de redes privadas conectadas al Internet no fueron debidamente aseguradas. Estas redes privadas fueron usadas como herramientas de los atacantes. Porque nada en este mundo se estanca, la interacción entre redes debe ser lo suficientemente flexible para cambiar con las nuevas demandas.

### 1.3.1 Modelo de referencia para la interconexión de sistemas abiertos

El modelo de referencia para la interconexión de sistemas abiertos OSI (Open System Interconnection – Interconexión Abierta de Sistemas) describe como la información de una aplicación de software en una computadora se mueve a través de los medios dentro de una red a otra computadora. El modelo de referencia OSI es un modelo conceptual compuesto de siete capas, cada una especificando una función particular de la red. Este modelo fue desarrollado por la Organización Internacional para la Estandarización ISO (International Organization for Standardization) en 1984, y es ahora considerado el modelo de arquitectura primario para las comunicaciones entre computadoras. El modelo OSI divide las tareas envueltas con mover información entre computadoras en red en siete menores, mejor manejables grupos de tareas. Una tarea o un grupo de tareas es entonces asignada a cada uno de las siete capas del modelo OSI. Cada capa es razonablemente contenida en si misma para que las tareas asignadas en cada capa puedan ser implementadas independientemente. Esto permite la solución a una capa sin afectar a las demás. La siguiente lista detalla las siete capas del modelo de referencia para la interconexión de sistemas abiertos (OSI):

• Layer 7	Application	-	Aplicación
• Layer 6	Presentation	-	Presentación
• Layer 5	Session	-	Sesión
• Layer 4	Transport	-	Transporte
• Layer 3	Network	-	Red
• Layer 2	Data link	-	Enlace de datos
• Layer 1	Physical	-	Física

Las siete capas del modelo de referencia OSI pueden ser divididas en dos categorías: las capas superiores y las capas inferiores.

Las capas superiores del modelo OSI trata con asuntos de aplicación y generalmente son implementadas por software. La capa mas alta, la de aplicación, es la mas cercana al usuario final. Ambos, usuario y aplicación interactúan por medio de software que contiene una componente de comunicación. Las capas superiores son las de sesión, presentación y aplicación.

Las capas inferiores del modelo OSI tratan con los asuntos de transportación. La capa física y la de enlace de datos son implementadas en hardware y software. La capa mas baja, la física, es la

mas cercana al medio físico (el cable de red por ejemplo), y es responsable de poner la información al medio.

Para comunicar dos sistemas, ambos tienen el mismo modelo de capas. La capa más alta del sistema emisor se comunica con la capa más alta del sistema receptor, pero esta comunicación se realiza vía capas inferiores de cada sistema. La única comunicación directa entre capas de ambos sistemas es en la capa inferior (capa física).

## **Capas del modelo OSI**

### **Capa física**

Se encarga de pasar bits al medio físico y de suministrar servicios a la siguiente capa. Para ello debe conocer las características mecánicas, eléctricas, funcionales y de procedimiento de las líneas.

### **Capa de enlace de datos**

Esta capa debe encargarse de que los datos se envíen con seguridad a su destino y libres de errores. Cuando la conexión no es punto a punto, esta capa no puede asegurar su cometido y es la capa superior quien lo debe hacer.

### **Capa de red**

Esta capa se encarga de enlazar con la red y encaminar los datos hacia sus lugares o direcciones de destino. Para esto, se produce un diálogo con la red para establecer prioridades y encaminamientos. Esta y las dos capas inferiores son las encargadas de todo el proceso externo al propio sistema y que están tanto en terminales como en enlaces o repetidores.

### **Capa de transporte**

Esta capa se encarga de que los datos enviados y recibidos lleguen en orden, sin duplicarse y sin errores. Puede ser servicio de transporte orientado a conexión (conmutación de circuitos o circuitos virtuales) o no orientado a conexión (datagramas).

### **Capa de sesión**

Se encarga de proporcionar diálogo entre aplicaciones finales para el uso eficiente de las comunicaciones. Puede agrupar datos de diversas aplicaciones para enviarlos juntos o incluso detener la comunicación y restablecer el envío tras realizar algún tipo de actividad.

### **Capa de presentación**

Esta capa se encarga de definir los formatos de los datos y si es necesario, procesarlos para su envío. Este proceso puede ser el de compresión o el de paso a algún sistema de codificación. En resumen, se encarga de la sintaxis.

## Capa de aplicación

Esta capa acoge a todas las aplicaciones que requieren la red. Permite que varias aplicaciones compartan la red .

## Comunicación entre sistemas

Información que es transferida de una aplicación de software en una computadora al software de aplicación en otra debe pasar por las capas OSI. Por ejemplo, si una aplicación de software en el sistema A tiene información a transmitir a una aplicación de software en el sistema B, el programa de aplicación en el sistema A pasa su información a la capa de aplicación (Capa 7) del sistema A. La capa de aplicación entonces pasa la información a la capa de presentación (Capa 6), que pasa los datos a la capa de sesión (Capa 5), y así hasta la capa física (Capa 1). En la capa física, la información es puesta en el medio físico de la red y es enviada a través del medio al sistema B. La capa física del sistema B remueve la información del medio físico, y luego pasa la información a la capa de enlace de datos (Capa 2), que a su vez la pasa a la capa de red (Capa 3), y así hasta la capa de aplicación (Capa 7) del sistema B. Finalmente, la capa de aplicación del sistema B pasa la información al programa de aplicación para completar el proceso de comunicación.

## Interacción entre capas del modelo

Una capa dada del modelo OSI generalmente se comunica con otras tres capas OSI: la capa directamente arriba de ella, la directamente abajo, y a su misma capa pero del otro lado de la red. La capa de enlace de datos del sistema A, por ejemplo, se comunica con la capa de red del sistema A, la capa física del sistema A y a la capa de enlace de datos del sistema B. La figura 1.3.2 ilustra este ejemplo.

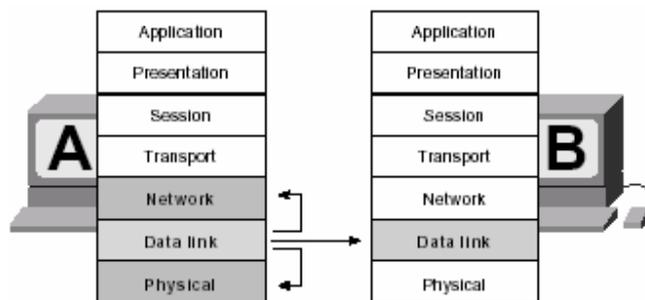


Figura 1.3.2

## Intercambio de información entre capas del modelo OSI

Las siete capas del modelo OSI usan varias formas de información de control para comunicarse con su misma capa en otros sistemas. Esta información de control consiste en peticiones e instrucciones específicas entre la misma capa.

La información de control típicamente toma la forma de encabezado (header) o cola (trailer). Los datos parten del emisor y cada capa le adjunta datos de control (header) hasta que llegan a la capa física. En esta capa son pasados a la red y recibidos por la capa física del receptor. Luego

irán siendo captados los datos de control de cada capa y pasados a una capa superior. Al final, los datos llegan limpios a la capa superior. La figura 1.3.3 ilustra el proceso.

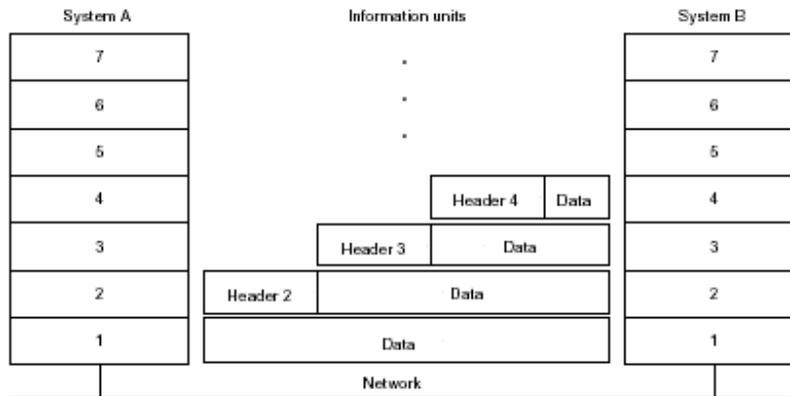


Figura 1.3.3

## Protocolos

El modelo OSI es conceptual para la comunicación entre computadoras, pero el modelo en si no es un método de comunicación. Las comunicaciones son posibles gracias al uso de protocolos de comunicación. En el contexto de intercambio de datos, el protocolo es un juego de reglas y convenciones que gobierna como las computadoras intercambian información sobre un medio en red. Un protocolo implementa las funciones de una o mas de las capas del modelo OSI.

Existe una amplia variedad de protocolos. Algunos de estos protocolos incluyen protocolos LAN, WAN y protocolos de enrutamiento. Los protocolos LAN operan en la capa física y de enlace de datos del modelo OSI y define la comunicación sobre varios medios LAN. Protocolos WAN operan en las tres capas mas bajas del modelo OSI. Los protocolos de enrutamiento trabajan en la capa de red y son responsables del intercambio de información entre routers para que estos puedan seleccionar el camino apropiado en la red.

### 1.3.2 Jerarquía de las redes

Las grandes redes típicamente están organizadas en jerarquías. Una organización jerárquica provee ventajas como facilidad de administración, flexibilidad y reducción de tráfico innecesario. Entonces, la Organización Internacional de Estandarización (ISO) ha adoptado un numero de terminologías y convenciones para del direccionamiento de entidades de la red. Términos claves son definidos en esta sección como sistema terminal (ES - end system), sistema intermedio (IS - intermediate system), área y sistema autónomo (AS - autonomous system).

Un ES es un dispositivo de red que no realiza direccionamiento (routing) o alguna otra función de adelantamiento de tráfico. Típicos ES incluyen dispositivos como terminales, computadoras personales e impresoras.

Un IS es un dispositivo de red que realiza direccionamiento o alguna otra función de adelantamiento de tráfico. Típicos IS incluye dispositivos como routers, switches y bridges (puentes). Existen dos tipos de redes IS: IS de intra dominio e IS de ínter dominio. Un IS de intra

dominio comunica con un sistema sencillo autónomo, mientras un IS de íter dominio se comunica entre sistemas autónomos.

Un área es un grupo lógico de segmentos de red y sus dispositivos ligados. Las áreas son subdivisiones de los sistemas autónomos (ASs).

Un AS es una colección de redes dentro de una administración común que comparten una estrategia de enrutamiento. Los sistemas autónomos son subdivididos en áreas y un AS es a veces llamada dominio.

La figura 1.3.7 ilustra una red jerárquica y sus componentes.

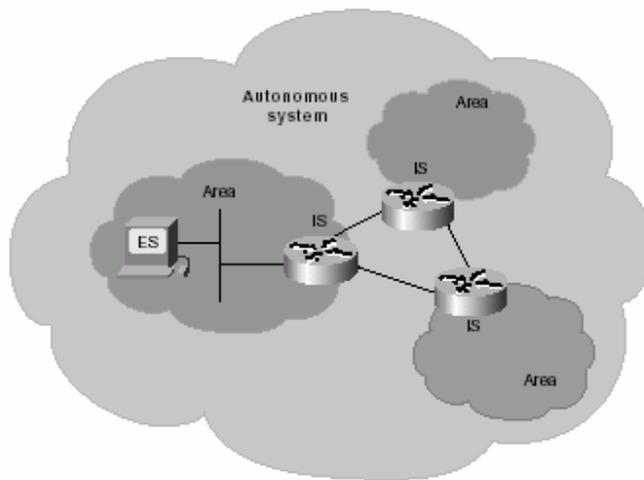


Figura 1.3.7

### 1.3.3 Redes orientadas y no orientadas a la conexión

En general, los protocolos de transporte pueden ser caracterizados como orientados a la conexión o no orientados a la conexión. Los servicios orientados a la conexión deben primero establecer una conexión con el servicio deseado antes de pasar ninguna información. Un servicio no orientado a la conexión puede enviar información sin necesidad de establecer una conexión primero. En general, un servicio orientado a la conexión provee un cierto nivel de garantía de entrega donde un servicio no orientado a la conexión no.

Los servicio orientados a la conexión envuelven tres fases: establecimiento de la conexión, transferencia de datos y terminación de la conexión.

Durante el establecimiento de la conexión, los nodos terminales pueden reservar recursos para la conexión. La fase de transferencia de datos ocurre cuando la información es transmitida sobre la conexión. Durante la transferencia de datos, la mayoría de los servicios orientados a la conexión monitorean los paquetes perdidos y se encargan de reenviarlos. El protocolo es generalmente también responsable de poner los paquetes en la secuencia correcta antes de pasar los datos. Cuando la transferencia de datos es completa, los nodos terminales terminan la conexión y se liberan los recursos reservados para la conexión.

Los servicios orientados a la conexión tienen mayor tamaño en la información de control que los sistemas no orientados a la conexión. Los sistemas orientados a la conexión deben negociar una conexión, transferencia de datos y terminar una conexión, mientras los no orientados a la conexión pueden simplemente enviar la información sin mucha información de control para crear y terminar una conexión. Cada uno tiene su lugar en la interacción de redes.

### 1.3.4 Direccionamiento entre redes

El direccionamiento entre redes identifica los dispositivos separadamente o como miembros de un grupo. Los esquemas de direccionamiento varían dependiendo de la familia de protocolos y de la capa del modelo OSI. Tres tipos de direccionamiento entre redes son comúnmente usados: direccionamiento en la capa de enlace de datos, direccionamiento control de acceso al medio (MAC - media access control), y direccionamiento de capa de red.

#### Direccionamiento en la capa de enlace de datos

El direccionamiento en la capa de enlace de datos identifica únicamente cada conexión física de la red de un dispositivo. Este direccionamiento es referido como físico o de hardware. Los sistemas terminales generalmente solo tienen una conexión física a la red y entonces solo tienen una dirección de enlace de datos. Routers y otros dispositivos de interacción de redes típicamente tienen múltiples conexiones físicas a la red y por eso tienen múltiples direcciones de enlace de datos. La figura 1.3.8 ilustra como cada interfase en un dispositivo es únicamente identificada por una dirección de enlace de datos.

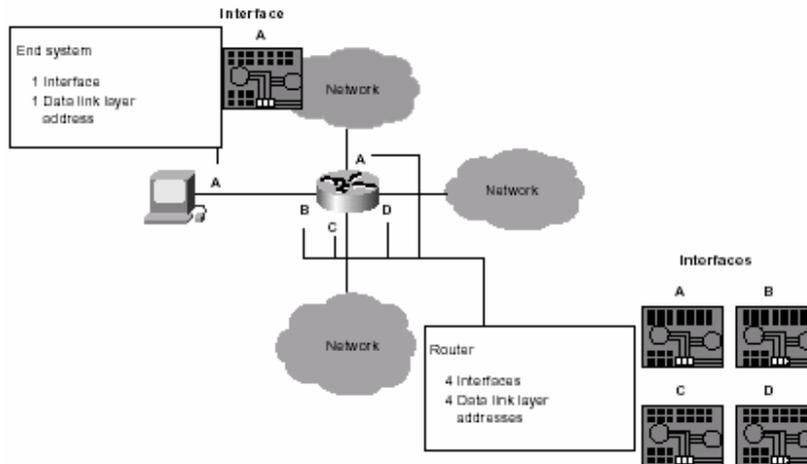


Figura 1.3.8

#### Direccionamiento MAC

Las direcciones MAC consisten en un subconjunto de las direcciones de la capa de enlace de datos. Direcciones MAC identifican las entidades de la red LAN que implementan las direcciones IEEE MAC en la capa de enlace de datos. Como en la mayoría de las direcciones en la capa de enlace de datos, las direcciones MAC son únicas para cada interfase LAN. La figura 1.3.9 ilustra las

relaciones entre las direcciones MAC, direcciones de enlace de datos y las subcapas IEEE de la capa de enlace de datos.

Las direcciones MAC son de 48bits de longitud y son expresadas en 12 dígitos hexadecimales. Los primeros 6 dígitos hexadecimales , son administrados por la IEEE, e identifican al fabricante y comprende el Identificador Único Organizacional (OUI - Organizationally Unique Identifier ). Los últimos 6 dígitos hexadecimales comprenden el numero serial de la interfase, o otro valor administrado por el fabricante en específico. Por eso cada dispositivo dentro de la red tiene un identificador único dentro de todos los equipos existentes. La 1.3.9 ilustra el formato de la dirección MAC.

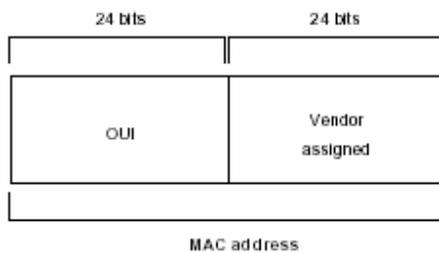


Figura 1.3.9

### Mapeo de direcciones

Debido a que la interacción entre redes generalmente usa direcciones de red para el enrutamiento de tráfico alrededor de la red, hay una necesidad de apear las direcciones de red a las direcciones MAC. Cuando la capa de red ha determinado la dirección de red de la estación destino, debe mapear la información sobre la red física utilizando una dirección MAC.

Diferentes protocolos usan diferentes métodos para determinar la dirección MAC de un dispositivo. Los siguientes dos métodos son usualmente utilizados. El Address Resolution Protocol (ARP) mapea las direcciones de red a las direcciones MAC. El protocolo Hello (Hola) permite a los dispositivos de red aprender las direcciones MAC de otros dispositivos de la red.

### Direccionamiento en la capa de red

El direccionamiento en la capa de red identifica una entidad en la capa de red del modelo OSI. Las direcciones de red usualmente existen dentro de una jerarquía de direcciones y a veces son llamadas direcciones virtuales o lógicas. La relación entre direcciones de red y dispositivo es lógica y no es física; es típicamente basada ya sea en características físicas de la red (el dispositivo esta en un segmento en particular en la red) o debido a grupos que no tienen bases físicas. Los sistemas terminales requieren una dirección de capa de red por cada protocolo de capa de red que soportan. (Esto asume que el dispositivo tiene una única conexión física). Routers o otros dispositivos de interacción de redes requieren una dirección en la capa de red por cada conexión física para cada protocolo en la capa de red. Por ejemplo, un router con tres interfaces corriendo AppleTalk, TCP/IP y OSI deben de tener tres direcciones en la capa de red por cada interfase. El router entonces tiene nueve direcciones de red. La figura 1.3.10 ilustra este ejemplo

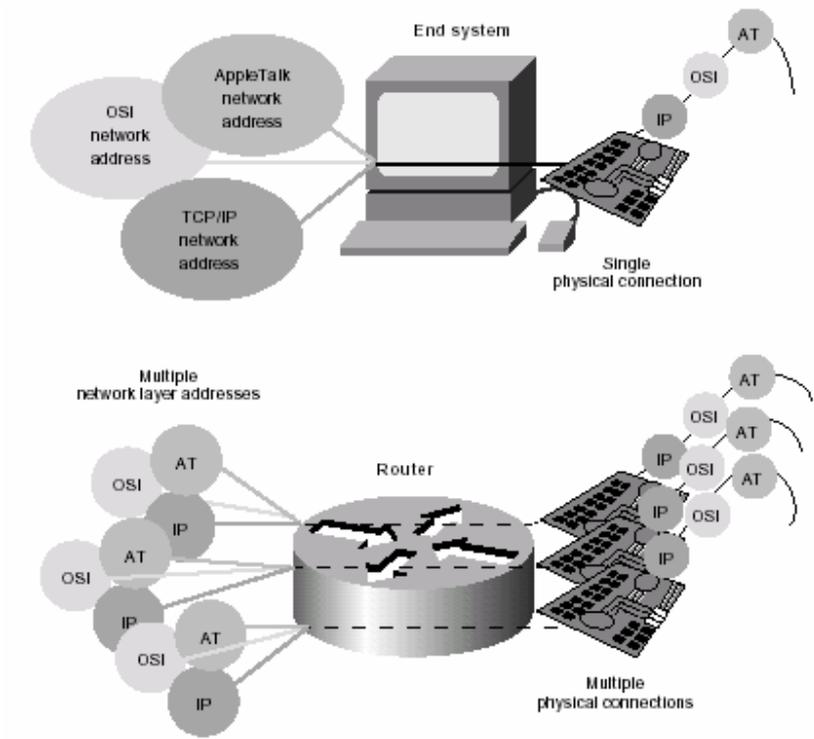


Figura 1.3.10

# Capítulo II. GPRS

## 2.1 Introducción

Aunque redes telefónicas móviles comerciales han existido desde los años 40s, muchos consideran las redes analógicas de fines de los años 70s en Estados Unidos (en Europa a principios de los años 80s) como la primera generación (1G) de redes inalámbricas. Estas redes fueron diseñadas de una manera similar a su contraparte fija, donde una imagen analógica del sonido era transmitida sobre el aire a través de las redes. El receptor y el transmisor son sintonizados a la misma frecuencia, y la voz transmitida tiene una variación alrededor de un pequeño ancho de banda para crear un patrón que el receptor pueda reconstruir, amplificar, y mandar a la bocina. Aunque esta tecnología es una verdadera revolución en el área de movilidad, estos sistemas tienen serios defectos. Los usuarios que se encontraban viajando se desconectaban cuando salían del área de cobertura, y por lo tanto se tenían que volver a conectar. La característica de traspaso de llamadas (*handover*), que hace posible para un teléfono móvil cambiar la antena con la que recibe y transmite al cambiar de área de cobertura no estaba disponible, y esta falta de tecnología limitaba seriamente la movilidad. Otro problema era la falta de eficiencia, ya que muy pocos usuarios podían hacer uso del espectro disponible (rango de frecuencia) al mismo tiempo. Los componentes que eran usados eran grandes y caros, y en consecuencia, los teléfonos parecían ladrillos.

A pesar de estos retos, los sistemas analógicos tuvieron éxito en los Estados Unidos (en los estándares de aquellos días), y los consumidores pudieron utilizar sus teléfonos a lo largo y ancho del Norte América. Así como los sistemas crecieron, los operadores sumaron complejidad y carga al sistema lo que resulto en el desarrollo de un estándar común para la base de la red: TIA-IS-41. La red base es la infraestructura que transporta la llamada de voz a y desde un usuario móvil y otro usuario en otra red ya sea móvil o fija.

En Europa, se desarrollaron no menos de nueve diferentes estándares en competencia durante los 80s. El servicio para viajeros (*roaming*) a lo largo de Europa no era más que un sueño en este punto. Los europeos vieron la necesidad de un sistema completamente nuevo, y crearon un instituto para el desarrollo de una nueva solución digital. El nuevo estándar, *Groupe Spéciale Mobile* (GSM), fue construido como la contraparte inalámbrica del sistema terrestre ISDN (*Integrated Services Digital Network*), posteriormente el acrónimo cambio a ser *Global System for Mobile Communications*. Veintiséis compañías telefónicas en Europa estandarizaron el sistema, los países y las compañías se dieron cuenta del poder de un estándar sin fronteras y la cantidad de dinero y energía que serían desperdiciados si se intentaba dominar el mercado individualmente.

Los resultados de estos y otros proyectos con relación a la digitalización de la telefonía inalámbrica condujeron a cuatro diferentes sistemas de comunicaciones inalámbricas de segunda generación 2G.

- TDMA: *Time Division Multiple Access*, donde el teléfono puede escoger modo analógico o digital.
- CDMA: *Code Division Multiple Access*, introducida por Qualcomm a mediados de los años 90, ahora mejor conocida como *cdmaOne*.
- GSM: Estándar dominante en Asia y Europa con una alta cantidad de servicios adicionales.

- PDC: *Personal Digital Cellular*, de Japón.

Número de suscriptores de 2G en Agosto del 2000

Sistema	Suscriptores
GSM	362 millones
CdmaOne	72 millones
PDC	48.8 millones
TDMA	54.3 millones

La digitalización hizo posible apretar mas suscriptores en el mismo espectro de radio, así incrementando la eficiencia. La tecnología de microprocesadores facilita el desarrollo de teléfonos pequeños y ligeros e incrementó en todos los niveles las características de estos. Estas incluyen correo de voz, llamada en espera y mensajes escritos SMS (*Short Message Service*). Los SMS permiten transmitir mensajes de hasta 160 caracteres de largo. A finales de la década de los 90s los operadores de GSM vieron un asombroso crecimiento en el uso de los SMS. A finales del año 2000 casi 15 millones de mensajes SMS eran enviados cada mes en Alemania nada mas.

El siguiente paso significa alcanzar los sistemas inalámbricos de tercera generación (3G), y el interés es de que además de que estas redes tengan localización de usuarios (*roaming*) global, es el de aumentar las tasas de transferencia de bits y una mayor calidad en el servicio(QoS). Los trabajos en los conceptos de 3G empezaron a principio de los 90s, cuando en paralelo la ola del Internet comenzó. Por lo tanto, la visión inicial fue de crear un sistema global inalámbrico de alta velocidad y calidad como complemento al Internet. En la actualidad se tienen tres ramas de estándares de 3G y el esfuerzo por converger debe de comenzar. Estos tres estándares con WCDMA, CDMA2000 y *Enhanced Data rates for Global Evolution* (EDGE).

### **Tecnología inalámbrica e Internet.**

Debido a los efectos simultáneos de la apertura a la innovación tecnológica y la desregulación de la industria, la demanda para soluciones de comunicaciones esta explotando. La evidencia mas visible es la explosión del Internet y el e-commerce. Sin embargo, la demanda de los usuarios de telefonía inalámbrica es menos apreciada. Tomo un siglo instalar 700 millones de líneas telefónicas. Otros 700 millones serán desplegadas en los próximos 20 años.

Aunque la mayoría de estas líneas serán teléfonos inalámbricos, la demanda por comunicaciones por medio de cables esta también explotando, debido en parte a la necesidad de acceso a Internet.

Para el año 2006, podemos esperar que mas de 1 billón de personas eran usuarios móviles y 1 billón de usuarios tendrán acceso a Internet. Esto significa un aumento de 100 millones de usuarios de Internet por año. Este crecimiento no tiene precedente en el siglo pasado en la industria de las telecomunicaciones. El crecimiento fenomenal del Internet cableado apunta a la posibilidad de que los operadores inalámbricos puedan capturar algo de este mercado. Esto asume que puedan ofrecer un precio comparable así como las capacidades de desempeño. Los factores a considerar en este proceso son los siguientes:

- Los usuarios inalámbricos son un objetivo ideal suscripción para los proveedores de Internet.

- Los usuarios de Internet son un objetivo ideal de suscripción para los operadores GSM.

## 2.2 Características de GPRS

### 2.2.1 La necesidad de paquetes de datos.

El factor clave para el éxito del Internet móvil es el acceso a las redes de paquetes de datos. Cuando el Protocolo para Aplicaciones Inalámbricas (WAP *Wireless Application Protocol*) comenzó a extenderse alrededor del mundo durante el año 2000, los usuarios se quejaron de que era lento, caro e incómodo de utilizar. El hecho es que la mayoría de las características de WAP sobre GSM de las cuales los usuarios se quejaron no eran debido al desempeño de WAP, en vez, estos problemas eran típicos de las redes de circuitos conmutados. Se debe de marcar un Proveedor de Servicio de Internet ( *ISP Internet Service Provider* ) y se tienen los 9.6 Kbps en cuanto se mantenga la conexión (no se comparte esta capacidad con nadie). Para algunas aplicaciones de flujo de sonido, esta solución puede ser buena (aunque la mayoría de las aplicaciones de flujo no son de tasa de bits constante). Para sesiones por ráfagas como navegar en WAP, este esquema es ineficiente tanto para el usuario como para el operador.

La figura 2.2.1 muestra como un canal de radio, *time slot 2* o TS2, (lapso de tiempo), es asignado a un usuario y muestra los datos que son transferidos. Efectivamente, el usuario esta pagando el mismo dinero tanto cuando envía información que cuando permanece en silencio. Un lapso de tiempo tiene la capacidad que es requerida para una llamada de voz, y existen 8 time slots por cada transceptor en la estación base. Los datos por circuito conmutado siempre requieren al menos un lapso de tiempo para ser asignando durante la sesión entera, sin importar cuantos datos son transmitidos realmente.

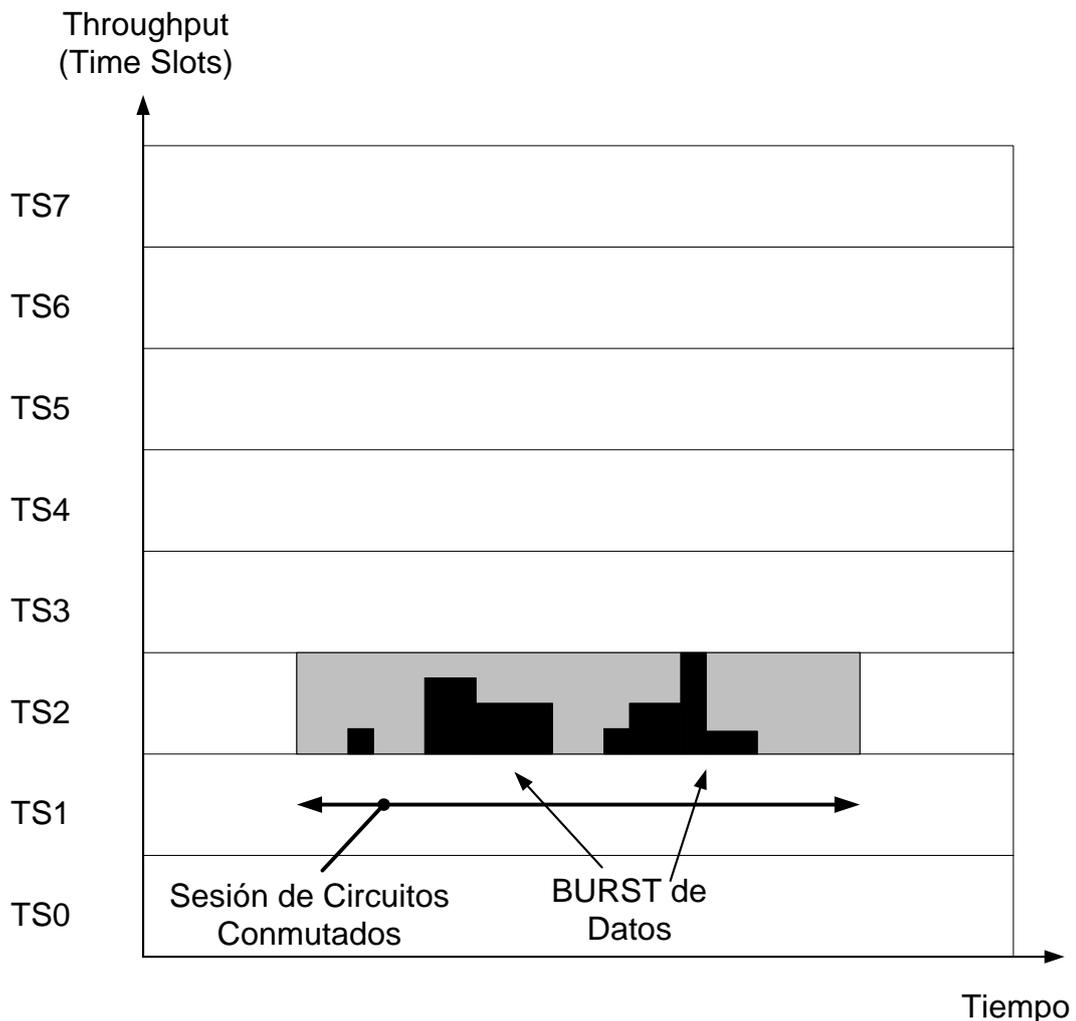


figura 2.2.1 BURST = Ráfaga

De la misma manera el operador no está utilizando su capacidad completamente, porque nadie más puede acceder la parte del canal que no es ocupada en los momentos de silencio. Esta situación es solo una parte del problema cuando se usan circuitos conmutados de datos. Como se describió anteriormente, el usuario también tiene que establecer una nueva conexión cada vez que requiera alguna información. Por ejemplo, si alguien quiere revisar el clima utilizando un teléfono con aplicación WAP, cuando termina se desconecta. Si esta persona quiere revisar el clima de otro lugar cinco minutos después, tiene que establecer una nueva conexión. El establecimiento de esta conexión toma de 20 a 40 segundos. Para resumir, las redes de circuitos conmutados son menos convenientes para sesiones de datos donde no se necesita una garantía para la tasa de datos y la cantidad de información que es enviada y recibida varía. El costo es alto tanto para el usuario como para el operador.

Introduciendo paquetes de datos en una red no solamente resuelve estos problemas, también permite a los usuarios compartir los recursos de radio. De esta manera, cuando un usuario no manda ni recibe paquetes no pone ninguna carga a la red. En GPRS, esta idea toma un paso adelante. Con paquetes de datos, los usuarios no solamente comparten la capacidad de la red el uno con el otro, sino que también comparten esta capacidad con los usuarios de voz en circuito

conmutado. Esto se ilustra en la figura 2.2.2, donde dos usuarios de datos GPRS comparten los primeros dos lapsos de tiempo (pudiendo compartir solo uno igual), sin que ninguno note que la velocidad de transmisión disminuya. En la figura 2.2.2, otros cuatro canales de circuito conmutado son colocados en el mismo periodo de tiempo. Ellos utilizan los lapsos de tiempo del tres al siete sin ser afectados por las sesiones GPRS.

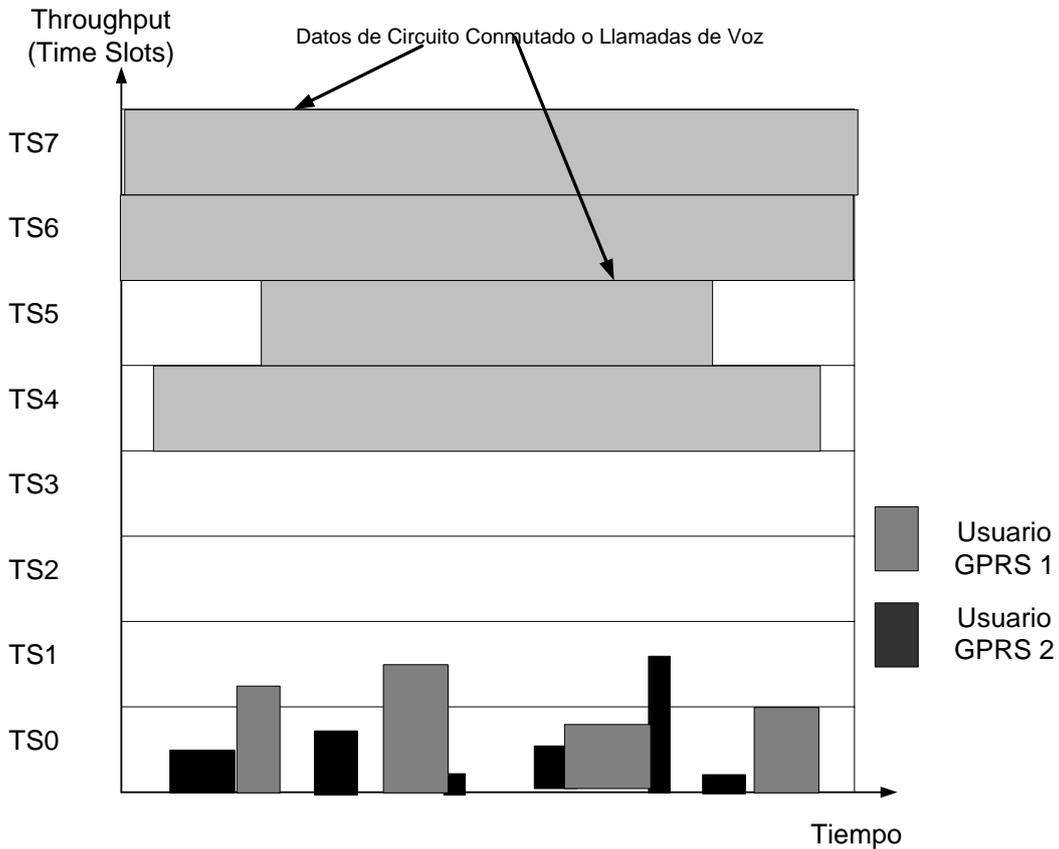


Figura 2.2.2 TRHOUGHPUT = Rendimiento

Esta característica es benéfica para el operador, quien ahora puede acomodar un mayor número de usuarios dentro de la misma red. Además, esta característica hace posible utilizar partes de la red que no se podía antes. Un dato conocido es que cuando la red de circuitos conmutado tiene carga máxima, las llamadas de algunos usuarios son bloqueadas (no se puede realizar las llamadas debido a que no hay recursos), y de todas maneras la red puede tener hasta el 40% de su capacidad sin usarse. Esta situación resulta del hecho de que existen boquetes que son creados entre la desconexión de un canal y cuando algún otro usuario intenta conectarse. Una analogía es pensar en la red de circuitos conmutados como una caja con rocas que nunca puede llenarse al 100% debido a la forma irregular de las rocas. Sin embargo, con GPRS, el número de usuarios aumenta, dando como resultado una mayor interferencia. Esta situación dificulta llegar a un 100% de utilización, pero de todas maneras representa una mejora significativa.

### 2.2.2 Características clave de GPRS

Las tres características claves de GPRS son:

- Siempre en línea
- Es una mejora a los sistemas existentes
- Es una parte integral de los sistemas 3G.

#### Característica de siempre en línea

GPRS permite al usuario siempre estar conectado y en línea sin la necesidad de pagar por minuto. Esta funcionalidad significa un tremendo cambio en el modo en que usaremos el teléfono celular. Por ejemplo, esta característica es empleada en una *Digital Subscriber Line* (DSL). Entonces esta característica no es única de GPRS, sin embargo, con la introducción de GPRS será la primera vez que las redes móviles de Internet la obtendrán. Esta funcionalidad entonces es guardada para todos los sistemas 3G porque es una de las características más importantes para las redes inalámbricas del futuro. Los usuarios son capaces de acceder a la formación de una manera mucho más fácil, ya sea con un programa navegador (WAP) o con una aplicación instalada en el dispositivo. Mientras las redes tradicionales de circuitos conmutados fuerzan al usuario a acceder a través de un proceso de dial-up, en GPRS la conexión siempre estará disponible. Es similar al uso de una PC con MODEM en conexión establecida según el número marcado *dial-up* (común en las casas) a una conexión de banda ancha (en escuelas y oficinas). La mayor diferencia (además de la velocidad) es que la conexión con banda ancha es siempre en línea y no necesita un proceso de establecimiento. La red siempre está accesible, y las aplicaciones de Internet son fáciles de usar al igual que las que corren por sí solas en la PC.

Este concepto es ilustrado en la figura 2.2.3 donde un usuario de paquetes conmutados GPRS y un usuario de circuitos conmutados GSM están iniciando una conexión al mismo tiempo. Mientras el usuario de GPRS puede empezar la sesión instantáneamente y mandar y recibir datos, el usuario de circuitos conmutados tiene que esperar un tiempo para que la conexión se inicialice. El uso de paquetes de datos abre nuevos esquemas de cobranza donde a los suscriptores se les cobra basados en el uso en vez de por la duración de la conexión. Como se puede observar en la figura 2.2.3 no es claro el comienzo y el final de la sesión de GPRS, debido a que las sesiones usualmente están activas mientras el dispositivo móvil está encendido.

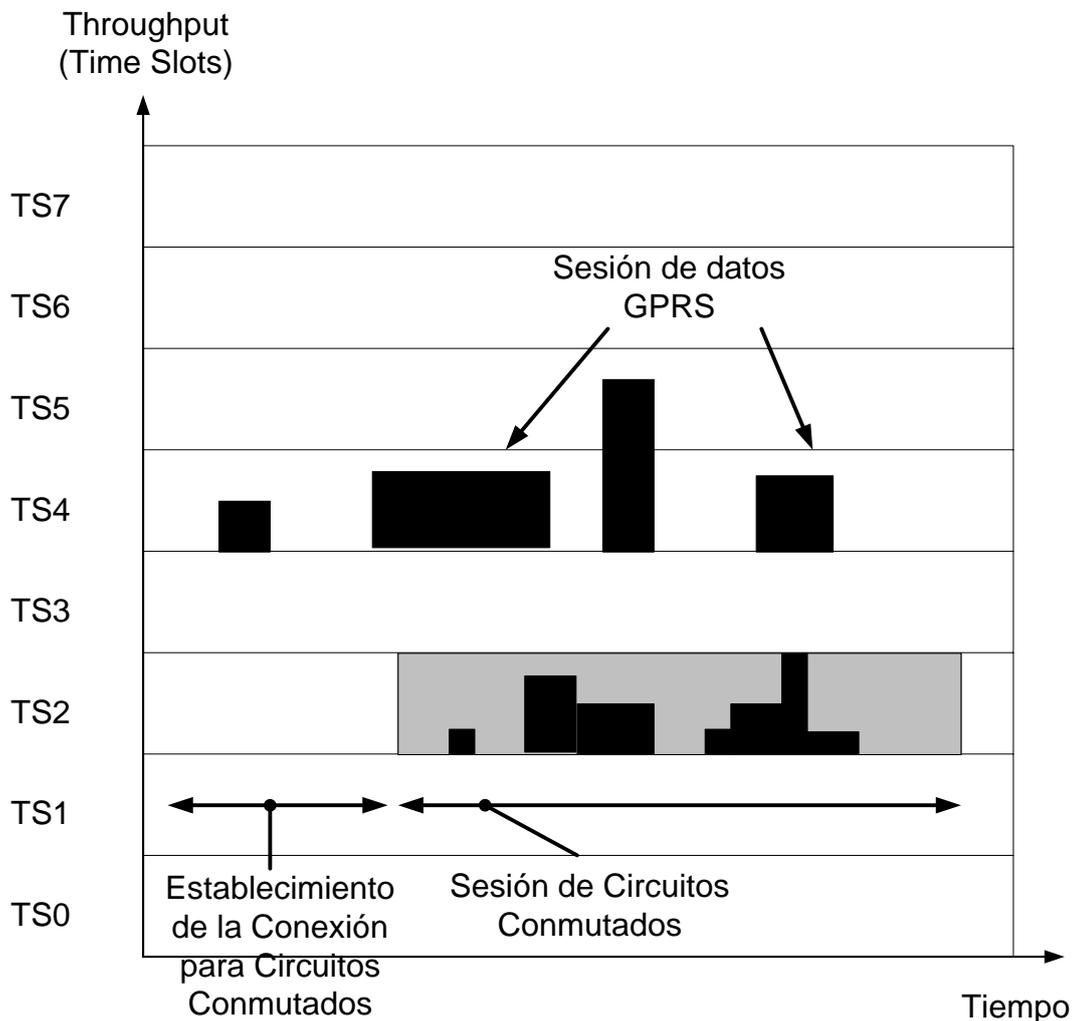


Figura 2.2.3

Para poner mayor claridad a esta nueva característica, el siguiente ejemplo muestra como para la misma aplicación, conseguir boletos para un viaje de ultimo minuto mejora con GPRS.

- **PC en Casa.** Uno va a la PC de su casa y verifica el sitio de Internet que ofrece boletos baratos para el viaje. Te conectas, esperas, y luego revisas si hay disponibles y a que precios. Puede que existan alertas de correo electrónico que te informen cuando haya una mejor tarifa o disponibilidad (los usuarios que no cuenten con banda ancha tendrán que marcar cada hora para revisar si han recibido uno de estos correos).
- **Teléfono celular GSM habilitado con WAP.** Con un teléfono de circuito conmutado, se puede acceder a un sitio similar y revisar si algo interesante aparece. Se marca y se determina si hay buenas ofertas sin importar donde te encuentres. El proceso se repite hasta que se encuentra algo interesante. Comúnmente, te desconectas una vez que verificas y té reconectas la próxima vez. De la misma manera se podría hacer una llamada telefónica normal a una central de boletos, pero el proceso es el mismo.

- **Teléfono celular con GPRS y WAP.** El teléfono GPRS siempre está en línea, entonces se puede acceder al sitio de boletos en cualquier lugar en cualquier momento. Se introducen los parámetros de búsqueda de boletos a la aplicación y esta te notifica cuando algo surja. De esta manera se puede estar en cualquier lugar relajado, sin atarse a una locación ni forzándose a revisar las ofertas regularmente.

Como se ilustra en el ejemplo previo, GPRS se mueve en nuevos patrones de utilización de los dispositivos celulares, donde la funcionalidad de siempre en línea permite que las aplicaciones hagan las tareas por nosotros. Cuando los desarrolladores de aplicaciones puedan explotar esta ventaja, nuestros dispositivos de mano serán esenciales compañeros que harán la vida más fácil para todos nosotros.

### Mejora a los sistemas existentes

GPRS no es un sistema completamente nuevo, es una mejora que le da mayor potencia a las redes GSM existentes. En otras palabras, se siguen teniendo las mismas funciones para llamadas de voz, y es también posible simultáneamente tener comunicación de voz y de datos. Esta suave migración también significa que se disfrutará en GPRS de la misma cobertura con la que cuentan actualmente las redes celulares de GSM, lo que es opuesto a construir una nueva red desde el inicio. Esta situación es posible debido a que GPRS es introducida como una simple mejora de software para los equipos de los operadores, especialmente esta mejora es aplicada en las estaciones base. En otras palabras, los operadores pueden mejorar a GPRS sin tener técnicos viajando a cada sitio celular. Solo una actualización de software es suficiente. Uno de los grandes costos para los operadores de redes es el hardware instalado en la estación base y la antena, y cuando estos recursos son reutilizados, esto se traduce en ahorros de dinero y de problemas.

La figura 2.2.4 muestra un gráfico simplificado de cómo se puede añadir GPRS encima de los sistemas GSM existentes. Debido a que la red GSM todavía provee las funcionalidades de voz sobre circuito conmutado, los usuarios existentes no experimentan una degradación en el servicio. De esta manera los teléfonos actuales funcionarán en el futuro, pero para poder acceder a las nuevas características de datos se requieren nuevos equipos.



Figura 2.2.4

## **Parte integral de los sistemas 3G**

Los nuevos sistemas móviles GPRS harán que las personas vean algunos de los beneficios reales de la Internet móvil, pero esto también creará una urgencia por tener más: más velocidad, más capacidad y mayores características. Por lo tanto, se predice que la introducción de los sistemas de 3G ocurrirá unos pocos años después a GPRS. Los sistemas 3G son solo otra mejora a las redes GSM/GPRS, sin importar si se escoge EDGE o WCDMA. La red base GPRS (*core*) maneja paquetes de datos y la funcionalidad de siempre en línea, y GPRS es entonces convenientemente mejorada con funcionalidades extras. Los accesos a los recursos de radio en EDGE/WCDMA pueden coexistir con las redes GPRS/GSM. Los operadores pueden escoger nunca mejorar la interfaz de radio en áreas rurales y solo ofrecer servicios de GSM/GPRS en estas locaciones.

El extenso trabajo de los grupos de la 3GPP (*Third Generation Partnership Project*) ha hecho también posible el mezclar redes base de un sistema con la interfaz de radio de otro sistema. En otras palabras, un operador de cdma2000 con una red base ANSI-41 par IP Móvil puede correr una interfaz de aire en WCDMA, y un operador de GPRS puede conectarse a una interfaz de aire cdma2000.

## **2.3 RED GSM**

### **2.3.1 Arquitectura de red GSM**

Una red GSM puede ser subdividida en un subsistema de estación base (*BSS Base Station Subsystem*) y el subsistema de red conmutada (*NSS Network Switching Subsystem*). La figura 2.3.1 muestra un diagrama simplificado de la arquitectura GSM.

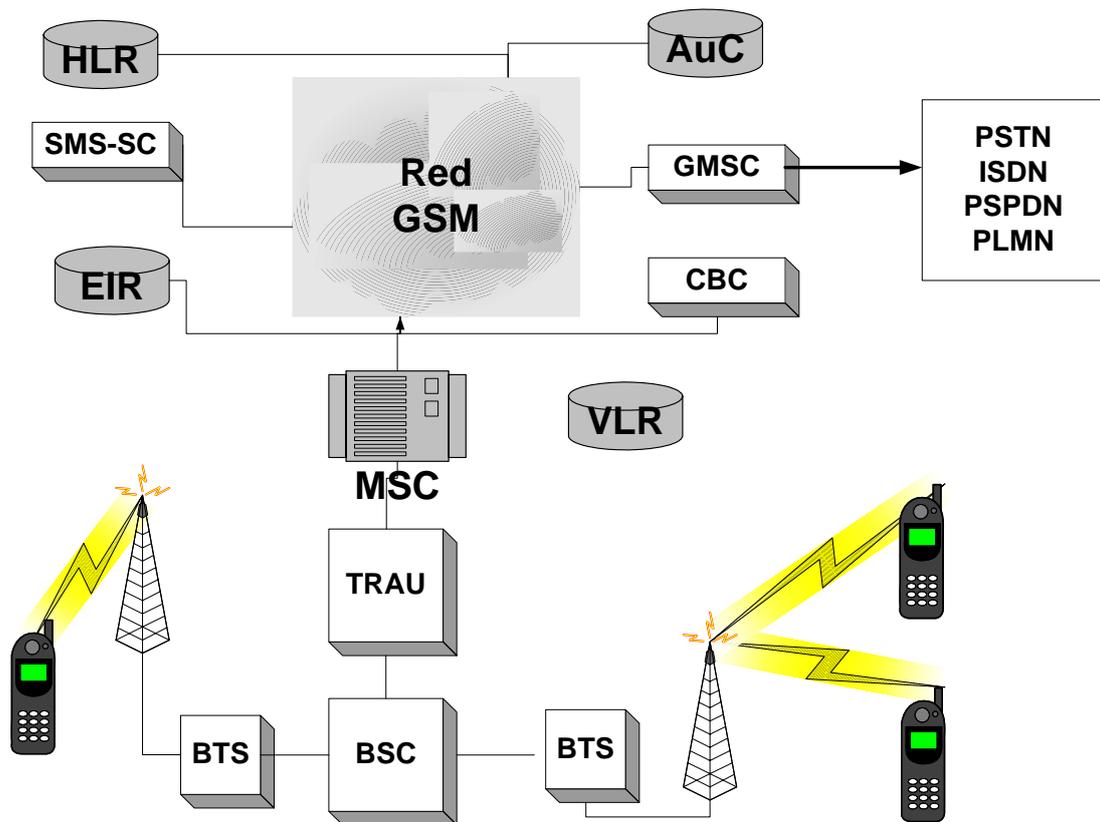


Figura 2.3.1

### Base Station Subsystem (Subsistema de Estaciones Base)

- Base Transceiver Station (Estación Base de Transmisión-Recepción)

La BSS primariamente consiste en un largo número de *Base Transceiver Stations* (BTSs) que permiten la conexión inalámbrica de las estaciones móviles a la red vía la interfase Um o de aire. Además del convertir la información en tramas (*framing*) del *Transcoding Rate Adaptation Unit* (TRAU), la BTS asume todas las funciones de capa 1 en las comunicaciones entre la red y la estación móvil. Estas funciones incluyen entre otras, codificación de canal, cifrado (solo GSM, no GPRS), y la generación de ráfagas. Otras funciones incluyen la modulación y demodulación GMSK (*Gaussian Minimum Shift Keying*).

- Base Station Controller (Estación Base de Control)

Todas las BTS de la BSS están conectadas a una estación base de control (BSC) por medio de la interfase Abis. El BSC es por definición, un conmutador de circuitos en adición al MSC, *Mobile Services Switching Center*. El BSC es visto como un relevo más adelantado del MSC para las tareas inalámbricas. Estas incluyen, en particular, la evaluación de los resultados de las mediciones entre la BTS y la estación móvil durante una conexión, los ajustes de control de potencia y traspaso de manejo de suscriptores móviles (*handover*) que resulten de estas mediciones. Adicionalmente las funciones del BSC son las de administrar los recursos en las interfaces de aire y Abis.

La BSS, como un elemento de circuitos conmutados, es un obstáculo considerable para los servicios de paquetes conmutados (GPRS). Sus funciones de intercambio son casi inusables para los servicios de paquetes conmutados. Entonces, si la BSS va a ser usada para GPRS, la BSC debe de ser modificada o se debe de añadir un elemento de red nuevo.

- TRAU Transcoding Rate and Adaptation Unit (Unidad de Tasa de Coficación y Adaptación)

La TRAU es el tercer elemento de red de la BSS. Su tarea más conocida es la compresión de voz de 64 Kbps a 16 Kbps. La otra función importante de la TRAU es la conversión de la información proveniente del MSC en las llamadas tramas TRAU. Esta conversión es llevada a cabo para fax, datos o voz. En otras palabras, toda la carga transferida entre la estación móvil y la TRAU toma lugar por medio de tramas TRAU. Estas tienen una longitud de 320 bits. Cada 20ms una trama TRAU es transmitido o recibido, logrando así canales de 16 Kbps.

### **Network Switching Subsystem (Subsistema de Red Conmutada)**

Como se mostró en la figura 2.3.1 el NSS consiste en uno o más HLRs (*Home Location Register*) un AuC (*Authentication Center*) y opcionalmente el EIR (*Equipment Identity Register*) y varios MSCs conectados a un VLR (*Visitor Location Register*). Hay que notar que el NSS es también usado por GPRS, al menos en una parte.

- HLR Home Location Register (Registro de Localización Base)

El HLR es una base de datos estática donde la información de cientos de miles de suscriptores es almacenada. Esta información incluye el número telefónico del suscriptor así como las características y limitaciones en su servicio. Para razones de movilidad (MM *Mobility Management*), lo cual es muy importante en GSM, el HLR mantiene la información de en que área de VLR el suscriptor esta actualmente registrado. Con la introducción de GPRS, se agregan nuevos registros al HLR , ya que también debe contener a que SGSN (*Service GPRS Support Node*) corresponde una estación móvil. Otros datos específicos de GPRS que deben ser almacenados en el HLR son el contexto del *Packet Data Protocol* (PDP Protocolo de Paquetes de Datos) y las características y limitaciones para el servicio GPRS.

- AuC Authentication Center (Centro de Autentificación)

Es una parte del HLR, calcula las llaves de cifrado (Kc) y resultados de la autentificación (SRES), utilizando diferentes algoritmos (A3 y A8), números al azar (RAND) y la llave del suscriptor (Ki) almacenada en el HLR. La introducción de GPRS no altera estos mecanismos de GSM. Debe notarse que el cifrado y autentificación en GPRS son controlados por el SGSN. De esta manera una estación móvil puede ser autentificada dos veces, una por el VLR y otra por el SGSN, cada uno utiliza diferentes números al azar (RAND). Consiguientemente, dos diferentes llaves Kc deben de ser almacenadas para su recuperación – una para GPRS y otra para GSM.

- MSC Mobile Switching Center (Centro Móvil de Conmutación) y VLR Visitor Location Register (Registro de Localización de Visitantes)

Antes de la introducción de GSM en los 80s, el MSC y el VLR eran concebidos como dos elementos de red independientes: el MSC como el elemento de red con funciones de control de llamada (*CC Call Control*) y el VLR con la mayor parte de las funciones para el manejo de la movilidad (*MM Mobility Management*). A principios de los 90s, después de la introducción de GSM, la independencia física entre el MSC y el VLR desapareció y para 1997 el MSC y el VLR se convirtieron del MSC/VLR. Esto no alteró el protocolo de independencia de MM y CC.

El componente central del Subsistema de Red es el *Mobile services Switching Center* (MSC – Centro de Conmutación de servicios Móviles). Actúa como una central telefónica normal de Clase 5 (CO – *Central Office*) en PSTN o ISDN. Controla las llamadas a y desde otros teléfonos o sistemas de datos. También tiene, entre otras, la tarea de la señalización de canal común y se interfase con otras redes. Es importante entender que el MSC es esencialmente un intercambiador de circuitos con algunas modificaciones para trabajar en GSM.

Además provee todas las funciones necesarias para manejar suscriptores móviles, como el registro, autenticación, actualización de la locación de usuarios (*handovers*), enrutamiento de llamadas, etc. Las funciones primarias del MSC son:

- Coordinación del establecimiento de las llamadas para todas las estaciones móviles (MS – *Mobile Station*) en su área de operación.
- Asignación dinámica de recursos.
- Registro de locación.
- Funciones de interconexión de redes. (*Internetworking*)
- Manejo de usuarios móviles. (*Handover*)
- Facturación
- Reasignación de frecuencias a las BTSs.
- Encriptación
- Cancelación del eco.
- Intercambio de señalización.
- Sincronización de la BSS.
- Puerta de enlace (*Gateway*) para los SMS.

Como central telefónica (CO), utiliza troncales digitales E1 (o de mayor capacidad) para comunicarse con las otras redes como:

- PSTN           Public Switched Telephone Network  
(Red Telefónica Pública Conmutada)
- ISDN           Integrated Services Digital Network  
(Red Digital de Servicios Integrados)
- PSPDN        Packet-Switched Public Data Network  
(Red Pública de Datos de Paquetes Conmutados)
- PLMN         Public Land Mobile Network  
(Red Móvil Pública Terrestre)

El VLR es una base de datos que contiene información temporal acerca de los suscriptores, la cual es necesaria para el MSC para dar servicio a estos. Cuando una estación móvil deambula (*roams*) en una nueva área de MSC, el VLR conectado al MSC pide al HLR la información pertinente a la estación móvil. Si después el usuario desea originar una llamada, el VLR tiene la información necesaria para establecerla sin tener que interrogar al HLR cada vez.

### **Estación Móvil (MS – *Mobile Station*)**

La estación móvil (MS) consiste de un equipo físico el cual básicamente contiene un transmisor-receptor de radio, pantalla, procesadores digitales de señales y una tarjeta inteligente llamada SIM *Subscriber Identity Module* (Módulo de Identificación del Suscriptor). La estación móvil provee la interfaz de aire al usuario de una red GSM.

- **SIM**

Una SIM provee movilidad a los usuarios para que puedan tener acceso a todos los servicios suscritos independientemente de la locación de la terminal o el uso de una terminal en específico. Al insertar la tarjeta SIM en cualquier teléfono celular GSM, el usuario puede realizar y recibir llamadas. El *International Mobile Equipment Identity* (IMEI Identidad de Equipo Móvil Internacional) identifica al equipo móvil y es diferente para cada equipo. La tarjeta SIM contiene el *International Mobile Subscriber Identity* (IMSI Identidad del Suscriptor Internacional para Móviles ) el cual identifica al usuario suscriptor, una llave secreta para autenticación, y diferentes datos del usuario. El IMEI y el IMSI son independientes, lo cual provee movilidad a las personas. Un número personal protege a la SIM contra el acceso no autorizado.

### **2.3.2 Canales**

En la operación de radios, un canal puede ser definido de diferentes maneras. Se utilizarán las siguientes definiciones:

- Canal de radio es definido por la frecuencia utilizada.
- Canal físico es indicativo del lapso de tiempo (*time slot*) utilizado.
- Canales lógicos son definidos por la función que provee.

### **Frecuencias asignadas**

En realidad los sistemas GSM pueden ser implementados en cualquier banda de frecuencias. Sin embargo, existen varias bandas disponibles para las terminales GSM. Además, las terminales GSM pueden incorporar una o más de las bandas de frecuencias GSM para facilitar la movilidad (*roaming*) global.

Dos bandas de frecuencias de 25 MHz cada una han sido designadas por la ETSI para el sistema GSM.

- La banda de 890 a 915 MHz ha sido asignada para la dirección de subida (*uplink*). Es decir transmitiendo desde la estación móvil a la estación base.
- La banda de 935 a 960 MHz ha sido asignada para la dirección de bajada (*downlink*). Es decir transmitiendo desde la estación base a la estación móvil.

La figura 2.3.2 ilustra las frecuencias.

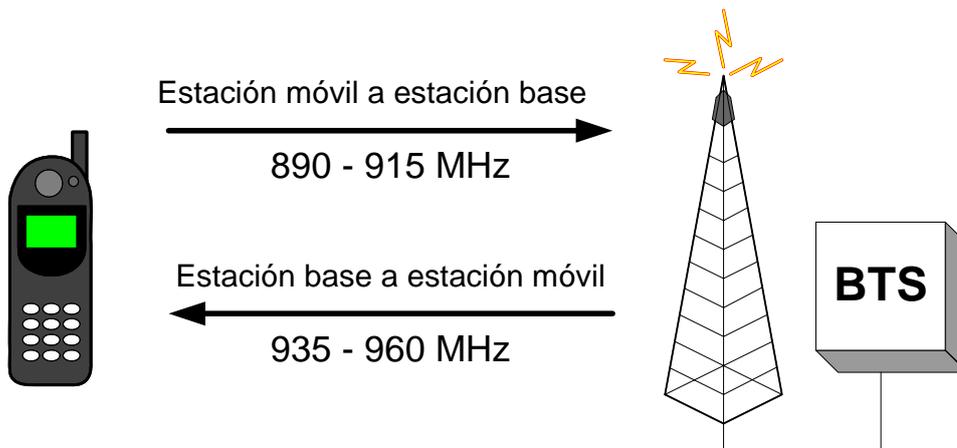
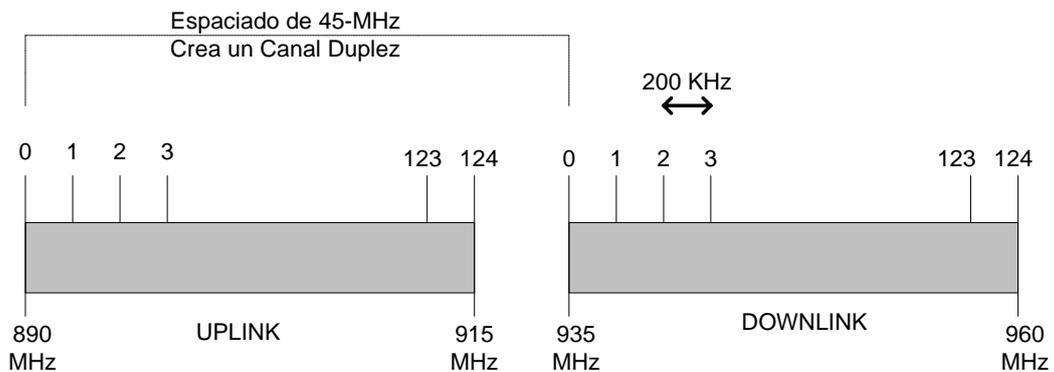


Figura 2.3.2

GSM utiliza frecuencias alrededor de los 900MHz. La banda de frecuencia utilizada es de 890MHz a 915MHz (transmisión del móvil) y 935MHz a 960MHz (transmisión de la base). El canal dúplex permite la comunicación en dos sentidos. Debido a que telefonía era el servicio primario, un canal *full-dúplex* es asignado con dos frecuencias separadas por 45MHz.

Para conseguir que un número máximo de usuarios tengan acceso, cada banda es subdividida en 125 frecuencias portadoras de 200kHz utilizando técnicas FDMA. El espectro asignado es mostrado en la figura 2.3.3, Solo 124 canales son usados, donde el canal 0 es reservado y sirve como banda de guardia contra interferencia en los canales más bajos. Cada una de estas frecuencias portadoras luego es subdividida en lapsos de tiempo utilizando TDMA. La banda de frecuencias es usualmente dividida entre dos o más proveedores de servicios cuando construyen sus redes. Los canales entonces son establecidos de 200kHz cada uno.



El canal 0 no se usa. Actua como banda de guardia

Figura 2.3.3

Cada BTS es asignada con un grupo de canales con los cuales operar. Cualquier frecuencia puede ser asignada a la BTS, así como se pueden cambiar en cualquier momento. Esto permite al sistema reasignar frecuencias como sea necesario para balancear la red. Normalmente, una BTS

puede soportar 31 canales (frecuencias), sin embargo, para operación real se asignan de 1 a 16 canales por cada BTS.

## Modulación

Para poder transportar voz en una frecuencia de radio, ya sea en forma analógica o digital, la información transmitida debe de ser propagada en el enlace de radio. La voz debe de ser colocada en la portadora. La portadora es una frecuencia de radio sencilla. El proceso de combinar una señal con información con otra señal portadora es conocido como modulación. La modulación es un proceso en el cual cambiamos la información de entrada a formato conveniente para la transmisión en el medio. Luego regresa la información a su forma original con el proceso llamado demodulación.

GSM utiliza la modulación GMSK ( *Gaussian Minimum Shift Keying*), y la información que se intercambia es de tipo digital. Para una transmisión digital en GSM, el esquema de modulación que es escogido necesita tener pocos errores a la luz del ruido e interferencia en un ambiente inalámbrico. GMSK es un esquema complejo basado en largas funciones matemáticas. La base de este esquema es la OQPSK ( *Offset Quadrature Phase Shift Keying* ), cuya ventaja es un espectro de salida angosto. Esto combinado con una técnica que minimiza la tasa de cambios de fase en la portadora para que el espectro irradiado sea todavía menor. Esto requiere una planeación muy cuidadosa de los sitios para prevenir la interferencia. Esta modulación produce sólo 1bit por símbolo. Este tipo de modulación en las frecuencias indicadas produce 270.833 ksimbolos/segundo. La tasa de transmisión de la ranura de tiempo es de 22.8Kbps. La figura 2.3.4 ilustra la distribución de los canales mediante esta modulación.

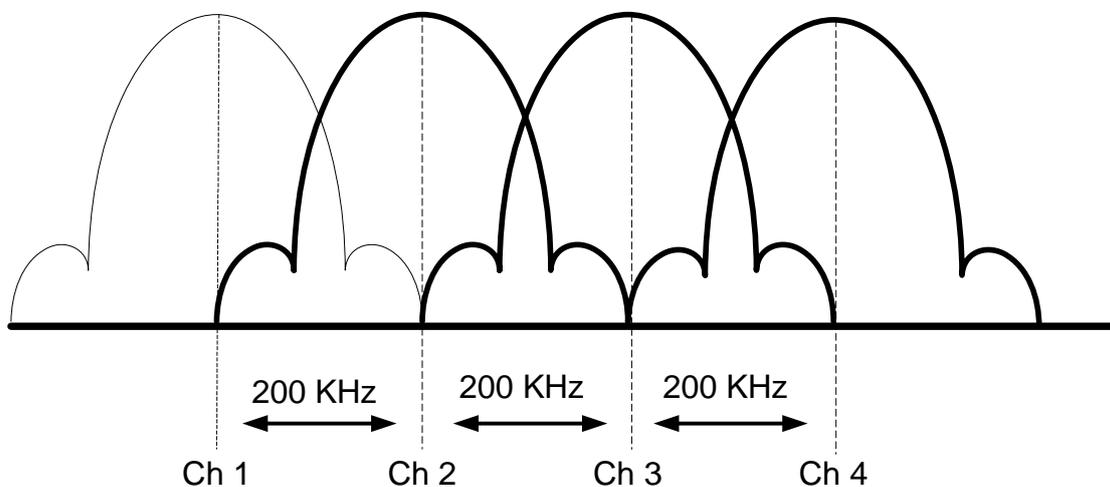


Figura 2.3.4

## Métodos de Acceso

Debido a que el espectro de radio es un recurso limitado compartido por todos los usuarios, un método debe de ser ideado para dividir el ancho de banda entre el mayor número de usuarios posibles.

GSM escoge una combinación de Acceso Múltiple Dividido en Tiempo y Frecuencia (*Time and Frequency Division Multiple Access (TDMA/FDMA)*) como método. La parte de FDMA involucra la división de frecuencia del total del ancho de banda disponible de 25MHz en 124 frecuencias portadoras de 200 kHz cada una. Una o más de estas frecuencias luego es asignada a cada estación base. Cada una de estas frecuencias portadoras es entonces dividida en el tiempo, usando el esquema TDMA en ocho lapsos de tiempo. Un lapso de tiempo es usado por el móvil para transmitir y otro para recibir. Estos están separados en el tiempo para que la unidad móvil no reciba y transmita al mismo tiempo, un hecho que simplifica la electrónica.

### FDMA

La parte de FDMA es la división de la frecuencia del total del ancho de banda de 25MHz en 124 frecuencias portadoras de 200kHz de ancho de banda. Una o más frecuencias portadoras son luego asignadas a cada estación base. Utilizando FDMA, una frecuencia es asignada a un usuario. Por lo tanto, a mayor número de usuarios en un sistema FDMA, debe de haber un mayor número de frecuencias disponibles. Como el espectro radioeléctrico disponible es limitado y el hecho de que el usuario no libera su frecuencia hasta que no la necesita más, explican porque el número de usuarios en un sistema FDMA puede ser rápidamente limitado.

### TDMA

Acceso Múltiple por División del Tiempo (*Time Division Multiple Access (TDMA)*), es una tecnología digital de transmisión que permite a un número de usuarios el acceso a un mismo canal de radiofrecuencia (RF) sin interferencia colocando un único lapso de tiempo a cada usuario dentro de cada canal. Cada una de las frecuencias portadoras es dividida en el tiempo, usando el esquema TDMA, en ocho ranuras de tiempo, como se muestra en la figura 2.3.5.

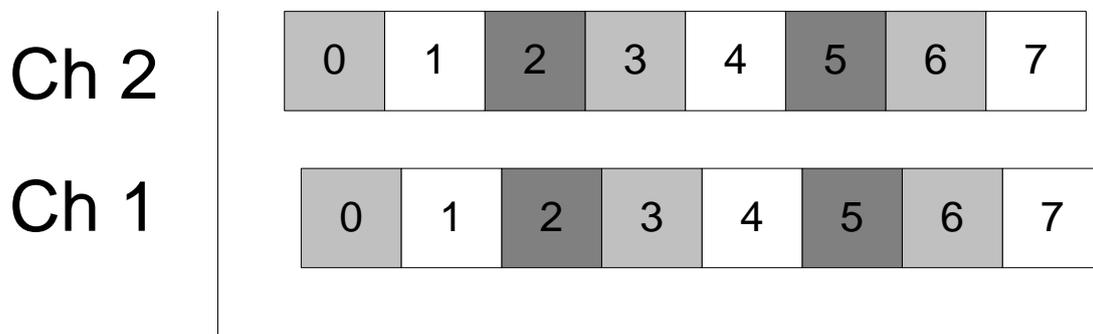


Figura 2.3.5

TDMA permite a varios usuarios compartir el mismo canal. Cada uno de los usuarios, que comparte el canal común, tiene asignada su propia ráfaga de datos dentro de un grupo llamado trama (*frame*). A diferencia de las técnicas de espectro disperso las cuales sufren de interferencia debido a que los usuarios están transmitiendo en la misma frecuencia y al mismo tiempo, la tecnología TDMA, que separa en el tiempo a los usuarios, asegura que no experimentaran interferencia debido a otras transmisiones simultáneas.

Una ráfaga de datos es una unidad de tiempo en el sistema TDMA, y dura aproximadamente 0.577ms. Una trama TDMA esta formada por ocho ráfagas y dura, consecuentemente 4.615ms. Cada una de las ocho ráfagas que forman la trama TDMA es asignada a usuarios diferentes.

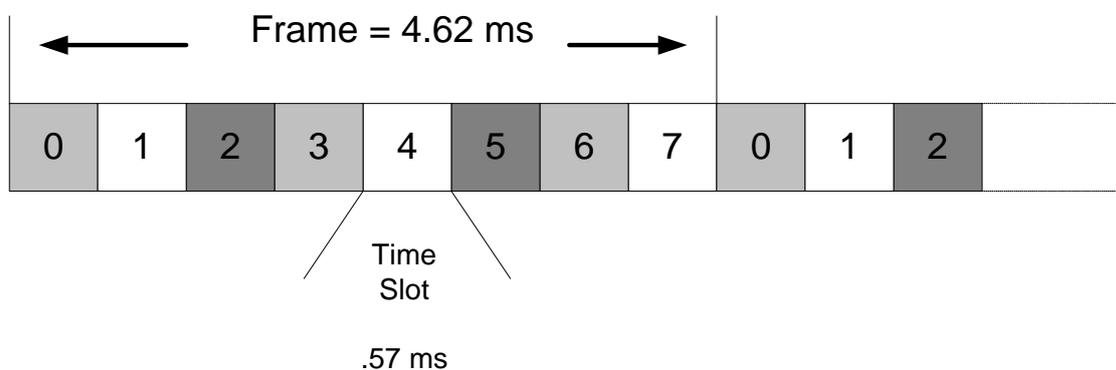


Figura 2.3.6

Un lapso de tiempo es usado para transmisión por la estación móvil y otro para la recepción. Como están separados en el tiempo la unidad móvil no puede recibir y transmitir al mismo tiempo. La separación entre lapsos de tiempo para transmisión y recepción es de 3.

### **GSM FDMA/TDMA**

Para permitir acceso a múltiples usuarios, GSM utiliza una mezcla de FDMA y TDMA. Esta combinación es usada para superar los problemas introducidos por cada uno de los esquemas. En el caso de FDMA, el ancho de banda es dividido y cada uno es asignado durante una llamada, lo cual no es eficiente cuando hay una alta demanda de usuarios. TDMA asigna un lapso de tiempo a cada usuario para utilizar la frecuencia entera. Similarmente, el sistema se sobrecarga al aumentar el número de usuarios. GSM es un esquema de acceso bidimensional, usa la arquitectura combinada FDMA y TDMA para proveer la más eficiente operación, teniendo en mente la calidad de los datos transportados y el precio de facturación. Los canales físicos son los lapsos de tiempo de TDMA y los canales de radio son las frecuencias.

### **Canales Lógicos**

GSM distingue entre los canales físicos (lapso de tiempo) y los canales lógicos (la información llevada por los canales físicos). Los lapsos de tiempo recurrentes en una portadora constituyen el canal físico, los cuales son usados por los diferentes canales lógicos para transmitir la información – la del usuario y la de señalización. Un canal corresponde a la repetición de una ráfaga en cada trama. Es definido por su frecuencia y su posición, y la ráfaga correspondiente dentro del frame TDMA. GSM tiene dos tipos de canales:

- Canales de tráfico usados para transportar voz y datos
- Canales de control usados por mensajes para administrar la red.

### **Capa Física**

Cada canal físico soporta un número de canales lógicos para tráfico y para señalización del usuario. La capa física (o capa 1) soporta las funciones requeridas para la transmisión de flujo de datos en la interfase aérea. La capa 1 también provee el acceso a las capas superiores. En el nivel físico, la mayoría de los mensajes llevados por radio son bloques de 23 octetos. Las funciones de

la capa de enlace de datos son las de multiplexión, detección y corrección de errores, control de flujo y segmentación para permitir el intercambio de largos mensajes de las capas superiores.

La interfaz de radio usa Acceso por Protocolo de Enlace (Link Access Protocol) en el canal Dm (LAPDm). Este protocolo esta basado en los principios del protocolo de ISDN.

## **2.4 General Packet Radio Service (GPRS)**

El Servicio General de Paquetes de Radio (GPRS) se presentó como una nuevo impulso al sistema GSM. Ofrece a los usuarios nuevos servicios de datos y permite a los operadores dar nuevas opciones en precios. Utiliza la infraestructura existente en la interfaz de radio en GSM, por lo tanto la inversión para los operadores es relativamente pequeña. La aparición de GPRS se dio inicialmente en 1999, donde el modelo de cobranza para el nuevo acceso a datos es revolucionario. El enfoque es estilo de “todo lo que se pueda comer”, en el cual se les cobra a los usuarios una suscripción fija (mas o menos 40 dólares mensuales) y se tiene derecho a uso ilimitado. Otro modelo es utilizado por la japonesa DoCoMo que cobra por paquete enviado.

El objetivo de GPRS era en principio las empresas. Sin embargo, los servicios ahora son indiscriminados, tanto las empresas como los particulares. La adopción a gran escala y aceptación de GPRS creará una gran cantidad de usuarios, lo cual llevará a que los costos bajen ofreciendo un mejor servicio debido a las ganancias obtenidas. Estas son las bases de un mercado saludable de datos inalámbricos con figuras de crecimiento comparables con los servicios de voz de GSM. Estudios indican que para el año 2007, un mayor número de dispositivos inalámbricos serán usados para acceder al Internet que las computadoras personales.

### **2.4.1 Historia de GPRS**

GPRS es un servicio que provee acceso a redes de paquetes de datos para usuarios de GSM y TDMA. El mayor beneficio de GPRS es que reserva los recursos de radio solo cuando hay datos a enviar. GPRS mejorará la calidad de los servicios de datos medido en términos de confiabilidad, tiempo de respuesta y de características disponibles. Aplicaciones únicas serán desarrolladas en el futuro lo que seguirá trayendo a millones de usuarios móviles a decidirse por este sistema. Una de las maneras en que GPRS mejora la capacidad de los proveedores de red, es que se comparten los mismos recursos de radio entre todas las estaciones móviles en una célula, lo cual da como resultado un uso efectivo de los escasos recurso de radio. Nuevos elementos en el núcleo de la red continuarán emergiendo para la expansión de servicios, características y operaciones para las aplicaciones de datos por ráfagas.

GPRS es un paso adelante hacia las redes de 3era generación (3G). GPRS permite a los operadores de red implementar arquitecturas de núcleo de red basadas en IP para aplicaciones de datos. Esto continuará proliferando en nuevos servicios y marca el paso de los servicios 3G para integrar aplicaciones de voz y datos.

GPRS fue desarrollado para permitir a los operadores de GSM satisfacer la creciente demanda por servicios inalámbricos de paquetes de datos lo cual es un resultado del crecimiento del Internet y las intranets corporativas. Las aplicaciones que utilizan estas redes requieren un relativo alto rendimiento caracterizado por patrones de tráfico de *ráfagas* y tráfico asimétrico donde usualmente se recibe más información de la que se envía. Aplicaciones como navegación en red típicamente resulta en ráfagas de es transmitida y recibida, seguida de largos periodos de

tiempo de inactividad cuando la información es analizada. Los sistemas GPRS están mejor diseñados para satisfacer las demandas de estas ráfagas de tráfico que los sistemas tradicionales inalámbricos de circuitos conmutados. GPRS asigna el ancho de banda con independencia si los datos son de subida o de bajada (uplink o downlink).

Otro objetivo de GPRS es de que los operadores de GSM entren al mercado de paquetes de datos inalámbricos de una manera que el costo sea efectivo. Primero, deben de ser capaces de ofrecer servicios de datos sin tener que cambiar completamente la infraestructura instalada. Los estándares iniciales de GPRS hacen uso del estándar GSM para sistemas de radio. Esto incluye los esquemas de modulación y TDMA. Al hacer esto los costos implicados son minimizados en el equipamiento de la célula. Segundo, los operadores GSM deben de tener la flexibilidad de desplegar GPRS sin tener que comprometer completamente su red a ello. GPRS provee una asignación dinámica de los canales de radio para los servicios de paquetes de acuerdo a la demanda.

#### **2.4.2 Evolución de Internet inalámbrico**

El soporte de datos inalámbricos viene desde la primera generación (1G) de redes inalámbricas comenzando con AMPS (*Advanced Mobile Phone System - Sistema Avanzado de Telefonía Móvil*), ofreciendo comunicación de datos sobre circuitos conmutados. Esto funcionaba conectando un modem celular (modem estándar que soportaba la interfaz inalámbrica AMPS) a una computadora portátil. Esto comenzó la evolución hacia la primera red de paquetes inalámbrica CDPD (*Cellular Digital Packet Data - Paquetes de Datos Digitales Celulares*), con tasa de datos de hasta 19.2 Kbps. CDPD trabajaba sobre la red AMPS y fue inicialmente diseñado para transacciones cortas e intermitentes, por ejemplo, verificación de tarjetas de crédito, e-mail, despacho de tareas, etc..

En la segunda generación (2G) de redes inalámbricas, el servicio SMS se convirtió en una opción de arquitectura. Utilizaba la infraestructura existente de las redes de 2G, con la adición de un Centro de Mensajes. 2G también introdujo datos asíncronos y servicios de facsímil sobre la interfaz de aire, con tasa de datos inicialmente de 14.4 Kbps.

GPRS forma parte de la 2.5G con una tasa de datos de entre 19.2 Kbps y 115 Kbps. Cuando se llegue a la 3G, se soportarán tasas de datos entre 384 Kbps y 2Mbps. Multimedia y acceso a Internet de alta velocidad será normalizado para las aplicaciones de datos inalámbricos.

Hoy, GSM tiene la capacidad de manejar mensajes vía SMS y servicios de datos de circuitos conmutados 14.4 Kbps. La velocidad máxima de 14.4 Kbps es relativamente lenta comparada con los módems cableados a 56 Kbps. Para mejorar las capacidades de datos de GSM, operadores y proveedores de infraestructura han especificado nuevas extensiones para GSM, como se muestra en la figura 2.4.1.

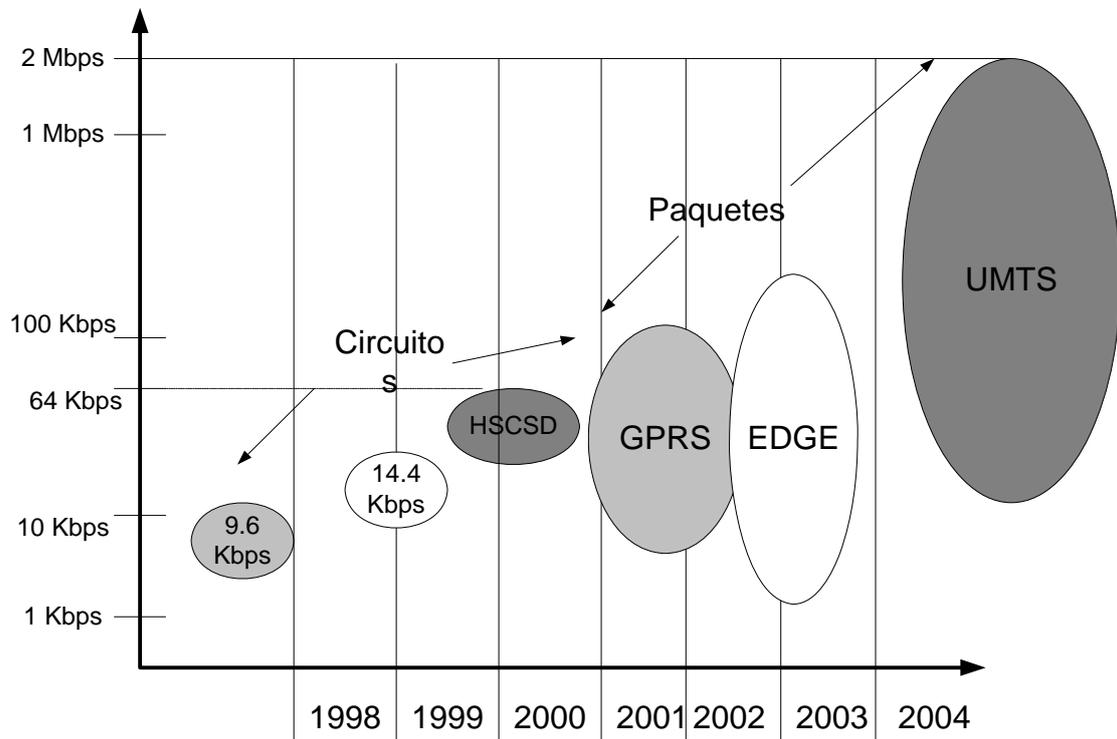


Figura 2.4.1

- *High-Speed Circuit Switched Data - Datos Conmutados de Alta Velocidad (HSCD)*, que utiliza varios circuitos por canal.
- GPRS para proveer acceso por radio mediante paquetes de datos a redes externas como Internet.
- *Enhanced Data rate for GSM Evolution – Mejora tasa de Datos para Evolución de GSM (EDGE)* el cual utiliza un nuevo esquema de modulación para proveer un rendimiento tres veces mayor que GPRS.
- *Universal Mobile Telecommunication System - Sistema Universal para Telecomunicaciones Móviles (UMTS)*, tecnología inalámbrica la cual necesitará una nueva infraestructura.

Estas extensiones permiten:

- Mayor rendimiento.
- Mejor eficiencia
- Menor tiempo en el establecimiento de llamadas.

La manera de implementar GPRS es añadiendo nuevos nodos para paquetes de datos a las redes GSM/TDMA los cuales proveen el enrutamiento entre la terminal móvil y la puerta de enlace (gateway) GPRS hacia la red externa. La puerta de enlace provee la interacción con las redes externas de paquetes de datos para el acceso a Internet e intranets. Muy pocas mejoras de hardware son necesarias en los nodos existentes GSM/TDMA, y los mismos enlaces de transmisión son usados entre la Estación Base de Transmisión y la Base Controladora..

### 2.4.3 Usuarios de GPRS

En Junio de 2001, existían 551 millones de usuarios GSM y 447 operadores en 170 países habían adoptado el sistema GSM. Para finales del 2003 la cifra de usuarios aumentó a 800 millones y se prevé que se alcanzara el billón para el año 2007. Obviamente, esto obliga a un gran crecimiento para los proveedores de las redes GSM/GPRS y pone mayor demanda en la disponibilidad de uso donde sea en el momento que sea. A continuación se muestran estadísticas del servicio GSM en Europa:

- Las llamadas de voz significaron un negocio de 15 billones de Euros en 1999.
- 540 millones de llamadas fueron hechas durante Febrero del 2000.
- Los datos tendrán una presencia de entre el 20 y el 50 por ciento del tráfico global en el 2004.
- 8 billones de mensajes cortos SMS fueron enviados en Mayo del 2000.
- GSM tuvo un crecimiento de 80 por ciento en 1999; las PC crecieron en 22 por ciento.
- Todas las terminales fueron habilitadas para Internet para el 2003.
- Más terminales GSM/GPRS estarán conectadas al Internet que PC para el 2007.
- Los dispositivos inalámbricos tendrán el 30% del tráfico en Internet para el 2007.

### 2.4.4 Capa GPRS sobre la red GSM.

La típica PLMN (*Public Land Mobile Network - Red Móvil Pública Terrestre*) de GPRS permite a los usuarios deambular dentro de un área geográfica de cobertura y transmitir y recibir servicios de paquetes de datos inalámbricos. Los usuarios se pueden mover mientras activamente envían y reciben datos o durante los periodos de inactividad. De cualquier manera, la red monitorea la locación de las estaciones móviles para poder enrutar los paquetes de datos. Inicialmente los servicios GPRS serán efectuados usando una versión mejorada de la interfase estandarizada de GSM. Los operadores evolucionarán sus redes para incorporar interfaces de radios más avanzadas en el futuro para poder entregar una mayor tasa de datos al usuario final.

La PLMN de GPRS es una capa sobre las redes públicas tradicionales de paquetes utilizando Protocolos de Paquetes de Datos estándares (*PDP Packet Data Protocol -Protocolo de Paquetes de Datos*), como se muestra en la figura 2.4.2. Los protocolos de red soportados para la interfase de paquetes de datos incluyen X.25 e IP. A través de estas redes, el usuario final puede acceder a servidores públicos como sitios de Internet y servidores en intranet de corporaciones privadas. Los servicios de voz y GPRS pueden ser accedidos alternativamente o simultáneamente dependiendo de las características de la estación móvil. Existen diferentes clases de estaciones móviles, que varían en su grado de complejidad y capacidad. En realidad, la terminal de datos del usuario final puede ser usada como un teléfono inteligente, una terminal de datos inalámbrica dedicada o una terminal de datos estándar conectada a una teléfono GPRS.

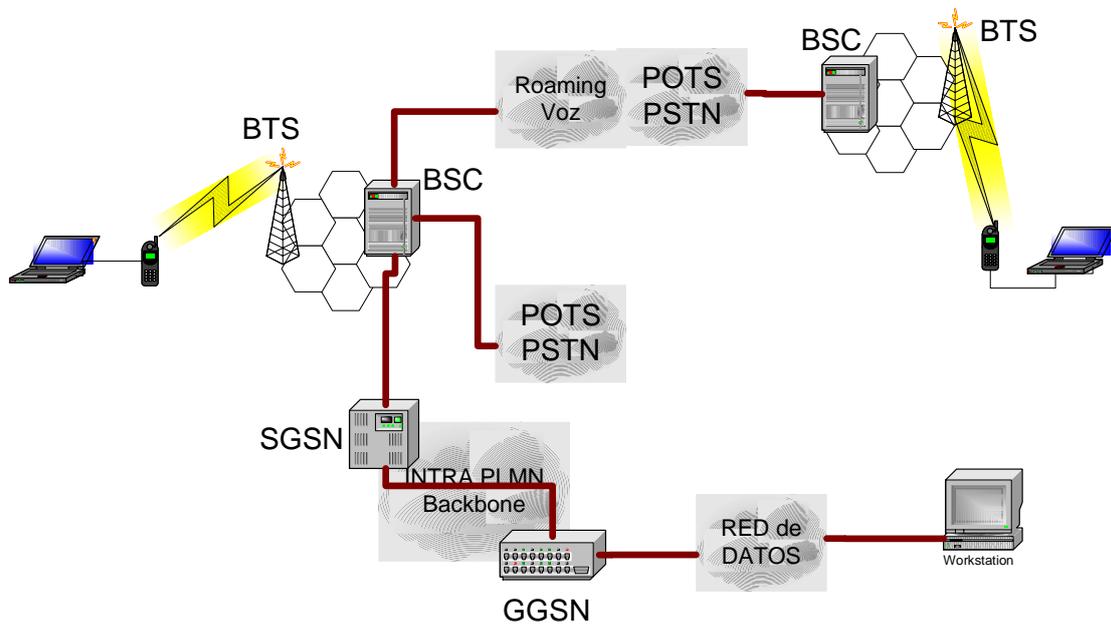


Figura 2.4.2

### 2.4.5 Células y Áreas de enrutamiento.

El área geográfica de cobertura de la red GPRS es dividida en áreas mas pequeñas conocidas como células y áreas de enrutamiento, como se muestra en la figura 2.4.3.

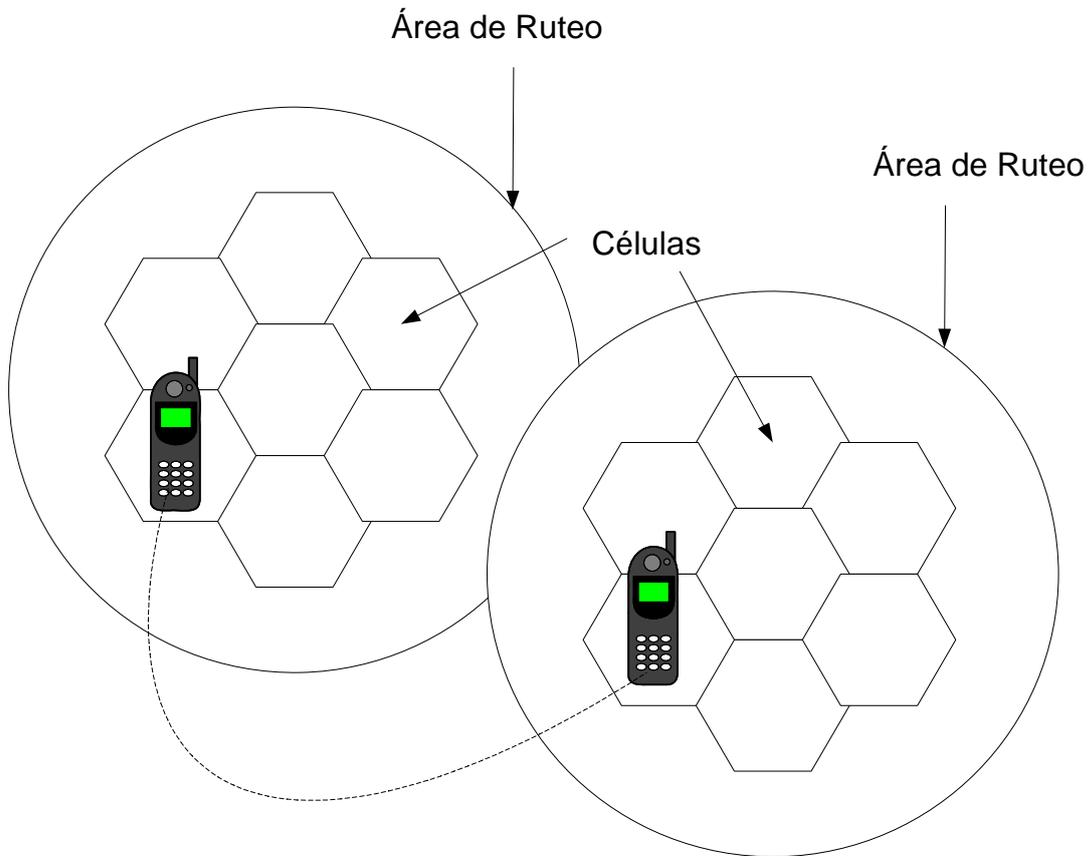


Figura 2.4.3

La célula es un área a la cual le dan servicio un conjunto de estaciones base. Cuando una estación móvil GPRS quiere enviar datos o se prepara para recibir datos, busca la señal de radio más fuerte que pueda encontrar. Una vez que localiza esta señal, notifica a la red cual es la célula de la cual esta recibiendo la señal mas fuerte y la elige. En este punto, el móvil escucha a la estación base para noticias de paquetes de entrada.

Periódicamente, la terminal móvil usa su tiempo inactivo (idle) para escuchar transmisiones de las estaciones base vecinas y evalúa la calidad de la señal. Si la estación móvil determina que la señal de una estación base diferente es más fuerte que la de la estación base actual, la estación móvil comienza a escuchar a la nueva estación base. El proceso de moverse de una estación base a otra se le llama reelección de célula. La terminal móvil informa a la red que ha cambiado de célula realizando un proceso de actualización de locación.

Cuando la red recibe datos para enviar a una terminal móvil en su estado inactivo, manda una radiodifusión (broadcast) para notificar a la terminal móvil que se quiere comunicar con ella. Esto se conoce como una paginación (paging).

Un grupo de células vecinas es un área de enrutamiento. Los ingenieros de redes usan áreas de enrutamiento para poder balancear el tráfico de actualización de locación y el tráfico de paginación.

Las terminales móviles que activamente están mandando y recibiendo datos son seguidas en el ámbito de célula. Las estaciones móviles que se encuentran inactivas son seguidas en el ámbito de área de enrutamiento.

## 2.4.6 Conexión al Serving GPRS Support Node

Cuando una estación móvil GPRS quiere usar los servicios inalámbricos de paquetes de datos, primero debe conectarse al *Service GPRS Support Node - Nodo de Soporte de Servicio GPRS (SGSN)* como se muestra en la figura 2.4.4. Cuando el SGSN recibe una petición por parte de la estación móvil, se tiene que asegurar de poder otorgar el servicio, y los siguientes son los factores a considerar.

- La estación móvil es un usuario de servicios GPRS ? El acto de verificar la información de suscripción de una estación móvil se le llama *autorización*.
- La estación móvil es quien dice ser ? El proceso de verificar la identidad de la estación móvil es llamado *autenticación*.
- Que nivel de calidad de servicio (QoS) la estación esta pidiendo?. Se verifica que el suscriptor tenga derecho a la calidad de servicio requerida, además la red se asegura que esto no comprometa el servicio de los usuarios conectados.

Una vez que el SGSN decide aceptar una conexión, lleva un seguimiento de la estación móvil cuando se mueve dentro del área de cobertura. El SGSN tiene que saber en donde se encuentra la estación móvil en caso de que lleguen paquetes de datos hacia esta.

La conexión al SGSN no es suficiente para permitir que una estación móvil comience a transferir datos. Para ello, el móvil necesita activar un contexto PDP.

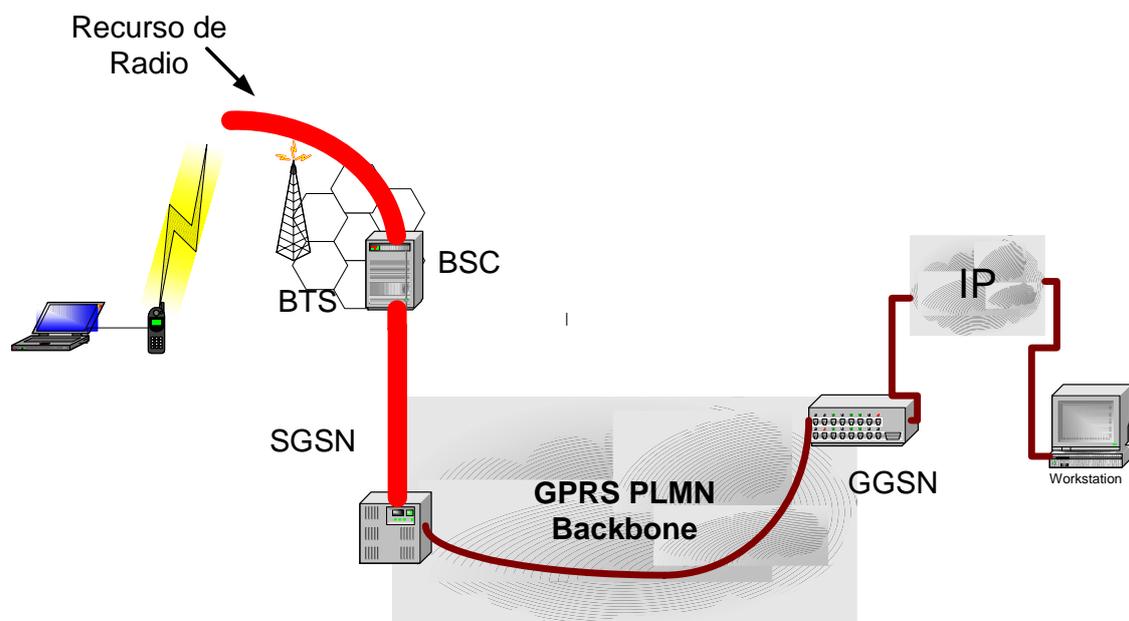


Figura 2.4.4

### 2.4.7 Contexto PDP (Packet Data Protocol/Procolo de Paquetes de Datos)

Las direcciones PDP son direcciones de la capa de red (OSI – 3),. Los sistemas GPRS soportan X.25 e IP como protocolos de capa de red. Cada dirección PDP es anclada en el GGSN (*Gateway GPRS Support Node – Nodo de Soporte de Puerta de Enlace GPRS*). Todo el tráfico de paquetes enviado desde la red pública para la dirección PDP pasa a través del GGSN. La red pública de datos esta solo preocupada por la dirección del GGSN específica. El GGSN esconde a la estación móvil de las computadoras conectadas en la red pública de datos.

Activar una dirección PDP es establecer una asociación entre el SGSN actual del móvil y el GGSN el cual tiene salida a la red con la cual se quiere intercambiar datos. El registro que es llevado por el SGSN y el GGSN en relación con esta asociación es llamado contexto PDP.

Una estación móvil puede conectarse sólo con un SGSN; sin embargo, puede tener múltiples direcciones PDP activas al mismo tiempo. Cada una de estas direcciones puede ser anclada a diferentes GGSN.

### 2.4.8 Transferencia de Datos

Una vez que la estación móvil se ha conectado al SGSN y activado un contexto PDP, esta lista para comunicarse con otros dispositivos. El móvil GPRS puede comunicarse con una computadora en una red IP. La computadora no puede darse cuenta que la estación móvil es de hecho móvil. La figura 2.4.5 muestra como se da en si el intercambio de información.

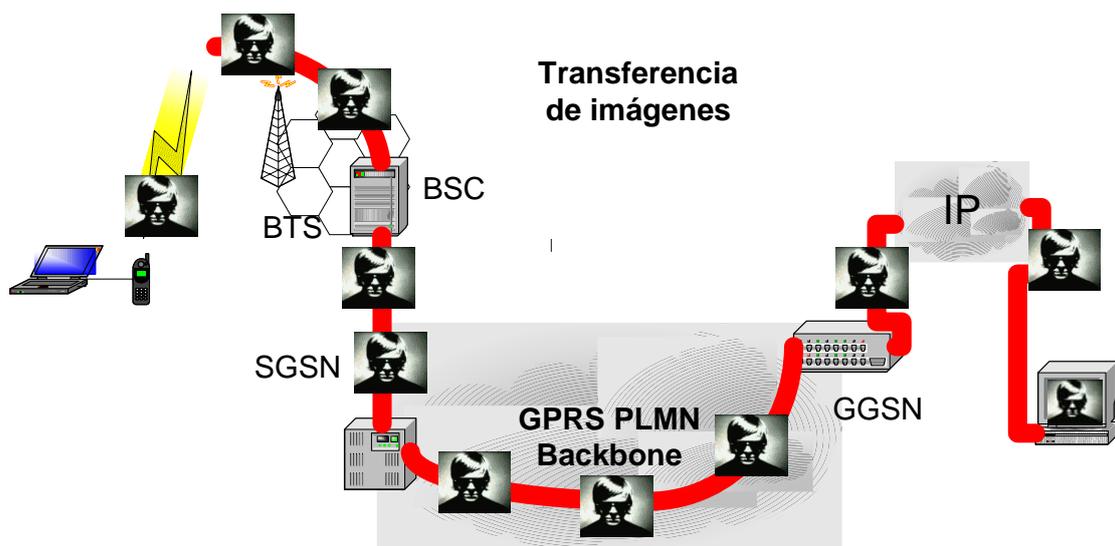


Figura 2.4.5

Los paquetes enviados desde una computadora a la estación móvil primero viajan a través de la red pública de paquetes para alcanzar el GGSN que ancla el contexto PDP. De aquí, el GGSN debe reenviar los paquetes al SGSN en el cual la estación móvil está conectada.

Sucede lo mismo si la comunicación es iniciada desde la estación móvil pero en sentido inverso. La comunicación entre los GPRS *Serving Nodes* (GSNs) hace uso de la técnica conocida como túnel. Un túnel es el proceso de envolver los paquetes de capa red con otro encabezado para poder ser enrutados a través de la “columna vertebral” (backbone) de red IP de la GPRS PLMN. Dentro de la red los paquetes son enrutados basados en el nuevo encabezado y el paquete original es llevado como la carga. Una vez que llega a su destino, el encabezado es removido y continúa su camino a través de la red externa. Utilizando el túnel GPRS resuelve el problema de movilidad y ayuda también a eliminar las complicadas tareas de interrelación de protocolos.

### 2.4.9 Terminales GPRS

Se requieren terminales totalmente nuevas para poder acceder a los servicios GPRS. Estas terminales son compatibles con las de GSM para llamadas de voz. Estas terminales son necesarias ya que las anteriores no tienen la habilidad de manejar paquetes de datos. Una variedad de terminales existirán, incluyendo teléfonos con acceso a datos de alta velocidad, un nuevo tipo de PDA con capacidad GPRS, tarjetas para computadoras portátiles, cajas negras para comunicación entre computadoras, etc...

Las terminales GPRS se agrupan en tres clases, cada una con diferentes habilidades para satisfacer las necesidades del mercado:

- **Clase A** Una estación móvil puede hacer llamadas en GSM y transferir datos en GPRS simultáneamente.
- **Clase B** La estación móvil puede ya sea hacer llamadas GSM o transferir datos en GPRS pero no simultáneamente.
- **Clase C** La estación móvil puede trabajar en modo GSM o GPRS, mediante una selección manual.

GPRS conduce a la convergencia de la computación y las tecnologías inalámbricas. Además, es esperado que aparte de los fabricantes tradicionales de terminales inalámbricas como Motorola, Nokia, Ericsson, Panasonic, etc..., los fabricantes de dispositivos móviles de computación como Sony, Palm, 3COM, Handspring, etc... entrarán al mercado de terminales GPRS.

Existe otra clasificación para las terminales que se refiere a la capacidad de la terminal de transmitir y recibir en diferentes combinaciones de lapsos de tiempo. Existen 29 diferentes tipos de clases disponibles:

**Clase 1** = Un lapso de tiempo para transmitir y uno para recibir.

**Clase 29** = Ocho lapsos de tiempo para transmitir y ocho para recibir.

La clase define el número de lapsos de tiempo permitidos para subir información (*uplink*) y el número de lapsos de tiempo para bajar información (*downlink*). El número de lapsos de tiempo para subida y bajada pueden ser diferentes debido a la naturaleza asimétrica del tráfico.

Además estas clasificaciones se dividen en 2 tipos:

**Tipo 1** Las estaciones móviles no requieren transmitir y recibir al mismo tiempo.

**Tipo 2** Las estaciones móviles requieren transmitir y recibir al mismo tiempo.

Rx describe el número máximo de lapsos de tiempo de recepción que una estación móvil puede utilizar por cada frame TDMA. Para los móviles de tipo 1, los lapsos de tiempo de recepción pueden no estar colocados continuamente, pero no pueden ocurrir lapsos de tiempo de transmisión en medio de ellos en la trama TDMA.

Tx describe el número máximo de lapsos de tiempo que la estación móvil puede usar por trama TDMA transmisión y tiene las mismas restricciones que los de Rx.

La tabla muestra las primeras 12 clases de terminales de acuerdo a los lapsos de tiempo habilitados para transmitir y recibir.

Multi Slot Class	Número Máximo de slots		
	Rx	Tx	Suma
1	1	1	2
2	2	1	3
3	2	2	3
4	3	1	4
5	2	2	4
6	3	2	4
7	3	3	4
8	4	1	5
9	3	2	5
10	4	2	5
11	4	3	5
12	4	4	5



SGSN envía peticiones al *Home Location Register - Registro de Locación Base* (HLR) para obtener el perfil de los suscriptores GPRS. El SGSN detecta a los usuarios GPRS en un área de servicio dada, procesa y guarda un registro de su locación. Por lo tanto, el SGSN realiza funciones de manejo de movilidad como las de registrar y remover usuarios así como el manejo de la localización. El SGSN está conectado al BSS vía relevo de tramas (frame relay).

## **BSS**

Una mejora en el software es requerida en la BTS. El BSC también requiere una mejora de software, así como una instalación de una nueva pieza de hardware llamada *Packet Control Unit - Unidad de Control de Paquetes* (PCU). El PCU dirige el tráfico de la red GPRS, y cada BSC requiere la instalación de uno o más PCU además de la mejora de software. La PCU provee una interfase de datos física y lógica para el tráfico de datos.

Sin importar que el usuario móvil genere voz o datos, la información es transportada por la terminal aérea a la BTS, de la BTS al BSC de la misma manera que se hace en GSM. A la salida del BSC el tráfico es separado, la voz es enviada al MSC y los datos al SGSN, vía la PCU mediante relevo de tramas (frame relay).

## **Bases de Datos (VLR y HLR)**

Las bases de datos del sistema requieren mejoras en el software para manejar los nuevos modelos de llamadas introducidos por GPRS. El HLR y VLR *Visitor Location Register - Registro de Localización de Visitantes* requieren de estas mejoras en software debido a que al igual que GSM, GPRS debe de localizar y monitorear las estaciones móviles.

Funcionalmente el SGSN actuará como el VLR. Adicionalmente se mejoran las bases de datos del *Authentication Center - Centro de Autenticación* (AuC) que controla las suscripciones a los servicios GPRS.

### **2.4.11 Enrutamiento de Datos**

La principal función de GGSN es la interacción con las redes externas de datos. El GGSN actualiza su directorio de localización usando la información proporcionada por el SGSN. Y enruta los paquetes que vienen de las redes externas sobre la columna vertebral (backbone) GPRS al SGSN que sirve en ese momento a la estación móvil destino. A la inversa reenvía los paquetes de datos que vienen de los usuarios hacia las redes externas y manda la información necesaria a los sistemas que se encargan de cobrar el servicio.

La red GPRS encapsula todos los protocolos de red de datos en su propio protocolo de encapsulamiento llamado *GPRS Tunneling Protocol - Protocolo de Túnel GPRS* (GTP). Esto se hace para asegurar la seguridad en la columna vertebral (backbone) de la red y para simplificar los mecanismos de enrutamiento en la entrega de datos GPRS.

### **2.4.12 Manejo de Movilidad**

La estación móvil tiene tres estados en el sistema GPRS: desocupado (*idle*), alerta (*standby*) y activo (*active*).

Los datos son transmitidos entre la estación móvil y la red GPRS solo cuando la estación se encuentra en modo activo. En el modo activo, el SGSN sabe en que célula se encuentra la estación móvil. Cuando la estación móvil se encuentra en modo alerta, el SGSN solo sabe en que área de enrutamiento se encuentra. Debido a que el SGSN conoce el área de enrutamiento donde se encuentra la estación móvil, un paquete con mensaje de aviso es enviado al área de enrutamiento. Después de recibir el paquete de aviso, la estación móvil regresa en que célula esta localizada al SGSN para establecer el estado activo.

La transmisión de paquetes a una estación móvil en modo activo es iniciado por un paquete de aviso que notifica a la estación móvil del paquete de entrada. La transmisión procede inmediatamente después del paquete de aviso a través del canal indicado por este. La estación móvil solo debe de escuchar los mensajes de aviso, en vez de todos los canales en datos de bajada (downlink), lo cual simplifica las comunicaciones.

Cuando una estación móvil desea transmitir paquetes, es necesario tener acceso al canal de subida (uplink). El canal de subida es compartido por varias estaciones móviles, y es asignado por la BSS. La estación móvil pide el uso del canal con un paquete que contiene un mensaje de acceso aleatorio. La transmisión de este paquete sigue el procedimiento conocido como “*Slotted Aloha*”. La BSS asigna un canal no usado a la estación móvil y envía un paquete con un mensaje de acceso garantizado en respuesta. La descripción del canal (uno o más lapsos de tiempo) es incluida en este paquete. Los datos son transmitidos en los canales reservados. La principal razón del estado alerta es el de reducir la carga en la red GPRS causada por los mensajes generados en el enrutamiento basado en células además, del ahorro de batería en las estaciones móviles. Cuando una estación se encuentra en el estado alerta, el SGSN no necesita ser informado de cada cambio de célula, solamente en cada cambio de área de enrutamiento. El operador puede definir el tamaño del área de enrutamiento, y de esta manera, ajustar el número de mensajes de actualización.

En el estado desocupado, la estación móvil no tiene un contexto GPRS lógico activado. En este estado, la estación móvil puede recibir solo los mensajes diferentes que todas las estaciones móviles GPRS reciben. Debido a que la red GPRS no puede saber la locación de la estación móvil, le es imposible enviar mensajes a la estación móvil de parte de redes externas de datos.

### 2.4.13 Interfaces GPRS

La columna vertebral (backbone) de la red GPRS permite la realización de llamadas, e interactúa con la BSS, HLR, MSC y SMSC, y el Internet. Una nueva gama de interfaces han sido desarrolladas para GPRS. Estas interfaces están etiquetadas con un Gx donde x representa una variedad de interfaces representadas en la figura 2.4.7.

- |   |     |  |
|---|-----|--|
| 2 | Gb. | Entre el PCUSN y el SGSN, usa Frame Relay.                     |
| 3 | Gr. | Entre el SGSN y el HLR.  |
| 4 | Gn. | Entre el SGSN y el GGSN, usa el protocolo de túnel GTP.        |
| 5 | Gi. | Entre el GGSN y las PDNs. (X.25 o IP)                          |
| 6 | Gs  | Entre el SGSN y el MSC/VLR, llamadas simultaneas de GSM y GPRS |
| 7 | Gd  | Entrega mensajes SMS vía GPRS                                  |
| 8 | Gc  | Entre el GGSN y el HLR, es opcional.                           |

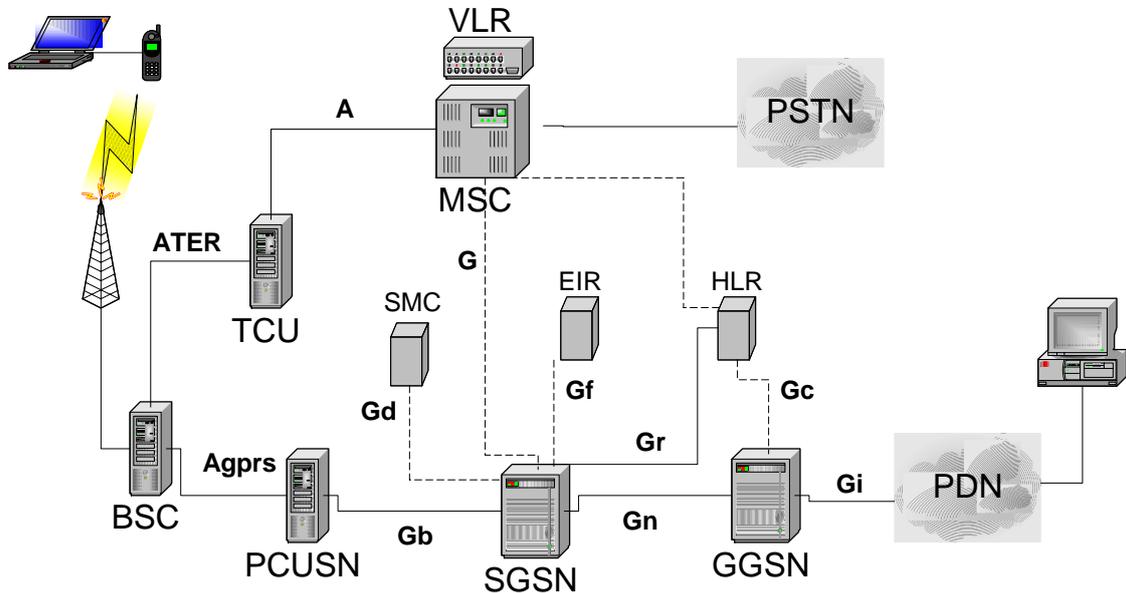


Figura 2.4.7

El SGSN es unido al Packet Control Unit Switching Nodes - Nodo de Control de Paquetes Conmutados (PCUSN) vía relevo de tramas (frame relay), el cual es el único protocolo especificado por la ETSI, es mas simple que X.25 y es capaz de transportar datos con tasa de hasta 2 Mbps.

El SGSN y el GGSN están unidos en la columna vertebral GPRS basado en enrutamiento IP. Las *Packet Data Units - Unidades de Paquetes de Datos* (PDU) son transferidas mediante el GPRS Tunneling Protocol – *Protocolo de Túnel GPRS* (GTP). GTP IPv4 es usado como el protocolo de capa de red.

El encabezado GTP contiene un identificador de destino para comunicarse dentro de la red. Los protocolos de capa 2 utilizados pueden ser: Ethernet, Token Ring, FDDI, ISDN o ATM.

#### 2.4.14 Canal Físico GPRS – TDMA

La estructura del frame TDMA para GPRS es el mismo que el de GSM como se muestra en la figura 2.4.8. La secuencia de las ranuras de tiempo en posiciones particulares dentro del frame TDMA se define como canal físico. Un canal físico que ha sido asignado al servicio GPRS es llamado *Packet Data Channel - Canal de Paquete de Datos* (PDCH). Como veremos mas adelante, varias combinaciones de canales lógicos pueden ser mapeados a un canal físico sencillo. Los canales físicos también pueden ser agrupados para proveer una mayor tasa de transmisión de datos.

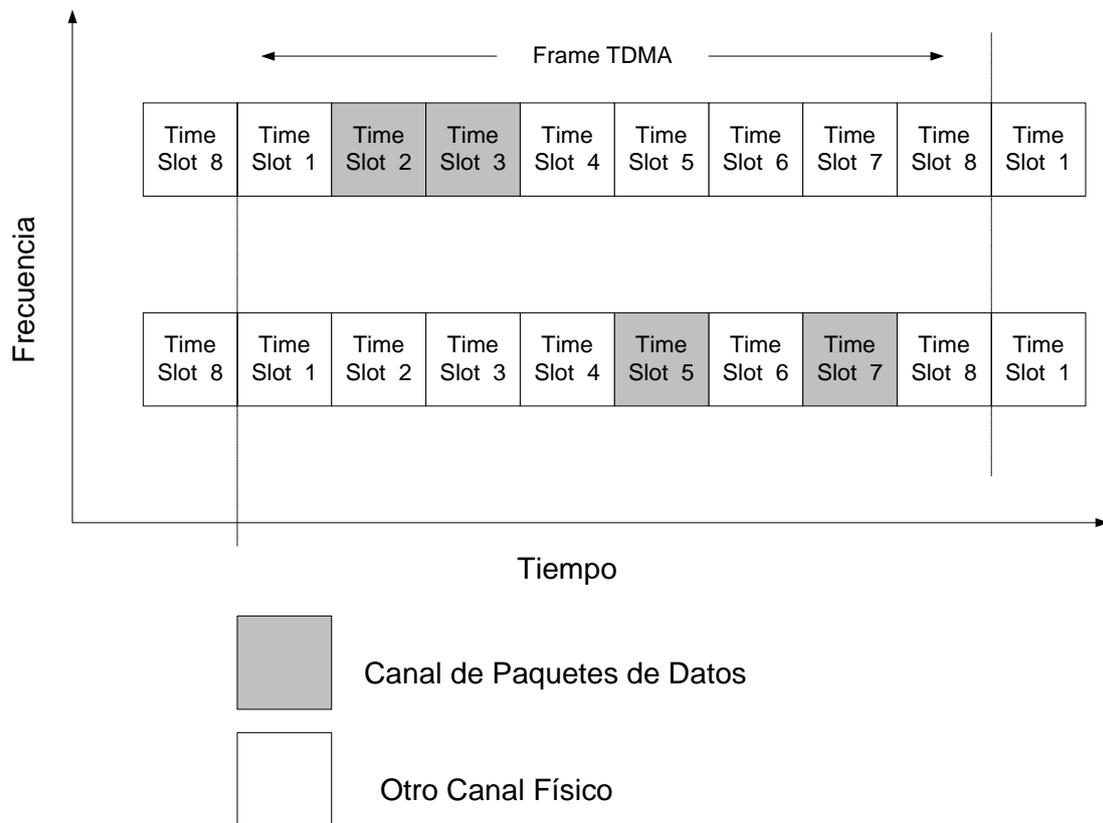


Figura 2.4.8

GPRS provee una asignación flexible para los canales físicos del servicio GPRS. La carga de tráfico GPRS en una célula dada varía en función del tiempo. La red tiene la opción de cambiar dinámicamente el número de canales físicos asignados a GPRS dependiendo de la demanda.

### 2.4.15 Canales Lógicos GPRS

En términos GSM, un canal lógico se refiere al flujo de información entre las entidades para un propósito en particular. Los canales lógicos son portados dentro de los canales físicos (las PDCHs). Los siguientes canales lógicos son los siguientes y se muestran en la figura 2.4.9.

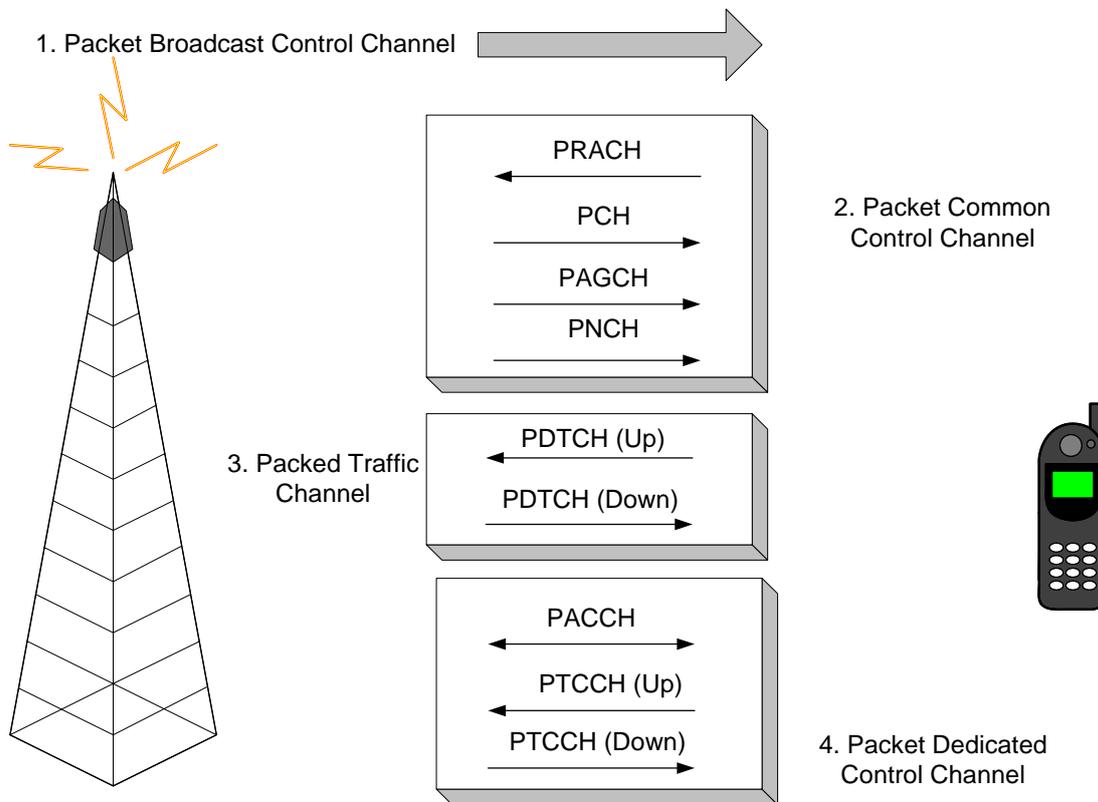


Figura 2.4.9

1. Packet Broadcast Control Channel – Canal de Control de Paquetes de Radiodifusión (PBCCH)

Se usa en datos de bajada para difundir información del sistema dentro de las estaciones móviles en la célula.

2. Packet Common Control Channel – Canal de Control de Paquetes Comunes (PCCCH)

Es un servicio que se usa para señalización en canal común para paquetes de datos y pueden ser de los siguientes tipos:

- a. Packet Random Access Channel – Canal de Acceso Aleatorio de Paquetes (PRACH). Se usa en datos de subida por la estación móvil para acceder el sistema y enviar información de control.
- b. Packet Paging Channel – Canal de Paginación de Paquetes (PPCH). Se usa de bajada para avisos de la estación móvil.
- c. Packet Access Grant Channel – Canal de Acceso Garantizado de Paquete (PAGCH). Se usa de bajada para asignar recursos de radio a la estación de radio durante el establecimiento de la llamada.
- d. Packet Notification Channel – Canal de Notificación de Paquetes (PNCH). Se usa de bajada para mandar notificaciones de punto a multipunto a un grupo de estaciones móviles antes de enviar datos.

### 3. Packet Data Traffic Channel – Canal de Tráfico de Paquetes de Datos (PDTCH)

El canal de tráfico es tanto para subida como bajada usado para la transferencia de datos. El PDTCH es temporalmente dedicado a un usuario o grupo de usuarios (multipunto). El PDTCH para subida y el PDTCH para bajada son unidireccionales y son asignados separadamente para soportar el flujo asimétrico de tráfico.

### 4. Packet Dedicated Control Channel – Canal de Control Dedicado de Paquetes (PDCCH)

- a. Packet Associated Control Channel (PACCH). Es usado tanto para subida como bajada para llevar información de señalización a y desde la estación móvil. Comparte recursos con el PDTCH asignados a la estación móvil.
- b. Packet Timing Advance Control Channel. Es usado para la estimación del avance de tiempo de una estación móvil.

#### 2.4.16 Mapeo de canales lógicos en los canales físicos.

Como se dijo antes, los canales lógicos son portados por los canales físicos. De hecho, múltiples canales lógicos pueden ser mapeados en el mismo canal físico usando la estructura de gran trama. Varias combinaciones de canales lógicos pueden ser multiplexados en el mismo canal físico como se muestra en la figura 2.4.10.

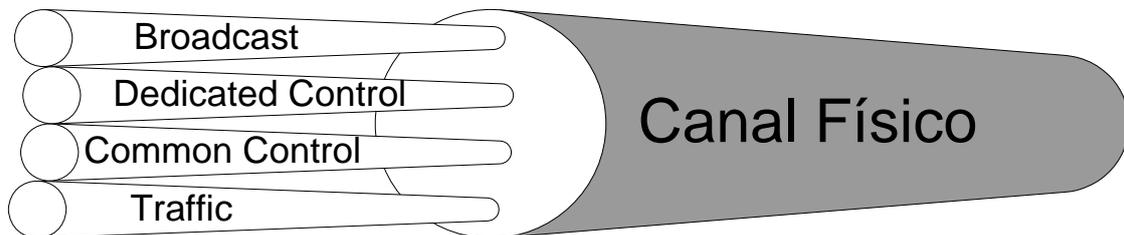


Figura 2.4.10

#### 2.4.17 Funciones de los elementos GPRS

##### Base Station Subsystem – Subsistema de Estación Base

No ocurren grandes cambios dentro de la *Base Station Subsystem - Subsistema de Estación Base* (BSS). De todas maneras, dos funciones deben de ser insertadas dentro de la BSS para la funcionalidad de GPRS, los cuales son:

- a. Channel Codec Unit - Unidad Codificadora de Canal (CCU) Principalmente se ocupa de los esquemas de codificación así como de las técnicas de compresión.
- b. Packet Control Unit - Unidad de Control de Paquetes (PCU) Es responsable de proveer la interfase con la red GPRS (relevo de tramas) y maneja la asignación del lapso de tiempo.

La CCU se instala en la *Base Transceiver System – Sistema Transceptor Base (BTS)* sin ningún impacto de hardware. La PCU se puede instalar en diferentes locaciones dentro de la BSS, las opciones se muestran en la figura 2.4.11. La mayor ventaja se encuentra en colocar la PCU en el SGSN es de que un PCU puede proveer servicio hasta a 12 BSC's. Cada BSC puede controlar hasta 128 BTS's, aunque las instalaciones típicas son menores.

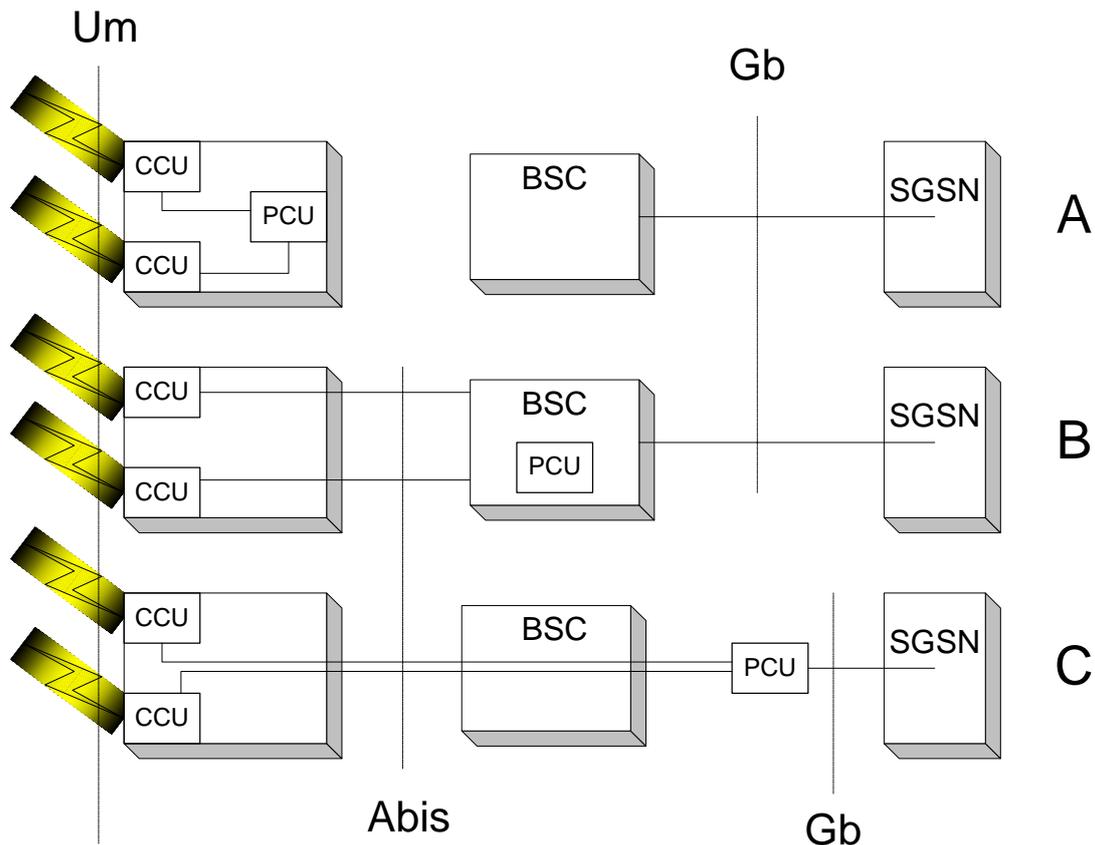


Figura 2.4.11

### Packet Control Unit Support Node – Nodo de Soporte para Unidad de Control de Paquetes (PCUSN)

Es una nueva unidad funcional definida como parte de las especificaciones GPRS. Es un módulo localizado en la BSS. Su principal función es la de complementar la BSC para poder manejar paquetes de datos. Puede ser conectada a un BSC o a múltiples BSC's.

La principal función de la PCU, se muestra en la figura 2.4.12 es proveer la interacción entre redes entre diferentes interfaces:

- La interfaz paquetizada de radio Agprs.
- La interfaz de paquetes de red Gb.
- Es responsable de las funciones GPRS de capa RLC/MAC.
- Realiza las funciones de frecuencia de radio en GPRS

- e. Servicios de Red
- f. BSS GPRS Protocol (BSSGP)

LA PCUSN es introducida como un nodo separado de la BSS para proveer las funciones PCU.

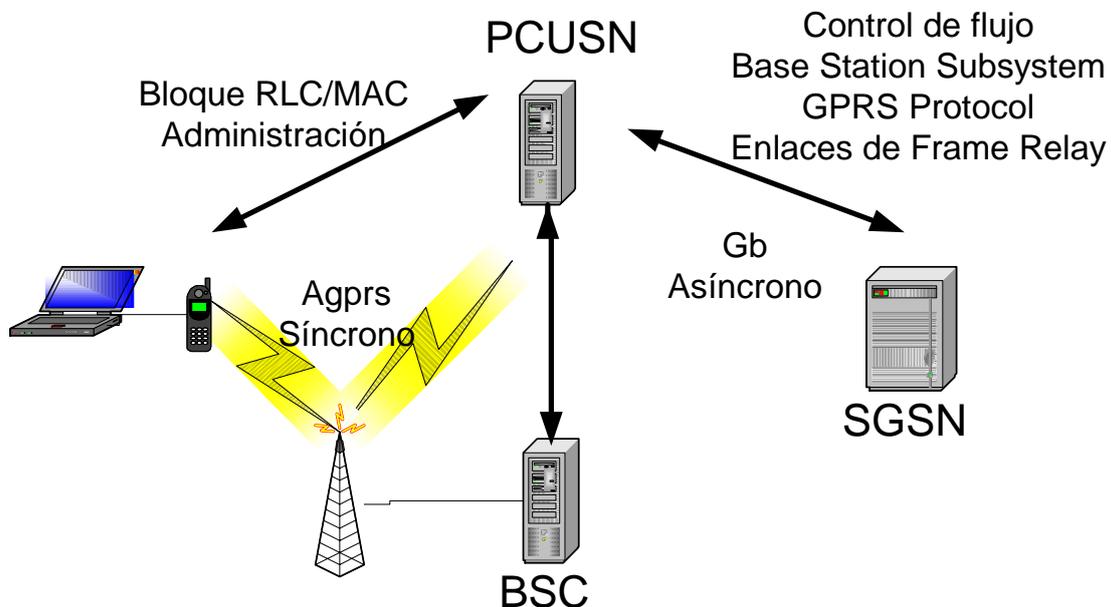


Figura 2.4.12

### Channel Codec Unit – Unidad Codificadora de Canal (CCU)

La tarea de codificación en GPRS es realizada por la *Channel Codec Unit - Unidad Codificadora de Canal (CCU)* ubicada en la estación transmisora.

Principales funciones:

- Codificación de canal.
- Medicotes en el canal de radio acerca de la calidad de la señal.

La CCU esta localizada en las bases transmisoras-receptoras de GPRS y soporta 4 diferentes esquemas de código, CS-1 a CS-4. Un resumen se presenta en la tabla:

Esquema de código	Tasa de código	Bloque de datos RLC/MAC (bytes)	Ancho de Banda máximo RLC/MAC (kbps)
CS-1	1 / 2	20	8
CS-2	2 / 3	30	12
CS-3	3 / 4	36	14.4
CS-4	1	50	20

- CS-1 Da el menor ancho de banda para valores bajos de C/I. (La capa RLC requiere de un mayor número de bloques de datos para transmitir la información). Los paquetes de señalización se envían con esta codificación para obtener el menor número de errores. Se utilizan 40 bits para BCS (Block Check Sequence - Secuencia de Chequeo de Bloque) para aumentar la protección. Se utiliza un código convolucional de tasa 1 / 2 el cual aplica técnicas robustas de FEC (Forward Error Correction - Corrección de errores hacia Adelante).
- CS -2 y CS - 3 muestran un desempeño similar. Para CS-2 y CS-3 se utilizan 16 bits de BCS. La diferencia esta en la tasa de código la cual añade una mayor cantidad de información en CS-2 logrando una mayor confiabilidad que CS-3 para el FEC.
- CS- 4 se adapta mejor a valores altos de C/I. No se aplica FEC lo cual no permite corregir ningún tipo de error generado en la interfaz aérea. Añade 16 bits para el BCS. Este código logra el mayor ancho de banda.

C/I es la tasa de canal a interferencia. Entre menos confiable sea el enlace aéreo se tendrá un menor ancho de banda. Debido a esto la codificación es usada para proteger los bloques de datos dependiendo de las condiciones de transmisión.

Mediante una adaptación dinámica del esquema de codificación dependiendo de las condiciones del canal de radio, es posible optimizar el desempeño de las comunicaciones. El CS-1 es obligatorio para las estaciones base mientras que los equipos remotos manejan todos los esquemas. Solamente los esquemas CS-1 y CS-2 son manejados en la Fase II de GPRS, que es la actual.

### **Funciones del Serving GPRS Support Node (SGSN)**

El SGSN, sirve como la versión para paquetes de las funciones que realiza el *Mobile Switching Center/Visitor Location Register* (MSC/VLR), su tarea es funcionar como conmutador de paquetes dentro de la red GPRS. La figura 2.4.13 muestra la relación del SGSN en la red GPRS y las funciones que desarrolla, las cuales son:

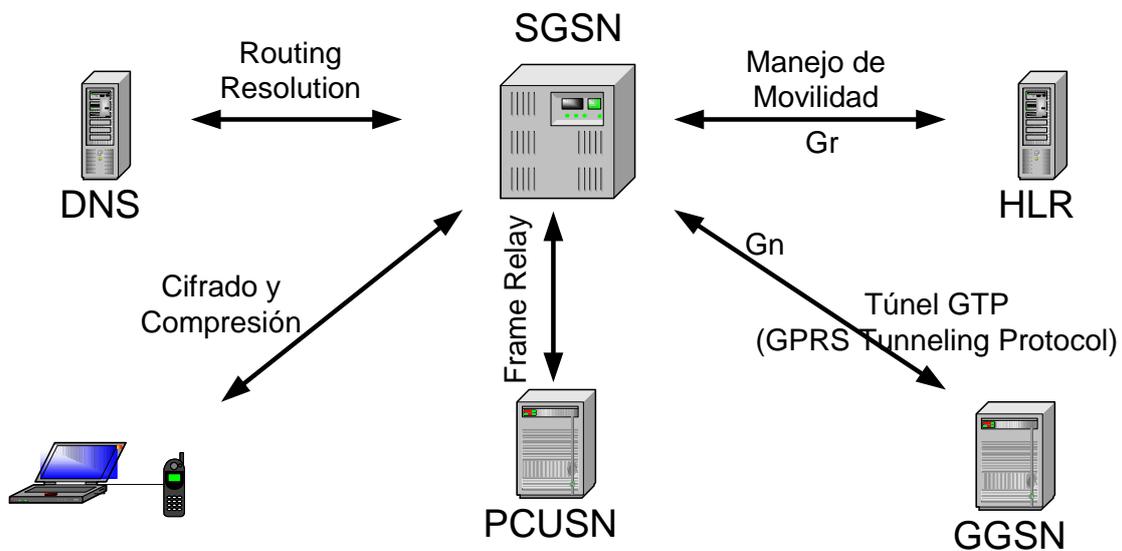


Figura 2.4.13

- Manejo de Movilidad (MM)
- Enrutamiento de datos usando el Protocolo de Internet (IP) en capa 3.
- Autenticación
- Encriptación
- Compresión

El Manejo de Movilidad (MM) realiza las siguientes tareas:

- Manejo de sesión
- Control de estados de la estación móvil.
- Enrutamiento de paquetes en la bajada de datos, incluyendo el rastreo de la locación.

El SGSN realiza la autenticación y el cifrado basado en los mismos algoritmos, llaves y criterios existentes en GSM, de todas maneras, el algoritmo de cifrado es optimizado para la transmisión de paquetes de datos.

Funciones adicionales del SGSN incluyen:

- Capacidad temporal de almacenamiento
  - Rastrea la localización de las estaciones móviles en áreas de ruteo y células.
  - Lleva un registro del *Gateway GPRS Support Node* (GGSN) que cada estación móvil desea utilizar.
  - Mantiene un registro de los contextos de Protocolos de Paquetes de Datos (PDP) activados (función equivalente del VLR en GSM).

- Conexión GPRS
  - Recibe la suscripción a la red de la estación móvil de parte del *Home Location Register (HLR)*.
  - Notifica a un SGSN anterior de la petición de la estación móvil.
  - Verifica la identidad de la petición de la estación móvil.
- Inicia la petición de desconexión.

### Funciones del Gateway GPRS Support Node (GGSN)

El GGSN (figura 2.4.14) sirve como el punto de interconexión entre el SGSN y las redes externas de paquetes de datos, proveyendo comunicación segura entre los usuarios GPRS. Además el GGSN provee habilidades de túnel dentro del sistema de red GPRS. Realiza funciones similares a las del *Gateway MSC (GMSC)* y esta muy cercanamente relacionado a un router en términos IP.

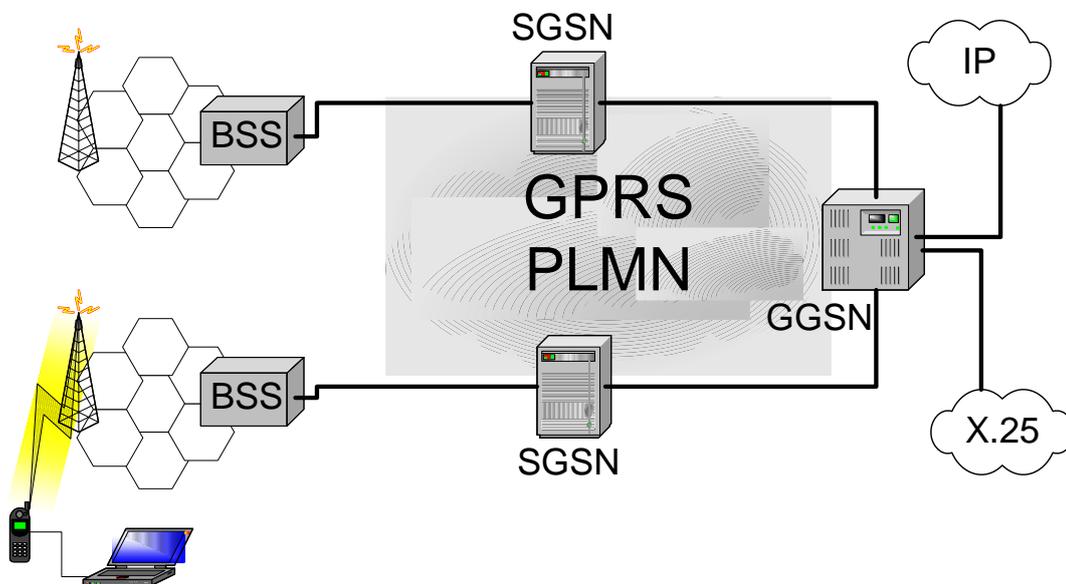


Figura 2.4.14

Dentro de la columna vertebral GPRS, los paquetes IP o X.25 son encapsulados en el *GPRS Tunneling Protocol – Protocolo de Túnel GPRS (GTP)*:

- Desde una estación móvil a una red externa de datos, el GGSN quita el encabezado GTP y entrega paquetes IP o X.25 en su forma nativa a los nodos externos de red.
- De la red externa de datos a la estación móvil, el GGSN hace la operación inversa: añade los encabezados GTP y envía estos paquetes al SGSN apropiado.

El túnel es la transferencia de unidades de datos encapsulados dentro de la *Public Land Mobile Network – Red Pública Móvil Terrestre* (PLMN) desde un punto de encapsulamiento a otro punto de desencapsulamiento. Un túnel es un camino de ida y vuelta punto a punto.

### **Home Location Register (HLR)**

El HLR es un elemento existente en la red GSM. Para poder soportar los servicios GPRS, el HLR debe de mejorarse para incluir los datos de suscripción de GPRS, incluyendo calidad de servicio (QoS), direcciones PDP y permisos de deambular (roaming).

El HLR es la base de datos principal en la red. Solo un HLR es presente (lógicamente) dentro de la red, aunque puede estar distribuido. La información guardada es relativa a todos los suscriptores registrados en la red. La información incluye el ID del suscriptor, IMSI, locación actual, y servicios de suscripción. Cuando una estación móvil desea conectarse a la red GPRS, el HLR provee la información de suscripción al SGSN

### **Mobility Management – Manejo de Movilidad (MM)**

Antes de que una estación móvil (MS) pueda enviar datos, primero debe de establecer una conexión al *Serving GPRS Support Node (SGSN)*. Un proceso de conexión entre la MS y la red es conducido y un *Temporary Logical Link Identifier - Identificador Temporal Lógico del Enlace (TTLI)* es asignado a la MS. De hecho, la estación móvil utiliza el TTLI después de que la red asigna un *Packet Temporary Mobile Subscriber Identity – Identidad de Suscriptor Móvil Temporal de Paquetes (P\_TMSI)*. La estación móvil escoge el TTLI después de que le fue asignado el P\_TMSI.

Después de la conexión, uno o más contextos de enrutamiento para uno o más *Packet Data Protocols – Protocolo de Paquetes de Datos (PDPs)* pueden ser negociados con el SGSN. Existe tres estados de manejo de movilidad para un suscriptor GPRS y cada estado describe el nivel de funcionalidad.

En estado desocupado, la estación móvil no está todavía conectada al manejo de movilidad GPRS y un procedimiento de conexión debe de ser llevado a cabo. En el estado listo, la estación móvil está conectada al sistema *GPRS Mobility Management - Manejo de Movilidad (GMM)* y su locación es conocida en el ámbito de célula. Cada célula en GSM tiene su propio *Cell Global Identity - Identidad Global de Celda (CGI)*, que permite a la red identificar a la estación móvil por célula. Cada célula está asociada con un área de locación (LA) en GSM, pero en GPRS, la asociación es hecha por el área de enrutamiento. En el estado alerta, el suscriptor está conectado al sistema GSM y su locación es conocida en el ámbito de área de enrutamiento. Si el usuario desea transmitir información, debe de activar un contexto PDP. La figura 2.4.15 muestra los diferentes estados.

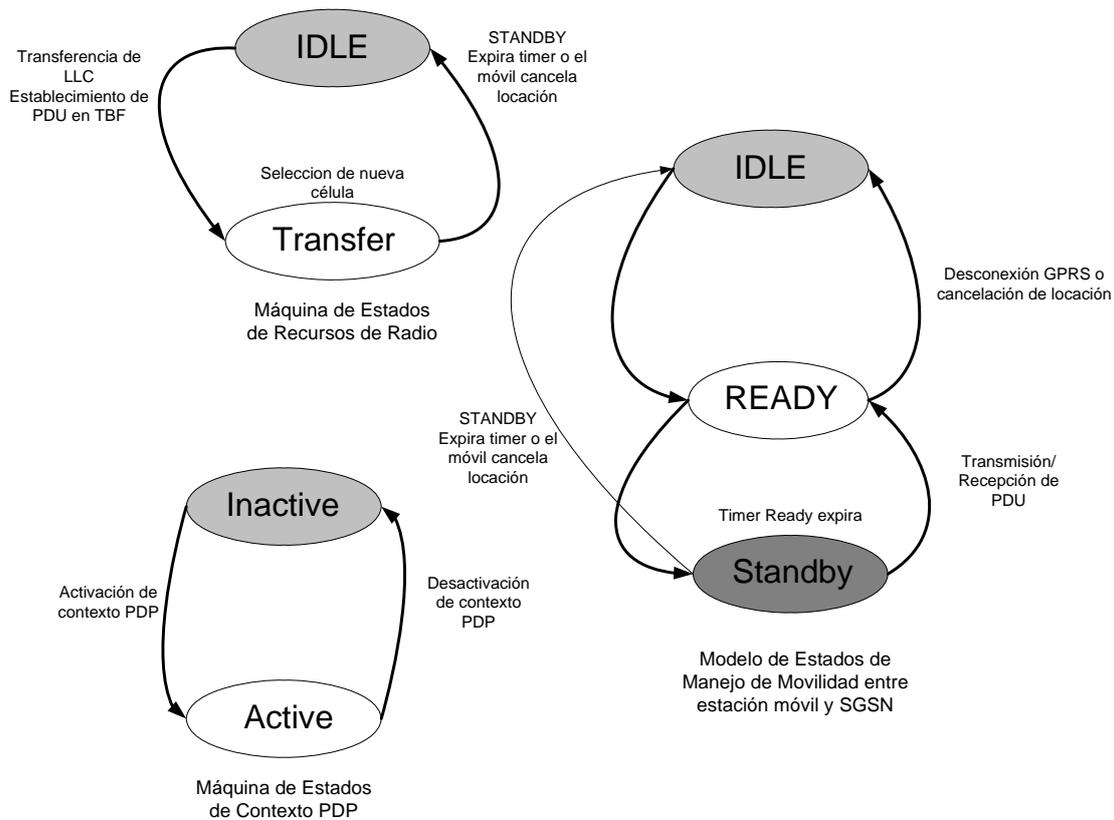


Figura 2.4.15

### 2.4.18 Conexión GPRS

Una estación GPRS no puede ser alcanzada o conocida por la red hasta que realiza un procedimiento de conexión y se encuentre en estado listo. El SGSN requiere el P\_TMSI de la estación móvil y de la *Routing Area Identity - Identificador de Área de Ruteo (RAI)* de la locación de la estación móvil.

En el estado listo

- La estación móvil y el SGSN han establecido un contexto de manejo de movilidad para el *International Subscriber Identity - Identidad Internacional del Suscriptor (IMSI)*, del suscriptor, el cual es la llave primaria de los datos de suscripción en GPRS guardados en el HLR.
- La estación móvil puede enviar y recibir datos en *Paquet Data Units – Unidades de Paquetes de Datos (PDU)*, que no son otra cosa que paquetes.
- La estación móvil también puede activar y desactivar contextos PDP (direcciones de datos) con la red. Una estación móvil puede tener muchos contextos PDP activos simultáneamente.
- La estación móvil escucha el *Packet Common Control Channel - Canal de Control Común de Paquetes (PCCCH)* y también usa la *recepción discontinua (DRX)*. La recepción discontinua significa que la estación móvil solo usara recursos cuando haya datos presentes para recibir (en forma de paquetes), si no hay paquetes para recepción, la condición siempre en línea no usa ningún recurso de radio.

El *Mobility Management - Manejo de Movilidad* para una estación móvil dada permanece en estado listo hasta que el contador listo expira y la estación móvil se mueve al estado alerta.

### Escenario de conexión GPRS

Usando la información anterior, podemos ver el proceso de una estación móvil para conectarse a la red GPRS. La estación móvil desea iniciar una sesión de paquetes de datos (por ejemplo acceder Internet o revisar correo electrónico) desde la red GPRS. Para esto, la estación móvil debe conectarse a la red GPRS, al SGSN para ser más específico. Se necesitan 4 pasos como lo muestra la figura 2.4.16.

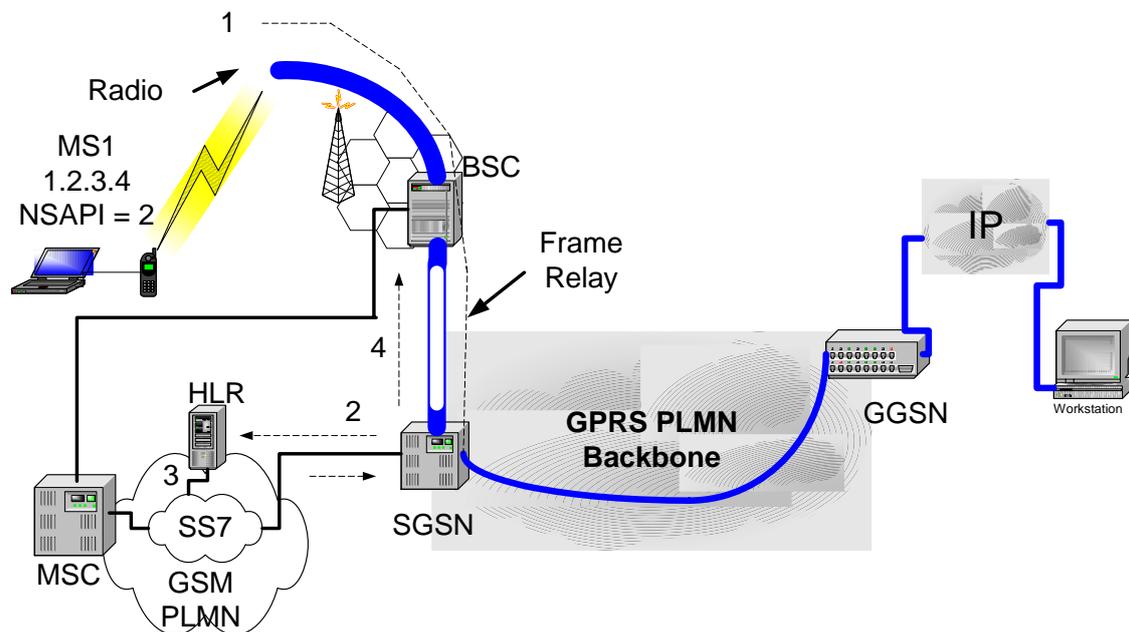


Figura 2.4.16

1. La estación móvil envía una petición de conexión con su identidad (P\_TMSI) al SGSN. Este mensaje también contiene un *Network Service Area Point Identifier - Identificador de Punto de Área de Servicio (NSAPI)*, que es específico para una aplicación de red en particular en la estación móvil. La capa del *Subnetwork Dependent Convergence Protocol - Protocolo de Convergencia Dependiente de la Subred (SNDCP)* usa esta NSAPI para comunicarse con las aplicaciones de red. Varias NSAPIs pueden ser asociadas con una sola estación móvil. Una puede ser para navegar en Internet, y otra para el e-mail.
2. El SGSN verifica si el usuario está autorizado y autenticado para un servicio en particular revisando el registro en el HLR para la estación móvil.
3. Después de la autorización, el SGSN envía una respuesta de vuelta a la estación móvil con el TLLI. El TLLI es específico para la estación móvil y es usado por la capa *Logical Link Control - Control Lógico de Enlace (LLC)* en la pila (stack) de protocolos. El propósito del TLLI es proveer un identificador temporal a la estación móvil, el cual puede ser usado en comunicaciones de datos.

4. Una base de datos es mantenida en el SGSN y traslada la identidad de la estación móvil con el TLLI asignado.

### **Desconexión GPRS**

Para moverse del estado listo al estado desocupado, la estación móvil inicia un proceso de desconexión GPRS. El resultado es que el SGSN remueva el contexto de MM, y el GGSN remueva el contexto PDP. La estación móvil envía una petición de desconexión al SGSN.

### **Activación de contexto PDP (Paquet Data Protocol – Protocolo de Paquetes de Datos)**

Antes de poder enviar o recibir datos, un contexto PDP debe de ser activado. El contexto PDP es usado para propósitos de enrutamiento dentro de la red GPRS. Una suscripción GPRS contiene varias direcciones PDP y un contexto PDP individual es mantenido por la estación móvil, el SGSN y el GGSN. Todos los contextos PDP para un suscriptor son asociados con el mismo contexto MM para el IMSI del suscriptor. Es posible pedir y/o fijar los siguientes parámetros:

- La calidad de servicio Qos solicitada, como la tasa máxima de bits, tasa media de bits, requerimientos de retardo, precedencia de servicio y el nivel de confiabilidad esperado.
- Compresión o no-compresión de datos como la V.42bis en la carga.
- Compresión o no-compresión del encabezado TCP-
- Dirección PDP.

### **Escenario de Activación de Contexto GPRS**

Una vez que una estación móvil es asignada un TLLI conocido por la red inalámbrica, es necesario que las redes externas (IP o X.25) tengan conocimiento de la estación móvil. Por eso, la estación móvil debe de iniciar un contexto PDP con la red.

Se puede resumir en cuatro pasos en el proceso de activación del contexto, como se muestra en la figura 2.4.17.

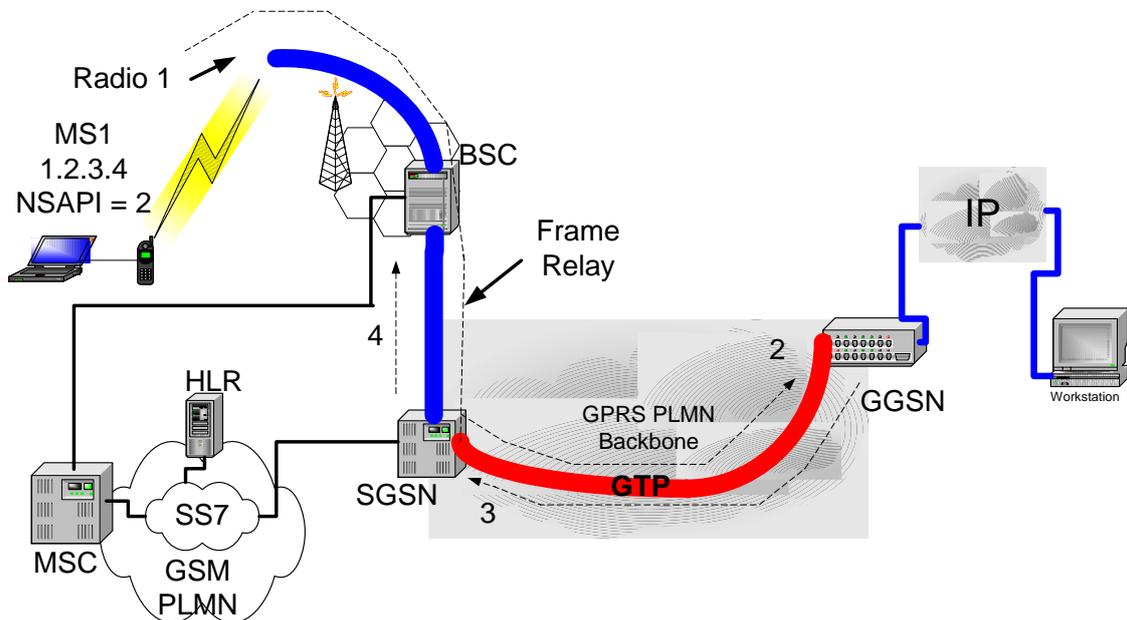


Figura 2.4.17

1. La estación envía una petición para activación de contexto al SGSN.
2. El SGSN escoge un GGSN basado en la información proveída por la estación móvil y pide al GGSN crear un contexto para la estación móvil. El SGSN seleccionara el GGSN que sirve el tipo de contexto en particular necesario. (Por ejemplo, uno para una red IP y otro para redes X.25).
3. El GGSN responde al SGSN con la información TID (Tunnel identifier - Identificador de Tunel). El GGSN y el SGSN son identificados mediante direcciones IP. Una relación muchos a muchos existe entre los SGSN y GGSN. Túneles múltiples (usados para una transferencia segura de datos entre el SGSN y el GGSN) existen y cada uno especifica un TID. Entonces el GGSN actualiza sus tablas donde traslada el TID y la dirección IP de GGSN para la estación móvil en cuestión.
4. El SGSN envía un mensaje a la estación móvil informando que tiene un contexto activado. El SGSN también actualiza sus tablas con el TID y la dirección IP del GGSN con el que ha establecido el túnel para la estación móvil.

### Transferencia de Datos desde Estación Móvil

Después de la conexión con el SGSN y la activación del contexto PDP, la estación móvil es conocida a la red externa de paquetes de datos (PDN *Packet Data Network - Red de Paquetes de Datos*) y puede enviar y recibir información de la red. Ahora la aplicación del usuario en la estación móvil generará paquetes IP o X.25. Los paquetes contienen una dirección fuente, una dirección destino, e información. El flujo de paquetes es listado a continuación y se muestra en la figura 2.4.18.

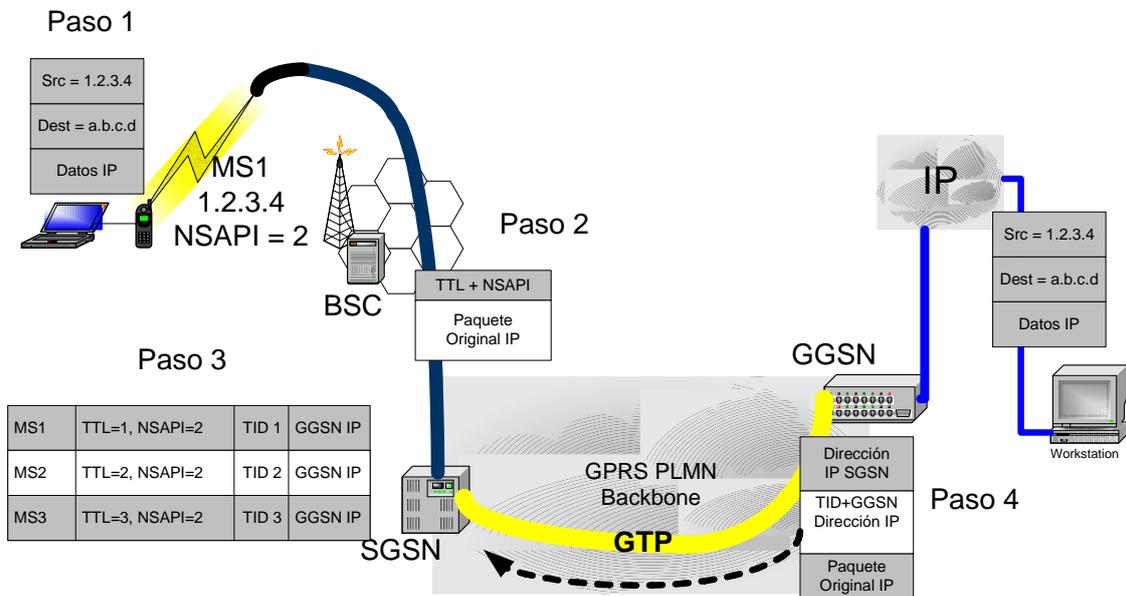


Figura 2.4.18

1. Un enlace lógico existe entre el SGSN y la estación móvil. El enlace es identificado por su TTLI específico para la estación móvil. Una tabla existe en la estación móvil que contiene información de mapeo del TTLI y la NSAPI asociada. La capa SDCP toma el paquete original IP que la estación móvil desea enviar y añade un encabezado con la información del TTLI y el NSAPI. Estos paquetes son enviados al SGSN.
2. La tabla en el SGSN también contiene información de mapeo del TTLI y la NSAPI con el correspondiente TID y la dirección IP del GGSN destino. En el SGSN el encabezado que contiene el TTLI y el NSAPI es removido y un encabezado GTP que contiene el TID y la dirección IP de GGSN se agrega.
3. Los paquetes son enviados al GGSN en formato IP con la dirección del SGSN como fuente y la dirección del GGSN como destino. El TID es también parte del datagrama IP (paquete).
4. En el destino (GGSN), el encabezado es removido y el paquete original IP o X.25 es obtenido. Este paquete ahora puede ser enrutado a su destino.

### Desactivación del Contexto PDP

La estación móvil envía un mensaje de petición de Desactivación de Contexto PDP (NSAPI) al SGSN. El SGSN envía un mensaje de petición para Borrar el Contexto PDP (TID) al GGSN, el cual remueve el contexto PDP y regresa una respuesta al SGSN.

Si la estación móvil estaba usando una dirección IP dinámica, el GGSN liberará extra dirección y la hará disponible para una subsiguiente activación de contexto para otras estaciones móviles. El SGSN envía un mensaje de Aceptación de Desactivación de Contexto PDP a la estación móvil.

Cuando una estación móvil se desconecta de la red GPRS, todos los contextos PDP de la estación móvil son implícitamente desactivados.

### 2.4.19 Funciones de Seguridad

La seguridad en las redes GSM y GPRS esta basada en las dos siguientes técnicas primarias.

- Autenticación

El Centro de Autenticación (AuC –*Authentication Center* - *Centro de Autenticación*) es responsable de generar un conjunto de parámetros conocidos como tripletas. Una tripleta consiste en

- Llave de Cifrado (Kc)
- Número Aleatorio (RAND)
- Respuesta Signada (SRES)

El RAND es un número generado aleatoriamente de entre un total de  $2^{128}$  números posibles. El RAND, junto con la llave de identificación (Ki), es usado para calcular el Kc y la SRES. Ki es un número secreto asignado a cada suscriptor y es mantenido en el AuC y esta basado en la tarjeta *Subscriber Identity Module - Módulo de Identificación de Suscriptor (SIM)*. Se toman medidas para asegurarse que la Ki no pueda ser leída de la tarjeta SIM, además de que Ki nunca es transmitida en la red. El procedimiento de autenticación, basado en GSM, realiza la selección de un algoritmo de cifrado. El SGSN guarda la tripleta de autenticación de la estación móvil después de desconectarla de GPRS. Si no tiene guardado la tripleta con anterioridad, los puede obtener del HLR.

- Cifrado

La estación móvil comienza el cifrado después de enviar la respuesta de autenticación al SGSN. Al recibir un mensaje de respuesta válido, el SGSN comienza el cifrado. El cifrado se usa sobre la interfaz aérea para proveer seguridad al tráfico de voz y datos. El Algoritmo 5 (A5) es usado junto con la Kc y el número de trama TDMA actual como entrada para generar el código de cifrado. La estación móvil calcula Kc del RAND y la Ki y la guarda en la SIM. La BSS obtiene Kc de *Visitor Location Register - Registro de Locación de Visitante (VLR)* para voz o del SGSN para datos. En la dirección de subida, la estación móvil cifra los datos y la BSS los descifra. Un proceso similar sucede en la bajada.

La llave de cifrado es diferente en las direcciones de subida y bajada. El número de trama TDMA cambia aproximadamente cada 4.6ms (un periodo de trama TDMA) y no se repite en 3.5 horas, haciendo muy difícil el rompimiento del cifrado. Algunos países permiten el cifrado como opción, otros los prohíben. La red también tiene la opción de comenzar el cifrado sin autenticación.

### 2.4.20 Interfaz de radio

#### Capa de Control de Enlace del Medio y Frecuencias de Radio

La interfaz de radio entre la estación móvil y la *Base Transceiver System - Base Transmisora - Receptora (BTS)*, que es funcionalmente la *Global System for Mobile Radio Frequency - Radio Frecuencia para el Sistema Global Móvil (GSM RF)* y también se verá la interfaz entre la estación móvil y la *Packet Control Unit - Unidad de Control de Paquetes (PCU)*, la cual esta conformado por las capas RLC/MAC.

La interfaz de radio corresponde al software de Capa 1 (capa GSM RF ) entre la estación móvil y la BTS usando el modelo de referencia OSI, como se muestra en la figura 2.4.19. La capa GSM RF maneja el enlace físico entre la estación móvil y el BSS (que combina la BTS y el BSC). Esta capa corresponde físicamente al *Channel Codec Unit - Unidad Codificadora de Canal (CCU)* dentro de la BTS. Los materiales de referencia muestran esta capa dividida en dos subcapas:

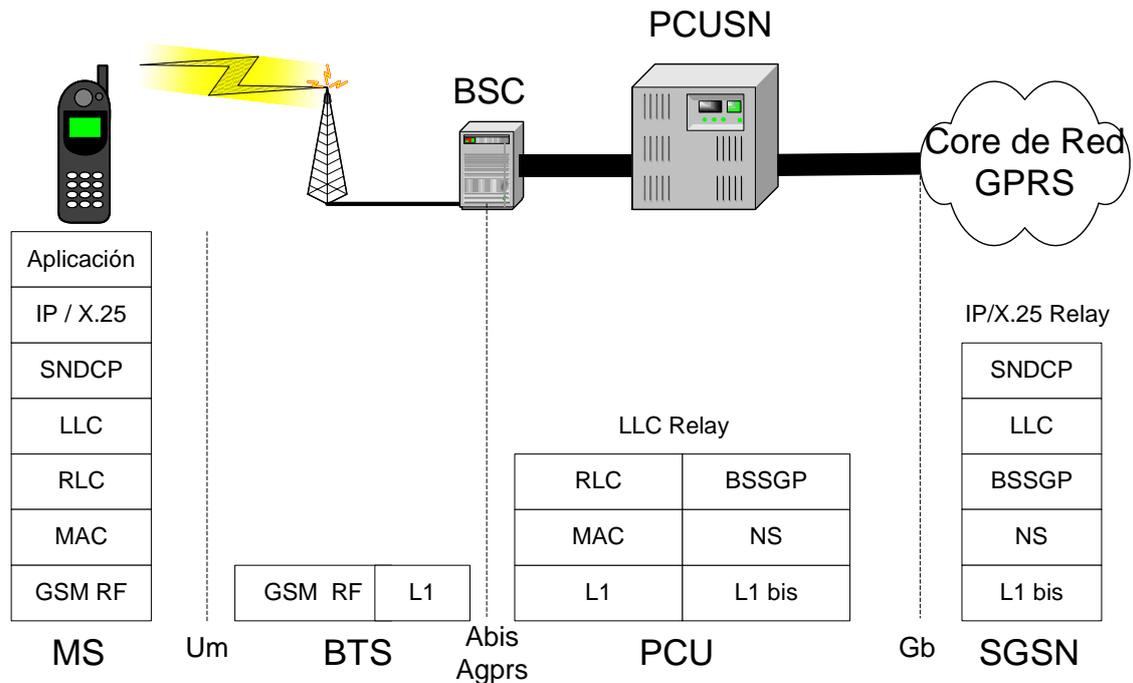


Figura 2.4.19

- Capa Física RF

La capa física RF le corresponde las tareas de modulación y demodulación, similar a las técnicas actuales de GSM. (modulación GMSK y demodulación Viterbi)

- Capa de enlace Físico

La capa de enlace físico provee transferencia de información sobre un canal físico en la interfaz de radio. Provee funciones de codificación de canal (*Forward Error Correction – Corrección de Errores hacia delante ( FEC )*), mediciones de las funciones del canal de radio (niveles de señal recibida, mediciones de avance de tiempo, detección de congestión en el enlace físico), y procedimientos de manejo de radio (selección de célula, control de potencia, *recepción discontinua (DRX)*). No realiza el cifrado (el cual es manejado por el LLC).

La interfaz MS-a-PCU corresponde al nivel de supervisión en las comunicaciones de radio, es decir, la capa RLC/MAC. Esta capa maneja el enlace lógico entre el BSS y el MS.

### 2.4.21 Canales de Paquetes Lógicos

GPRS usa algunos de los canales GSM de radiodifusión (broadcast) para sincronización (*Synchronization Channe - Canal de Sincronización (SCH)*) y para el ajuste de frecuencias (*Frequency Control Channel – Canal de Control de Frecuencia (FCCH)*). Para otros propósitos, nuevos canales de paquetes lógicos se definen, los cuales son portados por un canal de paquetes conmutados *Packet Data Channel – Canal de Paquetes de Datos (PDCH)*. PDCH es el nombre genérico para un canal físico asignado a portar canales lógicos de paquetes. El canal de paquetes (lógico) es usado en las direcciones de subida (UL) y bajada (DL). A diferencia de GSM, GPRS no cuenta con un canal duplex de comunicación, a excepción del *Packet Timing Advance Control Channel - Canal de Control de Paquetes en el Avance de Tiempo (PTCCH)*.

La figura 2.4.20 muestra un diagrama de árbol de los canales lógicos en GPRS.

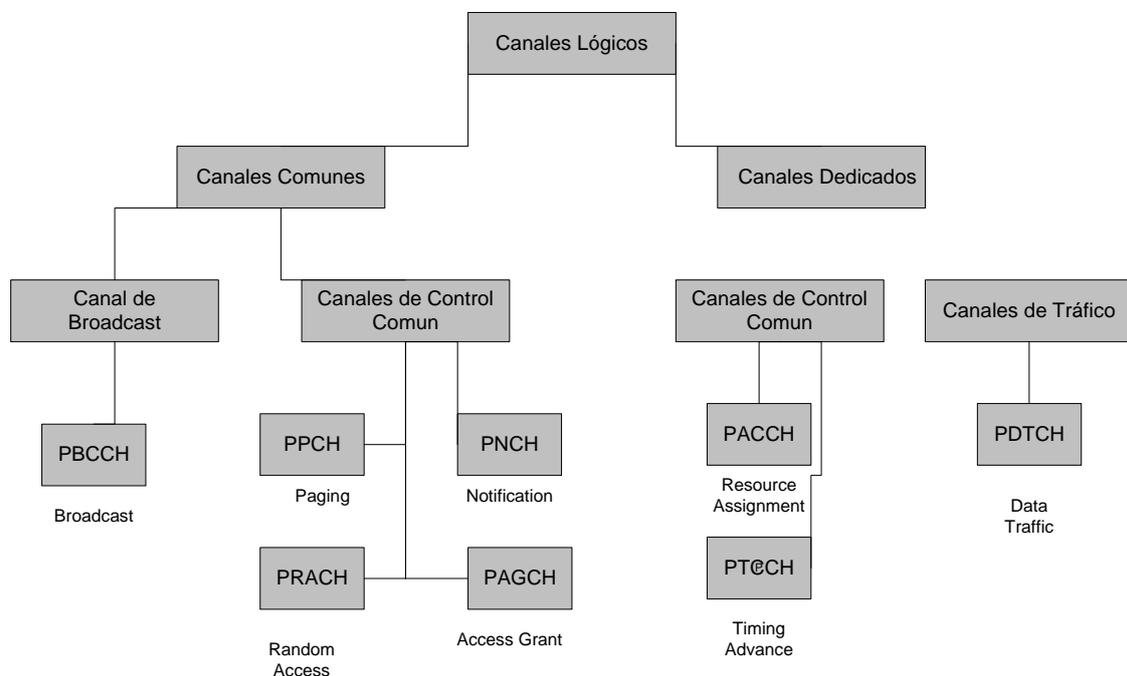


Figura 2.4.20

- **Packet Common Control Channels – Canales de Control Comunes para Paquetes (PCCCH)**
  - Packet Random Access Channel - Canal de Paquetes de Acceso Aleatorio (PRACH) Subida

Es usado para acceso aleatorio, lo usa la estación móvil para iniciar transferencia de datos o transferencia de información de señalización. También se usa para obtener información de avance de tiempo. En acceso de una fase es el único paquete necesario que la estación móvil envía para comenzar a transmitir información, en caso de acceso de dos fases, una segunda petición se envía en el *Packet Associated Control Channel - Canal de Paquetes Asociado a Control (PACCH)*. La ráfaga de acceso puede ser de 8 bits al igual que el RACH de GSM o un extendido de 11 bits que

contiene información de prioridades requeridas, esto depende de la red. El tipo de ráfaga de acceso es indicado en el parámetro ACCESS\_BURST\_TYPE que la red transmite en el *Packet System Information - Sistema de Información de Paquetes (PSI)* en el PCCCH.

- Packet Paging Channel - Canal de Paginación de Paquetes (PPCH) Bajada

Es usado para el paginado (paging) de la estación móvil antes de poder recibir una transferencia de datos. Este paginado se hace cuando la estación móvil se encuentra en el estado alerta dentro del área de enrutamiento. Se transmite en ráfagas normales.

- Packet Access Grant Channel - Canal de Acceso Garantizado de Paquetes (PAGCH) Bajada

Se usa para asignación inmediata de recursos durante el establecimiento de la llamada de datos. Si la estación móvil se encuentra envuelta en transferencia de paquetes, la asignación de recursos puede ser enviada en el PACCH. En acceso de una fase, el PAGCH asigna varios bloques, en el de dos fases el PAGCH asigna un solo bloque. El PAGCH se envía en ráfagas normales.

- Packet Notification Channel - Canal de Notificación de Paquetes (PNCH) Bajada

Se usa para enviar notificaciones de asignación de recursos a un grupo de estaciones móviles, es decir, notificaciones Punto a Multipunto Multicast (PTM-M).

- Packet Broadcast Control Channel - Canal de Control de Radiodifusión de Paquetes (PBCCH) Bajada

Transmisiones de paquetes de información acerca del sistema.

- **Packet Traffic Channels - Canales de Paquetes de Tráfico (PTCHs) Canales Dedicados**

- Packet Data Traffic Channel - Canal de Paquetes de Datos de Tráfico (PDTCH) Subida o Bajada

Esta canal es usado para transferencia de datos y se traslada directamente en uno de los canales físicos (lapso de tiempo TDMA). Son temporalmente dedicados a una estación móvil o grupo de estaciones móviles. Una estación móvil puede usar múltiples PDTCHs en paralelo para transferencia individual de paquetes. Hasta 8 PDTCH, cada uno en diferente lapso de tiempo, pueden ser asignado a una estación móvil en un tiempo dado.

- Packet Associated Control Channel - Canal de Control de Paquetes Asociado (PACCH) Subida o Bajada

Es usado para señalización de control. Esto incluye e información de control de potencia. También porta Asignación de Recursos que consisten en la capacidad del PDTCH. El PACCH comparte recursos con el PDTCH asignado a la estación móvil.

- Packet Timing advance Control Channel - Canal de Control de Tiempo de Avance de Paquetes (PTCCH) Subida y Bajada

Paquete de control para actualizar el avance de tiempo (timing advance) (TA). En subida usa ráfagas aleatorias de acceso para proveer una estimación del avance de tiempo. De bajada transmite información de avance de tiempo a varias estaciones móviles. Típicamente un PTCCH en bajada es seguido de varios PTCCH en subida. Los nodos receptores de la red estiman el tiempo apropiado para la recepción de ráfagas de las estaciones móviles. EL tamaño de las células tiende a estar limitados a un radio máximo de 35km. El avance de tiempo máximo de 63 bits (0 a 63). La duración de un bit sencillo es de 3.69ms. Debido a que el camino a ser ecualizado es de dos vías, la distancia física máxima entre una estación móvil la BTS es la mitad del retardo máximo. Claramente, el desempleo general del sistema esta parcialmente basado en la distancia a la BTS. La variabilidad que enrarece la red incluye la movilidad de los usuarios, ya que se encuentran a diferentes distancias de la BTS, teniendo como resultado tiempos de propagación diferentes. Además los usuarios que se encuentran en movimiento cambian constantemente los niveles de recepción de la BTS tiene de ellos. Estas condiciones se deben de cumplir para poder entregar una buena calidad de datos.

Mediante la información de avance de tiempo, las estaciones móviles transmiten la información un poco antes de lo esperado, así la BTS puede compensar la llegada de las ráfagas para asignarlos a la ranura de tiempo correcta.

Para ilustrar esto, la figura 2.4.21 muestra a dos estaciones móviles que se encuentran a diferentes distancias de la BTS. En este escenario, una ráfaga normal es enviado por dos diferentes estaciones móviles a través de ondas aéreas. La ráfaga de la estación móvil uno llega a tiempo y es asignado a la ranura de tiempo 6 correctamente. La ráfaga de la estación número dos llega tarde y traslapa las ranuras de tiempo, llega parcialmente en el tiempo de la ranura de tiempo 7 y una porción de la ráfaga cae en el dominio de tiempo en la ranura 0.

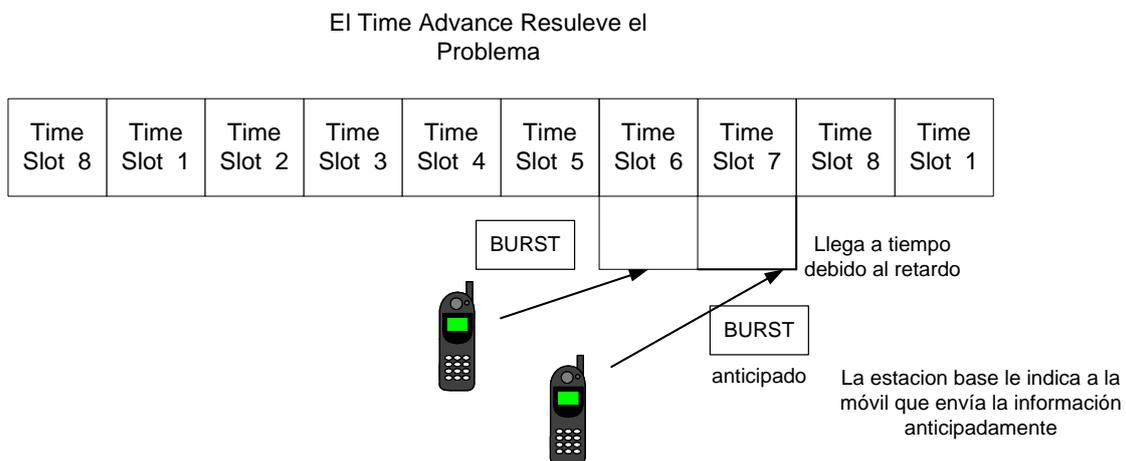
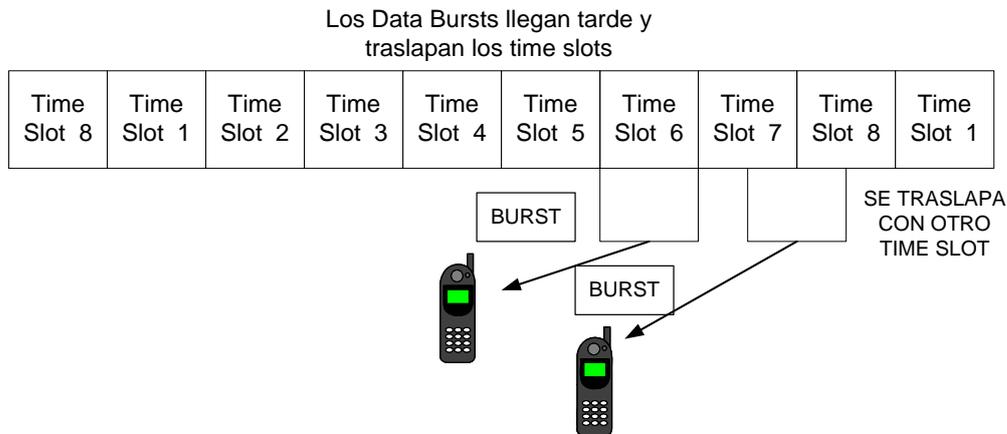


Figura 2.4.21

La estación base se da cuenta de la ráfaga que está llegando tarde. Por eso, envía una directiva a los canales de control en la bajada a la estación móvil. La directiva dice a la estación móvil que transmita sus datos antes para que el retraso sea compensado y la ráfaga pueda ser asignado a la ranura de tiempo correcto en la BTS. Con esto las ráfagas de la estación dos caen en el dominio de la ranura de tiempo 7.

### Canales de paquetes lógicos – Asignación de PDCHs

La configuración de la ranura de tiempo es declarada para cada una en el *Operations Maintenance Center for Radio - Centro de Mantenimiento de Operaciones para Radio (OMC-R)*, inicialmente definido en la Fase I de GPRS, como se muestra en la figura 2.4.22. Algunos lapsos de tiempo (time slots) son reservados para el sistema GSM (lapso de tiempo de circuito conmutado), otros son reservados solamente para el sistema GPRS (lapso de tiempo de paquetes conmutados; PDCH), y algunos son usados para ambos (el primer sistema que lo pida se lo

queda). En futuras Fases de GPRS se tendrá una configuración dinámica de lapsos de tiempo, para que todos los canales puedan ser asignados ya sea a canales lógicos de circuitos conmutados o para canales lógicos de paquetes conmutados, basado en el principio de capacidad sobre demanda.

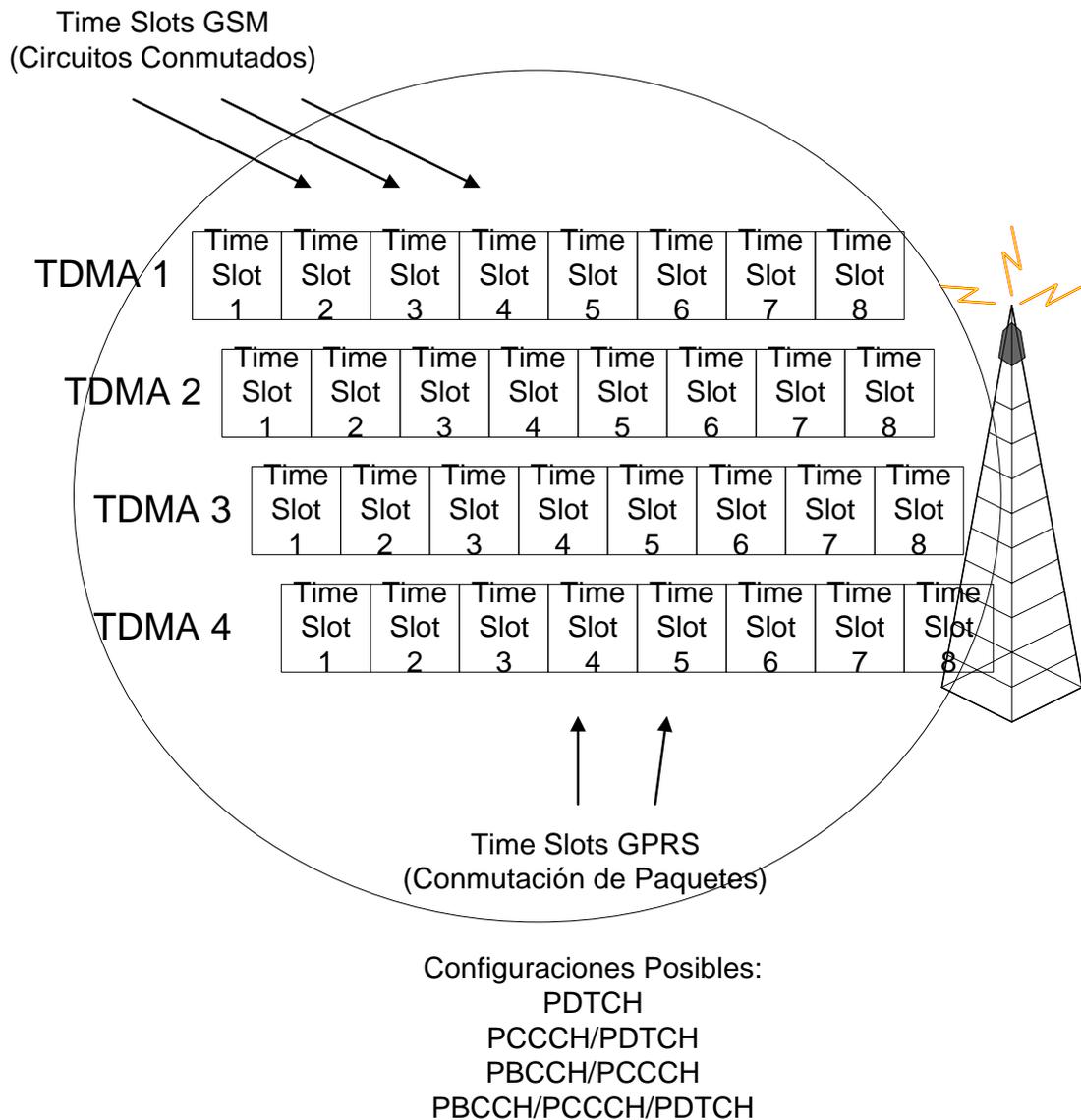


Figura 2.4.22

Una célula que soporta GPRS puede asignar recursos en uno o varios canales físicos para soportar el tráfico GPRS. Los canales físicos compartidos por las estaciones móviles en GPRS son tomados de una piscina (pool) común de canales físicos disponibles en la célula.

El principio de capacidad sobre demanda significa que no es necesario que los PDCHs estén permanentemente asignados para soportar GPRS y la red asigna los canales como es requerido. La señalización de control común requerida por GPRS es llevada en el PCCH.

### **Canales de paquetes lógicos – Estructura de Multitrama**

Los canales de paquetes pueden llevar bloques de datos RLC o bloques de control RLC/MAC (excepto PRACH y PTCCH UL, los cuales usan ráfagas de acceso en vez de ráfagas normales). Cada uno de estos bloques de radio es trasladado después de la codificación de canal en cuatro tramas de radio (llamados bloques de radio porque llevan bloques lógicos de radio).

El mapeo en el tiempo de los canales de paquetes lógicos llevados por el mismo PDCH es definido por la estructura del multitrama. La estructura de multitrama para PDCH consiste en un ciclo de 52 frames consecutivos de TDMA, divididos en 12 bloques (de cuatro frames cada uno), y 4 frames desocupados. El multiplexaje de los canales de paquetes en un PDCH no es fijo como en el sistema GSM. Es manejado por algunos parámetros y los bloques siguen el siguiente orden: B0, B6, B3, B9, B1, B7, B4, B10, B2, B8, B5 Y B11.

Las tramas desocupadas son usadas por la estación móvil para mediciones de señal o actualización de TA.

La multitrama mostrada en la figura 2.4.23 puede ser vista como dos multitramas de 26 frames como en el sistema GSM, numerados el 0 al 51. La multitrama tiene una duración de 240ms y 25.5 multitramas se cuentan como una supertrama.



## Como conoce la estación móvil la configuración PDCH

La estación móvil tiene que decodificar algunos parámetros que la red envía, para poder saber las multitramas de los paquetes de datos y como acceder a la red.

- **Descripción del PBCCH**

La estación móvil primero decodifica el canal BCCH de la célula seleccionada inicialmente. Un BCCH siempre es transmitido en SI 13 (si la célula soporta el servicio GPRS), el cual indica todos los parámetros relevantes para GPRS, entre otros, los *Packet Common Control Channel - Canales de Control Comunes de Paquetes* que son usados en la célula para GPRS (PBCCH, PRACH, PAGCH y PPCH). Si no hay descripción de PCCCH en el SI 13, toda la información necesaria para la operación GPRS es transmitida en el BCCH SI 13 y la estación móvil decodifica los BCCHs de las células vecinas para el proceso de reelección. Si el PBCCH es usado, porta toda la información necesaria acerca de las células vecinas para el proceso de reelección de célula.

- **Decodificación del primer bloque (B0) del PBCCH**

La estación móvil escucha el primer bloque del PBCCH (B0) del PDCH que lleva el PBCCH. La información contenida en este bloque indica cuantos bloques PBCCH son usados.

- **Decodificación del Packet System Information - Sistema de Información de Paquetes (PS)**

La estación móvil entonces decodifica todos los bloques PBCCH, que portan el PSI 1, 2, 3bis, 4, 5 y 13. Toda la información necesaria de la estación móvil es transmitida en el PSI.

## Ejemplo de configuración de PBCCH + PCCH

La multiplexación de los canales de paquetes en un PDCH no es fija como en el sistema GSM. En GPRS, es manejado por algunos parámetros y el siguiente orden de bloques: B0, B6, B3, B9, B1, B7, B4, B10, B2, B8, B5, Y B11. La figura 2.4.24, muestra los parámetros que manejan el multiplexaje de estos canales de paquetes en el mismo PDCH:



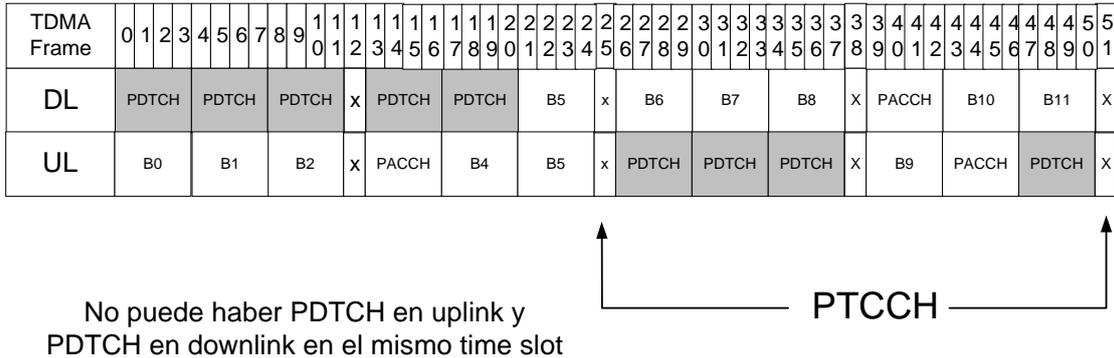


Figura 2.4.25

El PACCH lleva todas las señales dedicadas de señalización (SDCCH+SACCH+FACCH) . Siempre lleva bloques de control RLC/MAC (señalización de capa RLC/MAC).

En la bajada el PTCCH lleva una ráfaga de acceso para que la BTS pueda actualizar el valor de TA, y en la bajada, lleva el valor actualizado de TA para aplicarlo a la estación móvil.

Las posiciones del PACCH y PDTCH (número de PDCH) es proveída a la estación móvil en el Immediate Assingment - Asignación Inmediata o en el mensaje de Resource Assingment - Asignación de Recurso.

### Acceso de Una Fase y Dos Fases

La figura 2.4.26 muestra la diferencia entre los dos accesos.

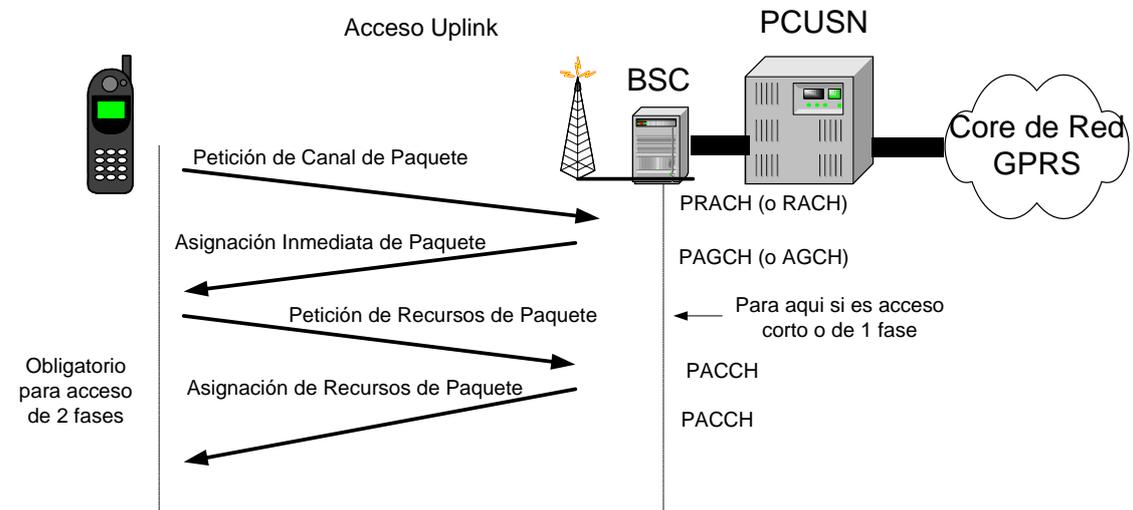


Figura 2.4.26

La estación móvil inicia una transferencia de paquetes enviando un mensaje *Packet Channel Request - Canal de Petición de Paquete* en PRACH. En acceso corto o acceso de una fase, este mensaje contiene toda la información necesaria para el establecimiento del canal:

- Número de bloques solicitados.
- Prioridad de radio (solo para mensajes de 11 bits)

La BSS confirma la petición al enviar un mensaje *Packet Immediate Assignment - Asignación Inmediata de Paquete* llevado en el PAGCH, el cual contiene la descripción de los canales físicos (PDCHs) reservados para la estación móvil.

El acceso de una fase es de alguna manera inseguro y requiere de mecanismos de resolución eficientes. Solo el acceso de dos fases es aceptado por la red en la Fase I de GPRS.

El acceso de dos fases puede ser iniciado por la estación móvil o por la red. En este caso, la estación móvil recibe un bloque sencillo en el PAGCH y responde con un mensaje *Packet Resource Request - Petición de Recurso de Paquetes* en el PACCH el cual contiene una descripción completa de los recursos solicitados para la transferencia subida. La respuesta al *Packet Resource Request - Petición de Recurso de Paquetes* tiene dos maneras de asignar los bloques específicos en los PDCHs: ya sea estático o dinámico. En asignación estática se envía un mapa de bits a la estación móvil que indica los bloques reservados para la transmisión en subida en el tiempo. En asignación dinámica una USF se usa para cada estación móvil, para que estas sean capaces de reconocer cuando les es permitido transmitir en el UL.

### **Asignación de Paquetes en Subida**

Varios pasos son necesarios cuando una estación móvil necesita acceso para entrar al modo de transferencia de paquetes. Se necesita saber los lapsos de tiempo asignados para que la estación móvil pueda empezar a transferir datos.

- **Access Request - Petición de Acceso**

Para poder conectarse a la red GPRS, la estación móvil envía un *Packet Channel Request - Paquete de Petición de Canal* en el PRACH.

- **Access Answer - Respuesta de Acceso**

La red responde con un mensaje de *Packet Immediate Assignment - Asignación Inmediata de Paquete* (el cual permite la asignación de un recurso PACCH) enviado en cualquier bloque PAGCH en el mismo PCCCH. Este mensaje contiene el único bloque asignado donde la estación móvil puede hacer su petición.

- **Resource Request - Petición de Recurso**

Ahora la estación móvil puede hacer su petición en un *Packet Resource Request - Petición de Recurso de Paquetes en el PACCH* que ha sido asignado. Este mensaje contiene la capacidad de radio de la estación móvil (2 + 1 o 3 + 1, y así), el número de octetos de datos de usuario (RLC octet count), el tipo de LLC-PDU, y el *Temporary Logical Link Identity - Identificador Temporal de Enlace Lógico* (TTL), y el modo de RLC.

- **Asignación de Recursos**

La red responde enviando un mensaje de *Radio Resource Assignment - Asignación de Recurso de Radio* en uno o más PDCHs para ser usados por la estación móvil para un *Temporary Block Flow*

- *Bloque Temporal de Flujo (TBF)* en el mensaje *Packet Uplink Assingment - Asignación de Paquetes de Subida* en el PACCH. Este mensaje contiene el parámetro *Absolute Radio Fequency Cannel Number - Número de Canal de Frecuencia Absoluta de Radio (ARFCN)*, uno o varias ranuras de tiempo, tiempo del comienzo del TBF, *Temporary Block Flow Identifier - Identificador del Bloque Temporal de Flujo (TBFI)*, TA, esquema de codificación de canal (CS1,CS2,CS3,CS4), resolución de contención para TTLLI, y

- Si se usa asignación estática, contiene el mapa de bits asignado y el lapso de tiempo de control en la bajada.
- Si se usa asignación dinámica, contiene la USF.

Para cada TBF (UL o DL), la PCU asigna bloques específicos en uno o varios lapsos de tiempo, colocados para el TBF. Estos bloques son descritos en el mapa de bits que es transmitido o no transmitido a la estación móvil de acuerdo al caso ( transferencia de paquetes UL o DL, asignación estática o dinámica en el UL, y así). En GPRS, una estación móvil puede ser asignada hasta ocho PDCHs para la transferencia de un paquete o hasta ocho estaciones móviles pueden usar simultáneamente el mismo PDCH.

Cuando varias estaciones móviles comparten el mismo PDCH, el multiplexaje de estas estaciones móviles es manejado por la PCU a través del mapa de bits indicando que estación debe transmitir en que bloque.

Para una transferencia de paquetes en el UL, cada estación móvil sabe cuando transmitir debido al mapa de bits, o debido a la USF transmitida en los bloques sucesivos DL (MAC Header) si se usa asignación dinámica.

Para transferencia de paquetes en el DL, el mapa de bits nunca es transmitido (se queda en la PCU). Debido a esto, las estaciones móviles que comparten el mismo PDCH DL tienen que escuchar a todos los bloques DL transmitidos en la ranura de tiempo, y ellos saben el destino del bloque decodificando el *Temporary Block Flow - Bloque Temporal de Flujo/ (TBF)*, transmitido en el header RLC, el cual fue asignado a la estación en un principio en el *Packet Resource Assingment - Asignación de Recurso de Paquetes*.

### **Asignación de Subida Estática**

La estación móvil que a pedido recursos para acceso a la red de paquetes en UL, en asignación estática existen los siguientes modos:

- Le son asignados desde uno hasta ocho lapsos de tiempo (PDCH) en el mismo TDMA. Las estaciones móviles de la Fase II de GPRS tienen configuración 3 + 1, es decir, 3 lapsos de tiempo para bajada por 1 para subida.
- Es asignado mediante un TBF STARTING TIME que indica la posición del primer bloque a usar, esto se hace enviando el número de frame TDMA.
- Son asignados mediante un lapso de tiempo de control en el DL, indicando cual de los PDCHs en el canal de bajada la estación móvil tendrá que monitorear continuamente para escuchar mensajes de radiodifusión de control para supervisión de control.
- Es asignado mediante un mapa de bits, el cual indica los bloques específicos dedicados a la estación móvil en cada lapso de tiempo asignada. El mapa de bits es determinado por la PCU y previene colisiones, y es transmitido a la estación móvil

En la figura 2.4.27 , dos estaciones móviles tienen asignado el lapso de tiempo 2 en el mismo TDMA, pero las colisiones serán evitadas gracias al mapa de bits, que asigna diferentes bloques a las estaciones móviles en la ranura de tiempo 2.

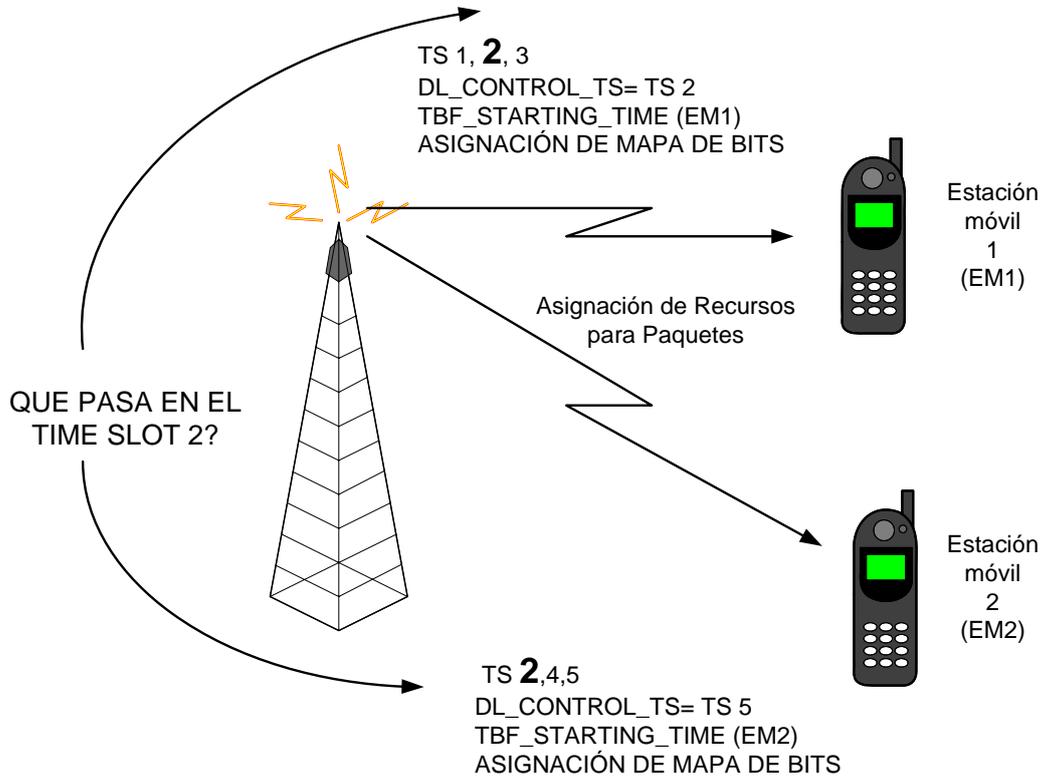


Figura 2.4.26

# Capítulo III

## Sistema de medición de consumo eléctrico vía GPRS

### 4.1 Introducción

El consumo eléctrico, el consumo de agua, la temperatura, o de cualquier otra variable requieren de algún mecanismo para la recolección de datos. En la actualidad la información de consumo eléctrico es tomada por personal de la compañía de luz de forma manual para posteriormente ingresarla a un sistema y poder mandar los recibos a los consumidores. Mediante un sistema remoto de monitoreo de Watthorímetros, esta información puede capturarse en línea sin tener la necesidad de enviar personal al sitio donde se encuentre el medidor.

Desde los medidores de energía consumida o Watthorímetros, la información debe ser extraída mediante una interfaz electrónica, las cuales generalmente son Seriales.

Posteriormente, la información debe de ser enviada mediante una red de datos hasta las instalaciones donde se encuentre el centro de procesamiento de información.

Dentro de las redes de datos disponibles se encuentran:

- Internet por línea telefónica, DSL o Cable.
- Enlaces Dedicados
- Retransmisión de tramas (Frame Relay)
- Enlaces inalámbricos
- GPRS

Entre el Watthorímetro y el medio de comunicación debe de haber otro equipo el cual procesará los datos para poder inyectarlos en las redes y asegurarse de que lleguen a su destino. Actualmente, las redes basadas en el protocolo IP son las comúnmente empleadas para el transporte de datos dentro de redes WAN, por lo que este tipo de equipos deben soportar este protocolo. Como el medidor se monitorea mediante un puerto serial, el equipo de comunicaciones debe encapsular la información en paquetes IP antes de enviarla al otro lado de las redes. Este tipo de comunicación debe de ser recíproca entre el medidor de luz y el centro de monitoreo, por lo que se requiere definir si el centro de monitoreo es capaz de interpretar datos seriales extrayendo la información de los paquetes IP, si esto no es posible, mediante software instalado en un equipo independiente quitar los encabezados IP y entregar mediante el puerto serial o algún otro puerto la información obtenida del equipo a monitorear.

Toda la idea de un sistema de medición de luz remota de consumo eléctrico recae en simular una conexión directa entre el equipo a monitorear y el equipo de procesamiento de información. Esto quiere decir que aunque existan múltiples redes IP e interfaces entre estos dos equipos, lógicamente tienen que funcionar de la misma manera que si estuvieran conectados directamente mediante un cable.

## 4.2 Arquitectura

La arquitectura de red del sistema de medición de de consumo eléctrico (MCE) vía GPRS se muestra en la figura 3.1

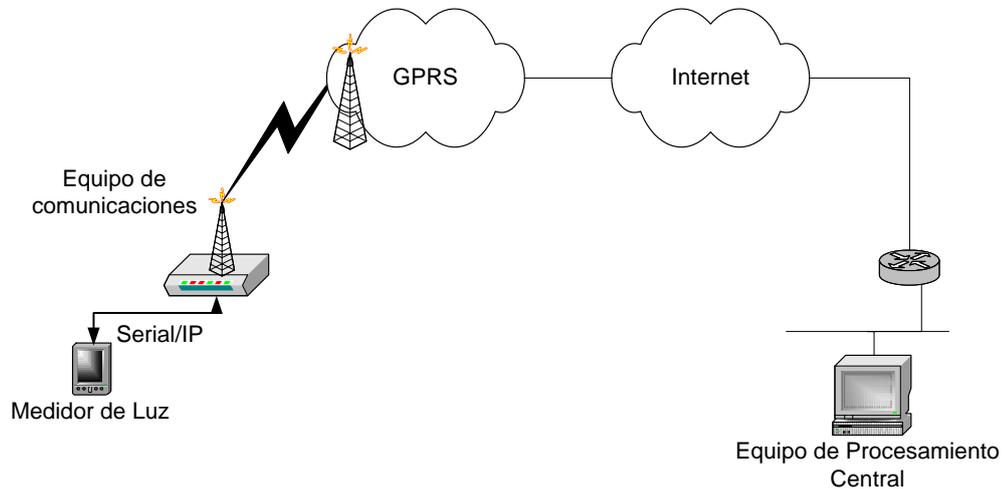


Figura 3.1

### 4.2.1 Descripción del Sistema

El sistema está diseñado para obtener el consumo de energía leído por un Watthorímetro instalado en alguna fábrica o empresa que cuente con un gran consumo. De esta manera la compañía proveedora del servicio podrá tasar el consumo del cliente basado en información precisa obtenida en tiempo real. En la actualidad la lectura del consumo la realiza *in situ* empleados de la compañía de “luz”.

Por lo tanto, el sistema propuesto cuenta con las siguientes ventajas sobre el actual:

1. El costo de enviar personal a realizar esta tarea mes con mes se cambia por una inversión inicial única además de un mantenimiento anual mucho más económico.
2. Se sabe que las compañías de luz están buscando una solución de este tipo debido a que existe corrupción entre las fábricas y los empleados que se encargan de leer el consumo. Las industrias suelen dar dinero a los empleados de la compañía de luz para que éstos cambien las lecturas para pagar menos dinero. Mediante un sistema de este tipo, la compañía de “luz” podría saber exactamente cuanta energía se consume diariamente por la fábrica sin corrupción en los datos.

Una vez definido el esquema de red del sistema, la secuencia de pasos a seguir del sistema para su correcto funcionamiento se detalla a continuación:

1. Se establece una comunicación del tipo cliente/servidor entre el equipo de comunicaciones remoto y el servidor central.
2. El servidor central envía un comando de lectura al equipo remoto de comunicaciones.

3. El equipo de comunicaciones reenvía el comando de lectura al medidor de luz mediante un puerto serial.
4. El medidor interpreta el comando y envía la respuesta a su puerto serial.
5. El equipo de comunicaciones transmite la información recibida en el puerto serial hacia el servidor del otro lado de la red.
6. El servidor central lee la información y la interpreta.
7. Despliega los resultados para que el usuario pueda interpretarlos.
8. Se repite la secuencia desde el paso 2 después de un intervalo de tiempo definido.

#### 4.2.2 Descripción de la Red

El sistema MCE vía GPRS se basa en la lectura de datos generados en el medidor en el punto remoto y su envío al equipo de procesamiento central del otro lado de la red.

La red GPRS es idónea para este tipo de aplicación debido a los siguientes factores:

- Su cobertura. Las redes GPRS tiene presencia en casi todo el mundo. En México se tiene cobertura en las principales ciudades del país así como en diferentes ejes carreteros. Por lo tanto, el sistema de monitoreo de equipos analógicos y digitales puede ser instalado en cualquier punto donde la cobertura llegue. En México, las dos compañías que actualmente (Enero de 2007) ofrecen el servicio son Telefónica y Telcel.
- Ancho de banda. Este factor está determinado por la capacidad de manejo de los canales definidos en el tiempo. GPRS. En la actualidad, la capacidad que se maneja alrededor del mundo es de secuencias de 4 lapsos de tiempo para transmisión desde la estación base por cada lapso de transmisión hacia la base. Esto se traduce en una tasa de transferencia de datos de alrededor de 40 kbps, ya que cada lapso de tiempo cuenta con capacidad de 8 kbps, lo que significa que hacia la estación base se pueden enviar datos hasta 32 kbps y desde la estación base se reciben datos a 8 kbps. Esta tasa es comparable a la que se lograba por módems telefónicos a principios de la década de los 90's, y para la aplicación de lectura remota de medidores de luz es mas que suficiente, ya que la información enviada se trata de simples caracteres en intervalos relativamente largos de tiempo.
- Disponibilidad. La disponibilidad de una red GPRS es prácticamente de un 100% del tiempo al año. La idea de medir la luz remotamente es poder obtener lecturas del consumo de luz en cualquier momento por lo que es necesario que el sistema se mantenga conectado 24 horas los 7 días de la semana. En la práctica, la gente tiene disponibilidad de uso de sistemas celulares ininterrumpidamente durante todo el año lo cual no es diferente para envío de datos mediante estas redes.
- Manejo de Protocolo IP. Aunque como se describió en el capítulo anterior, las redes GPRS utilizan diferentes protocolos para el encaminamiento de paquetes dentro de la red como puede ser reenvío inmediato de las tramas (Frame Relay), en la interfaz con la red externa (Internet) así como en la interfaz aérea, las redes GPRS pueden encaminar transparentemente los paquetes a nivel IP.
- Economía. El esquema de tarificación de los proveedores de servicio GPRS se basa en la información enviada y recibida. En nuestro sistema la información generada en ambos sentidos es relativamente pequeña, estamos hablando de unos cuantos kbytes por lectura.

## **Equipo remoto de medición**

El equipo de comunicaciones para la medición de luz es la parte medular del sistema ya que se encarga de coleccionar la información y enviarla a su destino en el equipo de procesamiento central.

## **Recolección de información**

Básicamente, el equipo remoto de monitoreo debe de tener un puerto serial asíncrono con señales en las patillas de transmisión, recepción y de tierra. Mediante este puerto se comunicará con el Wathorímetro.

## **Envío de Información**

El equipo remoto debe de contener un módem GPRS, al cual tendrá que mandarle la información que desea transmitir.

Generalmente, los módems comerciales GPRS (ejemplo Sony GM48, ENFORA Spider), deben de ser programados para que puedan levantar la sesión con la red GPRS, es decir, un equipo externo es el responsable del control de la comunicación entre el módem y la red. Una vez abierta la sesión GPRS, la información a transmitir es enviada al módem mediante un puerto serial, y el módem se encarga simplemente de retransmitir esta información a la red. Lo que quiere decir que la información que se le entrega al módem debe de encontrarse encapsulada en el protocolo IP para que pueda ser encaminada en las diferentes redes.

### **4.2.3 Procesamiento de Información y Control de Módem**

De los dos puntos anteriores se intuye que entre la interfaz hacia los equipos a monitorear y el módem debe de encontrarse una entidad lógica que tenga las siguientes funciones:

- Enviar comandos de conexión al módem GPRS
- Interpretación de la información recibida del medidor de luz.
- Armado de paquetes TCP/IP
- Envío de información al Módem.

Por lo tanto, el procesamiento de información y el control del módem se tienen que hacer mediante una entidad intermedia. Este tipo de aplicaciones requieren típicamente un procesador y una aplicación.

Como procesador se puede utilizar una computadora con adaptaciones especiales para la recolección de información. Y para la aplicación se puede utilizar cualquier lenguaje de programación como C, C++, Visual Basic o Java. El problema de esta solución es la inviabilidad económica del sistema debido a que el costo total se elevaría debido a que por cada punto remoto se tendría que comprar una computadora.

La única solución es buscar un microprocesador el cual se ajuste a las necesidades específicas del sistema. El microprocesador debe ser programado de preferencia en un lenguaje de alto nivel (C), o a nivel ensamblador que es más complicado de manipular.

Una vez definido el procesador, se definen las interfaces disponibles de este hacia el sistema de recolección y hacia el módem GPRS. Una vez definido esto, los tres componentes del sistema remoto de monitoreo tienen que ser integrados en un solo aparato mediante una tarjeta con pistas eléctricas de conexión. A esto habría que añadirle diferentes elementos necesarios para que el sistema funcione como lo son un puerto serial para configuración, una fuente de alimentación eléctrica, una interfaz para la conexión entre la SIM (chip GPRS) y el módem, además de diferentes controladores electrónicos, para poder llegar finalmente a construir una “caja negra” donde simplemente se debe de conectar a los Watthorímetros y a la electricidad para el funcionamiento del sistema.

Por lo tanto, un diagrama conceptual del equipo remoto se muestra en la figura 4.2.1

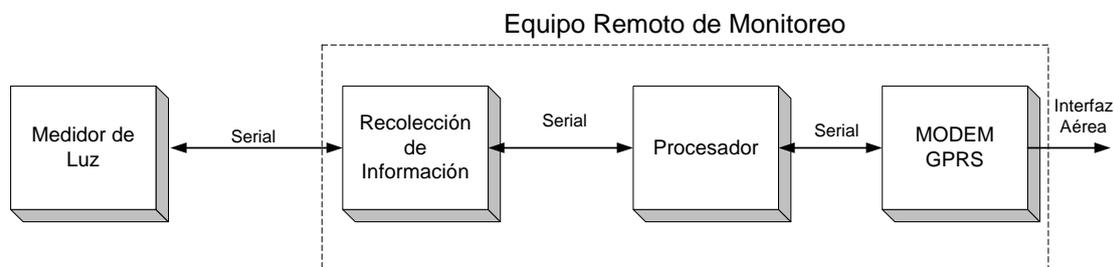


Figura 4.2.1

Dentro del mercado de los módems GPRS en el mundo, existe uno que reúne todas las características necesarias para construir un equipo remoto de monitoreo es el Módem NOKIA 12, que debido a sus características que se detallan a continuación, tiene la capacidad de recolectar la información, procesarla y enviarla vía GPRS:

### Módulo Nokia 12

El módulo GSM Nokia 12 está diseñado para aplicaciones MaM (máquina a máquina) y otras soluciones inalámbricas. El módulo Nokia 12 está diseñado para trabajar en la banda de 850/1900 MHz y soporta GPRS para el transporte de datos.

#### 4.2.4 Equipo de Procesamiento Central

El equipo central de procesamiento es una computadora corriendo la aplicación específicamente diseñada para manejar el sistema remoto de monitoreo. La aplicación tendría que cumplir con las siguientes funciones:

- Manejo de la comunicación

Como se mencionó en la descripción del sistema, el tipo de comunicación a utilizar es la llamada cliente/servidor. Donde el cliente en este caso es el equipo remoto de monitoreo y el servidor se encuentra en el equipo de procesamiento central. Por lo tanto la aplicación debe de poder aceptar y manejar las solicitudes TCP de los clientes.

- Interpretación de la información

Al recibir paquetes de datos TCP, una vez que la conexión cliente/servidor se encuentre abierta, la aplicación debe de poder analizar la información y procesarla de manera adecuada.

- Presentación de Información

Una vez analizada, la información debe de ser presentada al usuario que maneje el sistema de una manera amigable e interactiva.

La aplicación en el equipo de procesamiento central puede estar diseñada en cualquier lenguaje de programación (C++, Visual Basic, Java), pero lo más recomendable es definir esto a partir del lenguaje con el cual se programará el equipo remoto de comunicaciones para poder conseguir una homogeneidad de métodos en el código de ambas aplicaciones cliente y servidor. El lenguaje lo define el equipo remoto debido a que en el servidor central se tiene una computadora estándar que soporta cualquiera de estos lenguajes, en cambio, al escoger el mejor procesador disponible ( el que más se adapte a nuestro sistema) probablemente no tendrá la capacidad de soportar varios lenguajes de programación, sino son diseñados para el soporte de uno de ellos.

## 4.3 Módulo Nokia 12

El modulo GSM Nokia 12 está diseñado para aplicaciones MaM (máquina a máquina) y otras soluciones inalámbricas. El módulo Nokia 12 está diseñado para trabajar en la banda de 850/1900 Mhz y soporta GPRS para el transporte de datos. El modulo contiene una pila de protocolos TCP/IP que le permite conexiones directas de GPRS entre una aplicación remota y una aplicación de servidor. Por otro lado, el modulo soporta varias APIs (Application Programming Interface – Interface de Programación para Aplicaciones) JAVA, lo que permite escribir aplicaciones, en este lenguaje de programación, que se instalan y ejecutan dentro del módulo.

### Características de Hardware

Dimensiones: 36 mm X 45 mm x 9 mm.

Peso: 15 g

### Conector MaM

El conector MaM es nombrado como la interfaz del sistema, y es físicamente un conector macho de 60 patillas. El conector soporta las siguientes señales:

Entrada de voltaje

- Tierra
- Audio analógico
- Convertidores A/D (3)
- Entrada para el comando reestablecer (Reset input)
- Salida del comando Reestablecer (Reset output)
- Canales seriales asíncronos (3)
- Entradas digitales (máx 9)
- Salidas digitales (máx 8)
- Ajustador de nivel de voltaje para I/O

### Antena

El módulo Nokia 12 cuenta con un conector MMCX para su integración de una antena externa.

Voltajes:

El voltaje nominal para el módulo Nokia es de 3.8V (min 3.6V max 4.0V)

Especificaciones ambientales:

La temperatura de operación es de +15 a 35° c.

La humedad relativa de operación va de 20 a 75 %.

## **GPRS**

En cuanto a los servicios ofrecidos, el módulo Nokia 12 es un dispositivo GPRS clase B que puede conectarse a GPRS o a CSD (Circuit Switched Data) de GSM, usando un servicio a la vez. Un dispositivo GSM clase B permite recibir y hacer llamadas de voz, o enviar y recibir mensajes SMS (*Short Message Service*) durante una conexión GPRS. Durante las llamadas de voz, el servicio GPRS es suspendido y reiniciado automáticamente después de que la llamada ha terminado.

En cuanto a el ancho de banda que soporta, el módulo Nokia 12 pertenece a la clase 6 multi-canal temporal, lo que significa que puede utilizar las configuraciones de canales temporales de 3+1 o 2+2 (recepción desde la base + transmisión hacia la base). La tasa máxima de datos en esta clase de GPRS va de 56 kbps a 114 kbps dependiendo del esquema de codificación del operador de la red. El módulo Nokia 12 soporta todos los esquemas de codificación actuales (Coding schemes) (CS-1 a CS-4).

## **Operación Máquina a Máquina**

La operación Máquina a Máquina consiste en la comunicación entre las terminal Nokia 12 y un servidor central. La plataforma conecta aplicaciones en una intranet corporativa a los sitios remotos utilizando los portadores GPRS y la tecnología del Internet. La comunicación pasa por el servidor de comunicaciones hasta las terminales remotas GPRS. El servidor de comunicaciones se conecta a los elementos de la red del operador GPRS como el GGSN.

## **Tecnología JAVA**

La tecnología JAVA permite escribir aplicaciones de dispositivos MaM en el lenguaje de programación JAVA. Estas aplicaciones JAVA pueden ser descargadas sobre el aire (radio) a los dispositivos MaM para su ejecución. Esto permite rapidez en desarrollo e instalación de aplicaciones.

Las aplicaciones JAVA pueden ser desarrolladas con herramientas disponibles públicamente. Debido a la naturaleza portátil y dinámica de Java, las aplicaciones pueden obtenerse en línea y mejorarse dinámicamente. Además, debido a que el módulo Nokia 12 incluye una Máquina virtual para Java (Java Virtual Machine) las aplicaciones pueden ser ejecutadas en el módulo Nokia 12 sin necesidad de hardware externo.

Java es una excelente elección en aplicaciones MaM, donde el consumidor puede añadir lógica adicional al módulo Nokia 12.

## **J2ME**

La última versión de la plataforma Java es conocida como Java 2. Una de las características más poderosas de esta nueva plataforma es la escalabilidad para una amplia variedad de dispositivos. No todos los dispositivos son capaces de proveer los mismos recursos y funcionalidad, por lo tanto la plataforma Java 2 ha sido dividida en diferentes ediciones. La Java 2 Enterprise Edition (J2EE) está diseñada para desarrollar soluciones de servidores de alta demanda, la Java 2 Estándar Edition (J2SE) es usada en computadoras personales y la Java 2 Micro Edition (J2ME) está especialmente diseñada para pequeños dispositivos electrónicos, como teléfonos móviles y dispositivos MaM.

## **Interfaces de aplicación JAVA**

El modulo Nokia 12 soporta varias APIs para aplicaciones JAVA, estas conectan dispositivos externos usando el conector MaM a la red GSM. Las que se utilizarán en el sistema se detallan a continuación:

API Serial: Permite conectar dispositivos externos, mediante un canal serial, tales como dispositivos de medición, o de GPS (Global Positioning System).

API Socket: Permite utilizar las funcionalidades TCP/IP en una aplicación J2ME mediante el conector MaM. Estas librerías contienen todas los métodos Java que habilitan la comunicación en el protocolo TCP/IP para aplicaciones tipo cliente servidores.

## **Software de Configuración**

El software de configuración se usa cuando se activa un modulo Nokia 12 por primera vez, o cuando la configuración debe de modificarse. Las siguientes son las opciones del software de configuración:

- Configuración de puerto serial
- Control remoto de I/O
- Selección de portadora
- Configuración de protocolo MaM
- Carga de programas en el módulo.
- Seguridad GSM

## **Tarjeta de Evaluación**

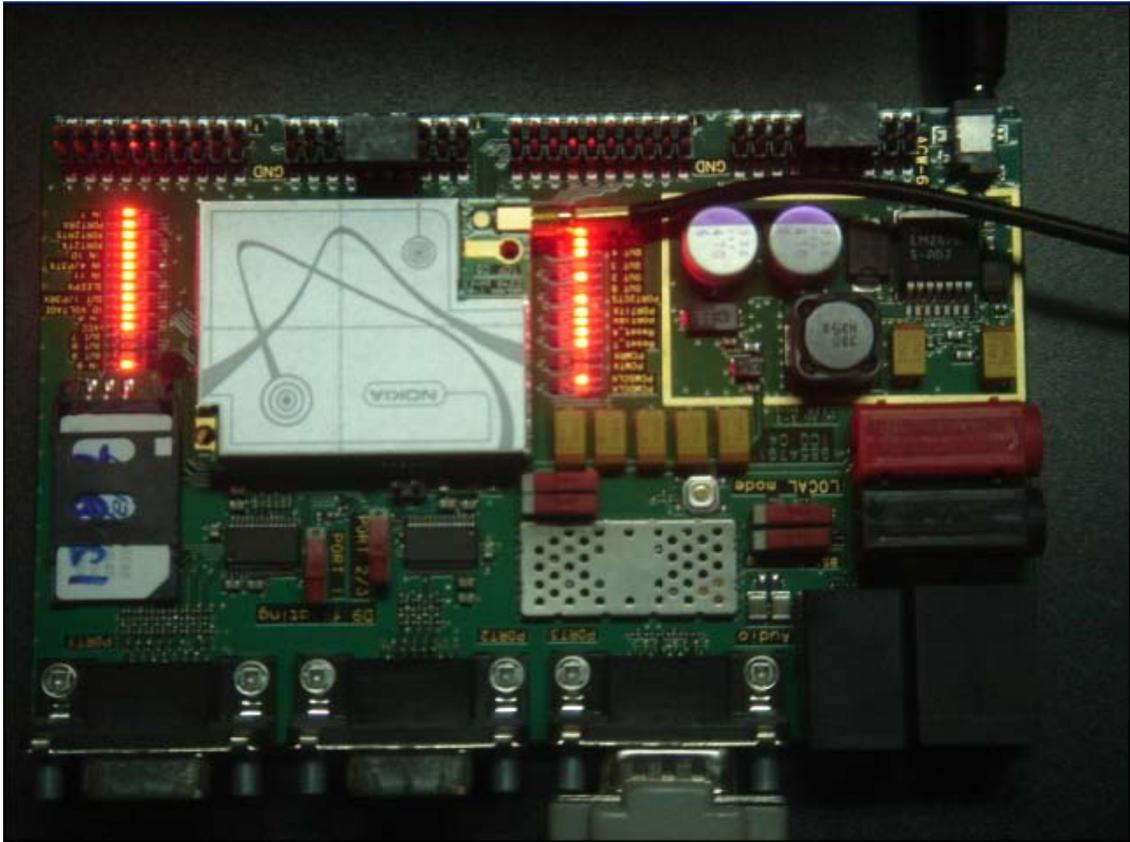
La tarjeta de evaluación del módulo Nokia 12 es una herramienta de hardware para probar la funcionalidad del módulo. La tarjeta de evaluación incluye componentes necesarios para conectar el módulo Nokia 12 a una PC para su configuración y funcionalidad.

La tarjeta de evaluación del Nokia 12 tiene una fuente de poder, tres puertos seriales equipados con convertidores RS232 y conector DB9. Un lector de tarjeta SIM está conectado directamente al conector MaM. Incluye también una antena para la conectividad GPRS.

## **Conclusión**

El módulo Nokia 12 está diseñado para cubrir aplicaciones tales como este sistema de medición remota de consumo eléctrico:

- Cuenta con un puerto serial RS232 programable mediante una API de Java para comunicarse con el medidor.
- Cuenta con una máquina virtual para Java (Java Virtual Machine, JVM) para el procesamiento de la información mediante aplicaciones diseñadas en el lenguaje de programación de alto nivel Java.
- Cuenta con una API Java de clases para instaurar los procesos receptores (sockets) TCP/IP para poder comunicarse con el servidor central del otro lado de la red.



Módulo Nokia 12

## 4.4 Watthorímetro

El siguiente medidor de luz fue encontrado como óptimo para el sistema:

Fabricante: QuadLogic Controls Corporation  
520 Eighth Avenue, 7<sup>th</sup> Floor  
New York, NY 10018  
[www.quadlogic.com](http://www.quadlogic.com)

### Modelo RMS-5

El medidor RMS-5 cuenta con la posibilidad de extraer la información por un puerto serial RS-232 configurado con 8 bits de datos más 1 bit terminante (fin de carácter), sin bit de paridad, y sin control de flujo, a 19200 bits por segundo. La manera de acceder a las lecturas del medidor es con el envío de simples comandos ASCII, es decir, mediante una aplicación que emule una terminal VT100, como lo es la Hiperterminal de Windows 95 y posteriores, se envían caracteres al puerto serial, de la computadora, que está conectado al medidor. El medidor captura la cadena de caracteres, la analiza, y retorna los resultados a la computadora de la misma manera, es decir, en caracteres ASCII que son desplegados en la Hiperterminal.

Por lo tanto, el medidor RMS-5 de Quadlogic es idóneo para el sistema propuesto, debido a la simplicidad que maneja para la extracción de información, siendo estos simples caracteres ASCII. Además de que cualquiera de las lecturas que se deseen obtener remotamente implicará un envío de muy pocos bytes por el aire. Esto es importante en un sistema GPRS ya que la red esta diseñada para intercambios de información relativamente pequeños, por el momento. Debido al ancho de banda que maneja (alrededor de 32 kbps) en la actualidad, el medio GPRS no es adecuado para aplicaciones que demanden grandes intercambios de información como lo pueden ser el audio y el video en tiempo real.



#### Características:

- Colecta información de agua, gas y BTU (British Thermal Unit).
- Para uso residencial, comercial e industrial
- Precisión, cumple con el requerimiento ANSI C12.1
- Integridad, cuenta con memoria flash para guardar datos, no necesita batería.
- Fácil de instalar.
- Comunicación remota mediante PLC o local con RS232.

## 4.5 Sistema de Medición Remota de consumo eléctrico vía GPRS utilizando Nokia 12 y Quadlogics RMS-5.

El diagrama final del sistema se muestra en la figura 4.5.1

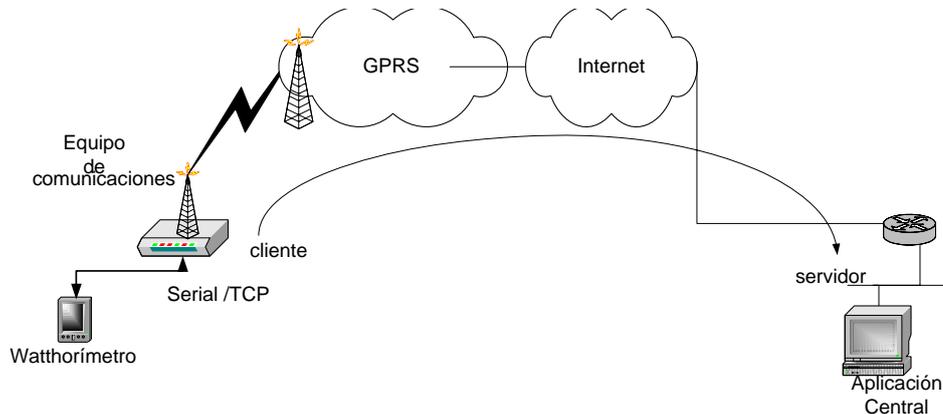


Figura 4.5.1

Por lo discutido anteriormente, el sistema se realiza al en programar en JAVA dos aplicaciones:

- Aplicación que corre en el módulo Nokia 12.
- Aplicación que corren en el Servidor Central.

### 4.5.1 Aplicación del módulo Nokia 12

Las funciones que debe desarrollar esta aplicación son las siguientes:

1. Instauración del proceso auxiliar TCP (TCP socket)

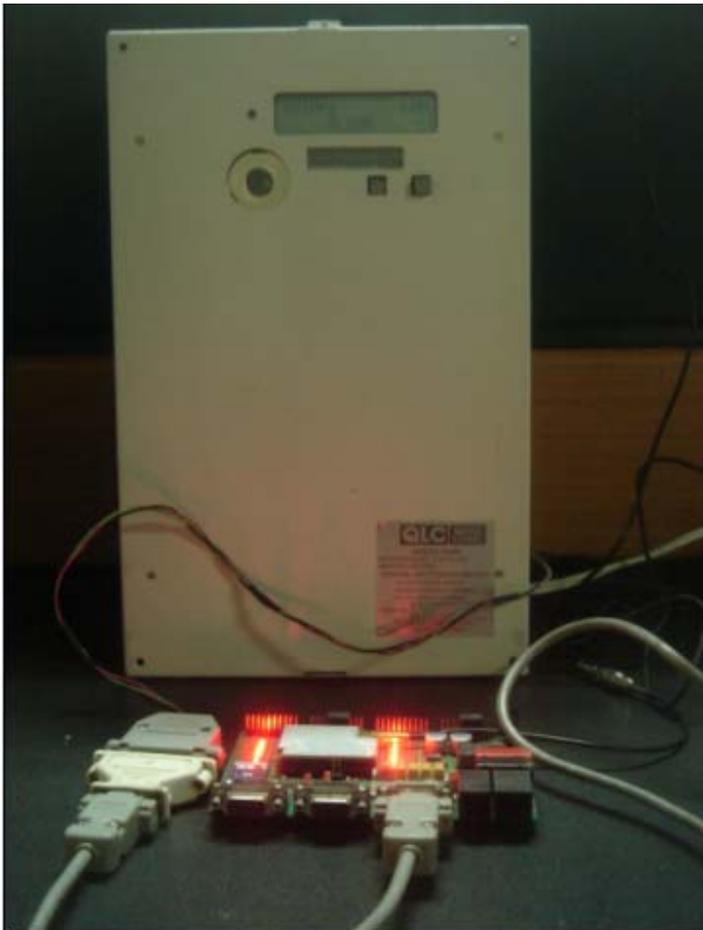
El modulo Nokia 12 debe de ejecutar forzosamente una aplicación cliente TCP debido a la naturaleza de las redes. Debido a que el módulo no es visible directamente desde Internet, el servidor central no puede iniciar la comunicación hacia el medidor, lo cual sería mucho más conveniente, debido a que si se requiere conocer la lectura de un medidor el servidor lo busca y manda el comando.

2. Puente de información de TCP / Serial

Una vez instaurado el proceso auxiliar receptor TCP entre el módem y el servidor, el módem pasa a un estado donde permanentemente servirá como puente entre los datos que reciba vía GPRS (TCP) y los datos que reciba del Medidor (Serial).

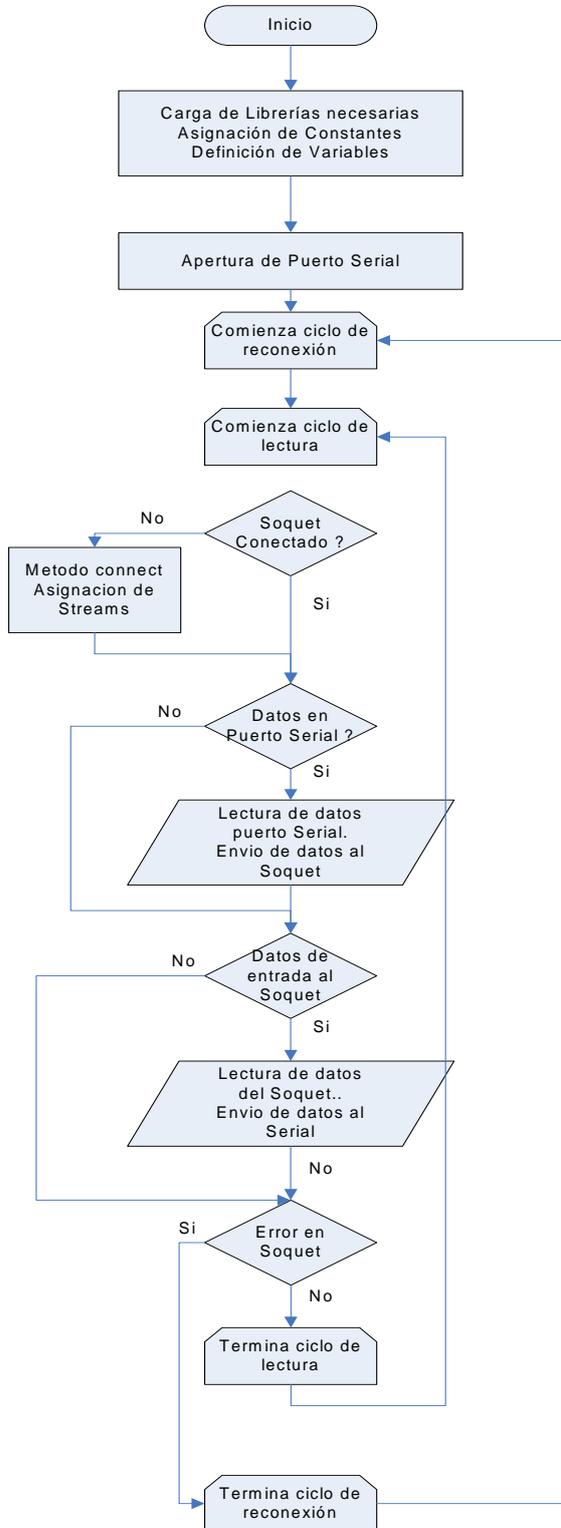
Lo que quiere decir que de cualquier paquete TCP que reciba por su antena, el módulo tomará únicamente los datos que contenga de carga útil (payload) del paquete y los enviará a su puerto serial.

En el sentido contrario, cualquier byte que el módulo reciba por el puerto serial será guardado en un vector de bytes que posteriormente será la carga útil (payload) de un paquete TCP con destino al servidor de comunicaciones del sistema.



Modulo Nokia conectado a Wathorímetro

Diagrama de flujo para el programa del Nokia 12.



## Código fuente para el Nokia 12.

```
import java.io.IOException;
import java.io.InputStream;
import java.io.OutputStream;

import javax.microedition.io.Connector;
import javax.microedition.io.StreamConnection;
import javax.microedition.midlet.MIDlet;
import javax.microedition.midlet.MIDletStateChangeException;

public class Serial_a_TCP extends MIDlet {

    // Dirección IP y puerto TCP a la cual el modem se conectará.
    private final String IP_DESTINO = "10.25.2.25";
    private final int PUERTO_DESTINO = 5500;

    private final int VELOCIDAD_SERIAL = 9600;
    private static final int TAMAÑO_CONTENEDOR = 4096;

    private InputStream serialInStream = null;
    private OutputStream serialOutStream = null;

    public void startApp() throws MIDletStateChangeException {

        StreamConnection socketConn = null;
        StreamConnection serialConn = null;

        InputStream socketInStream = null;
        OutputStream socketOutStream = null;

        int Datos_disponibles = 0;
        boolean Datos_transmitidos = false;

        try {
            // Abre Puerto serial
            serialConn =(StreamConnection) Connector.open("comm:3;baudrate="
+ VELOCIDAD_SERIAL, Connector.READ_WRITE);
            serialInStream = serialConn.openInputStream();
            serialOutStream = serialConn.openOutputStream();

        } catch (Exception e) {log(e.toString());
            return;
        }

        byte[] buff = new byte[TAMAÑO_CONTENEDOR];
        int longitud;
```

```

        while (true) {
            try {
                while (true) {
                    try {
                        if (socketConn == null) { // Establece la comunicación
entre Nokia e Hiperterminal
                            socketConn = connect();
                            socketOutputStream = socketConn.openOutputStream();
                            socketInputStream = socketConn.openInputStream();
                        } // Envía una excepción IO si el enlace se desconecta

// Verificamos si existen datos disponibles en el Puerto serial

for (Datos_disponibles = serialInStream.available(); Datos_disponibles
> 0; Datos_disponibles = serialInStream.available()) {

if (Datos_disponibles > TAMAÑO_CONTENEDOR) {
Datos_disponibles = TAMAÑO_CONTENEDOR;
}

// Esta llamada no bloquea el programa
longitud = serialInStream.read(buff, 0, Datos_disponibles);
if (longitud > 0) {
Datos_transmitidos = true;
socketOutputStream.write(buff, 0, longitud);
socketOutputStream.flush();
} else {} }

// for datos disponibles en el Puerto serial

// Lectura de datos del socket y escritura al Puerto serial
// Available regresará 0 mientras no haya datos en el socket.

if (socketInputStream != null) {

for (Datos_disponibles = socketInputStream.available(); Datos_disponibles
> 0; Datos_disponibles = socketInputStream.available()) {
if (Datos_disponibles > TAMAÑO_CONTENEDOR) {
Datos_disponibles = TAMAÑO_CONTENEDOR;
}

// Lectura de datos del socket y escritura al puerto serial
longitud = socketInputStream.read(buff, 0, Datos_disponibles);
if (longitud > 0) {
Datos_transmitidos = true;
serialOutputStream.write(buff, 0, longitud);
serialOutputStream.flush();
}
else {
}
}

// if socketInputStream != null

// Un ciclo completado, esperamos medio segundo antes de continuar la
siguiente vuelta

if (!Datos_transmitidos) {Thread.sleep(500);}

```

```

// Cachamos excepciones adentro del ciclo
} catch (Exception e) {
if (socketOutputStream != null) {
    try { socketOutputStream.close(); } catch (Exception ignorada) {}
        socketOutputStream = null;
    if (socketInputStream != null) {
try {socketInputStream.close(); } catch (Exception ignorada) {}
        socketInputStream = null;
            if (socketConn != null) {
                try { socketConn.close(); } catch (Exception ignorada) {}
                    socketConn = null;
            }
        }

    try { // esperamos 5 segundos entre intentos de conexión
        Thread.sleep(5000);} catch (InterruptedException ignore) {}
} // catch principal

} // ciclo de lectura
} catch (Exception e) {log(e.toString());}

} // ciclo de reinicialización

}

/**
 * Conexión al servidor
 * Regresa un StreamConnection
 */
private StreamConnection connect() throws IOException {
    final String url = "socket://" + IP_DESTINO + ":" +
    PUERTO_DESTINO;
    StreamConnection conn = null;
    conn = (StreamConnection) Connector.open(url);
    //log("Conectado");
    return conn;
}

private void log(String msg) {
    msg = "[" + msg + "]" + "\n" + "\r";
    if (serialOutputStream != null) {
        try { serialOutputStream.write(msg.getBytes());
        } catch (Exception ignored) {}
    }
}

public void pauseApp() {
}
public void destroyApp(boolean arg0) throws
MIDletStateChangeException {
}

}

```

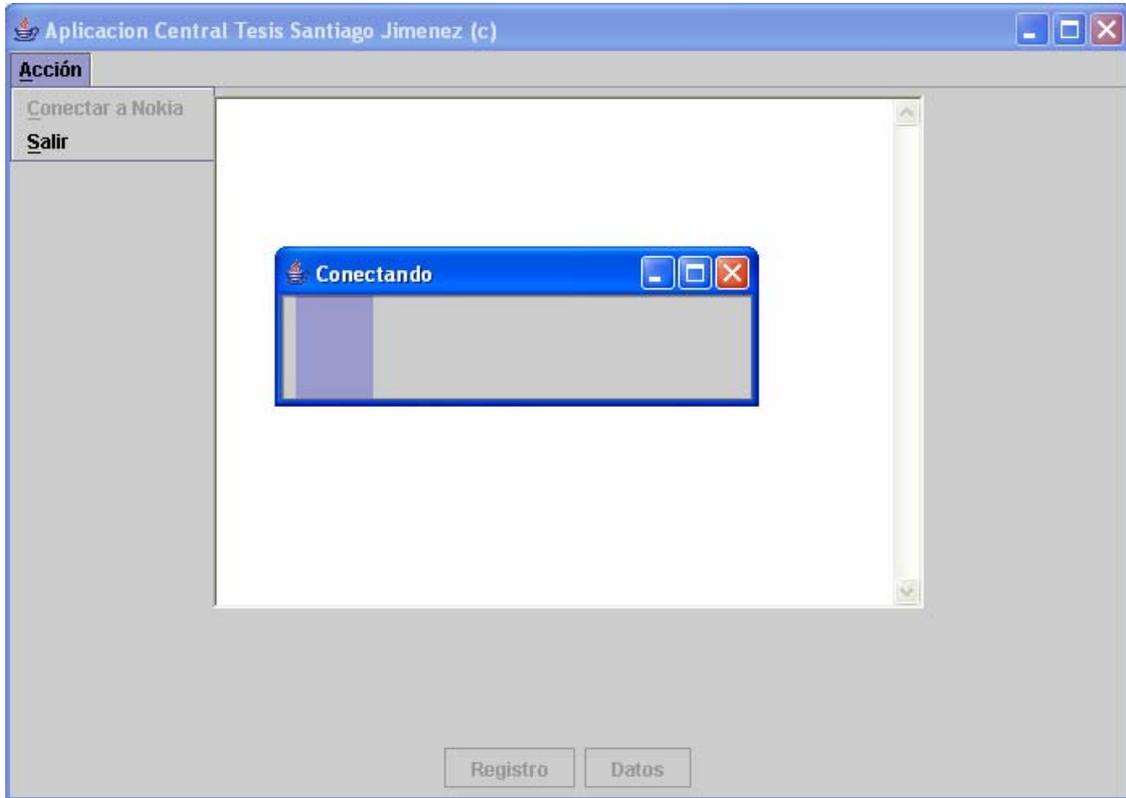
#### 4.5.2 Aplicación en el Servidor Central

Como aplicación central se utilizará un programa desarrollado en Java Swing específicamente para este trabajo, el cual será un servidor de peticiones TCP además de tener una interfaz para el usuario donde despliega y captura información en algo parecido a una hoja en blanco. La información que se desea obtener del medidor será ingresada mediante botones que contienen comandos preestablecidos.



Sistema completo.

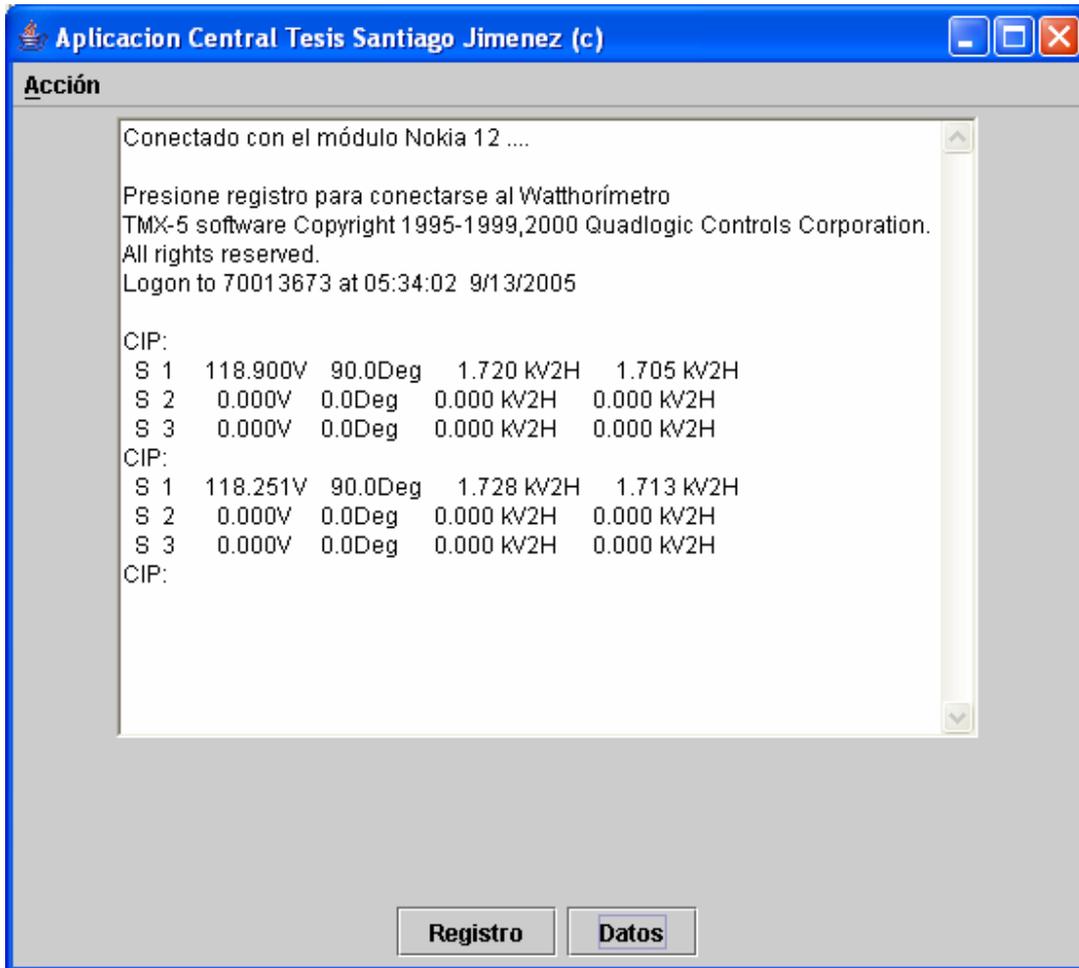
Al encenderse el Nokia 12 automáticamente envía la petición de conexión TCP a la aplicación central, la cual deberá de estar corriendo previamente y seleccionada la opción del menú principal para la activación del servidor TCP.



Una vez establecida la conexión TCP la aplicación debe de registrar su ingreso al Watthorímetro (login). Para esto se cuenta en la aplicación central con un botón de "Registro" el cual al ser presionado envía una cadena de caracteres (atn -s3Super3) por la conexión TCP hacia el módem Nokia.

El MODEM al recibir este paquete quita el encabezado TCP y envía la cadena al puerto serial donde esta conectado el Watthorímetro RMS-5 de Quadlogics. El medidor valida que el comando de registro es válido y de ser así regresa un mensaje con datos del medidor así como un cursor para ingresar comandos.

Una vez registrado en el Watthorímetro se puede presionar en la aplicación central el botón de "Datos" el cual envía una cadena de caracteres (md -V), la cual pide al Watthorímetro el estado de los voltajes en sus 3 fases.



## Código fuente aplicación Central

```
import javax.swing.*;
import java.awt.*;
import java.awt.event.*;
import java.net.*;
import java.io.*;

public class Central {

    static ServerSocket sock;
    static Socket sock2;
    static InputStream in;
    static OutputStream out;
    static IncomingThread inco;
    static TextArea txt;
    static JFrame dlframe;
    JPanel buttonp, textp;
    static JButton buttonb, datab;
    static Conectando con;

    public Central () { // constructor downrem
    } // constructor downrem

    public static void main(String[] args){ // main
        dlframe = new JFrame("Aplicacion Central Tesis Santiago Jimenez (c)");
        Central cr = new Central();
        dlframe.getContentPane().removeAll();

        JMenuBar jmenu = buildMenuBar();
        dlframe.getContentPane().add(jmenu, BorderLayout.NORTH);

        JPanel buttonp = Buttonp();
        dlframe.getContentPane().add(buttonp, BorderLayout.SOUTH);

        JPanel textp = Textp();
        dlframe.getContentPane().add(textp, BorderLayout.CENTER);

        dlframe.pack();
        dlframe.setSize(700,500);
        dlframe.setVisible(true);
        System.out.println("done");
        dlframe.addWindowListener(new WindowAdapter(){
            public void windowClosing(WindowEvent e){
                System.exit(0);
            }
        });
    } // main
}
```

```

public static JPanel Textp(){
    JPanel textp = new JPanel();
    txt = new TextArea(20,60);
    textp.add(txt);
    return textp;
}

public static void envia(String msg){

    byte bufx [] = msg.getBytes();
    int c = bufx.length;
    int x = c +1;
    System.out.println(c);
    byte buf3 [] = new byte [x];
    System.arraycopy(bufx,0,buf3,0,c);
    buf3 [c] = 13;
    try { con.out.write(buf3);
        //out.write(buf3);
    }catch(Exception en){ System.out.println("envia excep" +
en.toString());
    }
} // envia

public static JPanel Buttonp(){
    JPanel buttonp = new JPanel();
    buttonb = new JButton("Registro");
    datab = new JButton("Datos");

    ActionListener bst = new ActionListener(){
        public void actionPerformed (ActionEvent ae){
            if (ae.getActionCommand().equals("Registro")){

                envia("attn -s3Super3");
                datab.setEnabled(true);
            }
            if (ae.getActionCommand().equals("Datos")){
                envia("md -V");
            }
        }
    };
    buttonb.addActionListener(bst);
    datab.addActionListener(bst);
    buttonb.setEnabled(false);
    datab.setEnabled(false);
    buttonp.add(buttonb);
    buttonp.add(datab);
    return buttonp;
}

```

```

public static JMenuBar buildMenuBar(){
    JMenuBar jmenu = new JMenuBar();
    JMenu mAction = new JMenu("Acción");
    mAction.setMnemonic('A');
    final JMenuItem iConn = new JMenuItem("Conectar a Nokia");
    iConn.setMnemonic('C');
    final JMenuItem iExit = new JMenuItem("Salir");
    iExit.setMnemonic('S');

    ActionListener lst = new ActionListener(){
        public void actionPerformed (ActionEvent ae){
            if (ae.getActionCommand().equals("Conectar a
Nokia")){

                final JProgressBar aJProgressBar = new JProgressBar(0, 100);
                aJProgressBar.setIndeterminate(true);
                JFrame theFrame = new JFrame("Conectando");
                theFrame.getContentPane().removeAll();

                theFrame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);

                theFrame.getContentPane().add(aJProgressBar,
BorderLayout.CENTER);
                theFrame.pack();
                theFrame.setSize(300,100);

                con = new Conectando(theFrame, txt, buttonb, datab);
                iConn.setEnabled(false);
                } // action performed
            }; // Action Listener

            iConn.addActionListener(lst);
            mAction.add(iConn);
            iExit.addActionListener(lst);
            mAction.add(iExit);
            jmenu.add(mAction);
            return jmenu;

        }
    } // downrem
}

```

```

import javax.swing.*;
import java.awt.*;
import java.net.*;
import java.io.*;

public class Conectando implements Runnable {
    Thread t;
    static ServerSocket sock;
    static Socket sock2;
    static InputStream in;
    static OutputStream out;
    boolean conected;
    Frame theFrame;
    TextArea txt;
    String aux4;
    JButton buttonb, datab;
    static IncomingThread inco;

    Conectando (Frame theFrame, TextArea txt, JButton buttonb,
JButton datab){
        t = new Thread(this, "Demo");
        t.start();
        conected = false;
        this.theFrame = theFrame;
        this.txt = txt;
        this.buttonb = buttonb;
        this.datab = datab;

        theFrame.setVisible(true);
        char aux3 [] = {(char) 10};
        aux4 = new String(aux3);
    }

    public void run (){
        try{
            sock = new ServerSocket(5500);
            sock2 = sock.accept();
            theFrame.setVisible(false);
            conected = true;
            txt.append("Conectado con el módulo Nokia 12 ....");
            txt.append(aux4);
            txt.append(aux4);
            txt.append("Presione registro para conectarse al Watthorímetro");
            txt.append(aux4);
            buttonb.setEnabled(true);

            in = sock2.getInputStream();
            out = sock2.getOutputStream();
            inco = new IncomingThread(in,txt);
        } catch (Exception xj){System.out.println("XJ Serversocket " +
xj.toString());}
    } // run
}

```

```
    public boolean estaconectado(){
        return conected;
    }

    public Socket damesoquet (){
        return sock2;
    }
} // conectando
```

# Conclusiones

## A. Interacción entre redes

Casi todo el mundo entero entró al siglo XXI inmerso en la tecnología de las computadoras y dispositivos similares y sobre todo en el interés en la comunicación que estos equipos puedan alcanzar entre sí.

La información se ha convertido en un valor fundamental para la civilización, las personas que no tienen acceso a esta se están viendo apartadas de un mundo que nunca ha dejado de generarla. Dentro de todas las ramas de la ciencia y las humanidades la información ha existido, pero no fue sino hasta la era del Internet cuando todo este cúmulo de datos pudo ser depositado en un solo medio para que pueda ser alcanzado por la gente que se encuentra alejada de los lugares donde se genera o ha generado.

Ahora, desde una simple conexión telefónica hasta las modernas tecnologías de banda ancha, el ciudadano del mundo puede acceder a una red mundial de información en donde parece ser que el límite es solamente la imaginación.

Dentro de esta red de redes, el hombre puede satisfacer innumerables necesidades:

- 1.3 Necesidades intelectuales: dentro de las redes, prácticamente se encuentra contenida la totalidad de la historia de este planeta y la humanidad. Instituciones de educación han depositado la información en estas redes, desde la física y las matemáticas, pasando por la biología y la química, hasta la literatura y la filosofía, etc... las redes se han convertido en la fuente de información más grande del mundo.
- 1.4 Necesidades recreativas: antes de la era de las redes, por ejemplo, una persona que quisiera jugar ajedrez necesitaba primero comprar el equipo necesario como tablero y figuras y luego, un poco más difícil, conseguir una persona con quien jugar. Ahora, el tablero y figuras no son otra cosa que software y dentro de los portales de juegos siempre hay una infinidad de personas dispuestas a jugar, 24 horas al día y 365 días al año.
- 1.5 Necesidades de comunicación personal como funcionan los servicios de correo electrónico y los programas de mensajería instantánea. Ya no es necesario viajar por el mundo para conocer personas de diferentes culturas, con estos servicios se pueden entablar verdaderas relaciones humanas sin ni siquiera tener que estrechar la mano de la otra persona. Basta con una computadora, una conexión y si es posible una cámara para poder llevarte de paseo por el mundo sin levantarte de tu lugar.
- 1.6 Necesidades materiales: las redes han facilitado el comercio; ya el WWW se ha convertido prácticamente en la tienda más grande del mundo, y junto con los servicios de mensajería y paquetería los productos llegan a cualquier parte. Por lo tanto, la tecnología de redes nos da la posibilidad de adquirir las cosas que el humano puede llegar a necesitar sin moverse de un sitio.

- 1.7 Necesidades de información de la vida diaria de todas las clases, como servicios de noticias, climas, carteleras de artes, información financiera, sección amarilla, búsqueda de empleo, recetas de cocina, etc...

Todas estas posibilidades no son obra de la casualidad sino de un largo proceso de investigación tecnológica que sería muy difícil especificar en que momento se inicio. Desde el descubrimiento de la electricidad, que es la base de las redes, ya que básicamente son impulsos y ondas eléctricas u ópticas las que viajan a través de los medios mencionados para lograr las conexiones entre las redes. El descubrimiento del teléfono, que en la actualidad en este país sigue siendo el medio principal por donde viaja la información. La televisión y la tecnología inalámbrica, las antenas y las ondas de radio unen a las redes de computadoras donde los cables no pueden instalarse.

Los temas expuestos son limitados y quedaron fuera algunos otros puntos que también figuran en el funcionamiento de redes, creo que estos puntos son suficientes para tener un panorama general para poder entender un poco acerca de cómo funciona la red GPRS y su interacción con otras redes.

En las empresas e instituciones diversas en las cuales si no existiera esta comunicación, sus proyectos y fines se verían seriamente comprometidos. Mediante las redes de área local la información circula con el fin de extenderla para poder procesarla por diferentes personas y ordenadores, para realizar el trabajo de una manera más eficiente.

Finalmente, la interacciones entre redes de sistemas complejos, cuando son vistos como un todo es demasiado para entender. Solamente cuando rompemos la red en piezas conceptuales se facilita el análisis. Cuando se estudia la interacción entre las redes se debe de pensar en términos de las capas OSI y al entender las interacciones entre las capas y protocolos hace que el diseño y la configuración de las redes sea posible. Sin entender los bloques de la construcción es imposible entender la interacción de las diferentes tecnologías.

## **B. GPRS**

La comunicación hablada es una de las características que definen a los seres humanos. Esta comunicación se estableció durante siglos de una manera física entre dos interlocutores. No fue hasta el siglo XIX cuando se lograron grandes avances en campos de la física como la electricidad, el magnetismo y las ondas. Cuando se logró convertir las ondas de sonido en una electromagnética se depositaron en un conductor como un cable de cobre y se transmitió voz en largas distancias. Esto fue suficiente durante la primera mitad del siglo XX hasta que hubo la necesidad de obtener este servicio en cualquier lugar. Esto impulsó a la industria a buscar una solución donde se transmitiera la voz igual mediante ondas electromagnéticas pero utilizando como conductor el aire y no cables metálicos. La solución fue diseñar redes inalámbricas que cubren ciudades enteras donde se instalan bases con antenas que envían la voz modulando una señal electromagnética hacia equipos móviles. Esta tecnología fue evolucionando a la medida que se descubrieron diferentes maneras en que las radio bases manejen el mayor número de llamadas de voz utilizando una misma frecuencia. Así se fueron mejorando la modulación en los equipos permitiendo enviar más información, además la frecuencia fue dividida en el espacio, tiempo y en código dando a la industria una gama de tecnologías a escoger para implantar las redes como lo son el CDMA y TDMA.

A principios del siglo XX el intercambio de información, por ejemplo, dentro de una compañía, se realizaba mediante el papel impreso. Pero con el advenimiento de las computadoras se logró digitalizar ésta y se creó inmediatamente la necesidad de intercambiarla a gran velocidad. Al igual que la voz, este intercambio de información se llevó a cabo primero instalando redes cableadas mediante diferentes protocolos. De la misma manera surgió la necesidad de poder portar esta información independientemente de encontrarse en una terminal cableada. Pero la industria inalámbrica estaba intentando apenas enviar voz en esos momentos.

Es hasta finales del siglo XX cuando un nuevo estándar de comunicaciones de voz desarrollado en Europa llamado GSM desarrolló los estándares necesarios para poder entregar información digitalizada utilizando la misma infraestructura y tecnología, dándole el nombre de GPRS. GPRS es un sistema de envío de información mediante el protocolo IP a dispositivos móviles como lo son teléfonos celulares, PDA's y laptop's habilitadas. El sistema define los equipos necesarios para operar así como la interacción entre ellos y el usuario final. GPRS sigue en constante desarrollo con el único objetivo de poder entregar la mayor cantidad de información en el menor tiempo posible. Para lo cual se siguen haciendo avances en modulación y en el aprovechamiento del espectro de frecuencias disponible.

La arquitectura GSM consiste en diferentes elementos de red clasificados en dos ramas, una las bases y otra el núcleo de red. Las bases se encargan de administrar los recursos de radiofrecuencia, mientras que el núcleo de las funciones de enrutamiento así de cómo mantener las bases de datos que permiten el funcionamiento del sistema. Estas bases de datos tienen la información de los usuarios registrados en la red. Los usuarios son identificados mediante tarjetas SIM que contienen un microprocesador que almacena información y la envía a la red automáticamente.

La red GPRS es una adición a los sistemas GSM para que puedan manejar datos mediante el mismo esquema con el cual manejan la voz.

El manejo de las radiofrecuencias en GSM / GPRS es una combinación entre FDMA y TDMA. El espectro de frecuencias se divide para crear múltiples canales independientes y estos canales luego se dividen en el tiempo. La modulación utilizada es GMSK y existen diferentes esquemas de codificación que permiten obtener diferentes tasas de datos. Además, las frecuencias se distribuyen en las áreas geográficas mediante el concepto de células de tal manera que se pueden reutilizar frecuencias simplemente con que tengan una distancia suficiente para no interferirse. La red asigna canales lógicos para poder realizar el intercambio de información. Cuando un usuario desea conectarse a la red primero debe de establecer un contexto de intercambio de paquetes de datos PDP. Esto se logra mediante el uso de diferentes canales lógicos. Una vez establecido el contexto el usuario está listo para enviar y recibir información.

Un concepto clave en GPRS es el uso de las ráfagas. Debido a la naturaleza de la comunicación IP, los usuarios regularmente no necesitan tener un canal dedicado. Esto es debido que el descargo de información web tradicional implica hacer una petición a una página y una vez visualizada el usuario dedica una cantidad considerable de tiempo en analizar su contenido antes de hacer otra petición de información a la red. Así, puede ocuparse por un usuario diferente en cada trama, una misma posición en la secuencia de lapsos que constituyen las tramas. Esto no se puede hacer en voz ya que el lapso de tiempo se garantiza al usuario durante toda la llamada.

En conclusión, la tecnología GSM es la tecnología líder en el mercado en lo que se refiere a número de usuarios. Esto fue gracias a que la se construyó teniendo en mente un fin específico y

con base a acuerdos entre todos los fabricantes de tecnología interesados como lo son Nokia, Sony – Ericsson, Motorola, Samsung, etc... La transmisión de datos GPRS resulta de la evolución natural que han sufrido las redes cableadas para transmitir datos donde antes solo se transmitía voz. En este caso la red inalámbrica GSM mejoró para poder manejar los datos. El objetivo para el futuro es poder aumentar el ancho de banda de los datos para aprovechar aplicaciones en los dispositivos GPRS que actualmente son imposibles de ejecutar, debido a limitaciones en el ancho de banda, como lo es el video en tiempo real.

### **C. Sistema de monitoreo**

Una de las actividades fundamentales de una compañía de luz es la recolección de información para su posterior cobranza al cliente. La cantidad de dinero es proporcional al consumo eléctrico utilizado por el cliente en un cierto tiempo. Tradicionalmente, la toma de datos del medidor de luz se ha venido haciendo en sitio debido a que la tecnología cableada que se ha utilizado para conectar sistemas de cómputo no ha sido aplicable. Esto es principalmente por cuestión de infraestructura y costos, primero, porque es muy difícil cablear cada uno de los medidores de grandes empresas consumidoras, y en segundo lugar se requiere enviar poca información diaria para tener un medio dedicado como lo es el cableado.

GPRS se perfila como una solución al problema de medición remota de consumo eléctrico en los grandes consumidores como lo es la industria. Las ventajas más importantes de GPRS sobre otras alternativas son la cobertura y el precio. La cobertura de la red que abarca casi la totalidad del mundo, donde exista cobertura celular se podrá colocar un equipo, es decir, no se necesita hacer una instalación especial como se requiere en un medio cableado, lo cual generalmente consume tiempo. El precio es la otra gran ventaja y depende del tipo de medidor, afinando el intervalo de tiempo y la cantidad de datos a enviar se pueden pagar mensualmente tarifas muy económicas a la compañía proveedora de servicio celular. Tomando en cuenta que el sistema está pensado para grandes consumidores, este gasto sería un pequeño porcentaje de lo que se cobraría al cliente. Además, se ahorrarán enviar a una persona al sitio ha realizar esta tarea.

El sistema está basado en el protocolo TCP/IP, debido a que es actualmente el estándar en comunicaciones electrónicas. El equipo remoto GPRS que se propone para instalar el sistema es marca Nokia modelo 12. Nokia es uno de los líderes mundiales en lo que refiere a tecnología celular para voz y ahora presenta su modelo 12 pensado en comunicaciones de datos de máquina a máquina. El equipo no cuenta con interfaces para el usuario como lo son la pantalla y el teclado en sus teléfonos celulares. Para su operación requiere que un programador desarrolle las aplicaciones que realicen las tareas específicas para ser utilizado. En este caso la aplicación desarrollada para el Nokia 12 es un puente entre dos tecnologías de comunicación: la TCP/IP y la Serial. La aplicación esta escrita en el lenguaje de programación Java en su edición micro, J2ME. Java fue creado con el objetivo tener un lenguaje de programación independiente de la plataforma, para poder ser utilizado en diferentes dispositivos de consumo electrónico. De esta manera, cualquier persona con cierto conocimiento de Java puede desarrollar la aplicación a la medida de sus necesidades. En esta tesis la medición remota de luz. El medidor de luz Quadlogic RMS-5 se ajusta perfectamente a las necesidades del sistema, principalmente porque cuenta con una interfaz serial por la cual se comunica con el Nokia 12 y también tiene la ventaja de que la información que envía por lectura es muy poca.

En conclusión, esta tesis presenta una solución viable tecnológica y económicamente para la medición remota del consumo eléctrico. Esto apoyado fundamentalmente en un producto al alcance de los desarrolladores de aplicaciones y sistemas inalámbricos como lo es el Nokia 12. Además, el capítulo 1 puede ser utilizado como una referencia para el estudio de sistemas de comunicación electrónica e interacción de redes. El capítulo 2 explica la teoría básica detrás de la tecnología GPRS, de la cual existen múltiples libros sobre el tema pero generalmente en el idioma inglés.

## **Bibliografía**

Telecommunications Protocols.  
Travis Russell.  
McGraw Hill, 1997

GPRS and 3G Wireless Applications  
Christoffer Andersson  
Jhon Wiley & Sons, 2001

General Packet Radio Service  
Regis J. Bates  
McGraw Hill, 2002

GPRS and EDGE Engineering  
Alex Fares  
Book Surge Publlising, 2005

Nokia Smartphones Hack  
Michael Yuntao Yuan  
O Reilly, 2005

Mobile Information Device Profile for Java 2 Micro Edition  
Enrique Ortiz y Eric Giguere  
Jhon Wiley & Sons, 2004

Java 2. Fifth Edition the Complete Reference  
Herbert Schildt  
Osborne, 2002

[www.nokia.com](http://www.nokia.com)

[www.java.sun.com](http://www.java.sun.com)

[www.quadlogics.com](http://www.quadlogics.com)

[www.cisco.com](http://www.cisco.com)

[www.epanorama.net](http://www.epanorama.net)

[www.cybercursos.net](http://www.cybercursos.net)

[www.3gppp.com](http://www.3gppp.com)

[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

[www.howstuffworks.com](http://www.howstuffworks.com)