

## UNA HERRAMIENTA DE DIAGNÓSTICO PARA ENLACES DE SUSCRIPCIÓN DIGITAL ASIMÉTRICA (ADSL)

### A DIAGNOSTIC TOOL FOR ASYMMETRIC DIGITAL SUBSCRIBER LINE LINKS

Mario Medina Carrasco<sup>1</sup>    Andrés Carrasco Sternsdorff<sup>1</sup>

Recibido el 10 de enero de 2007, aceptado el 11 de marzo de 2009  
*Received: January 10, 2007    Accepted: March 11, 2009*

#### RESUMEN

Se presenta el software *CuLineAnalyzer*, una herramienta de diagnóstico para enlaces ADSL que aprovecha las mediciones de las razones señal-ruido (SNR) de los subcanales de la técnica de transmisión DMT realizadas por las propias unidades de terminación ADSL (ATU). Estos datos son adquiridos remotamente y se almacenan en una estación central, desde donde pueden ser desplegados a solicitud del operador, el cual los utiliza para realizar los diagnósticos pertinentes. Una fortaleza importante de esta herramienta es la capacidad de almacenar mediciones realizadas a diferentes horas del día durante largos períodos para detectar así condiciones esporádicas, errores espurios y tendencias en la condición de la línea. Esta herramienta ha sido usada con éxito para monitorear un banco de módems ADSL Alcatel SpeedTouch. El diseño modular y operación paramétrica de la herramienta permite adaptarla fácilmente a nuevos modelos de módems ADSL y DSLAMs.

Palabras clave: ADSL, herramientas de diagnóstico, razón señal-ruido.

#### ABSTRACT

*We present the CuLineAnalyzer software, a diagnostic tool for ADSL links that leverages the DMT subchannel signal-to-noise ratio (SNR) measurements made by the ATUs themselves. These measurements are read via remote access and are logged into a central server, from which they can be displayed under operator control, so the pertinent diagnosis can be performed. An important strength of this tool is that it can store measurements performed at different times for long periods, so as to detect sporadic conditions, spurious errors and line condition trends. This tool has been used successfully to monitor a bank of Alcatel SpeedTouch ADSL modems. The tool's modular design and parametric operation makes it easy to adapt it to new ADSL modem and DSLAM models.*

*Keywords: ADSL, diagnostic tools, signal-to-noise ratio.*

#### INTRODUCCIÓN

La tecnología ADSL constituye hoy en día el método más común de prestación de servicios de banda ancha a la pequeña empresa y a usuarios individuales. Su popularidad se debe en gran medida a que aprovecha las plantas utilizadas por el sistema telefónico tradicional, a las cuales tienen acceso miles de millones de personas en todo el mundo, y a las altas velocidades de transferencias que éstas permiten alcanzar.

Uno de los desafíos a los que se deben enfrentar los proveedores del servicio es el de realizar diagnósticos de las condiciones de las conexiones con el objetivo de detectar

las causas de fallas o determinar la capacidad de los bucles de soportar mayores velocidades de transmisión.

Actualmente las técnicas de diagnóstico relacionadas con estos tópicos consisten en realizar mediciones sobre la planta externa de algunas características de los bucles de los abonados, o bien en la adquisición de información relevante a través de los sistemas de gestión de los DSLAMs o, menos frecuentemente, a través de las interfaces administrativas de los módems.

Dado que las técnicas existentes presentan algunas desventajas, se ha desarrollado una herramienta de diagnóstico que aprovecha los resultados de las mediciones

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería. Universidad de Concepción. Casilla 160-C. Concepción, Chile. E-mail: mariomedina@udec.cl, an.stern@gmail.com

de las razones señal-ruido (SNR) de las subportadoras del canal de bajada en la técnica de modulación DMT, realizadas por las ATUs de los abonados (ATU-Rs). Los datos son adquiridos remotamente desde los módems o los DSLAMs, almacenados en una estación central y desplegados a solicitud del operador, el cual los utiliza para realizar los diagnósticos pertinentes.

## LA TECNOLOGÍA ADSL

A pesar de ser concebido para una variedad de posibles aplicaciones, el objetivo principal del sistema ADSL hoy en día es brindar acceso a Internet a usuarios residenciales y a pequeñas empresas. Este tipo de abonados generalmente no requiere de un enlace de alta velocidad en sentido ascendente, ya que el carácter de los servicios a los que acceden habitualmente es tal que la cantidad de información que es necesario transmitir desde los servidores hacia los equipos de los usuarios es significativamente mayor que aquella en dirección contraria.

Por ello, la tecnología ADSL permite tasas de transferencia de datos de hasta 640 Kbps en sentido ascendente y 8 Mbps en sentido descendente.

Esta tecnología hace uso de un rango del espectro de frecuencias que se encuentra en la parte superior del rango ocupado por el sistema telefónico, lográndose así la coexistencia, sin interferencias mutuas, de ambos servicios.

El sistema puede trabajar en dos modos diferentes en lo que concierne a los rangos de frecuencia utilizados por los canales descendente y ascendente: la cancelación de eco (EC) y la multiplexación por división de frecuencia (FDM) [1].

En la EC, el rango de frecuencias utilizado por el canal descendente, en su parte inferior, se solapa con el del canal ascendente, como se muestra en la figura 1. Esta solución permite alcanzar mayores velocidades de transferencia de datos desde la central al abonado que con FDM, pero se caracteriza también por ser altamente sensible a la paradiafonía (NEXT) y por la necesidad de implementar canceladores de eco. La recomendación ITU-T G.992.1 (o G.dmt) [1] sugiere utilizar el rango de frecuencias entre 25,875 y 138 KHz para el canal de subida y entre 25,875 y 1.104 KHz para el canal de bajada.

La FDM difiere de la técnica anterior en que los rangos de frecuencia utilizados para cada una de las direcciones de la transmisión no se solapan, como se muestra en la figura 1. Gracias a esto, la conexión es prácticamente

inmune a la paradiafonía proveniente de otras líneas con ADSL y, además, no se requieren canceladores de eco. Su principal desventaja es la limitación impuesta al canal de bajada, lo cual se traduce en velocidades menores de transferencia de datos en ese sentido. Según la ITU-T G.992.1, el rango de frecuencias ocupado por la transmisión descendente debe encontrarse entre 138 y 1104 KHz, pero en la práctica, para evitar interferencias, se deja un segmento de frecuencias sin utilizar entre este canal y el ascendente.

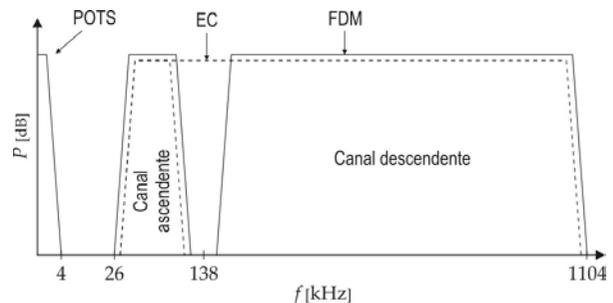


Figura 1. Utilización del espectro de frecuencias por las técnicas EC y FDM.

Debido a que generalmente hay más de un par de cobre con servicio ADSL dentro de un mismo grupo de cables, el efecto de paradiafonía es un factor relevante y por esta razón, la FDM es el método más utilizado [2].

### Factores que influyen en la transmisión de datos en ADSL

El sistema ADSL se caracteriza por poder adaptarse a las condiciones del medio de transmisión y conservar un nivel de calidad mínimo impuesto. Este nivel de calidad es definido como la máxima tasa permisible de ocurrencia de errores de bits (BER), la cual, según las normas vigentes, no debe ser mayor a  $10^{-7}$ . De este modo, las condiciones de la conexión no afectan la calidad de la transmisión, sino la velocidad de transferencia máxima alcanzable o, en algunos casos, la viabilidad misma de la implementación de ADSL sobre un bucle determinado.

Los factores que influyen en las transmisiones ADSL son muchos y de diversa índole; sin embargo, para los efectos del presente trabajo, vale la pena repasar aquellos cuyo impacto negativo puede ser neutralizado o mitigado por los proveedores de una manera relativamente fácil, luego de ser identificados con la ayuda de la herramienta aquí propuesta.

La *atenuación* de la señal transmitida por el par trenzado de cobre depende principalmente de la longitud del cable, su diámetro y la frecuencia de la señal. Sin embargo, las

variaciones de la temperatura y la presencia de humedad también producen cambios en este parámetro.

Una toma en puente es un segmento abierto de par trenzado de cobre conectado en paralelo con el bucle de un abonado. Los principales problemas que ellas generan son las interferencias intersímbolo (ISI) e intrasímbolo, la generación de eco y la atenuación de ciertas frecuencias.

Las interferencias de frecuencia de radio (RFI) se deben a las transmisiones radiales AM de onda larga y media y pueden afectar uno o varios segmentos relativamente angostos dentro del espectro de frecuencias utilizado por ADSL.

El ruido impulsivo corresponde a interferencias de corta duración, generalmente de gran amplitud y con densidad espectral relativamente constante en el rango de frecuencias utilizado en ADSL. Entre sus fuentes se encuentran: las unidades de conmutación eléctrica, las líneas de alta tensión, la caída de rayos, los pulsos transitorios en las centrales de conmutación, el discado telefónico por pulsos y las señales de timbre.

El ruido blanco gaussiano aditivo (AWGN) se caracteriza por poseer una densidad espectral constante y una distribución gaussiana de la amplitud. Posee muy diversos orígenes; sin embargo, un factor importante en la amplitud del AWGN es la temperatura del par de cobre.

La diafonía es la interferencia, por acoplamiento capacitivo, de una señal presente en un cable, en otra señal en otro cable del mismo grupo o de uno adyacente. Existen dos tipos de diafonía: la paradiafonía (NEXT) y la telediafonía (FEXT). La primera ocurre cuando una señal transmitida interfiere en otra señal recibida en un mismo extremo de la línea. La segunda ocurre cuando una señal transmitida interfiere en otra recibida en el extremo opuesto. La NEXT no es un factor importante de interferencia entre dos pares con ADSL con FDM, ya que los rangos de frecuencias utilizados para cada sentido de la transmisión son diferentes. Sin embargo, ésta cobra relevancia cuando existen bucles adyacentes que transportan otros servicios de transmisiones digitales. La FEXT normalmente no es un problema, ya que la interferencia sufre la misma atenuación que la señal.

### Técnicas de transmisión y modulación

Hoy en día la tecnología ADSL utiliza el esquema de modulación de amplitud en cuadratura (QAM) con multitonos discretos (DMT) en el cual los datos son codificados mediante variaciones de la amplitud y la fase de una portadora. Asignándole a la portadora diferentes valores de amplitud y fase, es posible codificar varios bits

en un solo símbolo que luego es transmitido a través del cable. Para que en un símbolo sean codificados  $n$  bits, son necesarios  $2^n$  pares de valores de amplitud y fase.

A medida que aumenta el número de pares, las diferencias de amplitud y fase entre los símbolos se hacen más pequeñas. Por eso, la cantidad de bits posibles de codificar en una portadora depende de la relación entre la potencia de la señal y el ruido (SNR).

En DMT el espectro hasta 1.104 KHz es dividido en 256 subcanales, llamados también “subportadoras”, “bins” o “tonos”, equidistantes entre sí por 4.312,5 Hz y numerados del 0 al 255. Cada uno de estos subcanales puede ser utilizado independientemente para la transmisión de datos mediante la modulación de su portadora central con QAM, disponiendo para ello de su respectivo ancho de banda.

A través de cada tono pueden ser transmitidos símbolos a una tasa de 4.000 por segundo y cada símbolo puede transportar hasta 15 bits. La cantidad efectiva de bits/símbolo que puede transportar un subcanal depende de su SNR, y además, del margen SNR mínimo configurado para el sistema y de la ganancia introducida por los códigos de corrección de errores. Estas cantidades se relacionan según la expresión  $b = \log_2(1 + 10^{(SNR-\Gamma)/10})$ , donde  $b$  es la capacidad del subcanal en bits/símbolo,  $SNR$  es la razón señal-ruido en dB y  $\Gamma$  es un valor que para una BER  $\leq 10^{-7}$ , es determinado por  $\Gamma [dB] = 9,8 + \gamma_m - \gamma_c$ , donde  $\gamma_m$  es el margen SNR mínimo (normalmente 6 dB en ADSL) y  $\gamma_c$  es la ganancia de codificación, estimada en alrededor de 4 dB para ADSL con Reed-Solomon y codificación Trellis [3,4]. La Tabla 1 muestra la relación entre la razón bits/símbolo y la SNR del subcanal necesaria en dB, para los valores mencionados de BER,  $\gamma_m$  y  $\gamma_c$ .

Tabla 1. Relación entre el número de bits/símbolo soportado por un subcanal y su SNR.

Bits/símbolo	SNR
2	16,6
6	29,8
10	41,9
14	54,0

Una de las principales ventajas de la técnica DMT es su capacidad de adaptación a las condiciones del medio y su casi óptima utilización del espectro. Esto se debe a que es posible asignar a cada subcanal una cantidad diferente de bits, adecuada a la capacidad determinada por su SNR específica. Este proceso de adaptación se realiza durante la inicialización de los módems, mediante la asignación de un número fijo de bits a cada tono, así como también

durante su operación normal (“showtime”), mediante una técnica dinámica llamada “bit swapping” [1]. Este proceso se muestra en la figura 2, donde se ve que la capacidad máxima de 15 bits por símbolo de cada subcanal es modulada por su SNR para obtener la cantidad efectiva total de bits a transferir por cada subportadora.

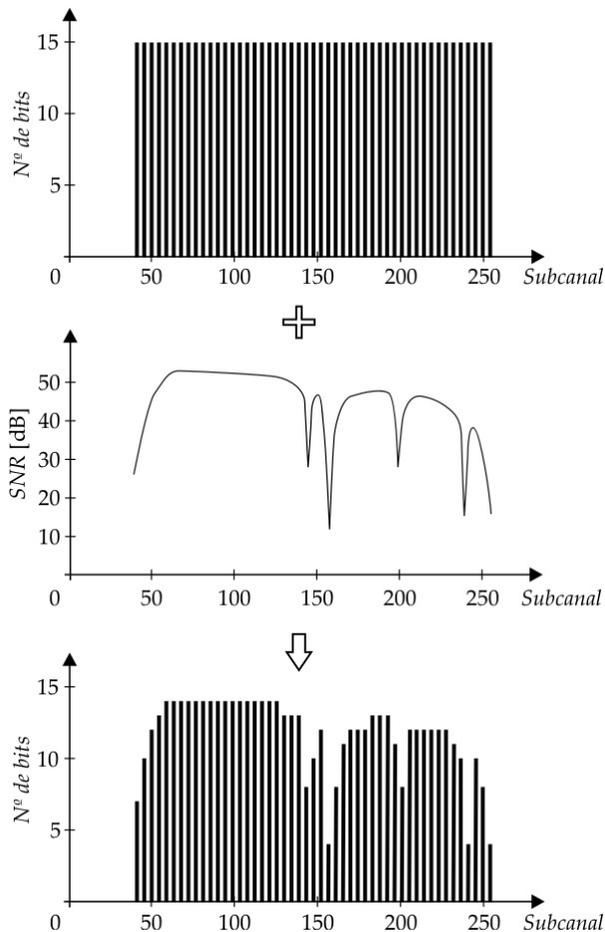


Figura 2. Adaptación de la razón bits/símbolo a la SNR.

Esta adaptación al medio requiere que ambas unidades de terminación ADSL (la ATU-R, del lado del abonado, y la ATU-C, del lado de la central) efectúen mediciones de la SNR de cada subcanal durante el proceso de encendido y que continúen este monitoreo durante la operación normal. Este proceso es realizado para detectar aquellas situaciones en que la SNR de un subcanal disminuye a un nivel por debajo del necesario para transmitir a la SNR original.

Cuando tiene lugar un escenario como el mencionado, los módems ADSL pueden hacer uso de “bit swapping”, que consiste en disminuir el número de bits/símbolo transmitidos por un subcanal y al mismo tiempo incrementar el número

de bits/símbolo de otro subcanal, en la misma cantidad en que fue disminuido el primero. De esta manera los sistemas ADSL son capaces de reaccionar activamente a las variaciones de las condiciones bajo las cuales se realiza la transmisión, sin que esto conlleve necesariamente cambios en las velocidades o interrupciones en el servicio.

Estas continuas mediciones de los valores de las SNR de los subcanales por parte de las ATUs son cruciales en el contexto del presente trabajo, ya que la herramienta propuesta adquiere noción de las condiciones del bucle del abonado a través del acceso remoto a los resultados de éstas.

### MÉTODOS DE GESTIÓN ESTÁNDAR DE LOS MÓDEMS ADSL Y DSLAMS

Las interfaces administrativas de los módems ADSL del abonado permiten configurar un abanico de parámetros necesarios para el funcionamiento del servicio, así como también acceder a una serie de variables propias de su operación. La cantidad y el tipo de variables de operación a las que un sistema de gestión permite acceder dependen en gran medida del firmware instalado en el módem y de la interfaz a través de la cual se realiza la administración.

La mayor parte de los módems ADSL hoy en día ofrecen la posibilidad de acceder a su configuración y a algunas variables operacionales a través de una interfaz de línea de comandos (CLI) usando el protocolo Telnet. Habitualmente este método de administración pone a disposición del usuario un rango de parámetros mayor que otras interfaces como HTTP o SNMP.

Algunos modelos de módems permiten acceder a través de Telnet a datos sobre la atenuación, el ruido, la SNR y el número de bits de cada subportadora del canal de bajada. Tal es el caso de los SpeedTouch Home y SpeedTouch Pro de Alcatel y del OPEN 501R de OPEN Networks, entre otros.

Los DSLAMs, por su parte, generalmente son acompañados de algún tipo de plataforma de gestión propietaria del fabricante, que posee, al menos, todas las funcionalidades básicas para la administración de las líneas de los abonados. Además, estos equipos frecuentemente ofrecen otras interfaces de gestión como, por ejemplo, Telnet y SNMP.

El tipo de parámetros operacionales puestos a disposición del usuario por las diferentes interfaces administrativas de estos equipos varían dependiendo del fabricante. La información sobre la atenuación, el ruido y la SNR de

cada subportadora del canal de bajada no se encuentra necesariamente disponible a través de estas interfaces. Es común, sin embargo, que se ponga a disposición del operador la cantidad de bits transmitidos por subportadora del canal de bajada, lo cual es un dato que este equipo sí conoce.

### **ESTADO DEL ARTE DEL DIAGNÓSTICO DE LOS BUCLES DE ABONADOS**

La realización de diagnósticos de las líneas desde la perspectiva de ADSL tiene principalmente tres objetivos: determinar la factibilidad del servicio sobre un bucle determinado, detectar los orígenes de fallas y comprobar si un par trenzado es capaz de soportar una mejora del servicio entendida como una mayor velocidad de transmisión. Para lograr los dos últimos objetivos normalmente se utiliza una o más de las siguientes técnicas:

- Realización de mediciones sobre la planta externa con el fin de determinar parámetros del medio de transmisión, entre los cuales se encuentran la atenuación, el ruido y las SNRs a lo ancho del rango de frecuencias utilizado.
- Lectura de los parámetros mencionados arriba, así como también de la cantidad de bits transmitidos a través de cada subportadora, desde el sistema de gestión del DSLAM.
- Lectura de los valores promedio de la atenuación, ruido y SNR del canal de bajada a través de la interfaz de gestión del módem.

Estas técnicas poseen algunos inconvenientes, como son costos elevados, suministro insuficiente de información, necesidad de una conexión ADSL activa, descentralización e incapacidad de permitir el análisis del comportamiento histórico de los parámetros relevantes. Por ello, sería de utilidad contar con una herramienta que no presente o que ayude a mitigar estos problemas.

### **UNA HERRAMIENTA DE DIAGNÓSTICO PARA ENLACES ADSL**

En el presente trabajo se propone una herramienta capaz de realizar periódica y automáticamente, así como también a solicitud del operador, lecturas remotas de las SNRs de las subportadoras, almacenando localmente los datos adquiridos. El objetivo es permitir el despliegue de esta información a solicitud de un operador capacitado en la interpretación de este tipo de datos, para que éste pueda realizar un diagnóstico informado de los bucles monitoreados.

Para ello se creó *Cu Line Analyzer*, una aplicación que accede remotamente, a través de Internet u otra red IP, a los resultados de las mediciones de las SNRs de los subcanales, realizadas por las unidades de terminación ADSL (ATUs) durante su monitoreo de las características de la línea a la cual están conectadas. Los datos adquiridos son almacenados en una estación central de monitoreo y desplegados en gráficos aptos para la realización de diagnósticos.

Para conferirle flexibilidad, *Cu Line Analyzer* fue concebido modularmente; es decir, la información específica sobre la ATU a la que se debe conectar (IP, protocolo de comunicación, intervalo entre lecturas automáticas, etc.), la secuencia de comandos utilizada para la comunicación, así como la pauta para la extracción de las SNRs de los datos recibidos, son consideradas variables de entrada y se encuentran en archivos independientes. Por otro lado, los datos adquiridos son almacenados en archivos individuales para cada bucle del abonado. Gracias a este esquema, la aplicación puede trabajar adquiriendo datos ya sea desde módems de abonados, o desde DSLAMs, utilizando para ello diversos protocolos de comunicación.

*Cu Line Analyzer* fue programado en Borland C++ Builder 6 y puede ser ejecutado en cualquier equipo con MS Windows. Su interfaz del usuario permite, entre otras funcionalidades, añadir, eliminar y reconfigurar entradas correspondientes a los bucles monitoreados, así como también desplegar los resultados de las lecturas realizadas. Esto último es realizado mediante tres tipos diferentes de gráficos: el primero muestra sólo la característica de la SNR correspondiente a la última lectura realizada para una línea determinada; el segundo grafica las características de las SNRs correspondientes a lecturas sucesivas en un rango determinado de tiempo, en un gráfico tridimensional; y el tercero despliega cualquiera de las características archivadas para un bucle específico.

### **REALIZACIÓN DE LECTURAS EXPERIMENTALES**

En este trabajo se optó por realizar lecturas experimentales desde módems ADSL del abonado que ofrecen la posibilidad de adquirir las SNRs de las subportadoras del canal de bajada, mediante el acceso remoto a su sistema de gestión. En particular, se escogió el modelo SpeedTouch Pro de Alcatel, el cual entrega los datos a través de su interfaz de línea de comandos (CLI), accesible por medio de Telnet.

Durante las lecturas, los módems trabajaban como enrutadores, de modo que poseían sus propias IP públicas, lo cual permitió el acceso remoto a través de Internet.

Las lecturas fueron realizadas automáticamente por la aplicación en intervalos que variaron entre 20 y 60 min, y durante un espacio de tiempo entre 15 y 30 días. El esquema utilizado para la realización de las lecturas experimentales se muestra en la figura 3.

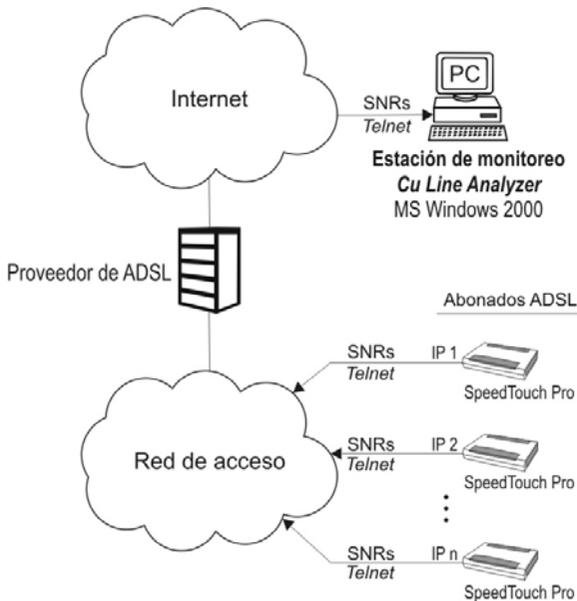


Figura 3. Configuración para la realización de lecturas experimentales.

## RESULTADOS Y ANÁLISIS

La figura 4 muestra dos características de la SNR leídas desde dos módems distintos, entre las que se observan marcadas diferencias. Una diferencia evidente es la magnitud de las SNRs, que hace suponer que la primera conexión puede soportar tasas de transmisión mayores.

Se puede ver además en el primer gráfico la presencia de interferencias de banda angosta que se manifiestan como caídas repentinas de la SNR para las frecuencias de 590, 620, 680, 860 y 1.030 KHz, aproximadamente. Dadas las frecuencias y la forma de las interferencias, es probable que éstas se deban a la presencia de señales de radio de onda media.

En algunos bucles se observaron cambios fuertes y repentinos en la magnitud de las SNRs de los subcanales de transmisión en sentido descendente, como, por ejemplo, el bucle al que pertenecen las características en la figura 5, que fueron leídas desde un mismo módem con un intervalo de 28 min. El cambio observado sugiere que la potencia del ruido aumentó aproximadamente 100 veces en el rango de frecuencias mostrado. Se observó también que luego de las 11pm retornó a niveles relativamente altos,

cercanos a los iniciales, y así se mantuvo, con ligeras fluctuaciones, durante los siguientes 3 días en que fueron realizadas lecturas desde ese módem. Los bajos valores alcanzados por las SNRs habían tenido precedentes 16 y 17 días antes. Esto nos dice que normalmente esa conexión puede soportar velocidades de transmisión relativamente altas, pero que para evitar interrupciones prolongadas del servicio, es necesario que éste esté configurado para disminuir la velocidad cuando las condiciones empeoran; es decir, que esté configurado como ADSL de velocidad adaptable (RADSL).

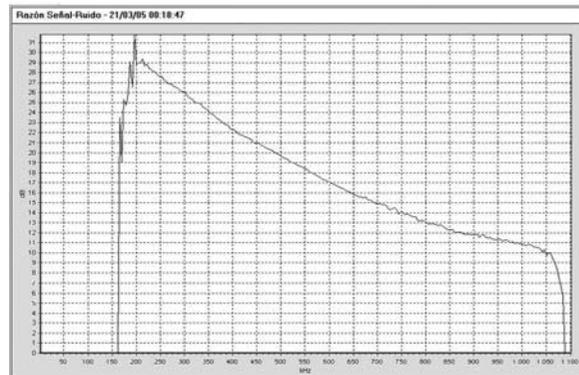
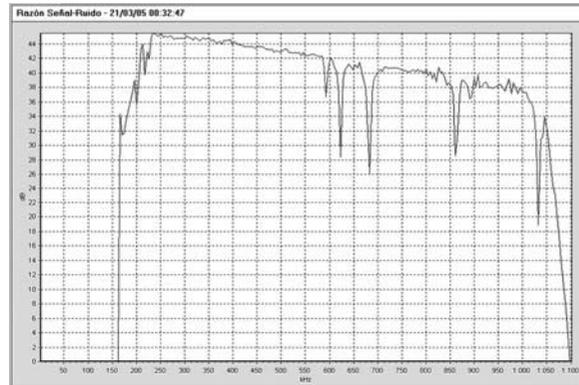


Figura 4. Características de las SNRs de dos bucles con visibles diferencias en sus magnitudes y patrones.

En algunos casos, las variaciones en el tiempo de las características de la SNR presentaron un patrón periódico que era a veces interrumpido por períodos de relativa estabilidad. Este ciclo de cambios generalmente se completaba en 24 hrs. Sin embargo, hubo diferencias en las horas en que las SNRs adoptaban sus valores máximos y mínimos, así como también en las velocidades y magnitud de los cambios.

La figura 6 muestra la variación en el tiempo de dos características de la SNR leídas desde dos módems. El gráfico superior abarca un espacio de tiempo de 7 días, durante los cuales se realizaron lecturas cada 32 min. En

éste se observan cambios bruscos, amplios y periódicos de la característica de la SNR. Los cambios de valores mayores a menores ocurrieron todos alrededor de las 19 hrs. de cada día y los cambios en sentido contrario, alrededor de las 8:30 hrs.

El gráfico inferior muestra otro ejemplo de este tipo de variaciones. Éste abarca un período de 5 días, durante los cuales las lecturas fueron realizadas también en intervalos de 32 min. A diferencia del primero, la característica de la SNR presenta aquí variaciones menos repentinas y de menor magnitud y, además, la disminución de las SNRs tiene lugar en otro momento del día – entre las 9 y las 20 hrs., aproximadamente.

Se detectaron también situaciones en que hubo cambios permanentes en el patrón de las variaciones en el tiempo de la característica de la SNR. Este hecho sugiere que en un momento dado tuvo lugar un cambio en uno o varios de los factores que influyen en las transmisiones ADSL. Dado el impacto que esto puede tener en la calidad del servicio, sería de utilidad para el proveedor determinar las causas que condujeron a ello.

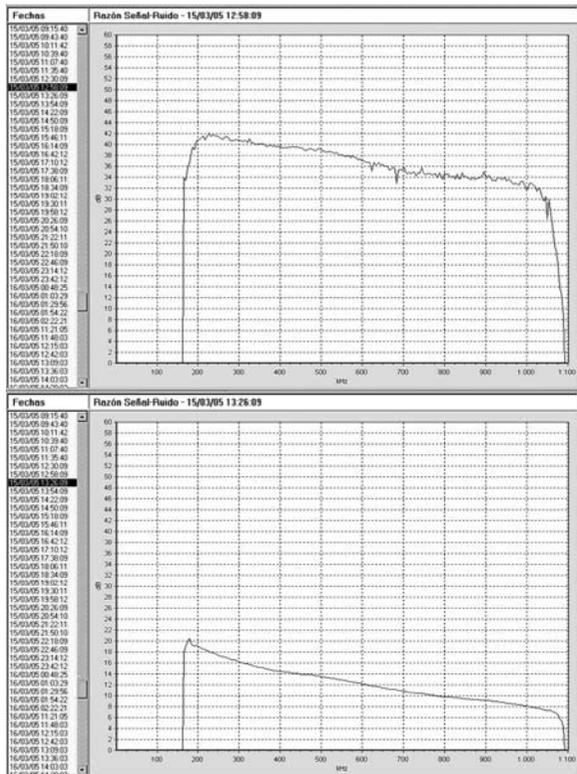


Figura 5. Cambio fuerte y repentino de la magnitud de las SNRs de un bucle.

No obstante, en un momento dado, los valores de las SNRs comenzaron a cambiar, lo que se observa en el gráfico inferior. El período abarcado por éste comienza donde termina el del primero y acaba 5 días después. Las variaciones registradas presentan un patrón repetitivo, con un período de 24 hrs. Aunque las SNRs registradas conservan valores relativamente altos, la capacidad del enlace se redujo a casi la mitad. En otras situaciones (por ejemplo, donde la longitud del par trenzado de cobre sea mayor), un cambio como el observado puede deteriorar significativamente el servicio ADSL del abonado.

La figura 7 muestra la variación en el tiempo de la característica de la SNR de un bucle de abonado. El gráfico superior abarca un período de aproximadamente 4 días y en él se observa que la característica no presenta variaciones significativas, así como tampoco durante el período de 10 días anteriores al mostrado.

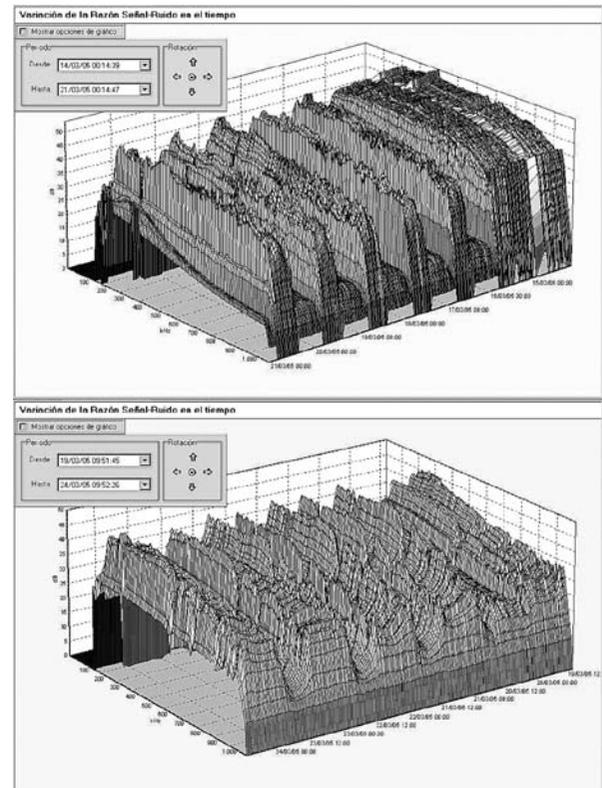


Figura 6. Patrones periódicos en la variación en el tiempo de dos características de la SNR de dos bucles.

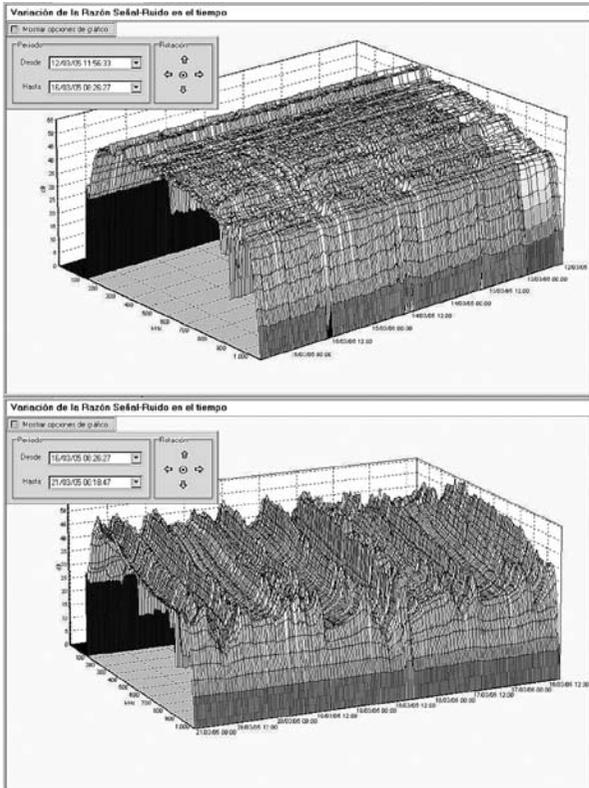


Figura 7. Cambio en el patrón de variación en el tiempo de la característica de la SNR de un bucle.

### CONCLUSIONES

Utilizando la herramienta propuesta en este trabajo es posible realizar centralizadamente un análisis de las condiciones existentes de los enlaces ADSL, no sólo en el momento del diagnóstico, sino también en períodos anteriores a éste. Como se vio, este enfoque aporta información adicional relevante en el marco de la solución de problemas y de la evaluación de la factibilidad de aumentar las velocidades de transmisión.

Además de lo anterior, es posible divisar una variedad de aplicaciones adicionales para el instrumento desarrollado. Por ejemplo, puede ser utilizado para observar el impacto que tiene la adición de nuevos servicios digitales (ADSL u otros) en el resto de las conexiones ADSL de un mismo cable multipar, lo que es de ayuda para estimar la cantidad y el tipo de servicios que pueden ser transportados dentro ese grupo específico. Otra aplicación puede ser el cotejo de las condiciones de varios bucles en una misma localización geográfica con el fin de individualizar interferencias externas a la planta.

De este modo, la herramienta aquí presentada demuestra ser una solución complementaria y, en algunos ámbitos, alternativa a las técnicas existentes de diagnóstico de los bucles de los abonados ADSL.

### REFERENCIAS

- [1] “Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) Transceivers”. ITU-T Recommendation G.992.1. Junio 1999.
- [2] “TN089. ADSL Integral. Planta Interna”. Tomos I, II y III. Edición 2. Telefónica. Agosto 2002.
- [3] J.M. Cioffi. “A Multicarrier Primer”. Amati Communications Corporation and Stanford University. Clearfield, FL, ANSI Contribution T1E1.4/91157. 1991.
- [4] J.A.C. Bingham. “ADSL, VDSL, and Multicarrier Modulation”. John Wiley & Sons, Inc. Palo Alto, CA, EE.UU. 2000.