

# Comunicaciones de Datos Inalámbricas (Wireless Data): Tecnologías y Tendencias.

Oscar Somarriba Jarquín

Facultad de Electrotecnia y Computación  
Departamento de Telecomunicaciones y Sistemas Digitales  
Universidad Nacional de Ingeniería  
P O Box 5595, Managua, Nicaragua  
Email: [oscars@ibw.com.ni](mailto:oscars@ibw.com.ni)

## Resumen

El tremendo crecimiento en la demanda de comunicaciones y computación móvil ha revolucionado las formas de trabajo e intercambio de información en la sociedad moderna. En este artículo se examinan tecnologías como sistemas celulares y “cordless”, estaciones satelitales móviles, sistemas beepers, sistemas de espectro esparcido (spread spectrum), redes LAN inalámbricas, entre otras. Especial énfasis se hace en las tecnologías de acceso a Internet vía inalámbrica. Además, algunas aplicaciones actuales son presentadas, así como futuras tendencias son delineadas

Por otra parte, comparando los estimados de mercados para comunicaciones inalámbricas y considerando las recientes propuestas para servicios de banda ancha para multimedia se discuten los tópicos claves que influyen en el manejo eficiente de los recursos del espectro radioeléctrico. Finalmente en este artículo presentamos una introducción al problema de asignar de forma eficiente recursos del espectro de radio frecuencias a sistemas inalámbricos.

## 1. Introducción

En la actualidad se ha estado desarrollando, en el ámbito global, una infraestructura de telecomunicación que usa predominantemente

medios de transmisión no guiados, así tenemos: los sistemas de radiobúsqueda (llamados “beepers”), sistemas de enlaces troncalizados (“trunked system”), sistemas de packet radio, redes celulares, microondas digitales, sistemas de satélite, entre otros.

Aún más con los avances en infraestructura inalámbrica, abundante información relacionada con actividades de nuestro trabajo puede llegar a nosotros sin importar donde estemos ubicados. Para poder tener acceso a servicios inalámbricos los usuarios pueden adquirir diferentes tipos de dispositivos tales como: beepers (pagers), PDA (Personal Digital Assistant) como el Palm Pilot™, PCs de bolsillo, y teléfonos inalámbricos (sistemas celulares, sistemas “cordless”, sistemas PCS y equipos satelitales). También tenemos sistemas inalámbricos que incluyen, entre otros: Redes de Area Personal (PAN, Personal AREA Networks), Redes Locales Inalámbricas de Computadoras (WLANs, Wireless Local Area Networks), Redes de Areas Amplia (WANs, Wide Area Networks), y comunicaciones por satélite.

Pocas tecnologías llaman poderosamente la atención a los usuarios móviles como la idea de un acceso fácil a INTERNET en cualquier lugar. Hasta hace poco el acceso inalámbrico a redes de datos eran muy lento (bajas velocidades de datos) y muy caro. Sin embargo, hay muchos factores detrás de la emergencia de redes de datos

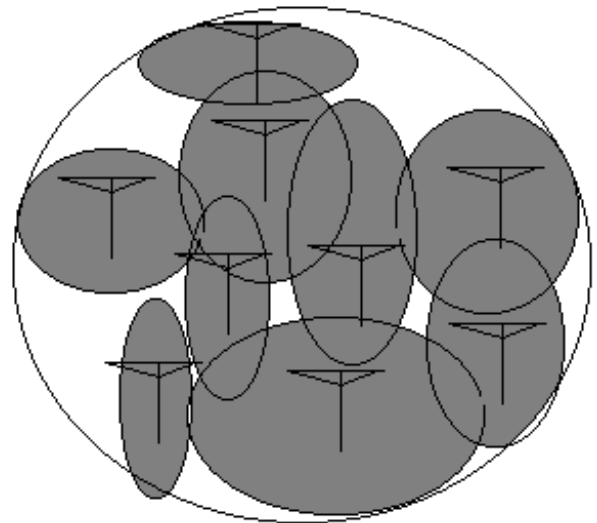
inalámbricas, siendo la principal el acceso a la INTERNET, en particular por la necesidad de acceso a Email, que se ha convertido en una herramienta crítica para los negocios, y que ha creado una nueva demanda para las formas de estar conectados al ciberespacio.

Para satisfacer la creciente demanda, las compañías de tecnología inalámbrica están proponiendo soluciones más prácticas uso general en los negocios. Hoy en día, se puede tener acceso a la INTERNET haciendo uso de una amplio grupo de tecnologías que van desde pagers bidireccionales hasta el empleo de computadoras ultra livianas tipo notebook (“walkstations”), con dispositivos de todas las formas, tamaños, y capacidades entre ellos. Usualmente, las redes inalámbricas por ahora ofrecen cobertura para áreas de negocios, y a velocidades de datos lo suficiente para proveer servicios de correo electrónico y navegación básica en el Web.

Por otra parte este rápido incremento del tamaño de la comunidad de comunicaciones móviles inalámbricas y sus demandas por altas velocidades de datos y comunicaciones multimedia, conlleva un claro contraste para las aplicaciones actuales que están ubicadas en recursos del espectro radioeléctrico bastante limitados que han sido asignados de acuerdo a las convenciones internacionales. Un eficiente uso del manejo espectro radioeléctrico es de suprema importancia para satisfacer una demanda creciente de comunicaciones[9].

Las redes de comunicaciones inalámbricas usualmente consisten de una parte de red fija y un sistema inalámbrico. La parte fija de la red provee conexiones entre las estaciones bases o Puertos de radio acceso (RAP), los cuales proveen a su vez conexiones “inalámbricas” a los móviles. Los RAPs están distribuidos sobre un área geográfica donde deseamos proveer a los usuarios con servicios de comunicación. Nos

referimos a esta área simplemente como el **área de servicio**. Ver Figura 1. El área alrededor del RAP donde las condiciones son suficientemente favorables para mantener una conexión de una requerida calidad entre el móvil y el RAP, es llamada **área de cobertura del RAP**. La calidad de la transmisión y la forma de estas regiones depende de las condiciones de radio propagación y la forma actual de interferencia de los otros usuarios en el sistema. Por lo tanto, las áreas de cobertura son usualmente de forma irregular.



**Figura 1: Sistemas de comunicación inalámbricos usando áreas de servicio (mostradas en gris).**

Los sistemas actuales inalámbricos, tales como el sistema de telefonía celular, están soportados por estaciones bases fijas enlazadas por una red alámbrica.

En los sistemas de comunicación de doble vía (como los sistemas celulares), dos tipos de enlaces deben ser establecidos: uno desde el RAP al móvil (enlace directo, “downlink”) y otro desde el móvil al RAP (enlace reverso, “uplink”).

Por razones económicas, nos gustaría que nuestra red inalámbrica provea amplia cobertura con tan pocos RAPs como sea posible. Claramente esto no solo minimiza el costo de los equipos e instalación de los RAPs, sino también limita la extensión de parte de la red fija.

En el diseño de redes para aplicaciones de datos se pueden identificar, inicialmente, tres tipos de problemas [1]: *el problema de Múltiple Acceso*, es decir, ¿Cómo asignar de forma eficiente recursos del espectro de radio frecuencias a cada enlace de transmisión o usuario?, *el problema de enrutamiento*; es decir, ¿cómo hacer que un mensaje encuentre su vía hacia el destino final?, esto es difícil principalmente si los nodos son móviles. Y finalmente *el problema de control de potencia de los transmisores [10]*, es decir, como asignar la mínima potencia transmitida de tal manera que provea comunicación de calidad e introduzca la menor cantidad de interferencia posible dentro de la red. Este último tema será abordado brevemente en la sección 4 de este artículo. A continuación una descripción de las secciones subsiguientes del artículo. En la sección 2 se tiene una introducción a los protocolos genéricos de múltiple acceso. Las tecnologías y tendencias de las comunicaciones de datos inalámbricas se tratan en la sección 3. Luego en la sección 4 se introducen parámetros de primordial importancia en los sistemas de comunicación inalámbricos desde el punto de vista del manejo de recursos del espectro radioeléctrico. Finalmente en la sección 5 se tienen las conclusiones del artículo.

## 2. Protocolos de múltiple acceso

El protocolo de Acceso al medio o protocolo MAC (“Medium Access Protocol, MAC Protocol”, en inglés) determina como los usuarios del canal de radio harán uso del mismo. Para transmitir mensajes, los protocolos

de múltiple acceso rigen como una estación fija y/o estaciones móviles deben de usar el espectro radio eléctrico.

El protocolo de múltiple acceso usado en muchas de las redes de telecomunicaciones de tecnología analógica es el FDMA, Acceso Múltiple Por División de Frecuencia, a como es actualmente evidente en la radiodifusión FM, donde la banda de frecuencias de 88-108 MHz es dividida en segmentos iguales de 200 Khz de ancho de banda que se les asigna a las emisoras. Por otra parte, varios *esquemas de múltiple acceso* para comunicación de datos han sido propuestos principalmente en el dominio del tiempo (TDMA = Time Division Multiple Access). Por ejemplo, en el caso de una sola frecuencia y para redes de *Paquetes por Radio (PR)* terrestres (estos esquemas de acceso al medio pueden extenderse fácilmente a otros sistemas inalámbricos) se tienen: los protocolos ALOHA, los protocolos de Acceso por Monitoreo de portadora (en inglés CSMA = Carrier Sense Multiple Access) y protocolos Libres de conflictos. El primer protocolo usado en PR fue el ALOHA puro en una modalidad centralizada en la Universidad de Hawaii en 1970. Con el protocolo *ALOHA puro*, cada estación puede transmitir un paquete cada vez que lo requiera de una forma no coordinada. Cuando el paquete llega al receptor, éste enviará un paquete de reconocimiento, de tal forma que el transmisor conozca de forma casi inmediata si el paquete ha sido recibido o si ha ocurrido una colisión. Dos paquetes o más paquetes se dicen que colisionan cuando ellos se traslapan en el tiempo en el nodo receptor, a esto también llamamos conflicto. Cuando dos o más paquetes colisionan, el transmisor espera una cantidad de tiempo aleatorio y entonces retransmite de nuevo. Luego, para mejorar la eficiencia, una modificación del anterior protocolo fue propuesta por Roberts [3], y es conocido como *ALOHA restringido* donde el tiempo esta dividido en slots o espacios (ranuras) de tiempo

disponibles a los nodos. En los protocolos *ALOHA restringido*, los nodos de *PR* transmiten aleatoriamente cada vez que se tiene un paquete en su "buffer" lo cual lo hacen sin considerar si el canal esta ocupado o no, pero sincronizados al inicio de cada slot.

Para mejorar el desempeño de las *Redes de paquetes* (Ver sección 3) los protocolos de monitoreo de portadoras (CSMA) ha sido propuestos en éste escenario, y se basan en la filosofía "escucha y luego habla". En los *protocolos CSMA*, un nodo transmite un paquete siempre y cuando existe uno disponible y cuando el canal de radio esta desocupado. Es decir una transmisión será exitosa si no existe "colisión" de varios paquetes en el nodo receptor.

Debido a que los protocolos de acceso aleatorio o de contención tales como los antes mencionados exhiben pobre desempeño, comparativamente, bajo condiciones de alto tráfico; *protocolos libres de conflictos* han sido propuestos para asegurar que una transmisión, siempre que se haga, sea exitosa, es decir no vaya hacer perturbada por otra transmisión, e.g. el protocolo *spatial-TDMA* para el ambiente *multihop* es introducido en [4]. Los investigadores de la UNI han ideado y propuesto nuevos algoritmos MAC derivados del protocolo *spatial-TDMA* en condiciones de interés nacional [1,11,12].

El término "spatial" se refiere a la capacidad de reusar la misma frecuencia al mismo tiempo haciendo uso de la separación física de las estaciones de PR, es decir varios nodos pueden tener licencia para transmitir simultáneamente siempre que no "interfieran" con los otros. Es decir, aquí tomamos un tratamiento distinto a los protocolos anteriores (ALOHA y CSMA) en el sentido que la transmisiones de las estaciones son determinísticas, es más aun en el verdadero sentido de la palabra son escalonadas de acuerdo a una "secuencia repetitiva".

Por otra parte considerando sistemas CDMA (CDMA = Code Division Multiple Access), se tiene en el mercado equipos de packet radio de "spread spectrum" y sistemas de comunicaciones por satélite como Globalstar. Este tipo de acceso múltiple es un híbrido entre los sistemas FDMA y TDMA.

### 3. Tecnología y Tendencias

Las principales tecnologías inalámbricas existentes son:

- A) **Sistemas Beepers.** Estos son sistemas de comunicación usualmente unidireccionales que permiten enviar cortos mensajes a usuarios dispersos en la área geográfica de cobertura. Aunque también existen sistemas "paging" o de radiobúsqueda bidireccionales tales como el Skytel™.
- B) **Sistemas Celulares.** Estos son sistemas basados en la ubicación de una red de repetidores o estaciones base que reusan un conjunto de frecuencias asignadas dentro de una área geográfica o celda. Véase Figura 1. Luego de una distancia "apropiada" en otra(s) celda(s) se puede de nuevo reutilizar el mismo conjunto de frecuencias. Los móviles pasan de una celda a otra por medio de mecanismos de transferencia llamado Handoff. Una de las técnicas de transmisión de datos en los sistemas celulares es llamada CPDP (Cellular Digital Packet Data). CPDP es una tecnología de paquetes móviles que opera en el espectro asignado a la red de telefonía celular, tal como AMPS (Advanced Mobile Phone Service). La técnica llamada CPDP esta construida sobre la premisa de no

perturbar el sistema celular de voz usado como anfitrión, y de ser compatible con el mismo. CDPD toma ventaja de los tiempos de “silencios” que tienen los usuarios al hablar para enviar datos. Así como de los canales de tráfico de voz cuando no están en uso, y de reubicar los datos a otro canal cuando el canal bajo uso es asignado para el tráfico de voz. Básicamente cualquier canal inactivo, para AMPS el ancho de banda del canal es de 30 KHz, se puede tomar temporalmente para enviar tramas de datos a una tasa de datos de 19.2 Kbps. Como CDPD implica bastante información extra o de control (“overhead”) la velocidad de los datos útil es cercana a los 9600 bps.

Un sistema CDPD consiste de tres tipos de estaciones: hostales móviles (estaciones móviles), estaciones bases, y estaciones base interfaces (sistemas móviles de intermedios de datos). Estas estaciones interactúan con los hostales estacionarios y enrutadores estándares, del tipo encontrado en redes WAN. Los hostales móviles son las computadoras portátiles de los usuarios. Las estaciones bases son los transmisores/receptores que habla con los hostales. Las estaciones base interfaces son nodos especiales que establecen la intercomunicación entre todas las estaciones bases del área de un proveedor de CDPD y un enrutador estándar para la transmisión posterior a través de Internet u otra WAN.

- C) **Sistemas “Cordless”** son sistemas de telefonía sin hilos, usados dentro de la residencia o en áreas de cobertura de cientos de metros como empresas, centros comerciales, etc. Especialmente las versiones digitales de estas

tecnologías tales como el DECT (Digital Enhanced Cordless Telephone) permiten la transmisión de datos similares a la red telefónica convencional.

#### D) **Redes de Paquetes por Radio**

Las redes de Paquetes por Radio pretenden soportar comunicaciones entre usuarios sobre una amplia área geográfica donde el uso de líneas telefónicas es difícil o no es posible. Estas redes pueden ser convenientes para aplicaciones de emergencia o militares, usuarios móviles, vigilancia de señales críticas y adquisición remota de señales. En una *Red de Paquetes por Radio (REDPR)* los mensajes son divididos en paquetes y éstos son enviados por el “éter” desde una estación a otra. Estas redes usualmente transportan paquetes entre estaciones equipadas con radio transceptores y antenas omnidireccionales. Con el abaratamiento del costo de la unidad de Paquetes por Radio [5], las *REDPRs* se han convertido en una alternativa práctica de proveer comunicaciones.

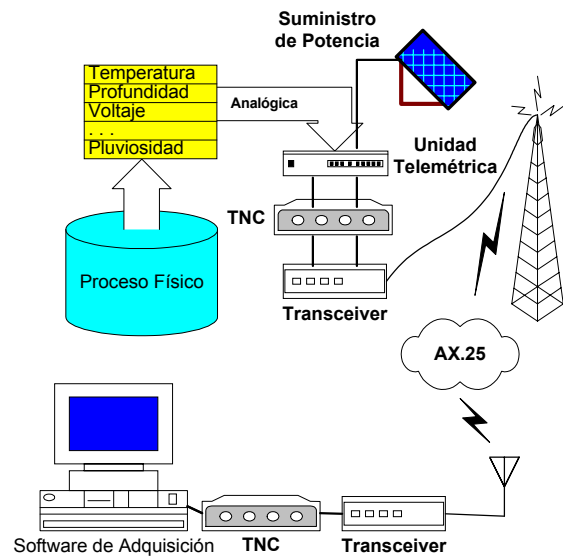
En muchas *REDPRs*, no todas las estaciones de *PR* pueden comunicarse directamente debido a la interferencia, limitaciones de radio alcance, o a obstáculos naturales. En esta situación, un paquete transferido entre dos estaciones distantes debe ser retransmitidos por estaciones intermedias o nodos. Así, en una red “*multihop*” (de múltiple saltos), un paquete puede viajar largas distancias por medio de mecanismos de almacenamiento y envío: un nodo transmite a otro nodo, el cual a su vez retransmite el paquete. Este procedimiento es repetido hasta que el paquete arriba a su destino final. En cada fase de retransmisión, el nodo que en ese momento almacena el paquete hace uso del *algoritmo de*

*enrutamiento* para determinar el próximo nodo en la cadena de transmisión.

Además de tomar decisiones acerca de cual trayectoria un mensaje debe viajar, cada estación debe tomar decisiones de cuando el mensaje debe ser transmitido al vecino seleccionado por el *algoritmo de enrutamiento* empleado. Esta decisión esta regida por el *protocolo MAC* Ya que transmisiones en los diferentes enlaces de la red podrían interferir con otros, los *procedimientos de enrutamiento* y de los *protocolos de múltiple acceso* están fuertemente interconectados. El objetivo principal de los *esquemas de enrutamiento* y de *múltiple acceso* es esencialmente minimizar el tiempo que toma un paquete en viajar a su destino final desde su nodo origen, llamado "*Packet Delay*". Frecuentemente, pero no siempre, este objetivo coincide con maximizar el número de paquetes transportado exitosamente a través de la red, conocido como "*Packet Throughput*".

Resumiendo, los principales tópicos de diseño involucran los métodos de encontrar las rutas de los paquetes, i.e. *los algoritmos de enrutamiento*, y *los protocolos* que determinan cuales nodos comparten el canal de radio para transmitir sus paquetes. También, la potencia transmitida y el uso de antenas direccionales han sido estudiado como parámetros importantes en el diseño de *Redes de paquetes* por radio [2, 6,11]. Un sistema de PR para adquisición de datos es ilustrado en la Figura 2 [7,8].

E) **Redes WLANs.** Desde hace unos pocos años, las LAN inalámbricas han ocupado un lugar importante en el mercado de las redes de área local. Cada vez más, las empresas se han dado cuenta de que las



**Figura 2: Estructura modular de un sistema de adquisición de datos empleando PR.**

LAN inalámbricas son un complemento indispensable a las redes cableadas a fin de satisfacer necesidades de movilidad, traslado, trabajo en red ad hoc y cobertura de lugares difíciles de cablear.

Podría definirse la WLANs como una subred de comunicación con una cobertura geográfica limitada, relativamente con alta velocidad de transmisión, baja tasa de errores, administración de forma privada y que utiliza espectro radioeléctrico como canal de comunicación.

Las principales aplicaciones son: ampliación de las redes LAN, interconexión de edificios, acceso nómada y redes ad hoc.

F) **Redes de alta velocidad.** En el proceso de evaluación de tecnologías inalámbricas que permitan altas velocidades se encuentran los sistemas LMDS/LMCS (Servicios Locales de Distribución Multipunto / Servicios Locales de Comunicación Multipunto). Estos

servicios son una extensión natural e inmediata de los MMDS (Sistemas Distribución de Microondas Multipunto). El espectro para estos sistemas ha sido asignado en varios tramos desde los 2.5-3.8 GHz. Así se puede desarrollar una red inalámbrica a 10 Mbit/s full duplex basada en una antena multisectorial especial que permite la operación de 20 sectores con reutilización de frecuencia para un ancho de banda agregado de 400 Mbit/s. El elemento que más destaca en esta tecnología es la antena multisectorial que funciona como si fuera una antena omnidireccional de alta ganancia (20 dB) a la vez que permite la separación de cada uno de los 20 sectores que se comporta como una LAN independiente, pero interconectados por un conmutador de alta velocidad. El bajo retardo permite ofrecer servicios de videoconferencia de alta calidad, telefonía sobre la red de datos ("IP Telephony") acceso a Internet con un caudal de 10 Mbit/s en cada dirección e inclusive respaldo remoto de datos para instituciones locales ("data warehousing & backup").

G) **Sistemas de Spread Spectrum.** El espectro disperso (Spread Spectrum, SS) es una técnica de transmisión de radio muy usada en las comunicaciones de datos en radiofrecuencias. El término "**Spread Spectrum**" proviene de la peculiar característica ancha forma del espectro de la señal transmitida como se aclara más adelante. SS fue desarrollada inicialmente para usos militares para superar los problemas de interferencia intencional. La tecnología de espectro disperso puede garantizar comunicaciones seguras para inteligencia, táctica y grupos de comando u otras coordinaciones militares sin temer a efectos de interferencia intencional y el

espionaje, así como proveer enlaces de datos libre de interferencia. El factor clave detrás del éxito del espectro disperso en usos militares fue su alto nivel de inmunidad a interferencias eléctricas, tanto naturales como de fuentes creadas por el hombre. La tecnología ahora está disponible a mercados comerciales y tiene usos bastante prometedores en las áreas de comunicación de datos.

La transmisión del espectro disperso también tiene la habilidad de enviar datos a velocidades mucho más rápidas que las transmisiones de radio convencionales (por ejemplo, con packet radio experimental). Estas altas velocidades de datos pueden alcanzar hasta 10 Mbps y proveer una interesante posibilidad de comunicaciones digitales.

La combinación de la inmunidad al ruido y la transmisión de datos a altas velocidades hace que la tecnología de la transmisión de espectros disperso sea la más apropiada para la comunicación de datos de redes en ambiente con ruidos eléctricos. Como resultados de esto, el espectro disperso está siendo utilizado por una gama amplia de industrias en redes inalámbricas en las líneas de producción, planta de procesamiento y en edificios de oficinas por todo el mundo.

Con la tecnología de Banda Esparcida (Spread Spectrum) se puede al menos transmitir a 2 Mbit/s con radios de 100 mW en la banda ISM. La idea de la transmisión en banda esparcida es hacer un intercambio entre ancho de banda y potencia de transmisión. Al transmitir a baja potencia, pero ensanchando el ancho de banda varias veces se logra una transmisión más robusta y se permite compartir el canal entre varios usuarios

minimizando la interferencia entre sí. La tecnología de espectro disperso usando técnicas de packet radio es de interés en virtud de la aparición de redes de datos inalámbricas como la red Ricochet[13]. Una arquitectura de esta red es mostrada en la Figura 3.

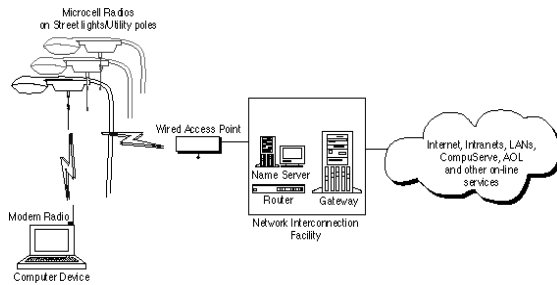


Fig. 3. Red Ricochet [13].

H) **Sistemas satelitales.** En este tipo de tecnologías se tiene comunicación de datos a baja velocidad proporcionada por los sistemas LEOS (Constelaciones de Satélites de Baja Orbita) tales como Iridium que proporciona 2.4 kbps. Por otra parte, el sistema ICO que son un conjunto de satélites de mediana órbita (MEOS) puede proporcionar enlaces de datos hasta de 38.4 kbps. Y el proyecto más ambicioso es el propuesto por Bill Gates llamado sistema Teledesic que proporcionará enlaces de datos de banda ancha entre 64-2048 kbps, para proveer Internet desde el cielo. Este será un sistema LEOS con 288 satélites. Otras tecnologías importantes de mencionar son las VSATs (Very Small Aperture Terminal) muy utilizada para puestos de venta remotos de empresas bancarias, comerciales e industriales. Finalmente tenemos la tecnología Direct PC, esta última es un sistema híbrido que permite el acceso a la Internet vía un módem convencional telefónico (“upstream”), mientras que por otra parte

se tiene un enlace descendente vía satélite proporciona una velocidad de datos de 400 kbps (“downstream”).

#### 4. Introducción al problema de asignación de recurso en sistemas de radiocomunicaciones [14]

Para estudiar algunos sistemas inalámbricos tales como las redes celulares se puede usar el siguiente tratamiento. Se asume que  $M$  móviles ( $M_1, M_2, \dots, M_M$ ) puede ser servidos por puertos de acceso (estaciones bases) numeradas del conjunto  $B = \{B_1, B_2, B_B\}$ . Por otra parte asumamos que existen  $C$  pares de canales numerados del conjunto  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_C\}$  disponibles para establecer enlaces entre los puertos de acceso y los terminales móviles. Para establecer radio enlaces, el sistema debe asignar a cada móvil, a saber:

- a) Un puerto de acceso del conjunto  $B$ .
- b) Un canal del conjunto  $C$ .
- c) Una potencia transmitida para el puerto de acceso y el terminal.

Esta asignación (puerto de acceso, canal, y potencia) es realizada de acuerdo a un Algoritmo de Asignación de Radio Recurso (RAA= Resource Allocation Algoritmo) del sistema de comunicaciones inalámbricas. La tarea de un RAA es encontrar asignaciones para tantos radio enlaces como sean posibles, respetando la figura de mérito (QoS, Calidad de Servicio) establecida. Una de las QoS frecuentemente usada en los sistemas de comunicaciones inalámbricos es la SIR, la cual es razón señal a Interferencia+ruido. Esta medida de desempeño, la SIR, esta íntimamente conectada con el BER (“Bit Error Rate”) en el enlace de comunicación. También se requiere que la SIR sea mayor o igual que



valor umbral  $\gamma_o$  relacionado con el esquema de modulación y de codificación usado en el sistema.

Una expresión para la SIR en un receptor (comunicación móvil-puerto de acceso) particular  $i$  es la siguiente[14]:

$$\Gamma_i = \frac{G_{ij} P_j}{\sum_{\forall l} G_{il} P_l \cdot \theta_{il} + N_i} \geq \gamma_o \quad (1)$$

Donde  $N_i$  denota la potencia del ruido térmico en el receptor del puerto de acceso,  $G_{ij}$  son las ganancias de potencias de los radios enlaces desde el puerto de acceso  $i$  al móvil  $j$ .  $P_j$  denota la potencia del transmisor usado por el terminal  $j$ . El parámetro  $\theta_{il}$  está relacionado con las formas de onda usada para la comunicación incluyendo el protocolo MAC en uso.

En las comunicaciones de datos inalámbricas usualmente interesa desarrollar o usar un RRA que permita minimizar el retardo promedio de los paquetes de datos.

## 5. Conclusiones

En este artículo se ha presentado una breve descripción de las tecnologías principales de comunicación de datos inalámbricas actuales. Este tipo de redes (inalámbricas) permitirá el acceso a las autopistas de la información desde cualquier lugar, estemos en movimiento o estacionarios.

Finalmente, se ha comentado uno de los métodos de estudio y análisis aplicable a varias tecnologías inalámbricas encontrado en las publicaciones de reconocidas revistas internacionales que puede ser aplicado también para evaluar/estudiar las soluciones en redes de paquetes por radio (PR) que podrían ser de interés en países como Nicaragua.

## REFERENCIAS

- [1] Somarriba, O., "Multihop Packet Radio Systems in Rough Terrain", TRITA-S3-RST-9506. ISSN 1400-9137, Dept. of Signal, Sensors and Systems, Royal Institute of Technology, October 95. Sweden.
- [2] Kleinrock, L., Silvester, J., "Spatial Reuse in multihop packet radio networks", Proc. of the IEEE, Vol. 75, No. 1, Jan. 1987.
- [3] Roberts L.G., "ALOHA packet system with or without slots and capture", Comput. Commun. Rev., Vol. 5, April 75.
- [4] Nelson R., Kleinrock L., "Spatial-TDMA: A collision free multihop channel access protocol", IEEE Trans Comm., COM-33, Sept 85.
- [5] Fifer, W.C., Bruno, F.J., "The low-cost packet radio", Proc. of the IEEE, Jan. 18-87, pp. 33-42.
- [6] Wade, I., "NOS Command Set Reference", ARRL 10-th Computer Networking Conference, San Jose, California, Septiembre 1991. USA.
- [7] Kolb, R., "Design and construction of a fumerola temperature measurement Station", A thesis report, UNI, June 10, 1994. Managua, Nicaragua.
- [8] Sánchez, M., Zamora, I., "Mejoramiento y optimización de estación SEISMET", Tesis de grado de UNI. Marzo de 1995. Managua, Nicaragua.
- [9] Parson, D., "The mobile Radio Propagation Channel". London. Pentech Press, 1992.
- [10] Zander, J., "Performance of optimum control in cellular radio system", IEEE Trans. Veh. Tech., VT-41, February 92.
- [11] Sánchez M., Zander J., " Adaptive Antennas in Spatial TDMA Multihop Packet Radio Networks". Propuesta de Artículo para ser publicado en Marzo de 1999.
- [12] Stalbe, D., "Fleet Magement System Based on Terrestrial Radio Networks", Master's Thesis de KTH, Abril de 1998.
- [13] [www.metricom.com](http://www.metricom.com)

[14] Zander, J., "Radio Resource Management in Future Wireless Networks", IEEE Communications Magazine, August 97, Vol. 35 No. 8.



**Oscar Somarriba Jarquín**, obtuvo su título de ingeniero Electrónico en 1989 en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). En 1995, recibe del Instituto Real de Estocolmo (KTH) en Estocolmo, Suecia, el título de "Technical Licentiate" ("Ph.D Candidate") en sistemas de radiocomunicación digital. En 1989, funda el departamento de telecomunicaciones de UNI incluyendo el diseño de los cursos académicos y equipamiento de laboratorio, y de una estación experimental de radioaficionados. Su experiencia profesional incluye: el trabajo en la Estación Terrena Managua del sistema INTELSAT por tres años (entre otros cargos como Jefe de Estación), Consultorías para varias entidades nacionales e internacionales tales como: ENITEL, ENEL, INETER, ENAP, OIT/ONU, Banco Mundial, y COSUDE. Actualmente es investigador invitado (tiempo parcial) en el Instituto Real de Estocolmo (KTH), Suecia. Su principal tópico de investigación son las redes de datos inalámbricas. Ha impartido múltiples cursos a empresas de telecomunicaciones relacionadas con aspectos de: transmisión, conmutación, y redes de datos y computadoras.