Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Escuela de Electricidad y Electrónica

ANÁLISIS TEÓRICO Y DESCRIPCIÓN PRÁCTICA DE UN ENLACE INALÁMBRICO CON TECNOLOGÍA APERTO NETWORKS PARA REALIZAR EXTENSIÓN DE UNA RED LAN

Tesis para optar al título de
Ingeniero Electrónico

Profesor Patrocinante:
Sr. José Mardones F.
Ingeniero Electrónico

LUIS FERNANDO SILVA PAREDES

VALDIVIA 2006

Profesor Patrocinante:

JOSÉ MARDONES FERNÁNDEZ

Profesores informantes:

FREDY RÍOS MARTÍNEZ

PEDRO REY CLERICUS

Fecha Examen de Titulación: 21 de Diciembre del 2006

Dedicatoria

Este gran camino que he recorrido a sido gracias a Dios, quién me ha dado toda la salud, sabiduría, energía, fortaleza y una gran familia con quien contar para poder concretar este período.

A mis amados padres, Melita Paredes Álvarez y José Silva Herrera quienes con todo su esfuerzo, amor, comprensión y su apoyo incondicional, me brindaron la oportunidad de realizar uno de mis grandes sueños.

A mi hermano menor, José Miguel Silva Paredes quien también fue parte de este gran proceso.

A mi Esposa Beatriz Vyhmeister Siebald y a mis hijos Diego y Fernanda, quienes con toda su apoyo, alegría y picardía me dan cada día las fuerzas necesarias para seguir adelante.

A todos ellos les dedico con todo mi corazón y amor este trabajo que con tanto sacrificio logre concluir para finalizar un proceso que es el principio de un largo camino que me queda por recorrer.

" Y si alguno de vosotros tiene falta de sabiduría, pídala a Dios, el cual da a todos abundantemente y sin reproche, y le será dada. Pero pida con fe, no dudando nada; porque el que duda es semejante a la onda del mar, que es arrastrada por el viento y echada de una parte a otra." SANTIAGO Capítulo 1, versículos 5 y 6

Agradecimientos

Debo expresar mis mas sinceros agradecimientos a mi profesor patrocinante, Don José Mardones Fernández, Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Electricidad y Electrónica, quien confió y apoyó el Tema de este trabajo realizado.

Así también a mis profesores informantes, Don Fredy Ríos Martínez y Don Pedro Rey Clericus quienes también formaron parte de este trabajo.

También debo agradecer en forma especial a cada uno de los profesores de la Escuela de Electricidad y Electrónica quienes me han aportado gran parte de sus conocimientos para desarrollarme como un gran profesional.

ÍNDICE

DEDICATORIA ..... **III**
AGRADECIMIENTOS ..... **IV**
RESUMEN ..... **V**
SUMMARY ..... **VI**
OBJETIVOS ..... **VII**
INTRODUCCIÓN: ..... **IX**
METODOLOGÍA ..... **XIII**
ÍNDICE ..... **XIV**
Capítulo I. ANÁLISIS TEÓRICO ..... **XVII**
I.1. Protocolo de Internet IP 18
I.1.1. Direccionamiento Ip 19
I.2. Estándar IEEE 802.11 20
I.3. Tipos De Modulación 24
I.3.1. Modulación De Amplitud En Cuadratura QAM 24
I.3.1.1 Esquema De Modulación Digital M-QAM 25
I.3.1.2. Probabilidad De Error. 29
I.3.2. Modulación Phase Shift Keyed PSK 29
I.3.2.1. Modulador 4PSK 31
I.3.3. Características De La Modulación Digital 33
I.3.3.1. Filtrado Del Canal 33
I.3.3.2 Ancho De Banda 34
I.3.3.3. Eficiencia Espectral 35
I.3.3.4. Característica BER VS C/N 36
I.5. Calidad De Servicio Q&S 39
I.5.1. Calidad De Servicio en IEEE 802.11 / 802.11e 39
I.5.1.1. Distributed Coordinator Function (DCF) 39
I.5.1.2. Point Coordinator Function 40
I.5.1.3. Distributed Fair Scheduling 41

I.5.1.4. Blackburst 42
Capítulo II. ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA APERTO NETWORKS XLIV
II.1. Características Generales. XLIV
II.2. ARQ 47
II.3.Codificación y modulación adaptables 49
II.4. Selección Automática De la Frecuencia 52
II.5. Diversidad de Antenas 52
II.6. Distancias de Enlace Aperto 55
II.7. Red LAN Inalámbrica Hotspots 57
II.8. Descripción De Equipos 59
II.8.1. Hardware 59
II.8.1.1. Unidad externa (Radio) 60
II.8.1.2. Unidad interna 60
II.8.1.3. Panel Delantero de LED 61
II.8.1.4. Interfaces de Conexión. 62
II.8.1.4.1. Unidad de radio 62
II.8.1.4.2. Unidad interna (SU) 63
II.9.Espectros Y Técnicas De Modulación Y Acceso. 64
II.9.1. Eficiencia Espectral De Aperto 65
II.10.Herramientas De Aprovisionamiento Y Administración 66
II.10.1.Sofware Adbanced Installation Manager 1.0(AIM). 66
II.10.2.Interfaz Web. 72
II.10.2.1.Como Tener Acceso a la Interfaz Web de la BSU Y SU 72
II.10.2.2. Operación de la GUI Web 73
II.10.2.2.1 Menú principal y Submenu 73
II.10.2.2.2 Submitting y uploading 74
II.10.2.2.3 Botones Cancelar y Restaurar 74
II.10.2.2.4 Hyperlinks 74
II.10.2.3. Página de Inicio de la Guía Web 75
II.10.2.3.1 Conectividad BSU/SU 75
II.10.2.3.2 Página de configuración 77

Capítulo III. TRABAJO PRACTICO XC
III.1.Factibilidad Técnica. XC
III.2.Pruebas De Laboratorio 91
III.3.Instalación De Unidad Maestra (BSU) 92
III.4.Instalación De Unidad Suscriptora (SU) 94
III.5.Pruebas Y Alineamiento Del Enlace. 96
III.6.Resultados Y Conclusiones De La Instalación. 98
Capítulo 4. CONCLUSIÓNES GENERALES..... XCIX
Apéndice A 101
Especificaciones 101
Especificaciones de Bridge (Unidad Interna). 101
LED Indicadores 101
Especificaciones de la Radio/Antena (unidades Externas) 102
Unidad Externa 5.8 GHz 102
Apéndice B 103
Reportes de Eventos 103
Cold Start 104
El archivo de configuración tiene errores 104
Apéndice C 105
Interfaz de Línea de Comandos (CLI) 105
Accesando y Usando el CLI 105
Mensajes de Error 106
Apéndice D 107
Comparación de Costos en Dólares 107
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS CVIII

RESUMEN

En el transcurso de los últimos años ha surgido la necesidad de estar conectados a la red Internet de forma permanente ya que esta herramienta va siendo cada vez mas indispensable para el trabajo y la búsqueda de información necesaria para los estudios en general y cada vez mas surgen las exigencias de velocidad de transmisión de datos (Ancho de Banda) por parte de las personas que proceden a adquirir este servicio.

Ahora no todos pueden acceder a un servicio de Internet debido a los limites técnicos que surgen al momento de poder adquirir un servicio de Internet banda ancha tanto fuera de las zonas rurales como en las urbanas y por otro lado los costos que estas puedan adoptar.

Para dar solución, existen diferentes proveedores de sistemas capaces reducir los problemas de carácter técnico que podrían surgir. Un caso puntual es el de zonas rurales donde no es posible llegar mediante un acceso de cobre convencional y en que solo es posible llegar mediante un acceso inalámbrico.

Es aquí donde se centra el tema presentado, instalar un servicio de Internet Banda Ancha a una velocidad de 512 Kbps en una localidad a 12 km de distancia en las afueras de la zona urbana con el objetivo principal de brindar un servicio de Internet wifi en el recinto.

Para poder solucionar el problema de acceso se realizó una investigación de los fabricantes de equipos de red inalámbricas más conocidos y utilizado dentro de los cuales están, Alvarion, Wilan, Aperto Network.

Se realizó un breve análisis de cada uno de los equipos inalámbricos que cada proveedor presenta analizando características técnicas, costos.

Esto llevo a la conclusión de optar por el proveedor Aperto Network quien cumple las características de toda índole necesarias para solucionar el problema. La tecnología de Aperto satisface las necesidades de los proveedores de servicios y operadores, al ofrecer una plataforma que permite desplegar servicios de acceso de banda ancha a nivel masivo.

Se realizó un análisis teórico sobre los equipos a utilizar estudiando todas sus características técnicas para luego proceder a realizar la descripción de la instalación realizada, describiendo claramente los métodos utilizados para poder obtener el máximo nivel de calidad del enlace.

SUMMARY

In the course of the last years has arisen the necessity to be connected to the network Internet of permanent form since this tool goes more and more being indispensable for the work and the search of necessary information for the studies in general and more and more, arise the exigencies from speed from data transmission (Bandwidth) on the part of the people who come to acquire this service.

Now all cannot accede to a service of Internet, due to you limit technicians who arise at the time of being able to acquire a service of Internet as much broadband outside the countryside as in the urban ones and on the other hand the costs that these can adopt. In order to give solution these you limit in the market, exist different suppliers from systems able to finish with all the problems of technical character that could arise. An precise case is the one of countryside where it is not possible to arrive by means of an access from single conventional copper and in that is possible to arrive by means of a wireless access. It is the this case in which the presented/displayed subject is centered, is due to make an installation of a service of Internet Broadband at a speed of 512 Kbps in a locality to 10 km of distance in the outskirts of the urban zone with the primary target to offer to a service of Internet wifi in the enclosure.

In order to be able to solve the access problem I am made an investigation of the manufacturers of equipment of radio network more known and used within which they are, Alvarion, Wilan, Aperto Network, Alcatel, among others.

Within which a brief analysis of each one of the wireless equipment was made that each supplier presents/displays analyzing characteristic techniques, costs and simplicity of installation.

This I take to the conclusion to decide on the Aperto supplier Network that fulfills the characteristics of all nature necessary to solve the problem at issue. The technology of Aperto satisfies the necessities with the suppliers of services and operators, when offering a platform that allows to unfold services of access of broadband at massive level.

A theoretical analysis was made on the equipment to use studying all their technical characteristics soon to come to make the description of the made installation, describing the used methods clearly to be able to obtain the maximum quality level of the connection.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Solucionar el problema de acceso a la red de Internet a un usuario que se encuentra a 10 km a las afueras de la red urbana. Para esto se realizara un análisis sobre las características técnicas de un enlace inalámbrico utilizando tecnología Aperto para dar solución a los problemas de acceso en forma terrestre, con el propósito de definir su incorporación a soluciones punto a punto, de modo que haya una mejora técnica/comercial sustancial en la utilización del espectro radioeléctrico en la banda 5.8 Ghz. Dentro de lo establecido se explicara en forma exhaustiva el protocolo que utiliza este tipo de redes inalámbricas así como también la modulación que se puede utilizar según los requerimientos del sistema a implementar.

Objetivos Específicos:

- Solucionar problema de acceso a la red aplicando tecnología inalámbrica realizando un análisis descriptivo de las posibles soluciones de acuerdo a los diferentes proveedores existentes.
- Estudio y análisis de los aspectos mas importantes a considerar en la planificación y dimensionamiento de sistemas inalámbricos de banda ancha de acuerdo al proveedor elegido para solucionar el problema en cuestión.
- Análisis de las distintas ofertas de implementaciones disponibles en el mercado
- Descripción teórica y práctica de los equipos en cuestión.
- Explicación de las ventajas y desventajas del sistema.
- Explicación de los aspectos técnicos a considerar.
- Explicación de los factores clave de viabilidad técnica del sistema en cuestión.

INTRODUCCIÓN

El sistema PacketWave de Aperto Networks provee una plataforma integrada para la entrega de servicios convergentes de datos, voz y video sobre redes IP. El diseño del sistema basado en el protocolo IP permite a los proveedores de servicios proveer servicios y aplicaciones de extremo a extremo como son VPNs (redes privadas virtuales) y almacenamiento de datos (web hosting) que son la complejidad que adicionan otros protocolos intermedios de transporte. El sistema PacketWave encaja transparentemente dentro de la arquitectura de red global del prestador de servicios sin alterar la topología de ruteo existente. Los sistemas PacketWave también se usan en aplicaciones como celdas sobre-puestas de mayor capacidad complementando las redes de baja capacidad y menor cobertura, así como para enlaces de backhaul para hot spots Wi-Fi o redes de transporte para múltiples operadores.

En los últimos años, la bien arraigada dinámica del crecimiento descontrolado de acceso a Internet ha sido contrarrestada por una nueva presión sobre los márgenes en los servicios de acceso de banda ancha y por una reestructuración del mercado de los proveedores de acceso de banda ancha de todo el mundo. El acceso inalámbrico de banda ancha (Broadband Wireless Access, BWA) se ha convertido en una alternativa estratégica, ya que los proveedores de servicios y los usuarios se dan cuenta de que el DSL o cable no son una panacea y que el éxito de Wi-Fi demanda un complemento inalámbrico a nivel MAN. Los prestadores de servicios tanto inalámbricos como alámbricos enfrentan nuevas necesidades, como:

• Prestación rápida de conectividad a velocidad E1 y Ethernet a establecimientos empresariales.
• Aprovechamiento más eficiente de los escasos recursos de red (ej., espectro inalámbrico).
• Instalación de tecnologías de acceso altamente complementarias que minimicen la dependencia de cualquier medio en particular (ej., uso del espectro inalámbrico no licenciado para aumentar o reemplazar al escaso espectro licenciado)
• Mayor convergencia de banda ancha entre los diferentes tipos de LAN y WAN (ej., Wi-Fi, alámbrico, UMTS, 802.16)

Aperto Networks está dedicada a ofrecer los siguientes beneficios principales los proveedores de servicios de todo el mundo:

• Instalación rápida de redes
• Escalabilidad de redes con gran eficiencia espectral
• Escalabilidad de servicios múltiples
• Facilidad de instalación
• Rápida amortización demostrada de cada celda
• Liderazgo en normas emergentes

Esto significa que Aperto Networks está enfocado en proporcionar sistemas de acceso inalámbrico basados en estándares que soporten instalaciones de alta densidad celular, con gran escalabilidad, operación con línea de vista o sin ella y gestión de calidad de servicio (Quality of Service, QoS) de extremo a extremo en topologías punto multipunto. Aperto ha definido su arquitectura para ajustarse a estos parámetros y a otras características adicionales que las empresas de telecomunicaciones consideran como "imprescindibles" para las redes de banda ancha de próxima generación y alta relación costo-beneficio, es decir arquitecturas de IP con inteligencia de servicios, prestación de múltiples servicios personalizados, capa física adaptable (radio y módem), capa de control de acceso a medios (MAC) avanzada y alta reutilización de frecuencias celulares. Con esta arquitectura abierta y pre-802.16a/d como base, Aperto desarrolló tres innovaciones únicas

para ampliar aún más la capacidad de gestión por suscriptor y la prestación de servicios personalizados y económicos.

• OptimaLink® realiza un control dinámico de los parámetros del enlace para optimizar la conexión de cada suscriptor en un entorno punto multipunto de usuarios múltiples. Existen diez parámetros de enlace en capas múltiples que son ajustados en cada ráfaga de transmisión para maximizar la cobertura y la capacidad, al mismo tiempo que se mantiene un alto nivel de eficiencia espectral.

• ServiceQ® permite entregar múltiples servicios de alto nivel con calidad de servicio (Quality of Service, QoS) por flujo de datos y controlar el ancho de banda en el espacio inalámbrico.

• RapidBurst® ofrece un flexible modo de operación por ráfagas bidireccionales TDMA. Permite controlar los parámetros de transmisión y permite el funcionamiento eficiente de los algoritmos de OptimaLink y ServiceQ con una flexibilidad sin precedentes.

Estas características y el enfoque de canalización único de Aperto (6 MHz o menos) han tomado mayor importancia conforme el acceso inalámbrico para banda ancha adquiere popularidad entre operadores y conforme la disponibilidad del espectro se ve reducida. La plataforma PacketWave se ha consolidado como la elección de operadores que buscan óptimo uso del espectro y contención de interferencia así como mecanismos robustos de QoS para servicios urbanos y rurales.

Es por eso que este sistema de enlace inalámbrico a sido el indicado para la solución del problema en cuestión, ahora es importante realizar un análisis teórico sobre ciertos temas que son de vital importancia para poder familiarizarse correctamente con este tema, dentro de estos tenemos, protocolos, estándares de redes inalámbricas, redes inalámbricas, modulación de frecuencias, ancho de banda, relación señal a ruido y algo muy importante que exigen las nuevas generaciones de redes inalámbricas que es la Q&S. Estos serian los puntos más importantes a estudiar y mantener con total claridad para optar por este sistema de comunicación.

Parte de esta decisión, de instalar un enlace inalámbrico en la región estudiada es la inexistencia de una red de acceso de cobre hasta el extremo deseado y si se procede a realizar un estudio de factibilidad técnica vía enlace de cobre esta superaría en creces los costos de instalación en comparación con un enlace inalámbrico que reduce los costos en mas de un 80 %.

Esto lleva principalmente al estudio de un enlace inalámbrico como parte de la solución definitiva.

METODOLOGÍA

La metodología realizada en este trabajo para solucionar el tema en cuestión se basa en:

- Un análisis teórico de algunos temas importantes para poder introducirse en las redes inalámbricas.
- Realizar un estudio de factibilidad técnica y económica entre un enlace vía acceso de cobre y vía acceso inalámbrico realizando una comparación de costos para explicar las ventajas entre una y otra opción que se explicara en el anexo correspondiente.
- La realización de una comparación entre los diferentes proveedores de equipos inalámbricos, analizando, costos y características técnicas, evaluadas en el anexo correspondiente.
- El estudio de los equipos a utilizar para poder realizar un laboratorio antes de la instalación del enlace.
- Explicar las técnicas de instalación del enlace explicando la forma de configurar los equipos para luego realizar las pruebas finales de la instalación.
- Para terminar con los resultados obtenidos y conclusiones obtenidas del trabajo realizado.

Capítulo I. ANÁLISIS TEÓRICO

Este capítulo tiene como principal objetivo realizar una breve descripción sobre los temas de carácter necesario para la familiarización con los sistemas de redes inalámbricas.

Dentro de los temas con más importancia para la comprensión de un enlace inalámbrico se estudiaran en forma sintetizada los siguientes:

- Protocolo de Internet IP
- Estándar IEEE 802.11.
- Tipos de modulación utilizadas por los sistemas y sus características.
- Ancho de Banda
- Relación Señal a Ruido.
- Calidad de Servicio Q&S.

Se comenzará explicando el protocolo IP para luego ir en el mismo orden lógico en el que se presentaron los temas a tratar.

I.1. Protocolo de Internet IP

El protocolo IP es el principal del modelo OSI, así como parte integral del TCP/IP. Las tareas principales del IP son, el direccionamiento de los datagramas de información y la administración del proceso de fragmentación de dichos datagramas.
El datagrama es la unidad de transferencia que el IP utiliza, algunas veces identificada en forma más específica como datagrama Internet o datagrama IP
Las características de este protocolo son:

- No orientado a conexión
- Transmisión en unidades denominadas datagramas.
- Sin corrección de errores, ni control de congestión.
- No garantiza la entrega en secuencia.

La entrega del datagrama en IP no está garantizada porque ésta se puede retrasar, enrutar de manera incorrecta o mutilar al dividir y reensamblar los fragmentos del mensaje. Por otra parte, el IP no contiene suma de verificación para el contenido de datos del datagrama, solamente para la información del encabezado.

En cuanto al ruteo (encaminamiento) este puede ser:

- Paso a paso a todos los nodos
- Mediante tablas de rutas estáticas o dinámicas

I.1.1. Direccionamiento Ip

El TCP/IP utiliza una dirección de 32 bits para identificar una máquina y la red a la cual está conectada. Únicamente el NIC (Centro de Información de Red) asigna las direcciones IP (o Internet), aunque si una red no está conectada a Internet, dicha red puede determinar su propio sistema de numeración.

Hay cuatro formatos para la dirección IP, cada uno de los cuales se utiliza dependiendo del tamaño de la red. Los cuatro formatos, Clase A hasta Clase D (aunque últimamente se ha añadido la Clase E para un futuro) aparecen en la figura:

Clase A	**Red**	**Host**		
Octet	1	2	3	4

Clase B	**Red**		**Host**	
Octet	1	2	3	4

Clase C	**Red**			**Host**
Octet	1	2	3	4

Clase D	**Host**			
Octet	1	2	3	4

Las direcciones Clase D se utilizan para grupos de multicast. No hay necesidad de asignar octetos o bits a las distintas direcciones de red o de host. Las direcciones Clase E se reservan para fines de investigación solamente.

La clase se identifica mediante las primeras secuencias de bits, a partir de los 3 primeros bits (de orden más alto).

Las direcciones de Clase A corresponden a redes grandes con muchas máquinas. Las direcciones en decimal son 0.1.0.0 hasta la 126.0.0.0 (lo que permite hasta 1.6 millones de hosts).

Las direcciones de Clase B sirven para redes de tamaño intermedio, y el rango de direcciones varía desde el 128.0.0.0 hasta el 191.255.0.0. Esto permite tener 16320 redes con 65024 host en cada una.

Las direcciones de Clase C tienen sólo 8 bits para la dirección local o de anfitrión (host) y 21 bits para red. Las direcciones de esta clase están comprendidas entre 192.0.1.0 y 223.255.255.0, lo que permite cerca de 2 millones de redes con 254 hosts cada una.

Por último, las direcciones de Clase D se usan con fines de multidifusión, cuando se quiere una difusión general a más de un dispositivo. El rango es desde 224.0.0.0 hasta 239.255.235.255.

Cabe decir que, las direcciones de clase E (aunque su utilización será futura) comprenden el rango desde 240.0.0.0 hasta el 247.255.255.255.

Por tanto, las direcciones IP son cuatro conjuntos de 8 bits, con un total de 32 bits. Por comodidad estos bits se representan como si estuviesen separados por un punto, por lo que el formato de dirección IP puede ser red.local.local.local para Clase A hasta red.red.red.local para clase C.

A partir de una dirección IP, una red puede determinar si los datos se enviarán a través de una compuerta (GTW, ROUTER). Obviamente, si la dirección de la red es la misma que la dirección actual (enrutamiento a un dispositivo de red local, llamado (host directo), se evitará la compuerta; pero todas las demás direcciones de red se enrutarán a una compuerta para que salgan de la red local. La compuerta que reciba los datos que se transmitirán a otra red, tendrá entonces que determinar el enrutamiento can base en la dirección IP de los datos y una tabla interna que contiene la información de enrutamiento.

Otra de las ventajas que ofrece el direccionamiento IP es el uso de direcciones de difusión (broadcast addresses), que hacen referencia a todos los host de la misma red. Según el estándar, cualquier dirección local (hostid) compuesta toda por 1s está reservada para difusión (broadcast). Por ejemplo, una dirección que contenga 32 bits se considera un mensaje difundido a todas las redes y a todos los dispositivos. Es posible difundir en todas las máquinas de una red alterando a 1s toda la dirección local o de anfitrión (hostid), de manera que la dirección 147.10.255.255 para una red de Clase B se recibiría en todos los dispositivos de dicha red; pero los datos no saldrían de dicha red.

I.2. Estándar IEEE 802.11

Todos los estándares son desarrollados por organismos reconocidos internacionalmente, tal es el caso de la IEEE (Institute of Electrical and Electronics

Engineers) y la ETSI (European Telecommunications Standards Institute). Una vez desarrollados se convierten en la base de los fabricantes para desarrollar sus productos.

El IEEE 802.11 es un estándar de protocolo de comunicaciones de la IEEE que define el uso de los dos niveles más bajos de la arquitectura OSI (capas física y de enlace de datos), especificando sus normas de funcionamiento en una WLAN. En general, los protocolos de la rama 802.x definen la tecnología de redes de área local.

Entre los principales estándares derivados del IEEE 802.11 se encuentran:

- IEEE 802.11a: El estándar de alta velocidad que soporta velocidades de hasta 54 Mbps en la banda de 5 GHz.
- IEEE 802.11b: El estándar dominante de WLAN (conocido también como Wi-Fi) que soporta velocidades de hasta 11 Mbps en la banda de 2.4 GHz.
- HiperLAN2: Estándar que compite con IEEE 802.11a al soportar velocidades de hasta 54 Mbps en la banda de 5 GHz.
- HomeRF: Estándar que compite con el IEEE 802.11b que soporta velocidades de hasta 10 Mbps en la banda de 2.4 GHz.

Tabla 1 Principales estándares WLAN

Estándar	Velocidad máxima	Interface de aire	Ancho de banda de canal	Frecuencia
802.11b	11 Mbps	DSSS	25 MHz	2.4 GHz
802.11a	54 Mbps	OFDM	25 MHz	5.0 GHz
802.11g	54 Mbps	OFDM/DSSS	25 MHz	2.4 GHz
HomeRF2	10 Mbps	FHSS	5 MHz	2.4 GHz
HiperLAN2	54 Mbps	OFDM	25 MHz	5.0 GHz
5-UP	108 Mbps	OFDM	50 MHz	5.0 GHz

DSSS: Direct Sequence Spread Spectrum

OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing

FHSS: Frequency Hopping Spread Spectrum

5-UP: 5-GHz Unified Protocol (5-UP), Protocolo Unificado de 5 GHz propuesto por Atheros Communications

Conceptos generales

- Estaciones: computadores o dispositivos con interfaz inalámbrica.
- Medio: se pueden definir dos, la radiofrecuencia y los infrarrojos
- Punto de acceso (AP): tiene las funciones de un puente (conecta dos redes con niveles de enlaces parecidos o distintos), y realiza por tanto las conversiones de trama pertinente.
- Sistema de distribución: importantes ya que proporcionan movilidad entre AP, para tramas entre distintos puntos de acceso o con los terminales, ayudan ya que es el mecánico que controla donde esta la estación para enviarle las tramas.
- Conjunto de servicio básico (BSS): Grupo de estaciones que sé intercomunican entre ellas, se define dos tipos:
  1. Independientes: cuando las estaciones, se intercomunican directamente.
  2. Infraestructura: Cuando se comunican todas a través de un punto de acceso.
- Conjunto de servicio Extendido (ESS): Es la unión de varios BSS.
- Área de Servicio Básico (BSA): es la zona donde se comunican las estaciones de una misma BSS, se definen dependiendo del medio.
- Movilidad: este es un concepto importante en las redes 802.11, ya que lo que indica es la capacidad de cambiar la ubicación de los terminales, variando la BSS. La transición será correcta si se realiza dentro del mismo ESS en otro caso no se podrá realizar.
- Límites de la red: Los límites de una red 802.11 son difusos ya que pueden solaparse BSS.

El gran éxito de las redes inalámbricas es que utilizan frecuencias de uso libre, es decir no es necesario pedir autorización o algún permiso para utilizarlas. Aunque hay que tener en mente, que la normatividad acerca de la administración del espectro varía de país a país. La desventaja de utilizar este tipo de bandas de frecuencias es que las comunicaciones son propensas a interferencias y errores de transmisión. Estos errores ocasionan que sean reenviados una y otra vez los paquetes de información. Una razón de error del 50% ocasiona que se reduzca el caudal eficaz real (throughput) dos terceras partes aproximadamente. Por eso la velocidad máxima especificada teóricamente no es tal en la

realidad. Si la especificación IEEE 802.11b nos dice que la velocidad máxima es 11 Mbps, entonces el máximo caudal eficaz será aproximadamente 6 Mbps y menos.

Para reducir errores, el 802.11a y el 802.11b automáticamente reducen la velocidad de información de la capa física. Así por ejemplo, el 802.11b tiene tres velocidades de información (5.5, 2 y 1 Mbps) y el 802.11a tiene 7 (48, 36, 24, 18, 12, 9 y 6 Mbps). La velocidad máxima permisible [ver tabla 1] sólo es disponible en un ambiente libre de interferencia y a muy corta distancia.

La transmisión a mayor velocidad del 802.11a no es la única ventaja con respecto al 802.11b. También utiliza un intervalo de frecuencia más alto de 5 GHz. Esta banda es más ancha y menos atestada que la banda de 2.4 GHz que el 802.11b comparte con teléfonos inalámbricos, hornos de microondas, dispositivos Bluetooth, etc. Una banda más ancha significa que más canales de radio pueden coexistir sin interferencia.

Si bien, la banda de 5 GHz tiene muchas ventajas, también tiene sus problemas. Las diferentes frecuencias que utilizan ambos sistemas significan que los productos basados en 802.11a son no ínter operables con los 802.11b. Esto significa que aunque no se interfieran entre sí, por estar en diferentes bandas de frecuencias, los dispositivos no pueden comunicarse entre ellos. Para evitar esto, la IEEE desarrolló un nuevo estándar conocido como 802.11g, el cual extenderá la velocidad y el intervalo de frecuencias del 802.11b para así hacerlo totalmente compatible con los sistemas anteriores. Sin embargo, no será más rápido que el estándar 802.11a y según políticas de los fabricantes han retardado el estándar 801.11g y se espera que sea ratificado hasta finales del 2002. La demora en la ratificación del 802.11g ha obligado a muchos fabricantes irse directamente por el 802.11a donde existe una gran variedad de fabricantes de chips [circuitos integrados] tales como Atheros, National Semiconductor, Resonext, Envara, inclusive Cisco Systems quien adquirió a Radiata, la primer compañía en desarrollar un prototipo en 802.11a en el 2000.

Como otro intento de permitir la interoperatibilidad entre los dispositivos de bajas y altas velocidades, la compañía Atheros Comunications, Inc. propuso unas mejoras a los estándares de WLANs de la IEEE y la ETSI. Este nuevo estándar conocido como 5-UP (5 GHz Unified Protocol) permitirá la comunicación entre dispositivos mediante un protocolo unificado a velocidades de hasta 108 Mbps.

Ambas especificaciones, la 802.11a (IEEE) y la HiperLAN2 (ETSI) son para WLANs de alta velocidad que operan en el intervalo de frecuencias de 5.15 a 5.35 GHz. Hasta el momento, no hay productos que se estén vendiendo bajo esas nuevas especificaciones. La propuesta de Atheros es para mejorar esos protocolos y proveer compatibilidad hacia atrás para productos que cumplan con las especificaciones existentes, además de permitir nuevas capacidades. El radioespectro asignado para el 802.11a y el HiperLAN2 es dividido en 8 segmentos o canales de 20 MHz cada uno. Cada canal soporta un cierto número de dispositivos; dispositivos individuales pueden transitar a través de segmentos de red como si fueran teléfonos móviles de una estación a otra. Este espectro de 20 MHz para un segmento de red soporta 54 Mbps de caudal eficaz compartido entre los dispositivos en el segmento en un tiempo dado.

I.3. Tipos De Modulación

Las modulaciones estudiadas descritas a continuación son las que los sistemas inalámbricos de enlace punto a punto utilizan con mayor frecuencia ya que se han diseñado para este tipo de enlaces dentro de estas modulaciones tenemos:

I.3.1. Modulación De Amplitud En Cuadratura QAM

Con el propósito de obtener una eficiencia espectral mayor se recurre a métodos de modulación de mayor número de fases.

Debido a las prestaciones de tasa de error BER en función de la relación portadora a ruido C/N no es conveniente continuar incrementando el número de fases PSK. La modulación de 16 fases PSK consiste en 16 estados de fase distribuidos en una circunferencia con igual amplitud. Una distribución más acertada es 16QAM donde las fases se distribuyen en un reticulado de acuerdo con la Fig 01. La virtud de 16QAM frente

a 16PSK es que las fases se encuentran más separadas una de otra con lo cual admiten una amplitud de ruido mayor. El modulador 16QAM se puede efectuar de 2 formas:

- Mediante un codificador apropiado se disponen de 4 trenes de datos en paralelo y se agrupan de a dos para obtener dos señales analógicas con 4 estados de amplitud cada una (-3,-1,+3,+1). A continuación se efectúa la modulación en cuadratura convencional del tipo 4PSK.
- Mediante 2 moduladores del tipo 4PSK se generan 4 estados de fase en cada uno. Uno de ellos se lo afecta con una atenuación de 6 dB antes de la suma. La modulación 16 QAM resulta ser una modulación 4PSK por cuadrante, donde los cuadrantes se obtienen mediante la otra modulación 4PSK.

La modulación 16QAM permite transmitir una velocidad de 140 Mb/s (4x34 Mb/s) en un ancho de banda de 80 MHz. Como el ITU-R tiene definidas también bandas con ancho de 60 MHz se ha introducido la modulación 64QAM. La modulación 4PSK solo se usa en sistemas de baja y media capacidad (hasta 34 Mb/s).

I.3.1.1 Esquema De Modulación Digital M-QAM

Los sistemas M-QAM utilizan dos portadoras en cuadratura, modulada cada una de ellas en amplitud con varios niveles. La señal transmitida es:

$$s(t) = \Sigma_k I_k\, m(t - kT) \cos 2\pi f_0 t + \Sigma_k Q_k\, m(t - kT) \operatorname{sen} 2\pi f_0 t \quad ;$$

donde $m(t)$ es el pulso conformador;

T es el período de símbolo (inverso de la velocidad de modulación);

f_0 es la frecuencia de la portadora digital, y;

I_k y Q_k son los niveles de amplitud que toman las portadoras en fase y cuadratura, respectivamente ($\pm1, \pm3, \pm5,\ldots$).

I_k y Q_k son los niveles de amplitud que toman las portadoras en fase y cuadratura, respectivamente ($\pm1, \pm3, \pm5,\ldots$).

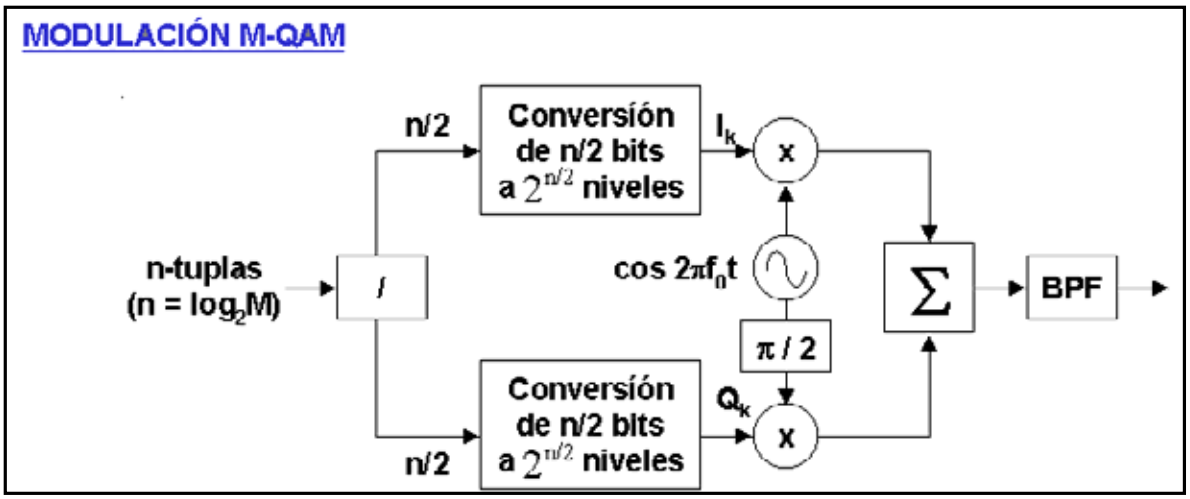


Figura 1. Diagrama de bloques de un modulador QAM.

En un sistema M-QAM, M es el número de puntos que contiene la constelación de símbolos (típicamente, M = 2, 4, 16, 64, 256). El número de bits que representa cada símbolo es:

$q = \log_2 M$ (típicamente, q = 1, 2, 4, 6, 8);

En la figura 2 se muestran las constelaciones de símbolos para 4-QAM (QPSK), 16-QAM, y 64-QAM. Los dos bits más significativos en el caso de 64-QAM están indicados fuera del recuadro punteado.

MODULACIÓN M-QAM

El ancho de banda utilizado es 1/T, que es la frecuencia de símbolo, multiplicado por (1 + α), con α = factor de roll-off (30% para el canal de retorno, y 15% para el canal descendente).

Canal 2 MHz QPSK
2 MHz x 2bps/Hz / (1+0.3) = 3.07 Mbps de tasa de transferencia bruta

Canal 8 MHz 64 QAM
8 MHz x 6bps/Hz / (1+0.15) = 41.7 Mbps

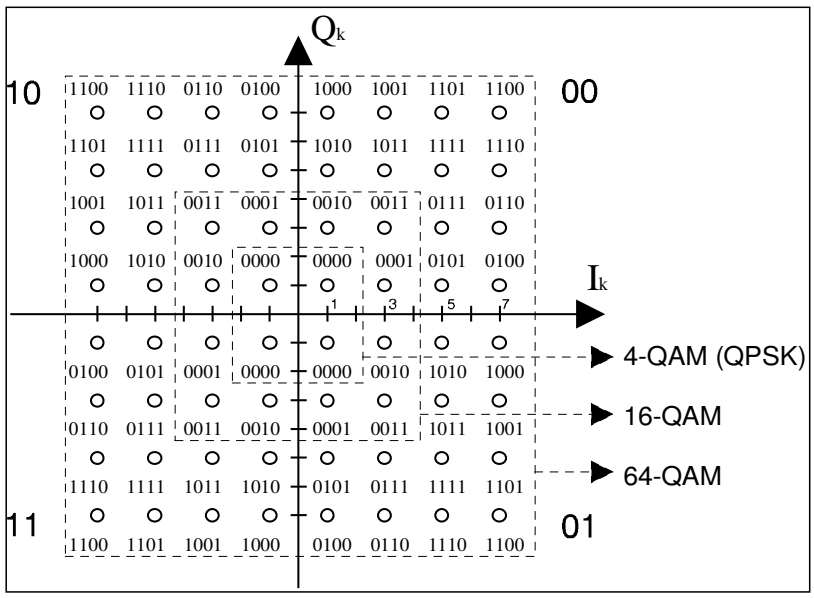


Figura 2. Constelaciones de símbolos en las modulaciones M-QAM.

Como pulso conformador, tal como vimos en el apartado dedicado al enlace digital descendente, se emplea el que resulta de filtrar un pulso rectangular de duración T con un filtro en raíz de coseno alzado (filtro de Nyquist), con un factor de caída (roll-off) de valor α. La respuesta frecuencial de dicho filtro viene dada por la expresión:

$$H(f) = \begin{cases} \left[\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\,\mathrm{sen}\,\frac{\pi}{2f_N}\,\frac{f_N-|f|}{\alpha}\right]^{1/2} & , |f| < f_N(1-\alpha) \\ 1 & , f_N(1-\alpha) \le |f| \le f_N(1+\alpha) \\ 0 & , |f| > f_N(1-\alpha) \end{cases}$$

donde $f_N = 1 / 2T$ es la frecuencia de Nyquist.

Si h(t) es la respuesta impulsional del filtro de Nyquist H(f), el pulso conformador será la convolución del pulso rectangular de duración T, $rect_T(t)$, y h(t):

$$m(t) = rect_T(t) * h(t)$$

Así, la señal transmitida es:

$$s(t) = \Sigma_k I_k (rect_T(t - kT) * h(t)) \cos 2\pi f_0 t + \Sigma_k Q_k (rect_T(t - kT) * h(t)) \operatorname{sen} 2\pi f_0 t$$

En recepción, tendremos otro filtro igual al del extremo transmisor (raíz de coseno alzado), por lo que los pulsos que obtenemos finalmente tendrán forma de coseno alzado, forma que es precisamente la de un pulso de Nyquist. Los pulsos de Nyquist se caracterizan por ser limitados en banda ((1 + α) / T), y a la vez, evitar la interferencia intersimbólica (ISI), ya que su amplitud es 1 en t = 0 y 0 en t = kT, con k ≥ 1. La figura 3 muestra las expresiones y las formas temporal y frecuencial del pulso de Nyquist en coseno alzado.

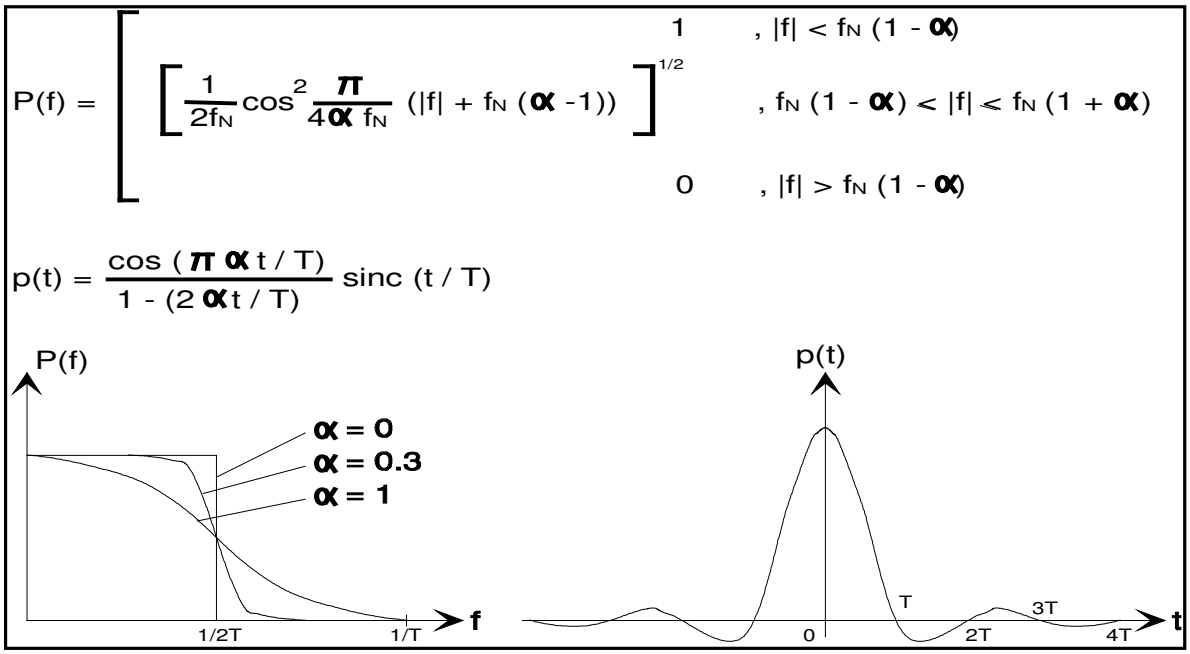


Figura 3. Pulso de Nyquist en coseno alzado.

I.3.1.2. Probabilidad De Error.

Para una velocidad de modulación de $1 / T$ baudios (símbolos por segundo), empleando un ancho de banda de $(1 + \alpha) / T$ Hz., la velocidad de transmisión será:
$(1 / T) \log_2 M$ bps.

En QPSK, por ejemplo, podríamos transmitir a unos 14Mbps, considerando un canal de 8 MHz. y un factor α del 15%. En las mismas condiciones, en el caso de 64-QAM, alcanzaríamos los 41Mbps.

La probabilidad de error en un sistema M-QAM depende del ruido y la distorsión que introduce el canal digital, y de la separación entre los símbolos de la constelación. En el canal de retorno, la relación señal a ruido disponible generalmente es demasiado baja como para permitir emplear con éxito esquemas M-QAM con constelaciones grandes, por lo que lo más corriente es utilizar la modulación QPSK. El ancho de banda de los canales varía según el servicio al que estén destinados, pero suele ser del orden de los 2 MHz.. Y suelen emplearse pulsos de Nyquist con factor de caída (roll-off) mayor que en el caso del canal descendente ($\alpha = 0.4$, por ejemplo; mayor exceso de banda). La eficiencia espectral es, por tanto, mucho menor, y aún disminuye más cuando consideramos tiempos de guarda mayores, y un protocolo de comunicaciones más lento. Pero todo esto se hace necesario para dotar al enlace digital ascendente de una mayor robustez frente al ruido y las interferencias.

I.3.2. Modulación Phase Shift Keyed PSK

La modulación tiene como objeto adaptar la información digital al medio radioeléctrico mediante la analogización a frecuencias de microondas. El modulador es un circuito de producto realizado generalmente mediante un puente de diodos (modulador balanceado) que trabaja a una frecuencia intermedia (35, 70, 140 MHz, etc.) entre la banda base y la radiofrecuencia. Existen también moduladores de fase trabajando directamente en radiofrecuencia. En la Figura 4 se presenta el funcionamiento del puente de diodos como modulador y demodulador.

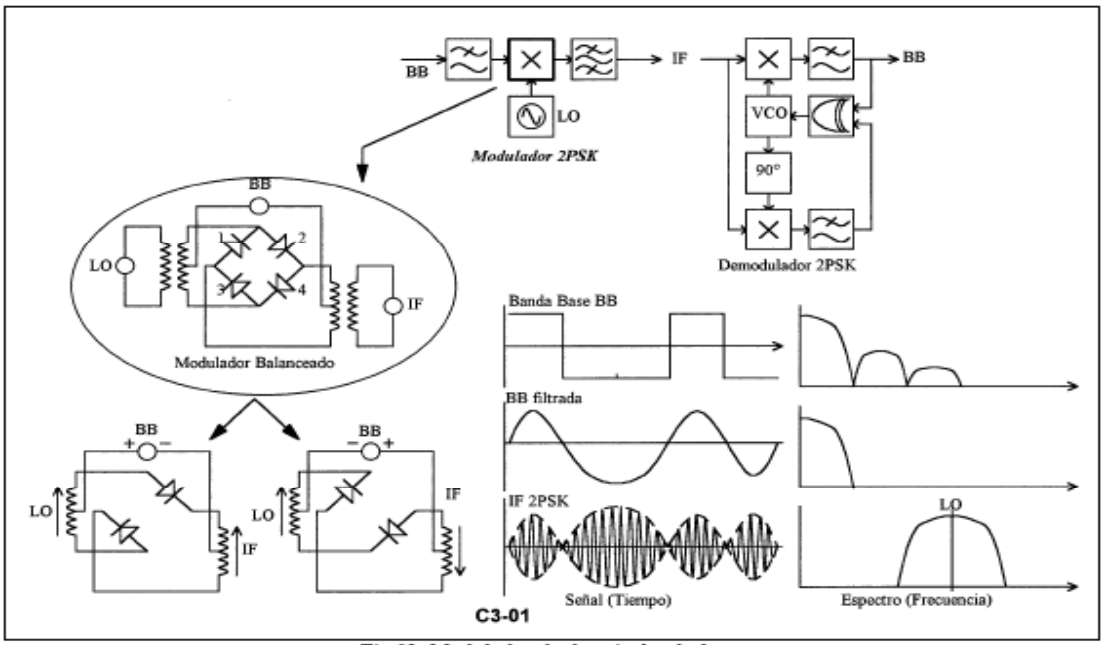


Figura 4. Modulador de dos niveles de fase.

De acuerdo con la polarización combinada que se entrega a los diodos entre la tensión senoidal del oscilador local OL y los datos digitales en banda base BB se dispone de la conducción alternada de los diodos. Esta conducción alternada introduce una variación de fase a la salida respecto del OL de entrada de 0° o 180°. Se trata de la modulación 2PSK que consiste en dos estados de fase de salida asociados a los dos estados de banda base. Los datos de entrada al circuito de producto deben ser del tipo bipolar (+1,-1) para polarizar en forma alternada los diodos. El demodulador se fundamenta en el mismo esquema de funcionamiento pero la complejidad es superior debido a que se requiere una referencia de fase para poder reconocer la modulación de 0° y 180° de fase.

I.3.2.1. Modulador 4PSK

La modulación de 4 estados de fase 4PSK resulta tener una mejor eficiencia espectral (relación entre la velocidad de información en b/s y el ancho de banda necesario en Hz). En otras palabras requiere menor ancho de banda para transmitir la misma información debido a que cada nivel de fase lleva 2 bits de información.

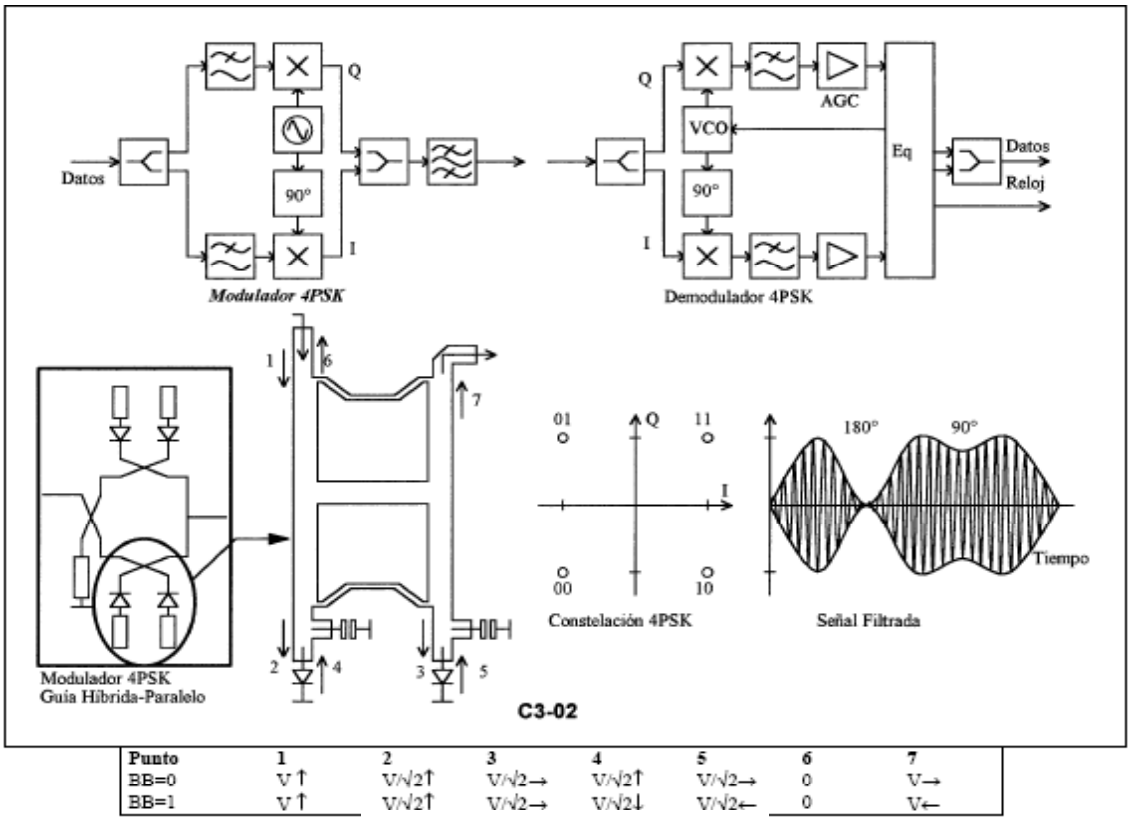
La Fig 5 muestra el modulador y demodulador 4PSK constituido por dos moduladores balanceados funcionando en cuadratura (el oscilador local que alimenta a cada modulador se encuentra con una diferencia de fase de 90°). Cada modulador entrega las fases 0-180° y 90-270° o cual permite obtener las 4 fases resultantes por suma vectorial. Los ejes en cuadratura (ortogonales) se denominan I (In phase) y Q (Quadrature). La distribución de bits para cada fase se realiza mediante la codificación cíclica (Gray) de tal forma que entre una fase y las adyacentes a 90° solo se tiene el cambio de un bit. Entre fases a 180° se tiene el cambio de dos bits. Un error de fase entre estados adyacentes solo introduce un error de bit.

Antes y después del modulador se coloca un filtro que limita la banda ocupada por la señal digital y por el espectro de frecuencia intermedia. El filtrado de la banda del canal modulado permite reducir el espectro aumentando la eficiencia espectral. Sin embargo, dicha operación elimina armónicas lo que produce una distorsión de amplitud y de fase de la señal resultante respecto de la señal de entrada.

La distorsión de amplitud se observa como una atenuación teórica de 3 dB para saltos de 90° y una anulación de la portadora para saltos de 180°. Esta modulación de amplitud superpuesta a la de fase obliga a trabajar a los amplificadores de radiofrecuencia en una zona lineal de transferencia.

Si se satura el amplificador se destruye la modulación de amplitud y se expande el espectro. Esto obliga a mantener a los amplificadores con un nivel de potencia inferior al de saturación en algún dB (Back off).

Un resultado auxiliar se obtiene demodulando en el receptor la componente de amplitud lo cual permite obtener una armónica de temporización que se traduce en la recuperación del reloj asociado a los datos. En la Fig 5 se incluye en el diagrama a bloques del demodulador el circuito de extracción de reloj. Consiste en un detector de amplitud y un filtro sintonizado a la frecuencia de reloj. Con esta señal se gobierna a un Oscilador Controlado por Tensión VCXO en bucle (PLL) de Control de Fase APC.



Punto	1	2	3	4	5	6	7
BB=0	V↑	V/√2↑	V/√2→	V/√2↑	V/√2→	0	V→
BB=1	V↑	V/√2↑	V/√2→	V/√2↓	V/√2←	0	V←

Figura 5. Moduladores digitales 4PSK

I.3.3. Características De La Modulación Digital

I.3.3.1. Filtrado Del Canal

Una particularidad del espectro en la transmisión digital es que en un instante de tiempo todo el espectro transmitido le corresponde al mismo bit (canal de información). En cambio en la transmisión analógica el espectro en cada instante lleva información de cada uno de los canales que componen la multiplexación en frecuencia FDM.

El espectro de la señal digital antes del modulador es recortado mediante un filtro pasabajos; luego del modulador se filtra mediante un filtro pasa banda. El espectro de la señal de banda base o de frecuencia intermedia consiste en una envolvente del tipo sinc f (sen f/f). El número de armónicas contenidas por la envolvente depende de la periodicidad de la señal. La separación entre ellas corresponde a la inversa del período expresado en segundos.

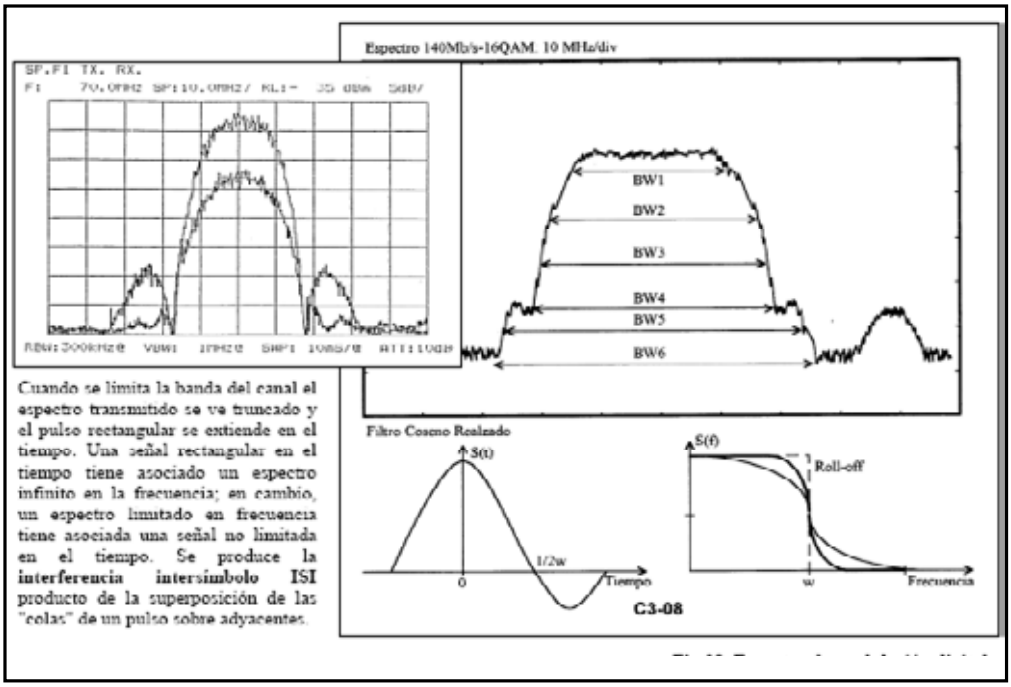


Figura 6. Espectro de Modulación Digital

La ISI se anula cuando la frecuencia de corte W del filtro es igual a la mitad de la velocidad de transmisión expresada en Hz. En la Figura 6 se encuentra la explicación

conceptual: un espectro aproximadamente rectangular tiene asociado una señal similar a sinc t; si se cumple W= Vtx/2 el punto de anulación de la función sinc t ocurre en el centro de los pulsos adyacentes, eliminando la interferencia del pulso sobre los otros.

El filtrado se realiza mediante la transferencia coseno levantado. Dicha transferencia se muestra en la misma Figura 6 y tiene la particularidad que mantiene la ISI acotada a un mínimo y es "realizable" electrónicamente.

El coeficiente Roll off es un parámetro de diseño del filtro. Cuando el Roll off tiene a cero se acorta la banda y se tiende al filtrado ideal. El valor máximo posible es uno.

Generalmente se indica el valor del Roll off como un número (típico 0,2 a 0,7) o un porcentaje (20 a 70%). Los filtros en banda base se realizan mediante filtros digitales y en frecuencia intermedia mediante filtros L-C o de Onda Acústica Superficial SAW.

I.3.3.2 Ancho De Banda

Existen varios criterios para la definición del ancho de banda que ocupa un canal. La tabla 01 muestra las siguientes definiciones:

Tabla 01. Definiciones alternativas de ancho de banda.

Ruido	**BW1** El ancho de banda equivalente de ruido se trata de un espectro rectangular de ruido con igual valor de potencia que el espectro digital completo.
3 dB	**BW2** El ancho de banda a mitad de potencia donde se tiene una atenuación de 3 dB respecto del valor máximo en el centro del espectro.
-50 dB	**BW3** El ancho de banda con densidad de potencia delimitada consiste en declarar un umbral entre 35 y 50 dB respecto del máximo en la portadora por debajo del cual se encuentra la densidad de potencia.
Nyquist	**BW4** El ancho de banda de Nyquist corresponde a la frecuencia de corte del filtrado ideal W=Vtx/2.
Nulo	**BW5** El ancho de banda al primer punto de anulación del espectro corresponde al primer lóbulo coincidente con 1/T (T es el tiempo de duración del pulso).
99%	**BW6** El ancho de banda que contiene la mayoría de la potencia es, por ejemplo, el 99% de la potencia total. La FCC de USA adopta este criterio.

De acuerdo con el ancho de banda previsto por el ITU-R en las distintas gamas de frecuencias se requieren los siguientes métodos de modulación:

Ancho de banda	**Sistema de transmisión posible**
40 MHz	34 Mb/s-4 PSK
60 MHz (±28 MHz)	40 Mb/s-64 QAM y 155 Mb/s-128 TCM
80 MHz (±40 MHz)	140 Mb/s-16 QAM; 155 Mb/s-64 TCM y 2x155 Mb/s-512 TCM

I.3.3.3. Eficiencia Espectral

La eficiencia espectral Ee es el cociente entre la velocidad de transmisión Vtx en b/s y el ancho de banda ocupado en Hz.

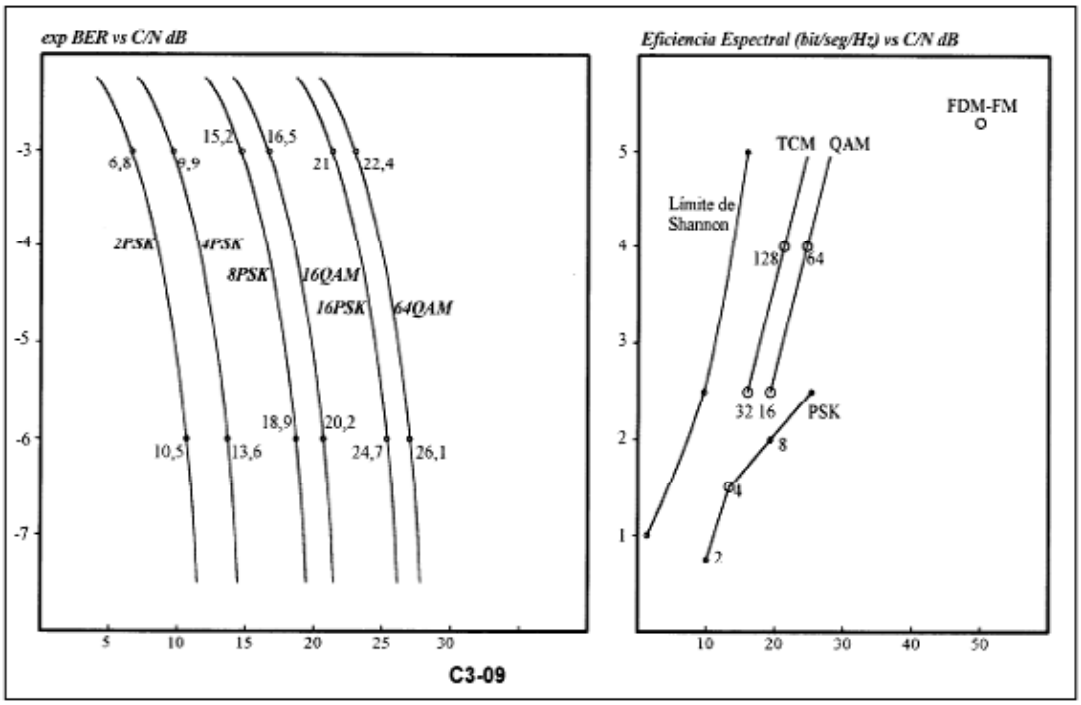


Figura 7. Características de la modulación digital

Como el ancho de banda mínimo teórico es el de Nyquist (las dos bandas laterales hasta Vtx/2 reducido por la modulación multinivel) y se expresa mediante Vtx/K, la Ee es un número independiente de la velocidad de transmisión y solo asociado al método de modulación. El factor K corresponde al número de bits transmitidos en un símbolo.

La eficiencia espectral teórica para los métodos de modulación es igual al número de bits por símbolo transmitido. El valor práctico es inferior debido a que la banda ocupada también es superior; el filtrado no es ideal. En la Fig 7 se observa el valor teórico de eficiencia espectral relacionado con la relación portadora a ruido C/N necesaria para asegurar una determinada tasa de error BER.

La eficiencia espectral equivalente de un sistema analógico FDM-FM se puede calcular teniendo en cuenta el número de canales y el ancho de banda teórico de Carson: 2.(Δfc+fn). Donde, Δfc es la excursión máxima de la modulación FM y fn es la frecuencia máxima de la modulante.

Para un sistema de 2700 canales FDM el ancho de banda de Carson es de 33 MHz (Δfc= 4,5 MHz y fn= 12 MHz). Para una capacidad de 2700 canales equivalente a 64 kb/s cada canal se tiene un Ee teórica de 5,24 b/s/Hz. En comparación la
modulación 64QAM tiene una eficiencia espectral teórica de 6 bit/seg/Hz. La modulación 32TCM tiene la misma eficiencia espectral que 16QAM pero requiere menor relación C/N.

I.3.3.4. Característica BER VS C/N

En la medida que el número de fases se incrementa la tasa de error BER aumenta con el mismo nivel de ruido. Lo cual queda en evidencia a partir del diagrama de la Fig 07. Para un mismo método de modulación en la medida que la relación portadora a ruido C/N disminuye la BER se incrementa. En la Fig 08 se muestra dicha variación para la modulación 16QAM y 32TCM. La característica BER vs C/N empeora (se corre hacia la derecha) con la presencia de interferencias en el enlace y con el incremento de la potencia del transmisor.

Se denomina Back off a la diferencia entre la potencia de saturación y la potencia de emisión. Este valor debe ser suficientemente alto como para no eliminar la modulación de amplitud superpuesta a la de fase. El valor del Back off se incrementa con el número de fases: 2 dB para 4PSK; 6 dB para 16QAM y 8 dB para 64QAM.

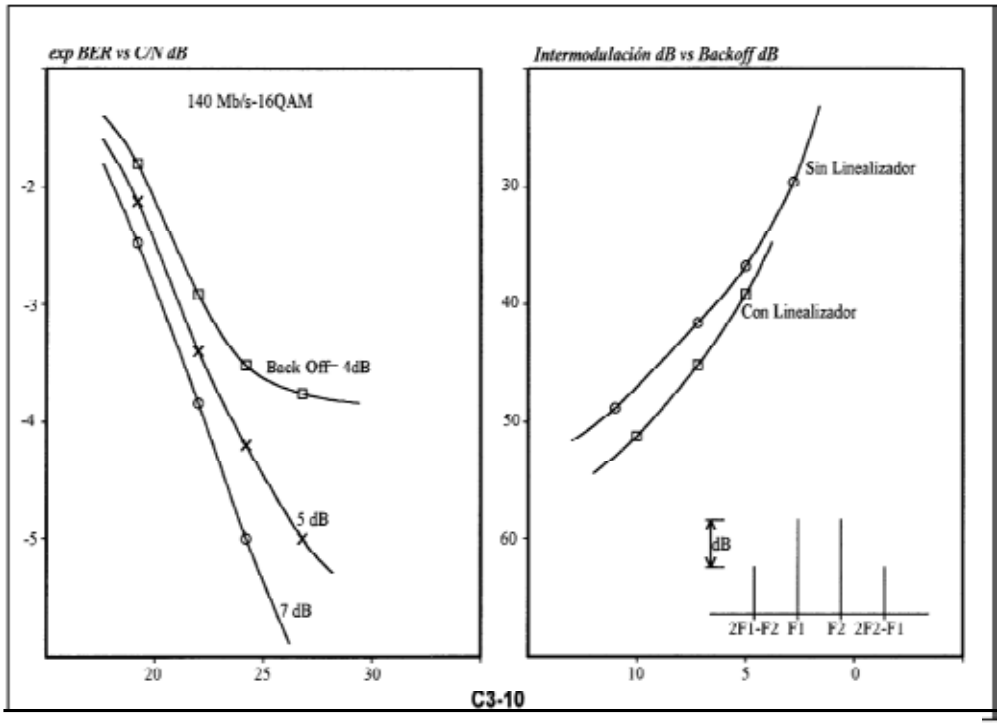


Figura 8. Características de la modulación digital

I.4. La Relación Señal A Ruido

Los factores fundamentales que controlan el índice y la calidad de la transmisión de información son el ancho de banda B y la potencia S de la señal.

El ancho de banda de un canal es el rango de frecuencias que éste puede transmitir con razonable fidelidad; por ejemplo, si un canal puede transmitir con razonable fidelidad una señal cuyas componentes de frecuencia ocupan un rango de 1,000 hasta un máximo de 5,000 Hz (5 kHz) el ancho de banda será de 4 kHz.

Para comprender el papel de B, se considera la posibilidad de aumentar la velocidad de transmisión de la información mediante la compresión en el tiempo de la señal. Si una señal se comprime en el tiempo un factor de dos, se podrá transmitir en la mitad del tiempo, y la velocidad de transmisión se duplica. Sin embargo, la compresión por un factor de dos

hace que la señal "oscile" dos veces más rápido, lo que implica que las frecuencias de sus componentes se dupliquen. Para transmitir sin distorsión esta señal comprimida, el ancho de banda del canal debe duplicarse. De esta forma, el índice de transmisión de la información es directamente proporcional a B. Con más generalidad si un canal de ancho de banda B puede transmitir N pulsos por segundo, entonces, para transmitir KN pulsos por segundo se necesita un canal de ancho de banda KB. Para reiterar, el número de pulsos/segundo que pueden transmitirse a través de un canal es directamente proporcional a su ancho de banda B.

La potencia S de la señal desempeña un papel dual en la transmisión de información. Primero, S esta relacionada con la calidad de la transmisión. Al incrementarse S, la potencia de la señal, se reduce el efecto del ruido de canal, y la información se recibe con mayor exactitud, o con menos incertidumbre. Una mayor relación de señal a ruido S/N permite también la transmisión a través de una distancia mayor. En cualquier caso, una cierta S/N mínima es necesaria para la comunicación.

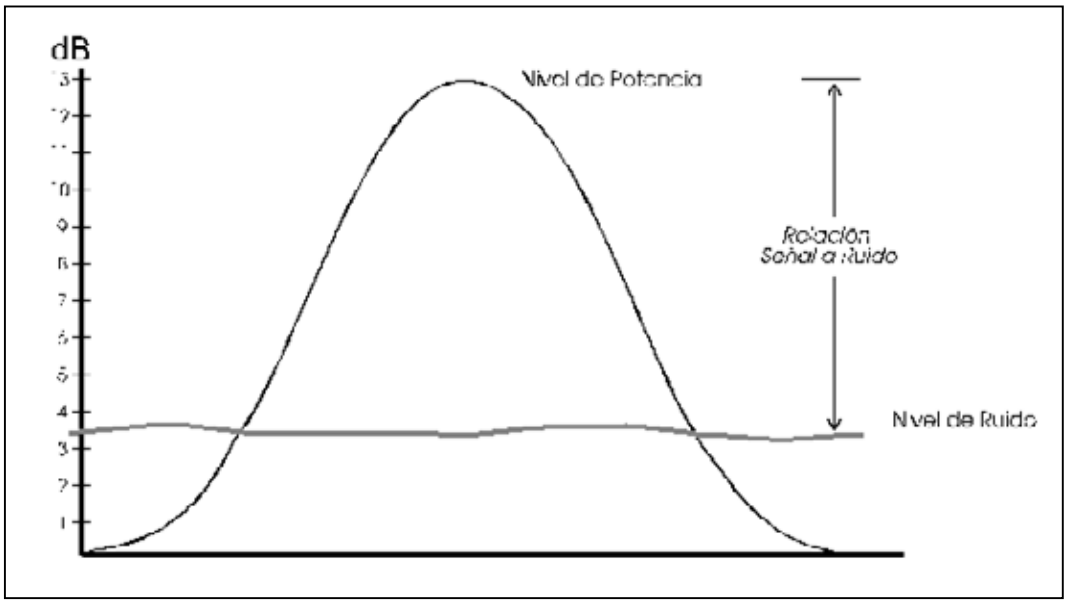


Figura 9. Relación señal a ruido

I.5. Calidad De Servicio Q&S

La calidad de servicio (QoS) es el rendimiento de extremo a extremo de los servicios electrónicos tal como lo percibe el usuario final. Los parámetros de QoS son: el retardo, la variación del retardo y la pérdida de paquetes. Una red debe garantizar un cierto nivel de calidad de servicio para un nivel de tráfico que sigue un conjunto especificado de parámetros.

La implementación de Políticas de Calidad de Servicio se puede enfocar en varios puntos según los requerimientos de la red, los principales son:

- Asignar ancho de banda en forma diferenciada
- Evitar y/o administrar la congestión en la red
- Manejar prioridades de acuerdo al tipo de tráfico
- Modelar el tráfico de la red

I.5.1. Calidad De Servicio en IEEE 802.11 / 802.11e

El estandar IEEE 802.11 para redes inalambricas (WLANs) es el estándar actual más importante en WLANs. IEEE 802.11 tiene dos métodos de acceso, Distributed Coordinator Function (DCF) y Point Coordinator Function (PCF). Este último es opcional.

I.5.1.1. Distributed Coordinator Function (DCF)

DCF es el método de acceso básico de IEEE 802.11. Utiliza el algoritmo Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA) para mediar el acceso al canal compartido. Cuando la capa MAC tiene datos a ser transmitidos, primero escucha el medio cierto tiempo, tiempo llamado espacio entre tramas DCF (DIFS)(Un espacio entre tramas (interframe space, IFS) es el tiempo que una estación espera cuando el medio está ocioso antes de intentar accesarlo. IEEE 802.11 define varios IFSs. Al usar un IFS más corto, el medio es accesado antes que las estaciones que usan un IFS mayor. Esto es, por ejemplo, usado para asegurar que un ACK es enviado antes que otra estación pueda enviar datos. Las relaciones entre IFS diferentes pueden encontrarse en la Figura10.), después del

cual la trama es transmitida. De lo contrario, un tiempo backoff B (medido en ranuras de tiempo) es elegido aleatoriamente en el intervalo $[0, CW)$, donde CW es la ventana de contención (ContentionWindow). Si se ha detectado que el medio ha estado ocioso por, al menos, un DIFS, el contador de tiempo backoff es decrementado en uno. Cuando el contador de tiempo backoff llega a cero, la trama es transmitida.

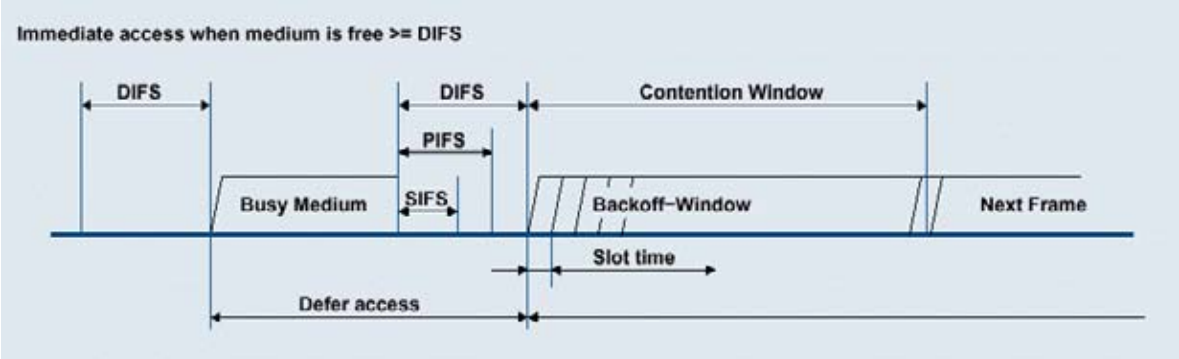


Figura 10. Relación entre IFS's

Si la trama es recibida exitosamente, un acuso de recibo (ACK) es enviado al destinatario. Hasta la detección de una colision (que ocurre por la ausencia de un ACK), la CW es doblada de acuerdo a la Figura10, donde i es el número de intentos (incluido el actual) para transmitir la trama, y k es una constante que define la CW mínima, CW_{min}.

Luego es elegido un nuevo tiempo backoff y el proceso comienza nuevamente. Dado que la CW es doblada por cada colision, la probabilidad que dos nodos elijan el mismo tiempo backoff disminuye. El mecanismo backoff también es usado luego de una transmisión exitosa antes de enviar la próxima trama y, así, reducir también la probabilidad de colisiones.

Luego de una transmisión exitosa, la CW es reseteada a CW_{min}.

$$CW_i = 2^{k+i-1} - 1$$

I.5.1.2. Point Coordinator Function

PCF es un mecanismo de acceso al medio centralizado, basado en encuestas, que requiere la presencia de una estación base que actua como nodo coordinador (point coordinator, PC). Si existe PCF coexisten ambos esquemas, PCF y DCF, y en este caso el tiempo es dividido en supertramas como muestra la figura 11. Cada supertrama consiste en

un periodo de contención (contention period, CP) donde es usado DCF, y un periodo libre de contención (contention free period, CFP) donde es usado PCF. El CFP es comenzado por una trama especial (aviso, beacon) enviada a la estación base. Dado que el aviso es enviado usando el metodo de acceso DCF común, la estacion base debe contender al medio y entonces el CFP puede ser acortado.

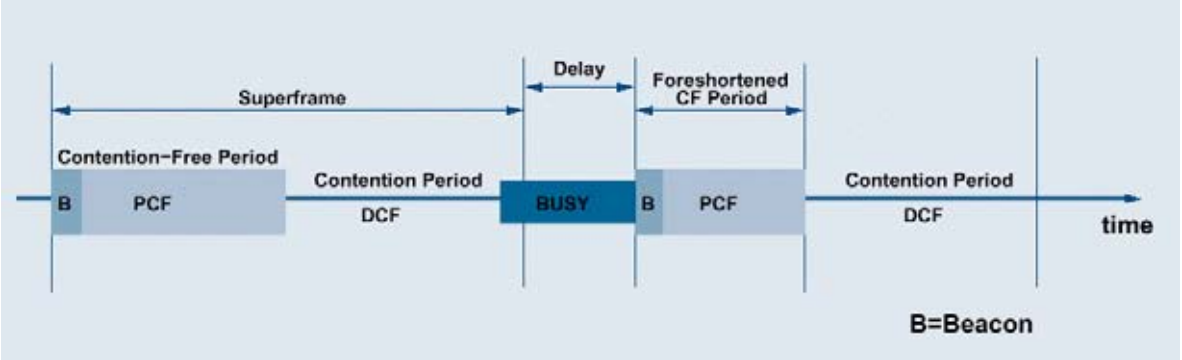


Figura 11. La supertrama del estandar IEEE 802.11

El nodo coordinador mantiene una lista de las estaciones moviles que ha pedido ser encuestadas para enviar datos. Durante el CFP, esta envía tramas encuestadas a las estaciones cuando ellas están libres de acceder al medio. Para asegurar que estaciones no DCF sean capaces de interrumpir este modo de operacion, el IFS de datos PCF es menor que el usual DIFS. Este tiempo es llamado espacio entre tramas PCF (PCF interframe space, PIFS). Para prevenir la inanición de estaciones que no tienen permitido transmitir durante el CFP, debe existir siempre disponibilidad para poder enviar al menos una trama de largo máximo durante el periodo de contención (características de diseño).

I.5.1.3. Distributed Fair Scheduling

Existen varios esquemas que proveen asignación con justicia de ancho de banda entre diferentes flujos en un nodo. En este sentido, con justicia significa que cada flujo tiene un ancho de banda proporcional a algún peso que a sido asignado a él. Estos esquemas son centralizados en el sentido que ellos funcionan en un nodo único que tiene acceso a información de todos los flujos. Dado que pueden ser asignados diferentes pesos a los flujos, esto puede ser usado para diferenciación entre flujos.

I.5.1.4. Blackburst

Como un intento de mejorar el desempeño de streams en tiempo real, Sobrinho y Krishnakumar proponen un esquema llamado Blackburst, que luego mejoraron. El objetivo principal de Blackburst es minimizar el retardo para el tráfico en tiempo real, y es diferente de los esquemas anteriores dado que impone ciertos requerimientos del tráfico a ser priorizado. Blackburst requiere que todas las estaciones de alta prioridad traten de accesar al medio con intervalos constantes, tsch (este intervalo tiene que ser el mismo para todas las estaciones con prioridad alta). Además, Blackburst también requiere la habilidad de hacer jamming al medio inalámbrico por cierto periodo de tiempo.

Cuando una estación Blackburst quiere transmitir una trama, esta escucha el medio para ver si ha estado ociosa por un PIFS y entonces envia su trama. Por otro lado, si el medio se encuentra ocupado, la estación espera un tirmpo ocioso PIFS y entonces entra a un periodo de contención black burst. La estación envia un black burst al hacer jamming al canal por cierto periodo de tiempo. El largo de un black burst es determinado por el tiempo que la estación ha estado esperando accesar al medio, y es calculado como una cantidad de ranuras. Luego de transmitir el black burst, la estación escucha al medio por un periodo de tiempo corto, menor que la ranura black, para ver si alguna otra estación esta enviando un black burst más largo. Esto podría implicar que la otra estación ha esperado más y así deberá accesar al medio primero. Si el medio está ocioso, la estación enviará su trama, de otra manera esperará hasta que el medio se vuelva ocioso de nuevo y entre a otro periodo de contención black burst. Al usar cortes temporales e imponer un tamaño de trama mínimo en tramas de tiempo real, puede garantizar que cada periodo de contención black burst producirá un único ganador .

Luego de la transmisión exitosa de una trama, la estación planifica el próximo instante de acceso (cuando la estación tratará de transmitir la próxima trama) tsch segundos en el futuro. Esto tiene el agradable efecto de que el flujo en tiempo real se sincronizará, y compartirá el medio de manera TDM. Esto significa que a menos que algún tráfico de baja prioridad venga y disturbe el orden, muy poco blackbursting tendrá que ser hecho una vez que las estaciones esten sincronizadas.

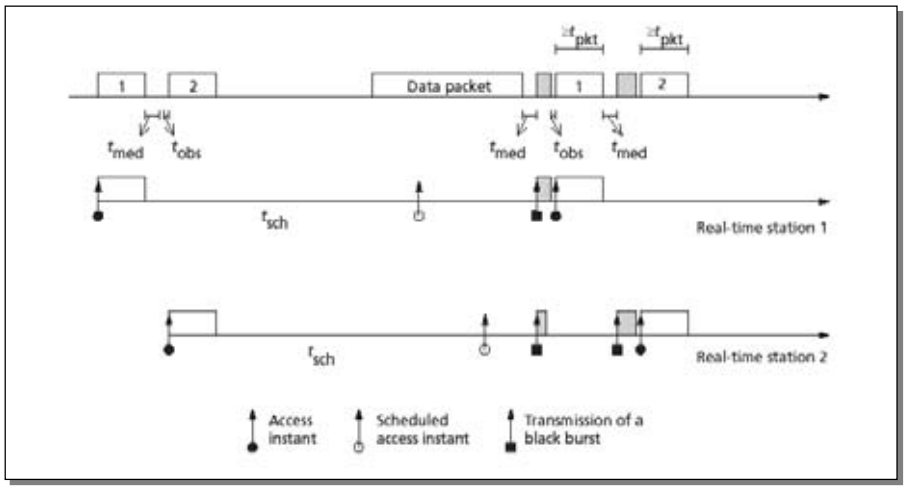


Figura12a. Esquema Blackburst

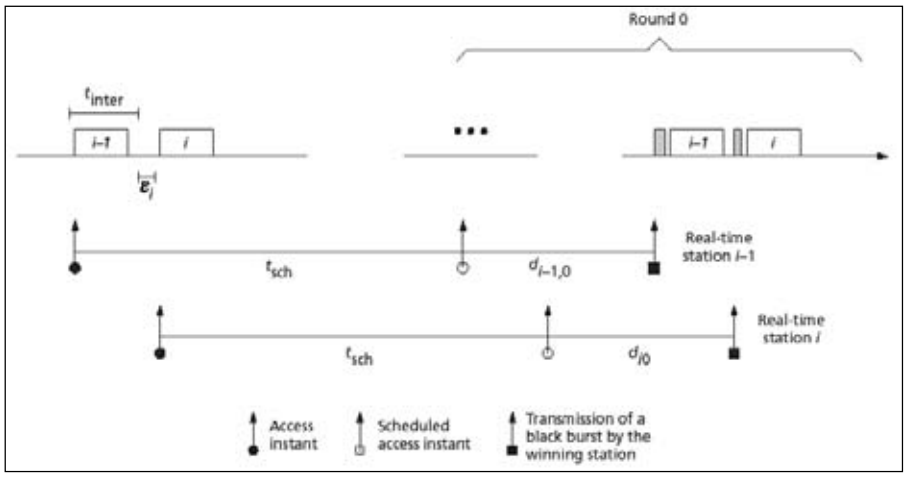


Figura 12b. Esquema Blackburst

El análisis teórico realizado anteriormente nos ha introducido en forma resumida en las redes inalámbricas de última generación ya que solo se tocaron los temas mas relevantes para poder interiorizarnos en el esudio de la tecnología de Aperto Networks, en el capítulo siguiente se estudiara a fondo las caracteristicas de este proveedor.

Capítulo II. ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA APERTO NETWORKS

La línea de equipos de Aperto punto a punto ofrece un número avanzado de tecnologías futuras, varias de las cuales fueron introducidas por primera vez al mercado inalámbrico punto a punto por Aperto. Algunas de las características de esta tecnología se detallan a continuación.

II.1. Características Generales.

- **Optimización del enlace del suscriptor:** A través de la Tecnología OptimaLink, los equipos Aperto mejoran el rendimiento del ancho de banda del suscriptor. A través del ajuste dinámico de los parámetros de transmisión (modulación, potencia de transmisión, políticas de retransmisión y tamaños de tramas) se logra un enlace más confiable.

- **Políticas de retransmisión:** Es conocido que para los protocolos inalámbricos, se debiera incorporar en la capa de enlace la capacidad de retransmisión de tramas; esto debido al hecho que los canales inalámbricos están sujetos a atenuaciones de naturaleza transitorias tales como la interferencia de canales adyacentes, etc. A través de ARQ (Automatic Repeat Request), se reconoce la recepción como libre de error y en el caso de que exista error, son retransmitidos a través de la capa de enlace, haciendo transparente a la capa de transporte la existencia de estos problemas y permitiendo de esta forma que el flujo de datos sea mejorado.

- **Ambientes Obstruidos:** Los lugares con OLOS (Obstructed Line Of Sight) y NOS (Non-Line Of Sight) presentan un desafío especial para los enlaces inalámbricos. Los Equipos Aperto son capaces de trabajar en ambientes obstruidos (OLOS/NLOS).

- **Fragmentación y Concatenación:** Es posible con los equipos Aperto, ante la existencia de canales con ruido, fragmentar los paquetes, disminuye la tasa de error. Por otro lado, cuando las condiciones del enlace son buenas, Aperto automáticamente concatena varios paquetes en uno de tal manera de mejor el rendimiento de las comunicaciones.

- **Multipexación:** La MAC de Aperto utiliza duplexación TDD (Tine Division Duplexing), es decir en un instante de tiempo transmite y en el otro instante de tiempo recibe. Esto permite al operador configurar el sistema de acuerdo a las características del cliente y por ejemplo asignar un ancho de banda simétrico para clientes de empresas (Tx=Rx) y asimétrico para residenciales (Tx=Rx).

- **Asignación dinámica de canales (DAC):** condición de operación del equipo cuya finalidad es mejorar la calidad del enlace a través del cambio de canal de RF, si es que el que actualmente esta en operación se encuentra interferido. Para ello la CPE master sensa el canal constantemente, si el canal se encuentra con una tasa de error permanente (configurable), durante un período determinado (configurable) el equipo conmuta a un canal en forma aleatoria, que a priori se encuentre configurado en las CPE´s.

- **Calidad de Servicio:** Actualmente Aperto no entrega calidad de servicio en modalidad punto-punto. Esta característica está disponible en el sistema punto-multipunto.

La distancia de enlace y la eficacia espectral son dos de los valores más fundamentales de cualquier enlace inalámbrico punto a punto, y Aperto sobresale en ambos.

- **La distancia de enlace de Aperto** El sistema da al operador la opción para utilizar una variedad de tipos de antenas, así permitiendo incluso distancias más grandes de enlaces con antenas de mayor ganancia.

- **La eficacia espectral de Aperto** (o cuántos paquetes puede ingresar en el ancho de banda disponible) es una de las mejores de la industria. Hasta 20 canales sin superposición se hacen disponibles en los 125 MHz del espectro en la banda de5.8 Mhz ISM, con respecto a los 4-6 canales disponibles en la mayoría de los otros productos.

El equipo PacketWave punto a punto ofrece una característica única que permite al operador sincronizar enlaces múltiples punto a punto co-localizado. Esto permite al operador hacer lo siguiente:

- Reutilice el mismo canal en enlaces co-localizados múltiples, bajo exigencia en que dos enlaces cualquiera sean separados por lo menos 90º uno del otro. Por ejemplo, usando canales simples de 6 MHz, el operador puede levantar cuatro enlaces punto a punto en una sola orientación.
- Si hay canales múltiples disponibles, después varios enlaces se pueden co-localizar, bajo las exigencias mencionadas arriba.

Aperto utiliza un número de tecnologías para hacer el enlace inalámbrico más resistente a interferencias y multidireccional e incluyendo:

- ARQ o retransmisiones automáticas
- Codificación y modulación adaptantes
- Selección Automática De la Frecuencia
- Diversidad De Antenas

II.2. ARQ

Se espera que los sistemas de BWA funcionen en los ambientes que son caracterizados a menudo por las condiciones severas de fading (desvanecimiento) y de interferencia, proporcionando escasos esquemas de codificación de corrección de errores en la capa física (tales como FEC). El uso automático del mecanismo repeat-request (ARQ), es una técnica bien conocida para manejar los errores de transmisión, que ocurren cuando los datos se transmiten sobre canales ruidosos. Los esquemas de ARQ entregan en el canal de control, la regeneración del paquete para reconocer la recepción por el receptor; los paquetes recibidos con errores se retransmiten en la capa de dato-enlace, que hace que el enlace aparezca sin error en los protocolos de las capa más altas.

La existencia de un esquema de ARQ en la capa MAC es particularmente importante para el funcionamiento de los protocolos del control de flujo, tales como TCP. Cuando el TCP funciona enlazando con tasas de error relativamente altas, puede percatarse la degradación severa del funcionamiento. El TCP emplea una ventana de algoritmos que se desplaza para controlar la cantidad de datos nuevos para detectar y reaccionar a la congestión de red. Al iniciar tráfico la ventana del TCP aumenta su tamaño hasta que se detecta una pérdida de paquete. En este punto de origen se reduce el tamaño de la ventana y las repeticiones del ciclo. En redes inalámbricos sin embargo, la pérdida de paquete puede con frecuencia ser debido a los errores niveles de enlaces causados por debilitaciones del canal. Se ha demostrado que el rendimiento de procesamiento eficaz de una conexión del TCP disminuye mientras que la probabilidad de la perdida de paquetes aumenta, debido a las retransmisiones en la capa del TCP. ARQ trata este problema accionando las retransmisiones en la capa MAC, haciendo que el enlace aparezca libre de errores en la capa TCP. El sistema de Aperto ejecuta ARQ en el hardware, permitiendo que haga varias retransmisiones dentro de diez milisegundos de duración. Esta facilidad es muy importante, porque si el paquete del TCP no se recupera dentro de mitad del segundo, los tiempos de inicio del TCP hacia fuera y retransmite el paquete.

En lo qué sigue, se presentan resultados medidos usando el sistema de Aperto, en donde se ilustra la importancia del mecanismo de ARQ en sistemas inalámbricos. Dado que la mayoría de los usos masivos de Internet utilizan el TCP como el algoritmo de

control de flujo preferido, la medida del rendimiento del procesamiento del TCP; comparamos el funcionamiento de los flujos que funcionan con ARQ excesivos contra los flujos que funcionan sin ayuda de ARQ.

La tasa media del rendimiento del procesamiento del TCP y la tasa de error del paquete de la MAC fueron medidas por un sistema de valores de SNR, con el nivel de la modulación fijado en 16QAM. Dos diversos niveles de codificación de FEC fueron asignados, designados FEC bajo y alto. FEC alto ofrece más protección en el aumento elevadote los costos. En la siguiente figura se traza la tasa normalizada del rendimiento de procesamiento del TCP versus la tasa de error de paquetes, con y sin ARQ. Se observa que la mejora es impresionante cuando usaba ARQ. Con ARQ, el sistema es capaz de sostener tasas de error de paquete hasta 10 veces más arriba, para un rendimiento de procesamiento equivalente.

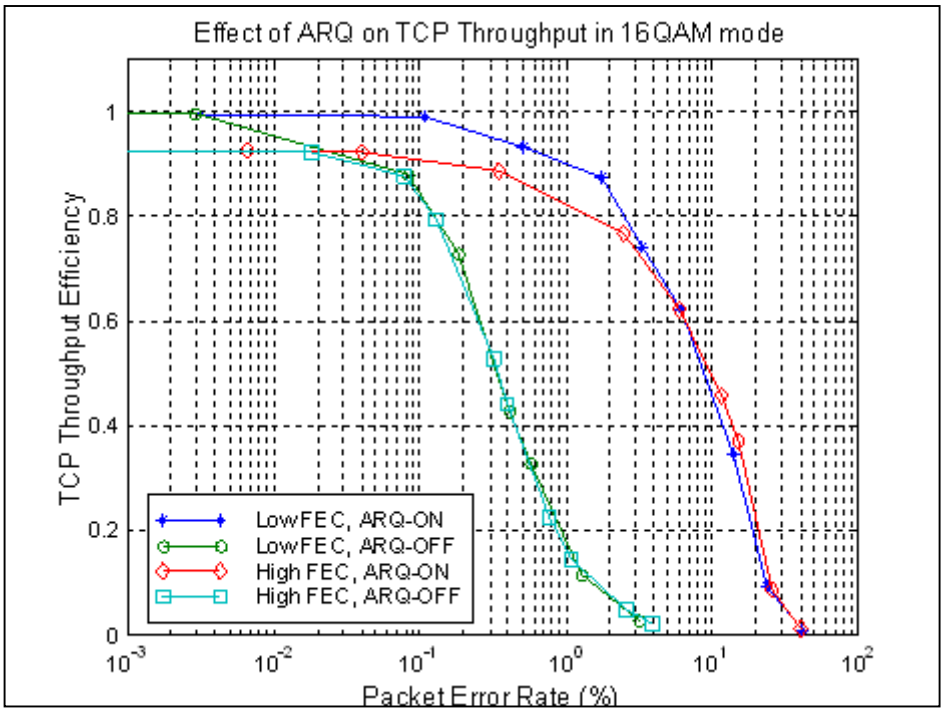


Figura 13. Efecto del procesamiento de ARQ sobre TCP en modulación 16QAM

II.3. Codificación y modulación adaptables

El sistema de Aperto tiene la capacidad de adaptar dinámicamente niveles de la modulación y codificación en función del enlace entre la estación base y cada unidad suscriptora. Por lo tanto en cualquier punto en el tiempo, cada suscriptor puede tener diversos parámetros para estos sistemas de valores, que pueden desarrollarse independientemente en un cierto plazo, pues las condiciones del enlace cambian. El sistema de Aperto permite flexibilidad en los siguientes sistemas de parámetros de enlace:

- **Modulación Dinámica**: El equipo Aperto cambia modulación de acuerdo con las características del medio, a medida que el enlace es interferido responde con cambios de niveles de modulación para mejorar su performance. Mientras mayor es la interferencia del enlace, más robusta es la modulación en la que opera. El sistema se adapta entre la modulación de QPSK y 16QAM. La modulación dinámica permite que el margen de enlace aumente entre 7 y 8 dB, así conduciendo a las ventajas siguientes:
  1. La modulación dinámica amplía el radio de cobertura de las celdas, de modo que los suscriptores que están más cercano a la estación base reciban recepción de 16QAM, mientras que esos ausentes posteriores reciben QPSK.
  2. La modulación dinámica aumenta potencia contra interferencia del co-channel, así permitiendo técnicas más agresivas en la reutilización de la frecuencia y tamaños de celda más pequeños.
  3. La modulación dinámica ayuda a permitir a la recepción en casos de OLOS/NLOS, permitiendo al acoplamiento funcionar con una potencia recibida más baja.
- **Codificación Dinámica:** El sistema tiene capacidad de adaptarse por adelantado a los cambios entre dos niveles de codificación de corrección de error (FEC). La codificación dinámica permite que el margen del enlace aumente cerca de 2 a 3 dB y transportar las mismas ventajas al sistema según lo especificado para la modulación dinámica. Puesto que la codificación dinámica transporta una disminución de la velocidad de enlace, esto es utilizado como la primera línea de

defensa contra debilitaciones del enlace, antes de que la modulación dinámica se fije internamente.

Los diversos niveles de modulación y de codificación se pueden establecer en el siguiente orden de acuerdo al incremento de la potencia:

1. 16QAM, FEC Bajo
2. 16QAM, FEC Alto
3. QPSK, FEC Bajo
4. QPSK, FEC Alto

La figura 14 muestra el rendimiento de procesamiento normalizado del TCP en función de SNR, para cada una de las cuatro combinaciones enumeradas arriba. El nivel 1 tiene el rendimiento de procesamiento más alto, pero también es el primero en bajar su funcionamiento, pues la SNR disminuye. Inversamente, el nivel 4 tiene un rendimiento de procesamiento más bajo, pero puede sobrevivir por más tiempo mientras que se disminuye el SNR. Un sistema que no tiene adaptación será forzado para funcionar en uno de estos dos estados extremos:

- Si el sistema de nivel 1, limita la cobertura, pero servirá los que pueda alcanzar, con el mejor rendimiento de procesamiento.
- Si el sistema de nivel 4, tiene una mejor cobertura, pero la mitad del ancho de banda será inasequible.

La codificación y la modulación adaptable ayuda a la mejor captura de ambos universos, puesto que el sistema puede proveer natural 1 a todas las unidades del suscriptor que tengan un buen acoplamiento a la estación baja, y de los niveles 2 y más alto a las unidades del suscriptor que acoplamiento no está como bueno. Por lo tanto el abastecedor de servicio puede maximizar su cobertura, mientras que hace el uso óptimo de la anchura de banda disponible. Esto se ilustra en la figura 15, en el cual la línea gruesa demuestra la respuesta del sistema mientras que se cambia el SNR. El sistema puede saltar óptimo a partir de un nivel a otro como el SNR cambia, y sigue así de cerca el sobre superior de las curvas individuales del rendimiento de procesamiento.

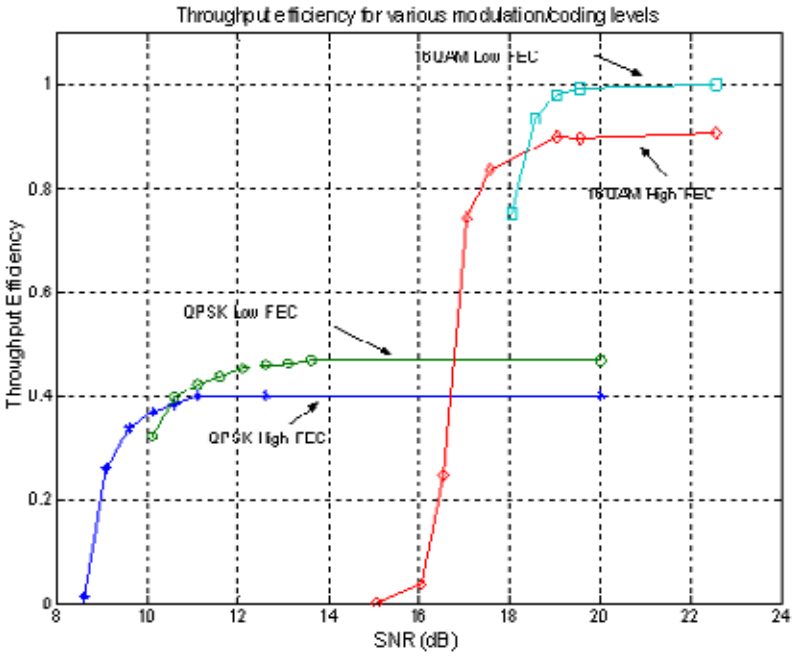


Figura 14. Procesamiento TCP versus SNR para Modulación y Codificación estática

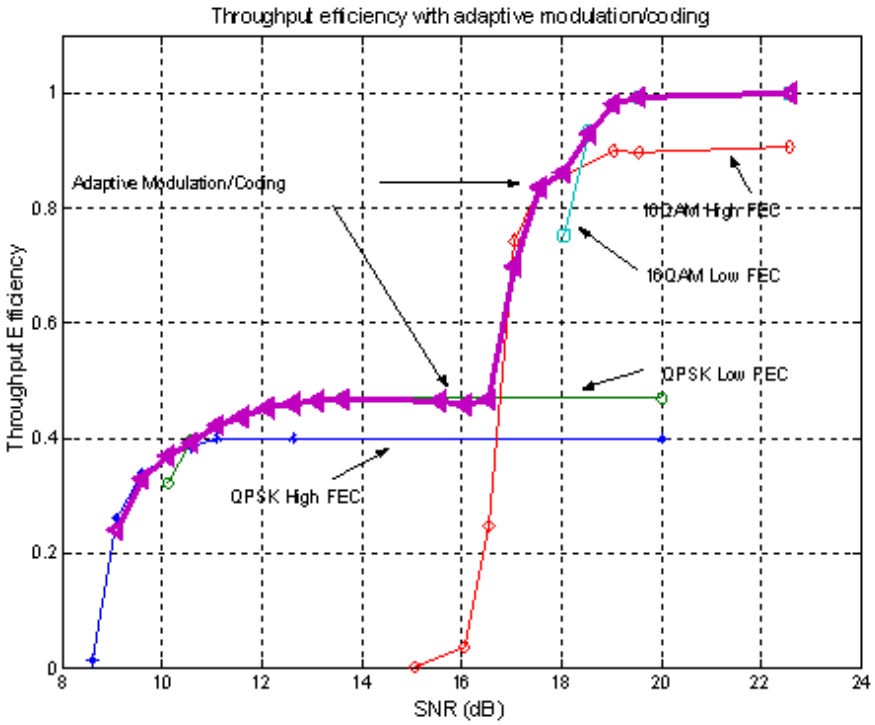


Figura 15. Procesamiento TCP versus SNR para Modulación y Codificación adaptable.

II.4. Selección Automática De la Frecuencia

La selección automática de frecuencia permite al sistema cambiar automáticamente los canales, si las condiciones del enlace en el canal actual no son bastante buenas para mantener una conexión confiable. El operador incorpora una lista de canales disponibles para configura el sistema. La SU lado planta supervisa continuamente el estado del enlace, y cambia automáticamente los canales cuando detecta una degradación en calidad del enlace.

Observe que debido al tamaño del canal de 6 Mhz de Aperto, hasta 20 canales están disponibles en la banda de 5.8 Ghz ISM. Todos estos canales se pueden configurar para ser utilizado en el algoritmo automático de la selección de frecuencia.

II.5. Diversidad de Antenas

La señal con línea de vista obstruida (OLOS) y sin línea vista (NLOS) presenta un desafío especial para las instalaciones de FBWA, especialmente si la señal propaga a través de follaje. La figura 16 se muestra la señal recibida en una situación de LOS (según lo observado en un analizador de espectro), demostrando una variación de menos de 1dB en la potencia de la señal. La figura 17 muestra la señal recibida después de que se ha propagado entre dos líneas de árboles con frondosidad espesa (por un pequeño intervalo) y se puede ver como la potencia de la señal recibida varía 20dB más. El tipo de desvanecimiento en sistemas de BWA ocurre debido a la dispersión a través de las hojas y ocurre los intervalos relativamente grandes de tiempo del excedente, por ejemplo un desvanecimiento puede durar fácilmente cien milisegundos. Los desvanecimientos complejos de esta clase son extremadamente perjudiciales en la operación de los sistemas de BWA, a menos que se tomen las prevenciones correspondientes.

Para permitir la operación de OLOS/NLOS, el enlace inalámbrico debe poder continuar funcionando en ambientes con obstrucciones complicadas. Esto implica el usar antenas con polarización dual en el sitio del suscriptor, que tienen la capacidad de cambiar de polarización de descarga en descarga. La señal recibida con polarización vertical es muy

diferente de la recibida con la polarización horizontal, según lo demostrado en la figura 2. Cuando la señal recibida por la antena polarizada verticalmente está en un desvanecimiento crítico, entonces el receptor detecta esta condición y los interruptores se superponen a la polarización horizontal, y puede así continuar la operación.

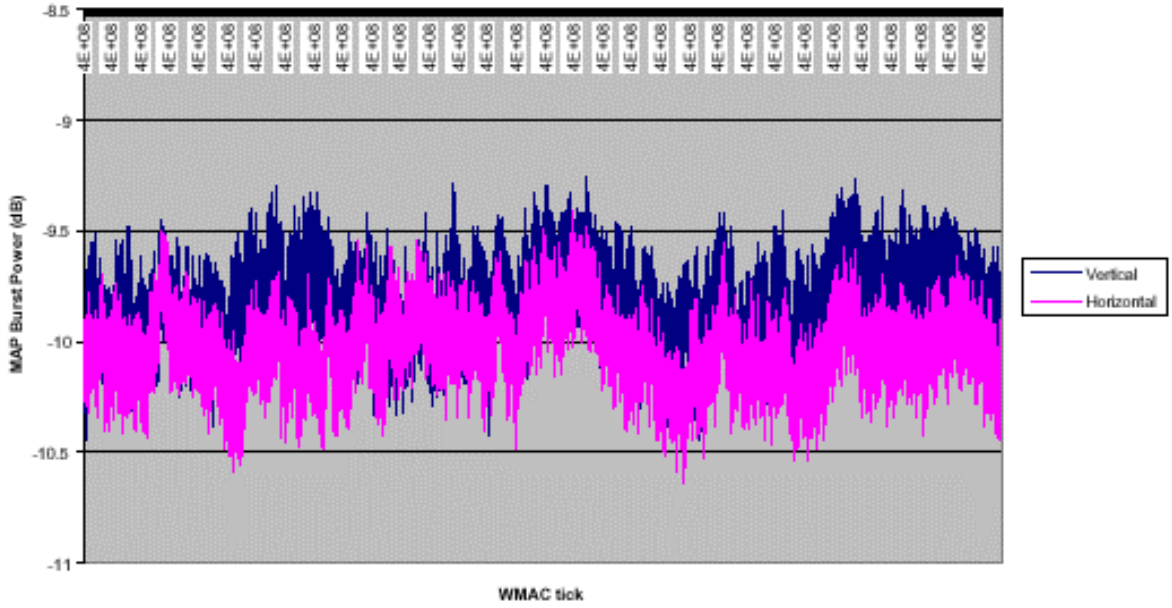


Figura 16. Potencia de la señal recibida LOS en el lugar del suscriptor

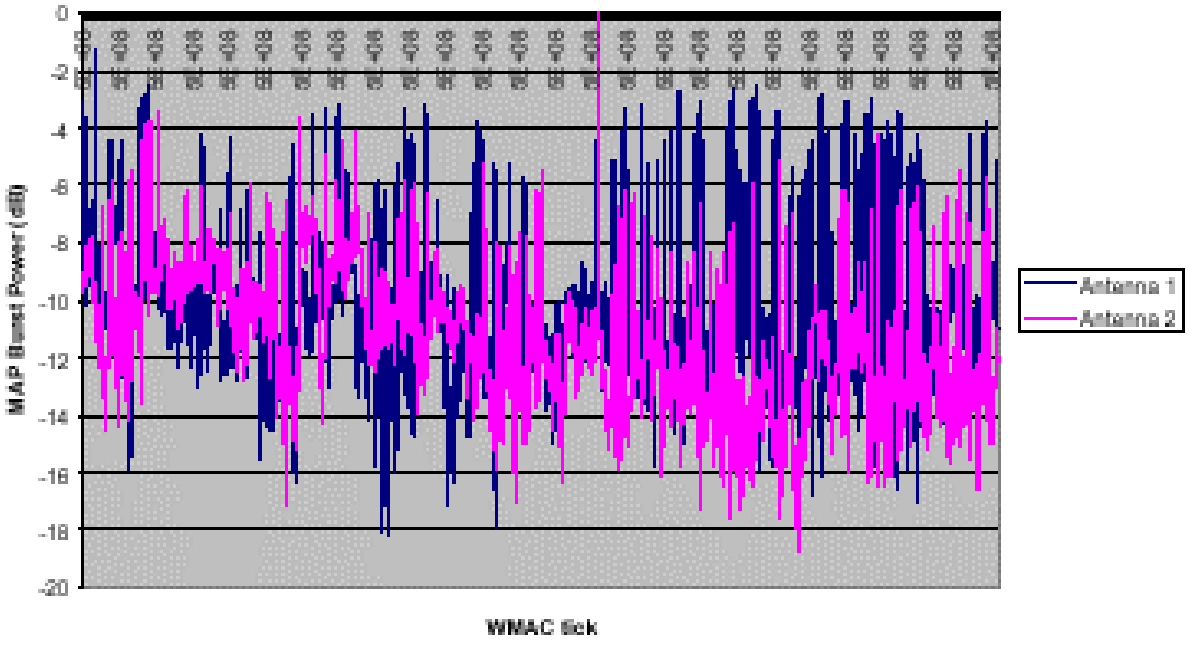


Figura 17: Potencia de la señal recibida OLOS/NLOS en el lugar del suscriptor

Trabajando juntas, estas tecnologías permiten al sistema funcionar gradualmente, incluso con paquetes con una taza de error entre 5-10%. Esto permite al sistema funcionar en ambientes de OLOS/NLOS, así como en bandas de frecuencia saturadas exentas de licencia donde existen interferencias inevitables.

Aperto está solo entre vendedores sin hilos de banda ancha en el ofrecimiento de un tamaño flexible del canal, que puede variar a partir de 6 Mhz hasta bajo 4 Mhz. En bandas exentas de la licencia, aumenta el número de canales disponibles y lo hace más fácil para que el operador encuentre tramos libres del espectro en un ambiente obstruido.

Además varias herramientas se proporcionan para facilitar la configuración y la gerencia de cada sistema de la estación base (es decir estación base, cada canal y todas las SUs utilizadas por esta estación base). Esas herramientas incluyen:

- La instalación avanzada del administrador para facilitar la instalación rápida y la configuración inicial de las unidades punto a punto. Esta herramienta también permite al instalador habilitar correctamente la antena, mejorando la señal recibida y niveles de SNR. Observe que esto que se señala puede hacerse al final de cualquier enlace.
- La interfaz WEB gráfica para la supervisión remota y la configuración de las unidades punto a punto.
- El encargado de la mejora (UM) para la ayuda a la actualización del software.
- SNMP

Estas herramientas proporcionan todas las funcionalidades al proveedor de servicio para configurar, para manejar, para controlar y para supervisar cada uno de los sistemas de PacketWave.

II.6. Distancias de Enlace Aperto

En estas tablas se muestran las distancias que se pueden alcanzar con diferentes tipos de antenas de acuerdo a su ganancia y tipo de modulación.

5.8 GHz Band

Modulación	Disponibilidad de enlace	Antena de 23 dBi	
		kms	millas
QPSK	99.9	36.5	22.7
	99.99	23	14.3
16QAM	99.9	27.1	16.8
	99.99	17.1	10.6

Modulación	Disponibilidad de enlace	Antena de 28 dBi	
		kms	Millas
QPSK	99.9	57.8	35.9
	99.99	36.5	22.7
16QAM	99.9	42.9	26.6
	99.99	27.1	16.8

3.5 GHz Band

Modulación	Disponibilidad de enlace	Antena de 23 dBi	
		kms	millas
QPSK	99.9	50.6	31.4
	99.99	31.9	19.8
16QAM	99.9	37.5	23.3
	99.99	23.7	14.7

2.5 GHz Band

Modulación	Disponibilidad de enlace	Antena de 23 dBi	
		kms	millas
QPSK	99.9	71	44.1
	99.99	44.8	27.8
16QAM	99.9	52.6	32.7
	99.99	33.2	20.6

II.7. Red LAN Inalámbrica Hotspots

El sistema de Aperto PacketWave proporciona las siguientes ventajas para poner en ejecución una LAN inalámbrica Hotspots:

- Ayuda para una variedad amplia de protocolos.
- Administración de QoS y de BW.
- Enlace resistente y resistencia a la interferencia.
- Cobertura.
- Punto para señalar la opción.
- Soporte de telefonía IP.

El sistema de Aperto se basa en la residencia del protocolo IP y se optimiza para la dirección eficiente del tráfico de paquetes cortados. El sistema incorpora tecnología avanzada en la capa MAC y de PHY para proporcionar un enlace extremadamente resistente, que puede funcionar en condiciones de OLOS y de NLOS. Las unidades de Aperto SU pueden ser instaladas en cualquier parte dentro del área de cobertura de la BSU, permitiendo conectividad con el hotspots por ejemplo en localizaciones no tradicionales tales como parques públicos. El operador puede utilizar, literalmente, centenares de hotspots WiFi con una sola BSU Aperto. En hecho, se afirma que la tecnología PtMP de Aperto se ajusta naturalmente para la recaptura de WiFi, poseyendo grandes ventajas sobre las otras alternativas incluyendo:

- **Operación Exenta De la Licencia:** Una de las ventajas de las redes de WiFi es que funcionan en la banda ISM exenta de licencia 2.4 GHz ISM, que ha acelerado sus circuito hacia fuera con respecto a tecnologías tales como 3G que requieren una banda licenciada. El producto de Aperto PtMP funciona en la banda de 5.8 GHz ISM que también está exenta de licencia y ha sido asignado por la FCC para el uso de banda ancha inalámbrica. El operador puede instalar rápidamente manteniendo esta banda, sin incurrir en ningún costo del espectro.
- **Cobertura y capacidad***:* El sistema de Aperto provee cerca de 20 mbps de capacidad entera en un canal de 6 MHz y tiene una de las eficacias espectrales más altas en la industria hinalámbrica. Cada SU Aperto puede descargar hasta 14 mbps en el ancho de banda utilizable, que es una muy buena coincidencia con WiFi para

un ancho de banda de 11 mbps. El radio eficaz de la celda para el sistema de Aperto es también uno del más grande entre proveedores de 5.8 gigahertz.

- **Administración de QoS y de BW:** Las capacidades de gran alcance de Aperto en el área de administración de QoS y de BW permiten al operador garantizar un ancho de banda mínimo reservado para cada localización de un hotspot y también interrumpir la tasa máxima en la cual el hotspot puede generar tráfico. La clase de servicio del CIR de Aperto permite al operador sustituir un servicio de línea de cobre T1 por un servicio inalámbrico virtual T1 (con un índice mínimo garantizado de 1.5 mbps), que tiene las ventajas siguientes:
    - El hotspot todavía garantiza una taza de bit de 1.5 mbps, pero distinto de los tradicionales T1s, puede amentar hasta una tasa más alta, si la capacidad adicional está disponible.
    - El servicio virtual T1 se basa en paquetes TDM , que permite al operador over-subscribe el ancho de banda y apoyar un número más grande de hotspots. El ancho de banda del CIR asignado a un hotspot nunca se pierde, si el hotspot no lo está utilizando, después puede ser utilizado por otros hotspots que estén descargando más datos en ese punto del tiempo.
- **Soporte de Telefonía IP:** Un uso que emerge para los hotspots de WiFi es la telefonía IP. Hay indicaciones futuras sobre la telefonía celular, que soportara ambos sistemas, el tradicional circuito conmutando voz como también la telefonía IP sobre paquetes de redes. Esto permitiría a un suscriptor utilizar el servicio de telefonía IP más barato cuando él está en un recinto de un hotspot de WiFi. La telefonía IP puede ser soportado sin problemas en la plataforma Packetwave usando la clase del servicio CBR. Así permitiendo otra fuente de ingreso para el operador.
- **Opciones punto a punto:** Para los casos donde un solo WiFi Hotspot consume todo el ancho de banda en un sector, el operador tiene la opción de sustituir la conexión punto a multipunto por un enlace Aperto punto a punto. El enlace punto a punto puede ser dirigido usando las mismas herramientas y es mas, puede ser sincronizado con el enlace punto a multipunto evitando interferencias.

II.8. Descripción De Equipos

En esta sección se realizara una descripción técnica de los equipos que serán utilizados en el enlace inalámbrico punto a punto, se describirá el hardware de cada equipo externo e interno.

II.8.1. Hardware

Dentro de los equipos que presenta Aperto, hay dos modelos en la que se centrara la descripción los cuales son de la serie 600 PacketWave. Para cada enlace, el PacketWave 620 es la estación base y el PacketWave 610 es la unidad suscriptora. Aunque tienen diversos hardware y software internamente, miran lo mismo desde el lado externo a excepción del número del modelo en el panel trasero.

Cada equipo de la serie 600 PacketWave 600 consiste en una unidad externa (radio), y una unidad interna (bridge), una antena, según lo que se muestra en la figura 18.

Figura 18. Equipos de la serie PacketWave 600

II.8.1.1. Unidad externa (Radio)

La parte externa del equipo consiste en una sola que contiene la unidad de radio. Diversos modelos soportan varias bandas de frecuencia:

- 2.5 Ghz
- 3.5 Ghz
- 5.8 Ghz

Figura 19. Unidades Externas

En la figura 19 se muestran varios tamaños de antenas que varían en banda de frecuencia de 9 hasta 13 pulgadas cuadradas aproximadamente. Las unidades externas se montan fácilmente en una azotea de una oficina o en una torre. Dependiendo de la distancia, una trayectoria sin línea de vista no se puede pretender para el establecimiento de un enlace inalámbrico entre el suscriptor y la estación base. La tecnología de OptimaLink(TM) de PacketWave reduce al mínimo los efectos de obstrucciones en la trayectoria entre la antena del suscriptor y la antena de la estación base.

II.8.1.2. Unidad interna

La unidad interna se conecta con las siguientes interfaces:

- **10/100Base-T**: auto negociación con la LAN Ethernet 10/100Base-T.
- **Radio IF**: proporciona la señal de radio y la potencia para la unidad externa.
- **Radio control:** proporciona la señal de control para la unidad externa.

La unidad interna puede ser instalada en cualquier parte, puede ser virtualmente colocado al interior de un ambiente controlado, conforme a los requisitos básicos siguientes:

- La unidad interna debe estar en posición vertical, para un flujo de aire adecuado alrededor de él.
- La unidad debe tener acceso a la corriente alterna.
- El cable de la unidad externa puede ser de hasta 100 m (330 pies) con el cable apropiado.

II.8.1.3. Panel Delantero de LED

Contiene la información operacional para el panel delantero. Estos LED de la unidad interna ubicados en el frente de la SU entregan las señales físicas de enlace y conexión del enlace.

LED		Indications
LAN	TX	El Parpadeo indica actividad de Transmisión en la Ethernet
	RX	El Parpadeo indica actividad de Recepción en la Ethernet
	LINK	Encendido cuando la Ethernet esta arriba / Apagado cuando esta fuera
WIRELESS	TX	El Parpadeo indica actividad de Transmisión en el enlace
	RX	El Parpadeo indica actividad de Recepción en del enlace
	STATUS	**Apagada**: la unidad interna no esta operativa **Parpadeo Lento:** indica la recepción de la señal de inicialización del enlace. **Parpadeo Rápido: i**ndica en proceso de alcance. **Fija:** indica configuración ok y que la unidad interna se encuentra operativa**.**
POWER		En verde cuando la unidad se encuentra recibiendo correctamente la corriente alterna y cuando no fallan los sectores de boot. En color ámbar si el diagnostico de boot falla. Apagado si la unidad no recibe corriente.

II.8.1.4. Interfaces de Conexión.

A continuación se muestran las interfaces de conexión entre la SU, la unidad de radio y la antena.

II.8.1.4.1. Unidad de radio

La unidad de radio posee tres conexiones en la cual se destacan la conexión del cable de radio, la conexión del cable Ethernet y el cable a tierra, como se muestra en la figura 20.

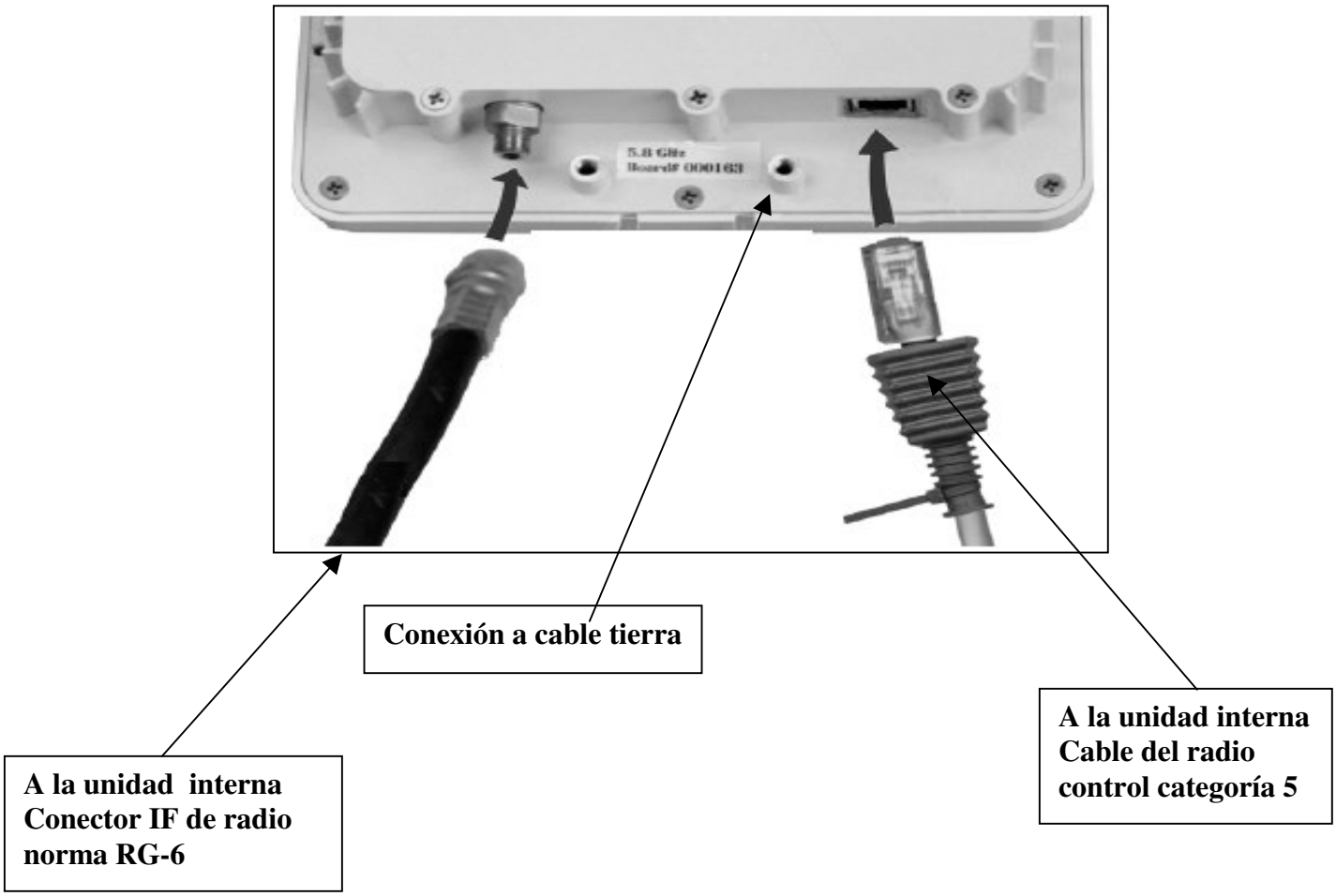


Figura 20. Conexión a la Unidad de Radio.

II.8.1.4.2. Unidad interna (SU)

La unidad interna (SU) posee conectores idénticos a los de la unidad de radio en la cual se deben hacer llegar dichos cables para realiza la correcta conexión entre los equipos tal y como se muestra en la siguiente figura:

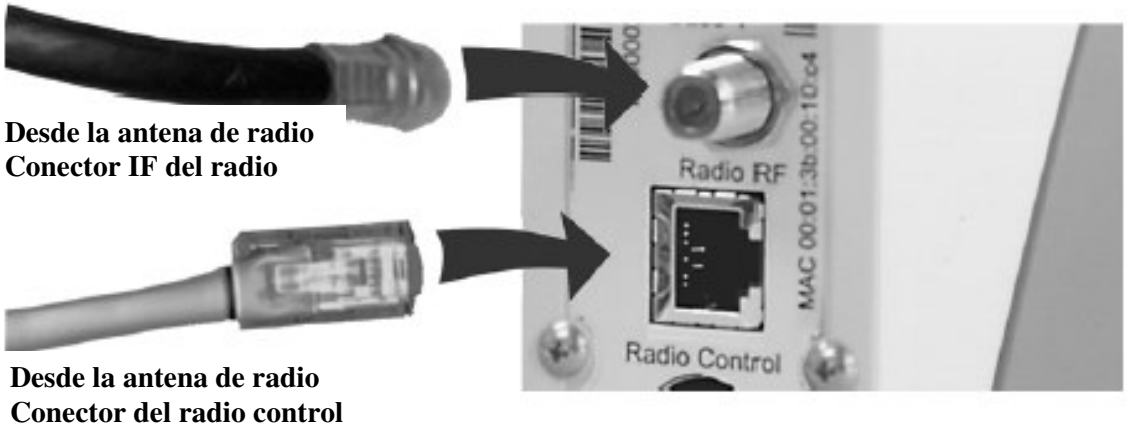


Figura 21. Conexión en la unidad de usuario (SU)

Luego más arriba se encuentra el conector Ethernet el cual deberá ser conectado a la unidad correspondiente por el cual será administrada la red o el servicio que se requiera, ya sea a un Switch , router, hub, computador, etc.

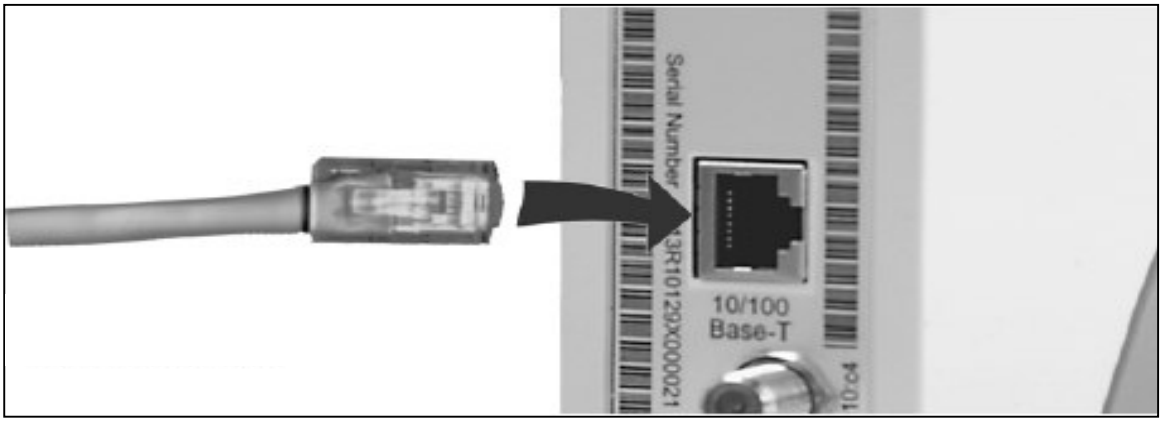


Figura 22. Conector 10/100 Base T

II.9. Espectros Y Técnicas De Modulación Y Acceso.

El rango de frecuencias de operación del sistema, de acuerdo a lo establecido en la norma técnica, se extiende desde 5.725 a 5.850 MHz, cubriendo un ancho de banda total de 125 MHz, esta banda no es licenciada y puede utilizar como método de acceso CDMA ó asignación dinámica de canales (DAC). El espectro será compartido con otros portadores que no podrán reclamar protección a Subtel contra interferencias que produzcan otros usuarios de la banda, por lo que se deberá coordinar entre ellos el solucionar dicha interferencia. Para esta eventualidad se ha optado por el método de asignación dinámica de canales, el que una vez que detecta una interferencia, que no a sido reducida por los mecanismos adoptivos de la capa física y de acceso al medio, cambiará hacia el canal siguiente, previamente configurado y que son elegidos arbitrariamente, aunque siguiendo las reglas de planteamiento RF utilizado. A diferencia de los métodos Spread Spectrum, tanto DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) que tiene una mala performance por manejar canales ensanchados y muy sensibles a la distancia y FHSS (Frecuency Hopping Spread Spectrum), que trabaja con saltos de frecuencia (75 saltos de acuerdo a FCC), los que son configurados siguiendo reglas de RF planning y que a diferencia de asignación dinámica de canales siempre se encuentran “saltando”, por lo que requiere también de un mayor ancho de banda.

II.9.1. Eficiencia Espectral De Aperto

La tabla siguiente muestra la eficiencia espectral de Aperto versus las otras alternativas de enlaces inalámbricos existentes en el mercado.

Proveedor	Raw Bit Rate	Channel Size	Number Of Channels Available	Spectral Efficiency
Aperto Packetwave	20 mbps	6 MHz	20	3.3 bps/Hz
Proxim Tsunami Quickbridge	20/40/60 mbps	20 MHz	6	1/2/3 bps/Hz
Motorola Canopy	20 mbps	20 Mhz	4	1 bps/Hz
WiLAN	12 mbps	20 MHz	6	0.6 bps/Hz
Redline	54 mbps	20 MHz	6	2.7 bps/Hz

II.10. Herramientas De Aprovisionamiento Y Administración

Existen dos formas de administración para el sistema de Aperto :

- Por el software Advanced Installation Manager (AIM).
- Vía Web.

La primera herramienta se utiliza exclusivamente para la instalación del enlace punto a punto el cual tiene una interfaz gráfica muy amigable y de fácil utilización, el modo de utilización de esta herramienta se describe a continuación.

II.10.1.Sofware Adbanced Installation Manager 1.0(AIM).

Las unidades de la serie 600 de PacketWave de Aperto permiten unir en forma inalámbrica a dos localidades con un enlace de banda ancha Hay dos modelos que constituyen la serie PacketWave 600. Para cada enlace, el PacketWave 620 que es la unidad maestra (también se refiere como estación base) y el PacketWave 610 que es la unidad esclavo (también referida como unidad suscriptora). Cada equipo de estos, consiste en una unidad interna (bridge) y unidades externas (radio y antena). La instalación de la unidad interna implica el poner la unidad en la localización deseada, conectar la antena y los cables locales de Ethernet al panel trasero de la respectiva SU y aplicar energía. La energía y las señales a la unidad de radio se proveen, a través de los cables coaxiales RG-6. Un cable de control de Ethernet de CAT5 también conecta la unidad interna con la unidad de radio externa.

Una vez realizada la conexión entre cada elemento de cada equipo se procede a realizar la conexión de la SU maestro (PacketWave 620) y la SU esclavo (PacketWave 610) como se muestra en el diagrama de la figura siguiente:

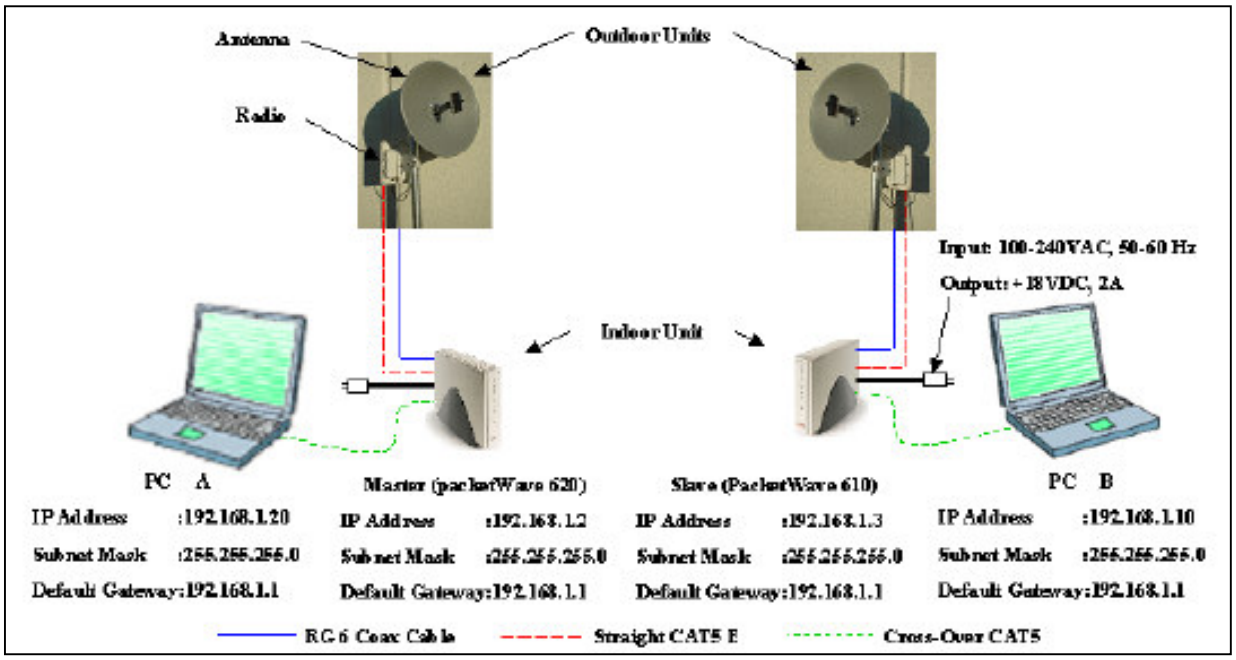


Figura 23. Esquema representativo de conexión Punto a Punto

Este esquema representa en forma ejemplar como se conectan los equipos para realizar la instalación correspondiente, para los efectos de los pasos a seguir en la configuración se tomaran como ejemplos las direcciones señaladas en el recuadro de la figura anterior.

Ahora se pasara a explicar como se realiza la configuración para realizar el enlace punto a punto entre el equipo maestro y esclavo para extender una Lan en forma inalámbrica.

Paso 1: Se debe fijar la dirección IP 192.168.1.20, con mascara de subred 255.255.255.0 en el computador que se utilizara para poder tomar control sobre la SU maestro y comenzar la configuración de este como se muestra en la siguiente figura 24.

Figura 24.

Paso 2: Ahora se debe iniciar el software AIM (Advanced Installation Tool) en el PC para conectarse con la BSU. El software AIM aparecerá en su pantalla con la autenticación destacada. Presionar **NEXT**. Esto lleva a la pantalla siguiente con la opción de instalación destacada. Hay que cerciorarse de que la opción **SETUP** esté seleccionada, según como se muestra en la figura 25.

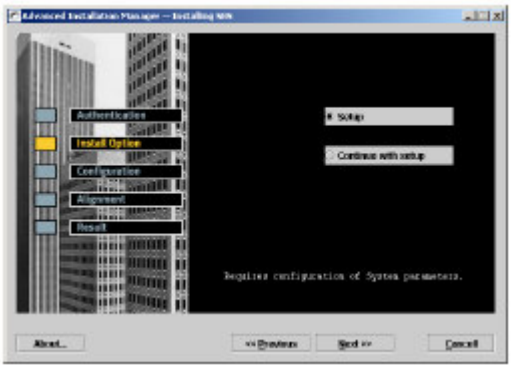


Figura 25.

Paso 3: Aparecerá en la pantalla la opción de configuración. La MAC será recuperada automáticamente y se debe ingresar la frecuencia central, la dirección IP, la mascar de subred, la puerta de enlace (opcional), y la distancia del enlace en los campos apropiados según como se muestra en la figura. Cuando se termina de completar dichos campos, se presiona NEXT para pasar a la siguiente etapa.

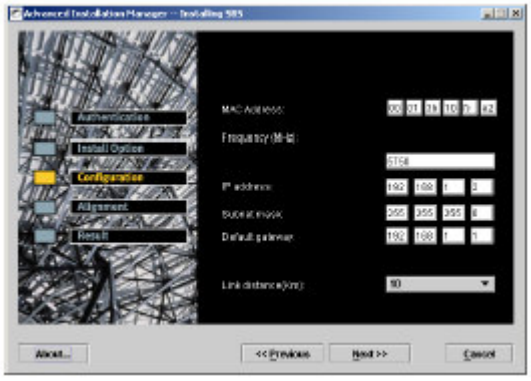
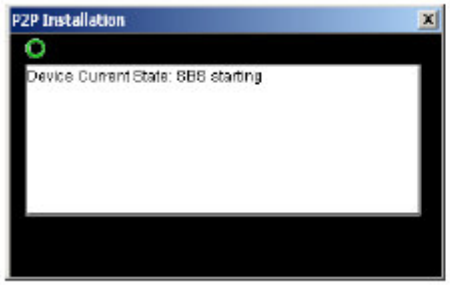
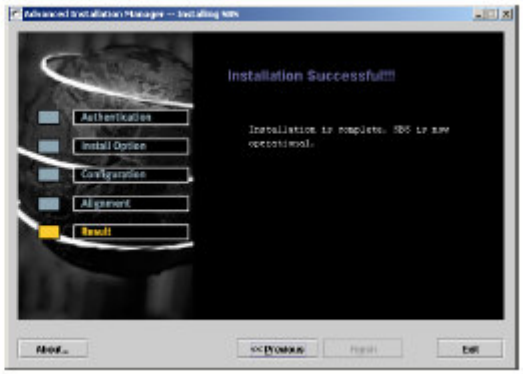


Figura 26.

Paso 4 : En esta pantalla se muestra el estado de la instalación como se muestra en la figura de abajo. La pantalla de instalación configurará y reiniciará la BSU. Una vez que termina esta operación, se verificara la opción que arroja el resultado, especificando que la instalación ha sido exitosa "Installation Successful!!!", como se muestra en la figura 27 de abajo. Luego presionar EXIT.





Figuras 27.

Paso 5: Ahora se inicializa el software AIM en el PC para enlazar la unidad esclavo. El software AIM aparecerá en su pantalla con la autenticación destacada. Clic en NEXT. Esto nos llevará a la pantalla siguiente con la opción de instalación en forma destacada. Hay que cerciorarse de que la opción SETUP esté seleccionada, como se muestra en la figura 28.

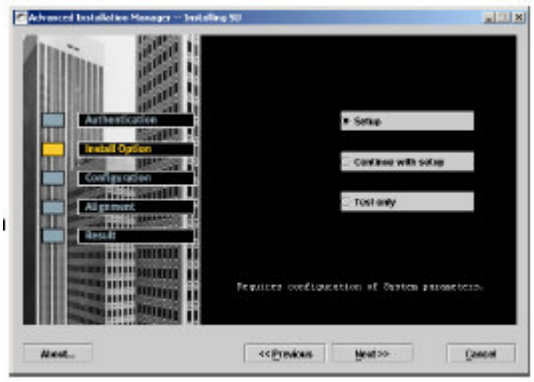


Figura 28

Paso 6: Luego pasamos a la segunda pantalla haciendo un clic en NEXT. La pantalla de la opción de configuración aparecerá. La dirección MAC será recuperada automáticamente. Ingresar la frecuencia central, la mascara de subred, la dirección IP y la puerta de enlace predeterminada (opcional), en los campos apropiados como se nuestra en la figura. Cuando estamos listos pasamos a la siguiente etapa presionando NEXT.

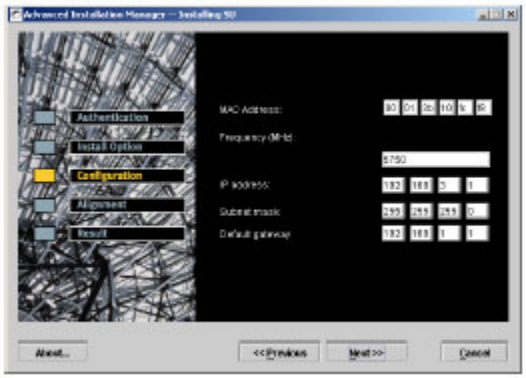


Figura 29.

Nota: La frecuencia central debe ser igual a la que se configuró en la unidad principal. La dirección IP ingresada debe estar dentro de la misma subred que la unidad principal.

Paso 7: Luego el software comenzara a configurar, reajustar y reiniciar la SU. Una vez que este haya terminado, se puede ver una pantalla en la cual muestra los rangos de alineamiento entre el enlace. Hay que revisar la relación SNR para ver la calidad de señal y también se muestra la calidad de potencia recibida. En esta etapa se puede proceder al paneo o Alineamiento del enlace entre las unidades maestro y esclavo para obtener una mejor potencia y la SNR, este proceso es interactivo por lo que el software muestra en

forma instantánea los progresos obtenidos en esta etapa. Luego que hayamos obtenido la mejor de las señales procedemos a finalizar la instalación realizando un clic en FINISH.

Figura 30.

Nota: Para el indicador potencia, los valores mayores a -87dBm trabajará en QPSK. Los valores sobre -81 dBm trabajarán en 16 QAM. Para la relación SNR, los valores en el área roja no se recomiendan. Los valores en el área amarilla son aceptables. Los valores en el área verde son los mejores. Si no se puede mantener la SNR o la potencia entre estas gamas, habrá que intentar el enlace con otra frecuencia o antenas de mayor ganancia.

La SU establecerá un enlace con la BSU y empezara realizar una prueba de rendimiento del procesamiento enviado una serie de ping . Una vez que esté terminado, sé vera en la pantalla la opción del resultado que dice **Installation Successful!!!**. La pantalla también exhibirá los resultados de la prueba de ping y del rendimiento del enlace. Luego realizar un clic en EXIT para finalizar.

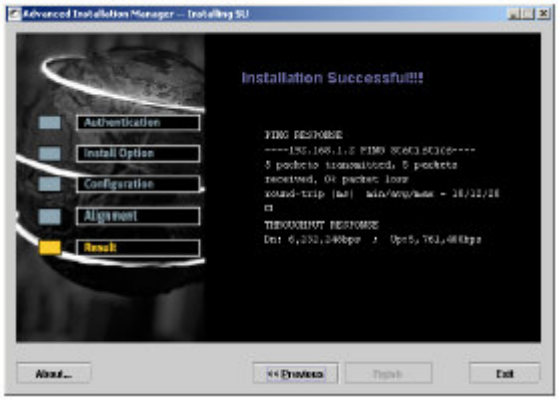


Figura 31.

II.10.2.Interfaz Web.

La interfaz Web por la cual se puede administrar el enlace aperto es bastante amigable y didáctico lo que lo hace una herramienta muy fácil de utilizar.

En cada una de las unidades de estación base PacketWave 620 BSU y la unidad suscriptora PacketWave 610 SU , incluye una interfaz gráfica para usuarios, basado en el lenguaje Java (GUI por sus siglas en ingles graphical user interface) que funciona como una pagina web estándar (se recomienda Netscape 4,74 o Internet Explorer 5,0). Dentro de las funciones de la GUI permite:

- Supervisión de la conectividad de la red.
- Monitoreo del estado y funcionamiento del sistema.
- Realizar cambios en la configuración de las unidades.
- Cargar otras configuraciones en la memoria permanente de las unidades de estación base y unidades suscriptoras.
- Reiniciar en forma remota unidades de estación base y unidades suscriptoras.

II.10.2.1.Como Tener Acceso a la Interfaz Web de la BSU Y SU

Para tener acceso a la interfaz GUI de la unidad de estación base (BSU):

1. En un PC con la IP de acceso a la BSU, abrir el Netscape 4,74 o Internet Explorer 5,0. (otros browsers podrían demostrar algunas anomalías.)
2. Incorporar el URL, http://<Dirección IP de la BSU>/.la página de conexión aparecerá, como se muestra en la figura 32.

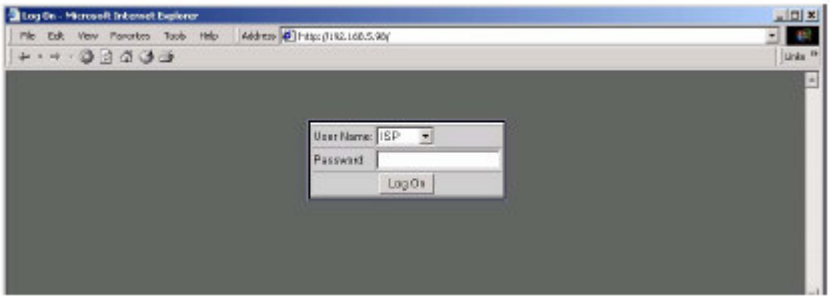


Figura 32. Pantalla de conexión Web GUI de la BSU

3. Seleccionar el nombre de usuario ISP.
4. Ingresar la contraseña correcta.

NOTA: La contraseña por defecto es ISP. Por seguridad, esta contraseña se debe cambiar.

5. Pinchar el botón LOGON o presionar ENTER.
6. Si el navegador avisa que necesita cargar un plug-in, permitir que haga lo deceado.
7. Esperar a que la pagina de inicio del GUI se abra, como se muestra en la figura 33.

En la página web GUI se identifican los elementos básicos como se muestra en la figura 33.

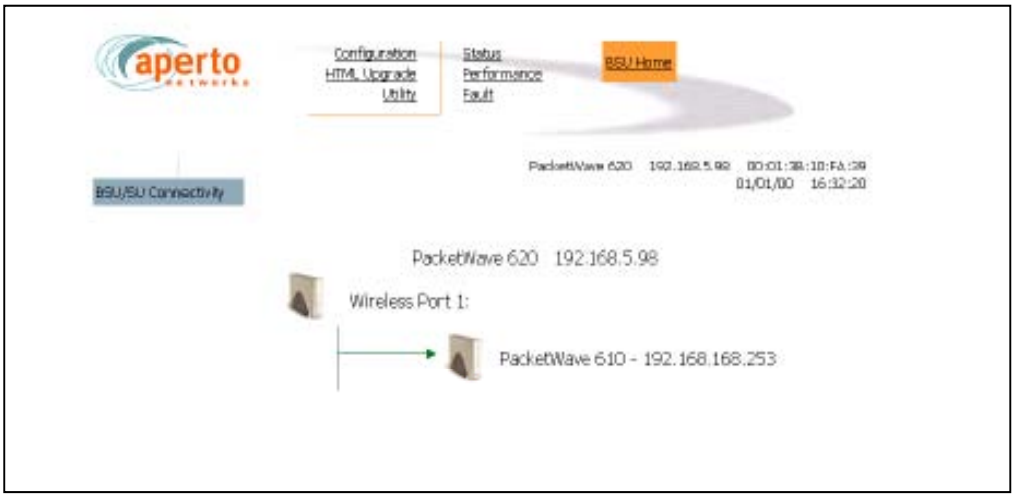


Figura 33. Pagina de Inicio: Conectividad de BSU/SU

II.10.2.2. Operación de la GUI Web

Las paginas de la BSU y la SU muestran los elementos básicos identificados en la figura 33.

II.10.2.2.1 Menú principal y Submenu

La distribución del menú enumera varias categorías de funciones disponibles en la WEB GUI. Para seleccionan un ítem del menú principal solo se debe seleccionar una de ellas. El Submenu enumera las páginas disponibles bajo las categorías principales seleccionadas del

menú. Seleccionar la pestaña etiquetada apropiada en el Submenu para exhibir la página deseada.

II.10.2.2.2 Submitting y uploading

Las páginas en las cuales se han sometido cambios de configuración pueden ser completadas presionado el botón Submit. Cualquier cambio ingresado en la página no se efectua completamente hasta que se presiona el botón Submit. Al presionar Submit afecta solamente la operación actual de la BSU o de la SU. El archivo correspondiente de la configuración situado en la memoria permanente de la BSU no se altera; por lo tanto, el cambio de configuración será perdido si se reinicia o se reenergiza la BSU o la SU. Para realizar una actualización en la memoria permanente de la BSU o de la SU con los cambios realizados mediante la interfaz WEB GUI, se debe utilizar el botón de upload en la página de utilidades de control del dispositivo de la BSU o de la SU. Presionado el botón upload hará todos los cambios de configuración actualmente realizados y será almacenada en la memoria permanente.

II.10.2.2.3 Botones Cancelar y Restaurar

Algunas páginas incluyen los iconos de cancelación y/o restauración. Estos botones cumplen las funciones siguientes:

Al presionar en el botón CANCEL cancela cualquier cambio realizado en la página; los campos alterados volverán a su contenido original.

Al presionar en el botón REFRESH restaura la ventana con la información más actualizada.

II.10.2.2.4 Hyperlinks

Algunas páginas de la guía Web incluyen hyperlinks a otras páginas. Los hyperlinks indican los métodos para definir la configuración del browser. En algunos casos, se ejecutan los hyperlinks presionando botones muy similares al botón Submit.

II.10.2.3. Página de Inicio de la Guía Web

Cuando se ingresa con la dirección IP de la BSU, inmediatamente se ingresa a la página de inicio de la unidad de estación base así como se muestra en la figura 34.
En caso de no ser utilizada esta sesión caducara automáticamente después de 15 minutos.

II.10.2.3.1 Conectividad BSU/SU

Desde la página de Inicio de la BSU se puede tener acceso en forma remota a la opción gráfica de la SU. Los hyperlinks permiten que se pueda navegar en la opción de conectividad de esta. La opción de conectividad proporciona una manera rápida de identificar la configuración de ambos equipos BSU/SU, y de comprobar el estado del enlace. Las flechas que señalan a la unidad suscriptora en el cuadro 34 indican el estado del enlace.

Cuando esta en verde indica que el enlace esta bueno y queda en rojo si la unidad suscriptora está abajo.

Figura 34. Elementos básicos en la BSU y la Guía Web

La descripción de la tabla 1 de las funciones del GUI de la tela de BSU resume las funciones disponibles para cada uno de la selección principal del menú y de Submenu.

Tabla 1 Resumen de la Guía Web de la BSU

Menu	Submenu	Funciones
Configuration	System	Muestra la información general del estatus de la BSU, Solo Lectura
	Administration	Especifica contactos, lugares y nombre de celdas
	Password	Muestra el cambio de password de los usuarios para accesar a la Guía Web, SNMP,CLI y FTP
	SNMP	Configuración y administración SNMP de la BSU
	Local Time	Modifica y graba los parámetros de la fecha y hora local.
	Ip Filter	Para Ethernet/WSS: define toda la lista de filtros IP. Filtro para bloqueo de Hyperlinks, solo lectura
	Wireless Interfaces	Para WSS: Configuración de página del Frame, Canal y Radio. Solo lectura
HTML Upgrade	HTML Upgrade	Mejora de la nueva pagina HTML de la Guía Web
Utility	Device Control	Varios Comandos: reset de BSU; vuelta WSS On/Off; Reinicio de WSS; Configuración especial: busca la dirección Ip por nombre de cliente
Status	BSU System Status	Información del Software y Hardware de la BSU más el estado Operacional, Solo Lectura.
	Su Link Status	Para WSS: Da la estadística del funcionamiento para todos los flujos definidos del servicio. Hyperlinks a los detalles específicos del flujo. S/L
Performance	BSU System Statistics	Muestra gráficamente la Transmisión y recepción de bytes de una hora.
	Bandwidth Allocation	Muestra el tiempo de subida y bajada asignado.
	RF Signal Quality	Muestra las estadísticas de la señal RF.
	BSU Flow Statistics	Da la estadística del funcionamiento para todos los flujos definidos del servicio. Hyperlinks a los detalles específicos del flujo
	SU Statictis	Muestra la cuenta de Bytes enviados y recibidos. Hyperlinks a la guía web de la SU. Solo Lectura
Fault	Event Logs	Lista de los acontecimientos registrados de la BSU; Solo Lectura
	E-mail	Configuración de e-mail para reporte de alertas.

II.10.2.3.2 Página de configuración

La guía web deja comprobar y en algunos casos modificar la configuración de la unidad de estación base.

II.10.2.3.2.1 La configuración del sistema

Como se muestra en la figura 35, el sistema de configuración de página identifica:

- Parámetros Ethernet.
- Configuración de servidor.
- Funcionamiento del software, configuración de archivos y el estado actual del browser.

Figura 35. Sistema de Configuración de Página (BSU en modo Bridge)

II.10.2.3.2.2 Administración

Como se muestra en la figura 36, la página de configuración de administración permite ver y modificar los campos de texto relacionados con la BSU y la administración de la celda. Estos campos de texto pueden ser utilizados por cualquier administrador de sistema de información. Pinchar el botón Submit para activar cualquier cambio realizado en esta página.

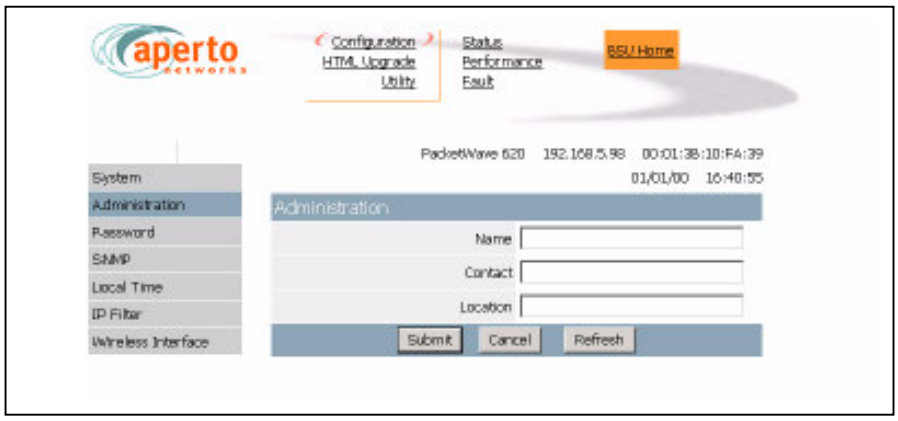


Figura 36. Configuración de Administración

II.10.2.3.2.3 Password

La página de configuración de password se muestra en la figura 37, permite cambiar la contraseña que se utiliza para tener acceso a la GUI, al SNMP, CLI y FTP. Enter de la tela del BSU la contraseña exactamente iguales en los dos campos (la contraseña es caso-sensible). Entonces chasque el botón del someter.

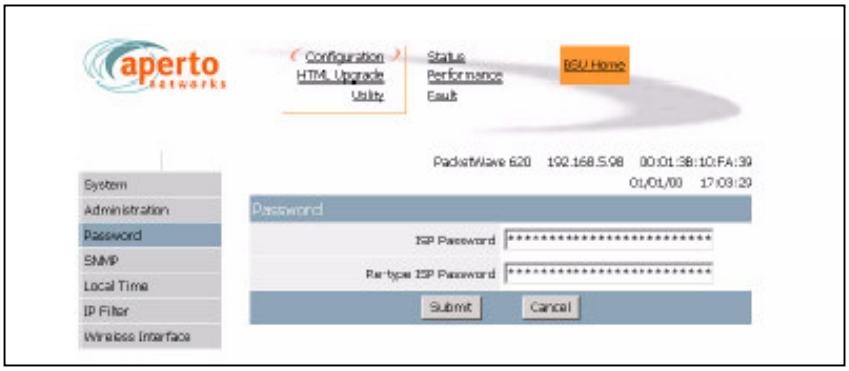


Figura 37. Configuración de Password

II.10.2.3.2.4 SNMP

La página de configuración SNMP se muestra en la figura 38, permite ver y modificar los parámetros del SNMP:

- Si los traps son generados por la BSU.
- Qué se reconozca la administración del SNMP y qué nivel de acceso tendrán.

Figura 38. Configuración SNMP

II.10.2.3.2.5 Fecha local

La configuración de la fecha y hora se muestra en la figura 39, permite especificar el tiempo, horario, zona local y opciones para ahorro de energía en el día. Estos ajustes pueden ser aplicados en la BSU recibiendo desde los servidores de las unidades de estación Base SNTP.

Alternativamente, se puede deshabilitar la obtención del sistema de tiempo del servidor SNTP.

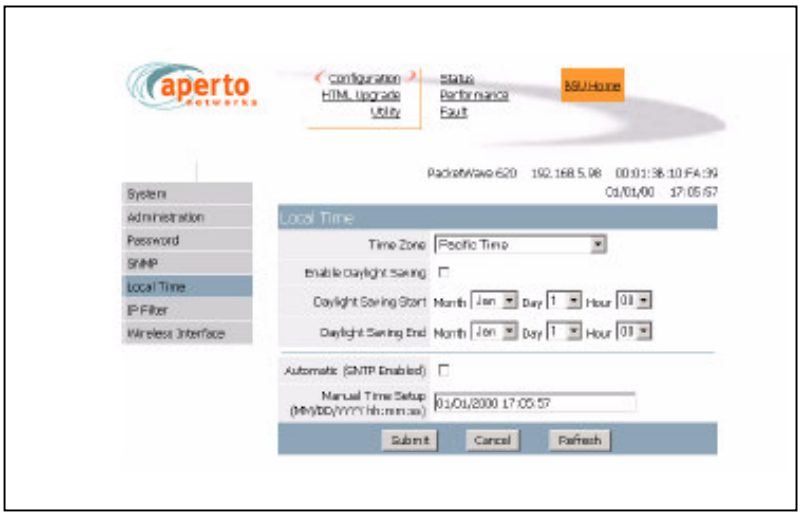


Figura 39. Configuración de Fecha y horario

II.10.2.3.2.6 Filtro IP

La página para configurar el filtro IP muestra todos los filtros IP configurados en la BSU y las interfaces Ethernet.

La página del filtro IP muestra todos los filtros configurados para una interfaz en particular, como se aprecia en la figura 40. Los hyperlinks en la página permiten la selección la interfaz Ethernet o una interfaz inalámbrica. Todos los parámetros de la configuración del filtro IP son inalterables.

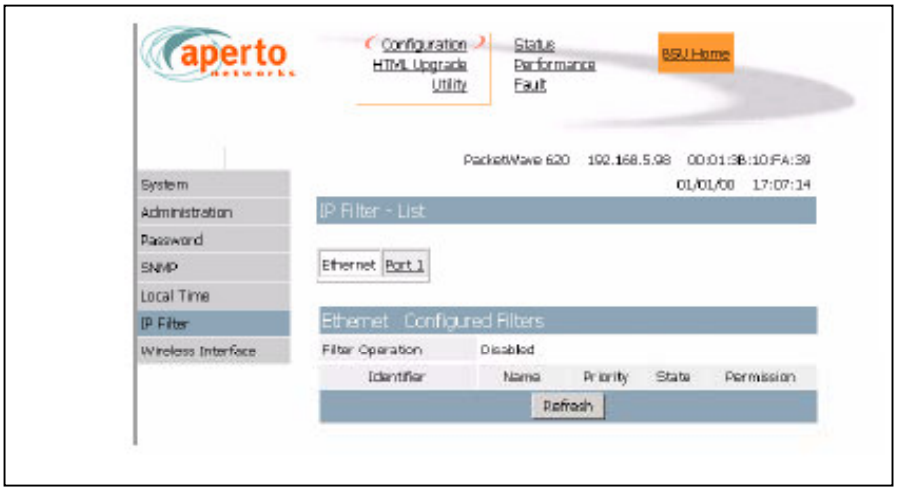


Figura 40. Página de Filtros IP

II.10.2.3.2.7 Interfaz Inalámbrica

Seleccionar *Wíreless Interfaces* en el submenú del ítem configuración, según como se aprecia en la figura 41. Los hyperlinks proporcionan el acceso a las páginas de configuración de parámetros para tres diversos puertos inalámbricos por puerto inalámbrico:

- Configuración del frame de la interfaz inalámbrica. Como se muestra en la figura 41.
- Configuración del canal del la interfaz inalámbrica. Como se muestra en la figura 42.
- Configuración de la unidad de Radio de la interfaz Inalámbrica. Como se muestra en la figura 43.

Todas las configuraciones de la interfaz inalámbrica se muestran en las paginas de solo lectura.

Figura 41. Página de Configuración del Frame de la Interfaz Inalámbrica

Figura 42. Página de Configuración de Canales de la Interfaz Inalámbrica.

Figura 43. Página de Configuración de la Unidad de Radio

II.10.2.3.2.8 Utilidades

La opción de uso general en el menú principal proporciona el acceso a varios comandos para controlar el equipo de estación base.

II.10.2.3.2.8.1. Control del Equipo

La página de control del Equipo, se muestra en la figura 44, permite al administrador:

- Un reajuste completo de la BSU.
- Encender y apagar el puerto RF.
- Subir cambios los cambios de configuración a la memoria permanente del BSU.

La guía Web pide la confirmación antes de realizar cualquier funciones seleccionadas.

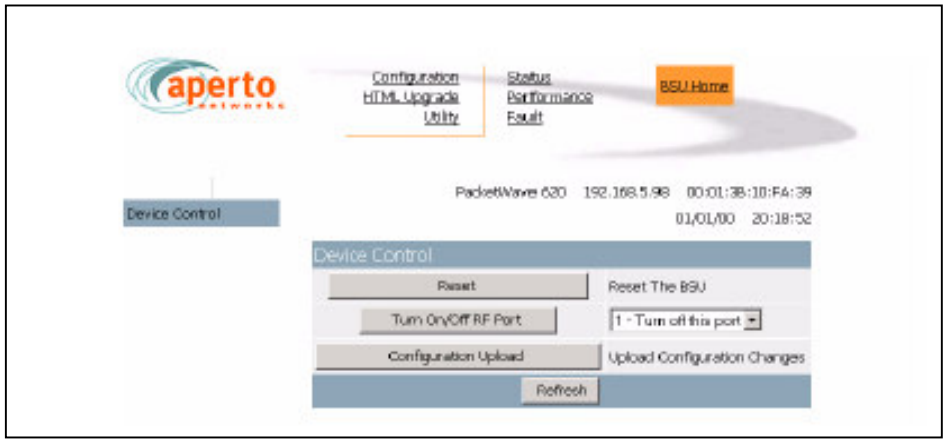


Figura 44. Página de Control del Equipo

II.10.2.3.2.8.2 Página de Status.

La guía Web de la BSU incluye las páginas del status del equipo como se muestra en las figuras 45 a la 47. Éstos proporcionan una copia del estado actual de la BSU y de la SU.

NOTA: La base de datos usada para generar estas páginas se pone al día en tiempo real. Sin embargo, las páginas no se ponen al día dinámicamente; se debe presionar el botón *Refresh* para ver el estado más actualizado.

Figura 45. Página del Status del Sistema.

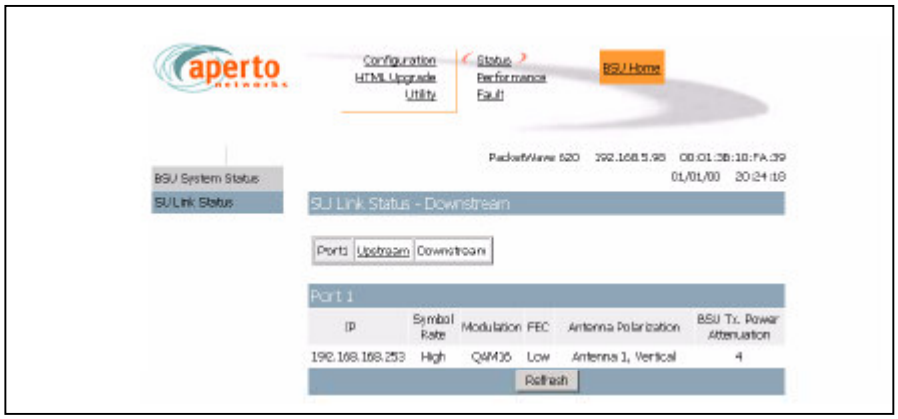


Figura 46. Página del Tráfico de Bajada del Enlace de la SU

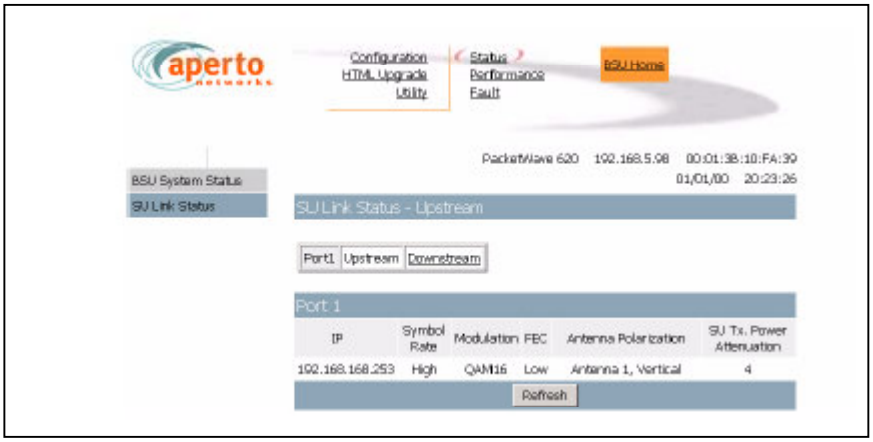


Figura 47. Página del Tráfico de Subida del Enlace

II.10.2.3.2.8.3 La Página de Performance

Proporciona la información del funcionamiento del canal y del ancho de banda asignado a la interfaz inalámbrica como se muestra en la figura 48 al 53.

En la figura 48 se muestran gráficamente las cuentas de bytes transmitidos. En la figura 49, se muestra la asignación del mejor ancho de banda en el rendimiento del CIR y CBR en formato de textos y gráficos. Esta opción gráfica del mejor rendimiento esta habilitada solamente en la versión del programa 1,0.

Esta base de datos usada para generar estas muestras se actualiza en tiempo real y la página se actualiza automáticamente cada 30 segundos.

Las estadísticas del módem de RF tal como la taza de error de acceso y el contador de error FEC se listan en la figura 50.

La estadística de flujo se lista en formato de texto en la figura 51.

Pinchando en la identificación de flujo, se mostrara una información más detallada, así como se muestra en la figura 52.

En la figura 53, el calculo de Bytes transmitidas y recibidas para todos los suscriptores en todos los sectores (puertos inalámbricos) se muestran en formato de texto.

La base de datos usada para mostrar esta página se actualiza en tiempo real. Sin embargo, las páginas no se actualizan dinámicamente; se debe pinchar el botón *Refresh* para ver las actualizaciones mas recientes.

Figura 48. Bytes Transmitidos

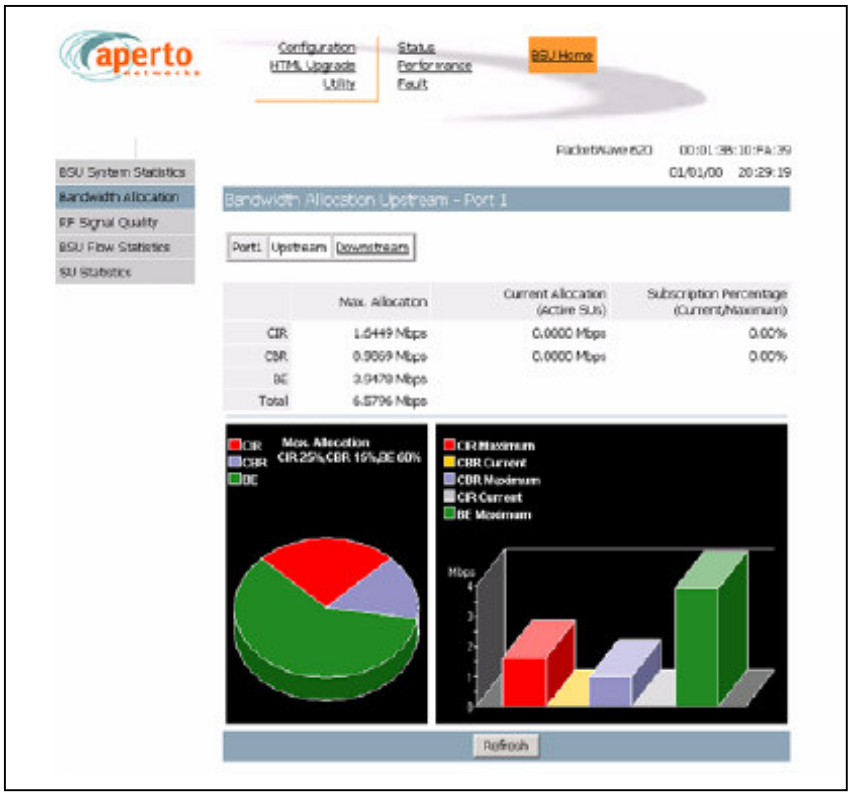


Figura 49.Mejor Ancho de Banda del CIR

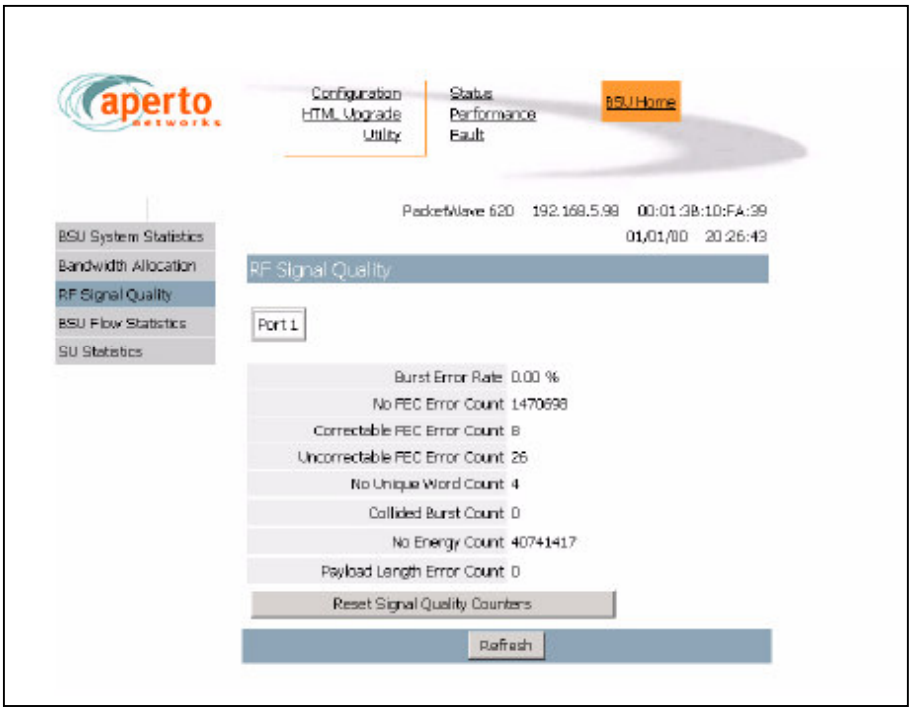


Figura 50.Estadisticas de calidad RF

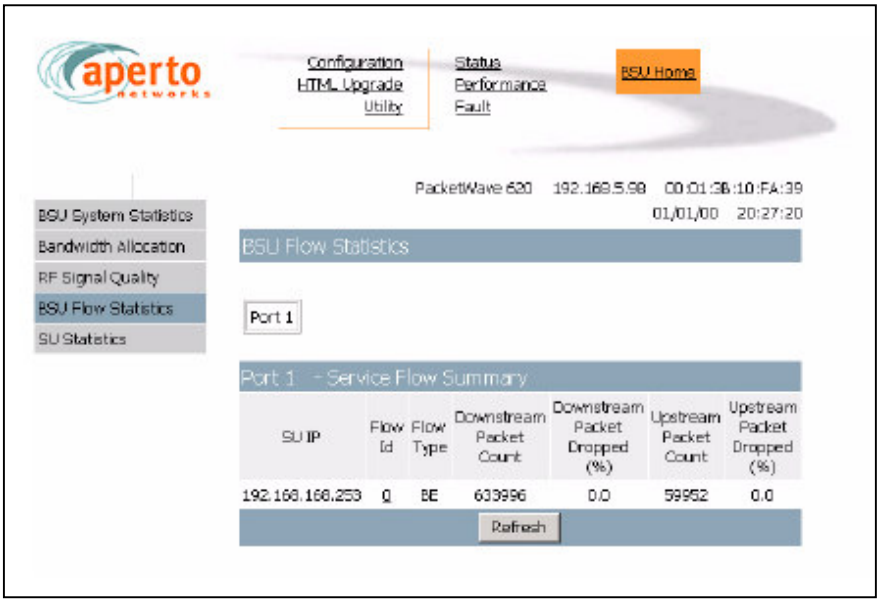


Figura 51.Estadisticas de Flujo

Figura 52.Estadisticas de Flujo en Detalle

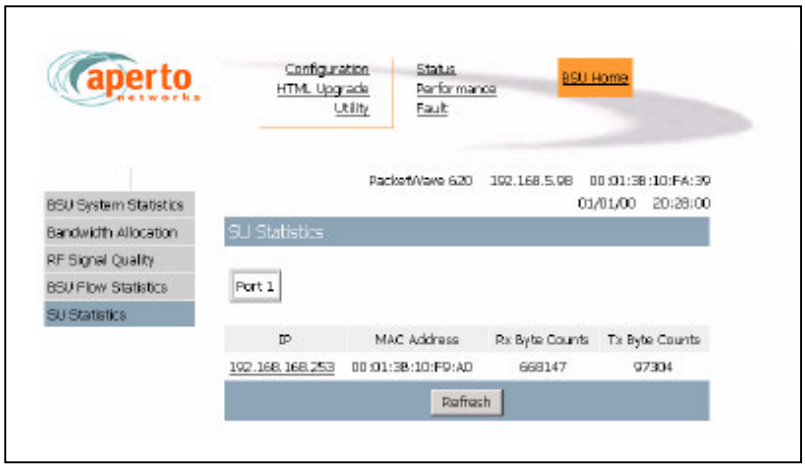


Figura 53. Estadisticas de los Bytes Transmitidos por la SU.

Capítulo III. TRABAJO PRACTICO

III.1. Factibilidad Técnica.

Para la Instalación del Enlace Aperto Networks Punto a Punto en la zona descrita anteriormente, fue necesario realizar un estudio de factibilidad técnica para verificar la posibilidad de realizar la Instalación del enlace.

Para el estudio sé tubo que realizar una visita a los lugares específicos y verificar la posibilidad de existencia de línea de vista, las obstrucciones en el trayecto del enlace y la distancia entre los puntos en cuestión.

Se realizó una ascensión a la torre en donde se situara la antena y se verificó la existencia de línea de vista la cual se ve una leve obstrucción producto de una fila de árboles que limitan aproximadamente en un diez por ciento la línea de vista, pero como estos enlaces aceptan un rango de obstrucción de línea de vista nuestra factibilidad sale positivamente, además de la distancia que no supera los 10 Km en línea recta entre ambos puntos se esta en condiciones optimas para la instalación y puesta en marcha del enlace.

III.2. Pruebas De Laboratorio

Se realizaron pruebas de laboratorio con los equipos para verificar que estos se encuentren funcionando perfectamente.

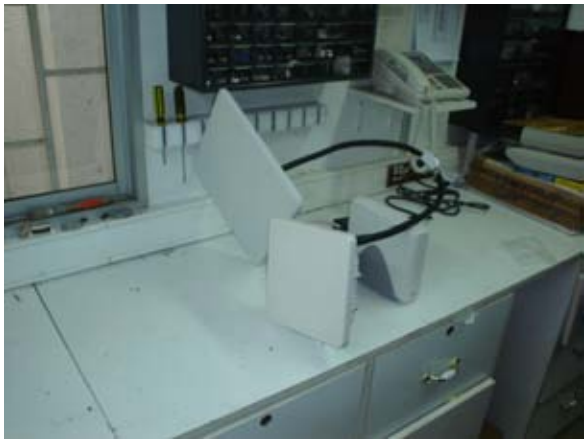
En la figura se muestra la prueba realizada,

Figura 54. Pruebas de Laboratorio de Enlace Aperto

Como se puede apreciar, se enfrentaron los dos equipos cuidando de no saturar el enlace, se realizo una configuración tipo en ambas unidades maestro y esclavo realizando mediciones de SNR y Throughput para determinar si los equipos responden correctamente

Figura 55. BSU 620

Figura 56. SU 61



III.3. Instalación De Unidad Maestra (BSU)

La instalación de la unidad Maestra se realizó en un contenedor donde se encuentran los equipos de entronque para la localidad de San Pablo en donde se encuentra un nodo ADSL por el cual se entregara el enlace asignado, la antena y la unidad de radio se montan en un fierro galvanizado con un soporte para ser instalado a 21 mts de la torre de donde se realizó la factibilidad con una altura aproximada de 25 mts. Como se muestra en la siguiente figura:

Figura 57. Antena y Unidad de Radio de la BSU

Figura 58. Antena y Radio en Torre

Figura 59. BSU y MDM ADSL

Una vez fijado el soporte en la antena y conectado los cables UTP y coaxial, se procede a configurar la BSU siguiendo los pasos descritos en el capítulo anterior, asignando una dirección IP, rangos de frecuencias y potencia según tablas y pautas de acuerdo a la información obtenida en la factibilidad y respetando las exigencias del equipo.
En la figura se muestra la pagina principal del software de instalación para la configuración de la BSU, como se puede apreciar se muestra una pantalla donde se tienen varias opciones para elegir, pero como se tiene que realizar la instalación es necesario empezar desde el principio, por lo cual se ingresa a la opción setup para empezar con la configuración.

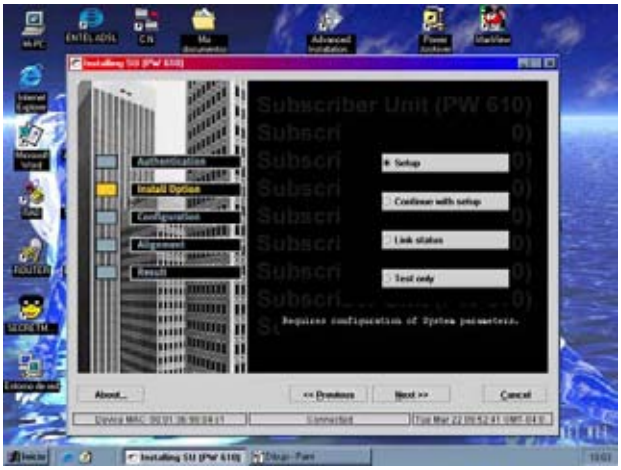


Figura 60. Página Inicio Software de Instalación

En la siguiente pantalla se realiza la configuración de la IP que se le asignara al enlace y la frecuencias central que se utilizara.

Figura 61. Página Inicio Software de Instalación

Al pasar a la lengüeta de Advanced se procederá a darle el nombre con el que el enlace se identificara al momento de ser instalada la SU y realizar el enlace, además de la potencia que se emitirá el ancho del canal y la distancia a la que se transmitirá el enlace para poder adecuar la modulación que utilizara el equipo y algo muy importante, es, la polaridad que se utilizara para el enlace.

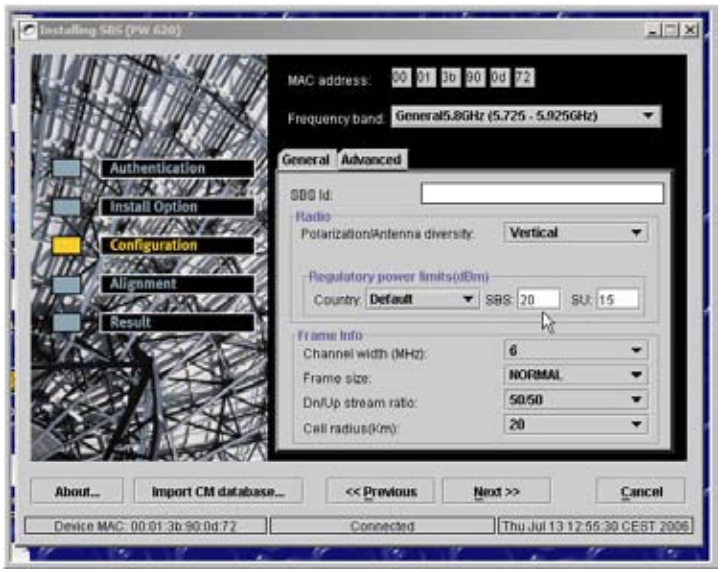


Figura 62. Configuración Avanzada de la BSU 620

Luego de tener todos los parámetros definimos se finaliza la programación haciendo un click en Next. Una vez configurada la BSU se procede a realizar el siguiente paso que es configurar la unidad suscriptora SU.

III.4. Instalación De Unidad Suscriptora (SU)

La unidad suscriptora se instala en un lugar donde no produzca ningún tipo de molestias en la sucursal del abonado por lo cual ellos deciden la ubicación exacta, mientras que la instalación de la antena y la unidad de radio se realiza en la parte mas alta del recinto que es un pilar de cemento y que tiene una altura aproximada de 5 mts pero esto no es suficiente para la fijación de los equipos por lo que utiliza un mástil de 2.5 mtrs aproximados para fijar la antena y la unidad de radio para poder ganar un poco mas de altura.

Se realiza la conexión del cableado entre la SU y la unidad de radio para comenzar la configuración del equipo y realizar las pruebas de Throughput y SNR.

En las figuras siguientes se muestra el lugar de donde queda instalada la antena por el lado del abonado.

Figura 63 y 64 SU, Antena y Radio Instaladas en Abonado.

Figura 65. Instalación Antena y Radio en Abonado

Al configurar la SU se deberán colocar los mismos parámetros utilizados en la BSU para que puedan enlazarse los equipos.

En la figura se muestra la pantalla donde se configura la unidad de usuario SU para poder enlazarse con la unidad Maestra BSU.

Figura 66. Configuración de parámetros de la SU

III.5. Pruebas Y Alineamiento Del Enlace.

Una vez realizada la instalación en ambos extremos se procede a realizar una alineación del enlace para dejarlo con la mejor calidad en cuanto a SNR, nivel de potencia y Throughput. Para este efecto se debe realizar un test el cual se muestra en la figura siguiente.

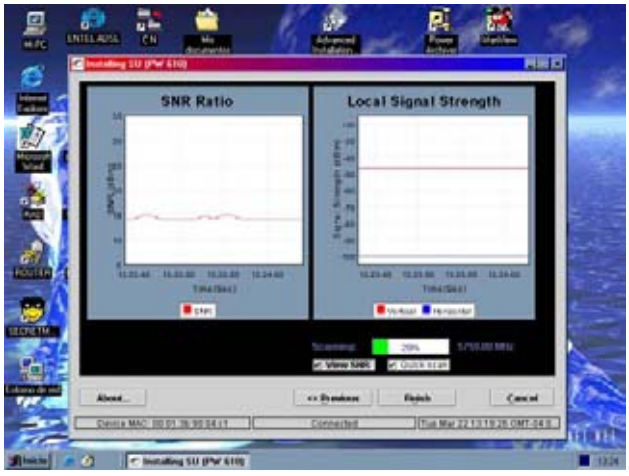


Figura 67. Test de calidad de enlace en dbm

Este Test indica la calidad del enlace para SNR y para Potencia recibida, se procede a realizar pequeños movimientos de la antena en forma vertical y horizontal hasta obtener

la mejor señalización tanto por el lado del abonado como de la unidad base, en la figura se muestra la forma de alineamiento utilizado para este enlace.

Figura 68. Alineamiento para mejorar calidad de Enlace

Una vez obtenido los máximos niveles de potencia y señal a ruido con la alineación realizado se finaliza la instalación del enlace haciendo un click en Finish.

En este paso el Equipo procede a realizar un ajuste automático de los niveles alcanzados y una vez estabilizado guarda la configuración y procede a reiniciarse, con la finalidad de corroborar y guardar correctamente los parámetros

Figura 69. Finalización de instalación del enlace.

Luego se realiza un Test para medir el Throughput del enlace para determinar si la calidad de servicio para este enlace es el adecuado.

III.6. Resultados Y Conclusiones De La Instalación.

De acuerdo a los resultados obtenidos con la alineación realizada se logro una potencia máxima de –53dbm y una calidad de SNR de 26 dbm, lo que permite indicar que el enlace esta en una óptima calidad y la instalación a sido satisfactoria, esto de acuerdo a lo establecido por el fabricante quien indica que el enlace para que funcione a una condición normal no debe superar los –70dbm.

Los gráficos de la figura muestran la calidad del enlace.

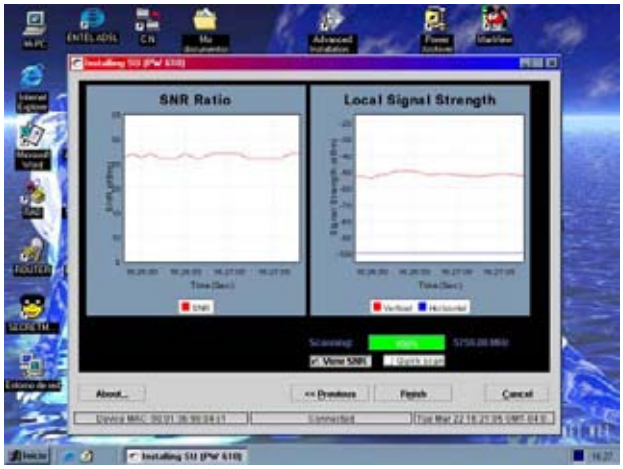


Figura 70. Calidad de enlace Obtenido en Instalación.

Al realizar la prueba de Throughput ya se tenía como referencia que la velocidad de transferencia era de 512 Kbps, al realizar el test el resultado dio una cifra de 60,2 KBps equivalente a 481.6 Kbps equivalente al 94% de la velocidad estimada.

Con esto la prueba de Throughput a sido realizada exitosamente y sé esta en condiciones de instalar definitivamente el enlace.

En conclusión uno de los temas que más se esperaba en la puesta en marcha del servicio era la capacidad de adaptarse a la línea de vista obstruida la cual se dio por confirmado que el enlace Aperto Networks cumple con las condiciones que se estipulan en los equipos y con una buena calidad del canal punto a punto.

Capítulo 4. CONCLUSIÓNES GENERALES

La flexibilidad y movilidad hace de las redes inalámbricas que sean muy efectivas para extensiones y que sean una atractiva alternativa a las redes cableadas, puesto que proporcionan la misma funcionalidad sin las restricciones del cable en sí mismo y los costos que esta pudiera traer.

Las redes inalámbricas permiten topologías desde las más simples hasta complejas redes que ofrecen conexión y distribución de datos y permiten navegar. Además de ofrecer al usuario final movilidad en un entorno de red, habilitan redes portátiles permitiendo a las LAN movimientos con el conocimiento de los trabajadores que las utilizan.

Estas características gatillaron el impulso a trabajar con este enlace en especial, por su simplicidad de instalación, configuración y su inmejorable adaptabilidad a obstrucciones, que pueden ocasionar en otro tipo de enlaces, la perdida total de la señal punto a punto y que además si comparamos los costos involucrados, estos están bordeando un 73 % mas económico que la instalación de un tendido de un cable multipar de cobre de 6 o 12 pelos, considerando siempre la distancia de 12 km.

Ahora el análisis realizado entre las distintas ofertas que presenta el mercado en chile pone como enlaces mas confiables y seguros los enlaces de los proveedores Wilan, Alvarion y Aperto, ya que según homologaciones realizadas, estos equipos son los mas estables para enlaces punto a punto, en calidad de costos, Aperto es la de mayor precio pero que cumple con los requisitos para este enlace en especial ya que como se logró comprobar es el único de los tres enlaces que soporta NLOS y OLOS, esto quiere decir que se adaptan fielmente a terrenos con obstrucción leve y obstrucción critica, mientras que los otros equipos no poseen esta capacidad. Además donde la eficiencia espectral que posee Aperto es comparativamente mejor que la de los otros equipos.

Se comprobó mediante este enlace la capacidad total de transmisión de datos que el enlace podía soportar, bordeando los 20 Mbps con obstrucción leve. Con esta prueba se constato y se aseguro con creses que el enlace instalado iba a responder a las características con que se propuso la instalación que era un enlace de 512Kbps

De acuerdo a los resultados obtenidos con la alineación realizada se logro una potencia máxima de –53dbm y una calidad de SNR de 26 dbm, lo que permite indicar que el enlace esta en una óptima calidad y la instalación a sido satisfactoria.

Ahora como ya se sabe, dentro de los factores claves que hay que tener en cuenta al momento de realizar una instalación de un enlace inalámbrico, es la distancia que hay entre los dos puntos, además de la obstrucción que pudiera existir entre estos, ya que de acuerdo a estos factores se podrá optar por un enlace adecuado para realizar el objetivo.

Apéndice A

Especificaciones

Especificaciones de Bridge (Unidad Interna).

Interfaces

- Ethernet 10/100 Base-T – conector RJ45
- Radio – Conector F
- Radio Control – conector RJ45 blindado
- Requerimientos de Energía – 100 a 240 V/AC, 47 a 63 Hz.
- Consumo de Potencia – 30 Watts para las unidades Interna y externa.

Redes y Protocolos

- Bridging

Administración

- Utilidades de Administración Avanzada.

  Facilidades para los proceso de configuración y alineación de la Antena
- Utilidades de Administración de diagnósticos.

  Proporciona las funciones de diagnóstico para localizar averías en el equipo suscriptor.

LED Indicadores

- Power
- Wireless – Transmisión, Recepción, Status
- LAN – Link, Transmisión , Recepción.

Ambiental

- Temperatura de Operación – 32 a 104 ºF (0 a 40 ºC)
- Humedad – 10 a 90 %, no condensado

Dimensiones y Peso

- WxHxD – 1.5 x 6.6 x 9.1 Pulgadas (3.8 x.16.8 x 23.1 cm)
- Peso – 2.2 Lbs (1.0 Kg)

Aprobaciones y regularizaciones

- FCC Clase B
- CE, ETSI

Especificaciones de la Radio/Antena (unidades Externas)

RF

- Transferencia de datos – a partir de 64 kbps con modo de acceso de hasta 20 Mbps en un canal de 6 megaciclos.
- Modulación – QPSK, 16QAM.

Cables y Conectores

- Radio Señal – Cable coaxial blindado calibre RG-6; conector macho tipo F.
- Radio Control – Cable blindado CAT5 (para uso exterior);conector Rj45 macho.
- Largo del Cable - Hasta 50 m (165ft); 100 m (330ft) con el tipo de cable apropiado.

Montaje

- Soporte que se afirma con abrazaderas para un poste con diámetro de 1.5 pulgadas (3.8 cm) o de 2 pulgadas (5.1 cm)
- Elevación ajustable.

Ambiente

- Temperatura de Operación – -22 hasta 140 ºF (-30 a 60 ºC).
- Temperatura de Almacenamiento – -40 hasta 257 ºF (-40 a 125 ºC).
- Humedad – 0 a 100%

Unidad Externa 5.8 GHz

- Rango de Frecuencias – 5725 hasta 5875 MHz; Maximo EIRP* 33 dbm.
- Dimensiones – W x H x D – 8.1 x 8.1 x 1.9 pulgadas (20.6 x 20.6 x 4.8 cm).

* El EIRP máximo varia dependiendo de las regulaciones del país.

Apéndice B

Reportes de Eventos

Las Unidad de Estación Base y Unidad Suscriptora pueden ser configuradas para reportar eventos por varios medios:

- Mensajes de eventos por E-mail.
- Red SNMP
- Inscripción a un servidor Syslog.
- Eventos presentados ingresando por medio de la Guía Web.

Los eventos reportados se identifican en la tabla B-A.

Tabla B-A **Eventos Reportados**

Eventos Erroneos	Descripción
Cold Start	La BSU,WSS o la SU ha realizado una carga completa de Harware.
Warm Start	La BSU, WSS o la SU ha realizado un reset de Software.
Authentication Succeeded/Failure	Nombre de Usuario o Password ingresado correctamente / erróneo.
Port N Link Up/Down	Puerto WSS (número N) ha estado arriba/abajo.
BSU Up/Down	La BSU ha comenzado/cesado la operación normal.
SU Sync Acquired	La BSU adquirió la sincronización del canal con una SU específica.
SU Up/Down	La Unidad Suscriptora ha empezado/cesado la comunicación con la BSU
DHCP Failed	A ocurrido una falla en la recuperación de datos desde el servidor DHCP
Power Suplí Failed	
Radio Synth not locked	Puede ser el resultado de la mala conexión a la radio o que esta este mala.
Radio Synth not locked Cleared	La unidad de radio está bloqueada de nuevo.
Fan Alarm	Arroja las paradas
Fan Alarm Cleared	Arrojar de nuevo a operacional
Temperature too Low/High	
Temperature Normal	
Current Image Corrupted	El software almacenado en BSU se daño.
SU Failed Registration	La SU no pudo terminar proceso de registro con la BSU
Config File Error	El archivo de configuración tiene errores

Apéndice C

Interfaz de Línea de Comandos (CLI)

Cada una de las Unidades de Estación Base y Suscriptora incluye una simple interfaz de línea de comandos (CLI) accesible vía Telnet.

Accesando y Usando el CLI

Para ingresar y usar las unidades de Estación Base y Suscriptoras mediante la interfaz de línea de comandos:

1. Ingresar por el comando Telnet a las unidades con la dirección IP
2. En el prompt **login:** ingresar **ISP.** (Hay también un nivel para **eliminar errores** de conexión, que esta reservado para el uso de Aperto. El nivel de conexión para un suscriptor solamente se aplica a las SU.)
3. En el Prompt **Password:**, se debe ingresar correctamente el password específico para el nivel de conexión. El CLI utiliza las mismas contraseñas que el interfaz del Web. La password por defecto es **isp.** La password puede ser cambiada vía la Web GUI.
4. Cuando en el prompt aparece CLI#, ya estamos dentro del CLI.
5. Si no hay actividad en una conexión por 30 minutos, el CLI desconectará.
6. Cuando se finaliza en CLI, se desconecta del puerto RS-232, o finaliza la sesión telnet incorporando el comando killTelnet o simplemente cerrando el uso del comando telnet.

Mensajes de Error

Los mensajes de error que se pueden aparecer por la unidad CLI de la estación base pueden ser los siguiente:

- **Error: Bad Command –** El comando se ha incorporado incorrectamente.
- **Error: Invalid Parameter –** El comando se ha ingresado incorrectamente.
- **Passwords are not the Same** – Cuando se ingreso una password , no se puede ingresar dos password mixtas.

Tabla C – A Comandos CLI de la BSU

COMANDOS	FUNCION
KillTelnet	Termina todas las sesiones conectadas al puerto 5000
Reboot	Reinicia la Unidad de Estación Base

Apéndice D

Comparación de Costos en Dólares

Comparación de costos entre el enlace Aperto Networks , tendido de cable de Cobre y F.O.

Tipo de Acceso	Distancia en Km.	Precio en U.F.	Precio en Dólares
Multipar de Cobre 6–12 Pelos	12Km	450 U.F.	U$ 15770
Cable F.O. de 12 Pelos	12Km	1181 U.F.	U$ 41390
Enlace Aperto Networks	12Km	114 U.F.	U$ 4000

Costos calculados a U.F. a $18.400 y Dólar a $525.

Estos Precios son referenciales de acuerdo a una aproximación del precio real cobrado a las empresas de Telecomunicaciones.

El costo mencionado en la instalación de los cables incluyen toda la ferretería que se pudiese ocupar.

En la siguiente tabla se muestra una comparación de costos entre los enlaces inalámbricos utilizados y mas reconocidos y que cumplen con los requisitos establecidos.

Fabricante	Permite Obstrucción	Ancho del Canal	Eficiencia Espectral	Velocidad de transmisión	Precio en U$
Aperto Networks	Si	6 Mhz	3.3 bps/Hz	20 Mbps	4.000
Alvarion	No	20 Mhz	2.5 bps/Hz	50 Mbps	3.800
Wilan	No	20 Mhz	0.6 bps/Hz	12 Mbps	3.600

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Libros

[01]. W. Richard Stevens Ed, Addison-Wesley Professional: "The Protocols (TCP/IP Illustrated, Volume 1)". 1st edition.1994.

[02]. Alberto León-García, Indra Widjaja., Ed. Mc Graw Hill: "Redes de Comunicación". 1ª edición. 2001.

[03]. Prentice-Hall, L.W. Couch II "Sistemas de Comunicación Digitales y Analógicos". 1998.

Sitios Web Enlaces Inalámbricos

[04]. http://www.apertonet.com/products/ptop.html

[05]. http://www.alvarion.com/products/breezenet_b/

Sitios Web Direccionamiento de Red

[06]. http://www.saulo.net/pub/tcpip/

[07]. http://ditec.um.es/laso/docs/tut-tcpip/3376c22.html

Sitios Web Modulación Digital

[08]. http://www.albertomurillo.com/MOD_Digital.htm

[09]. http://www.uv.es/~hertz/hertz/Docencia/teoria/Trasmdigital.pdf

[10]. http://es.wikipedia.org/wiki/QPSK