

Adquisición Remota de Datos Empleando Packet Radio

Marvin Sánchez Garache

Facultad de Electrotecnia y Computación
Departamento de Telecomunicaciones y Sistemas Digitales
Universidad Nacional de Ingeniería
P O Box 5595, Managua, Nicaragua
Email: marvins@disp.uni.edu.ni

Resumen

Packet Radio como técnica de transmisión de información digital es una alternativa atractiva para comunicación de datos en áreas sin infraestructura de telecomunicaciones. Aunque existen muchas posibles aplicaciones, en este documento se hace especial énfasis en la estructura y estrategias involucradas en el diseño e implementación de sistemas de adquisición remota de datos a través de Packet Radio. La implementación de este tipo de aplicación puede ser de vital importancia en la prevención de desastres naturales minimizando los costos de vidas humanas y materiales.

1. INTRODUCCION

Desde finales de 1972 hasta la fecha, Nicaragua ha enfrentado una serie de desastres naturales que han provocado pérdidas enormes tanto en vidas humanas como materiales. En las últimas tres décadas fenómenos naturales como terremotos, inundaciones, maremotos, huracanes, y erupciones volcánicas han desgastado fuertemente nuestra economía y han provocado dolor y muerte a nuestros pobladores.

En nuestro país, el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) y Defensa Civil del Ejército de Nicaragua, son dos instituciones que enfrentan el reto de vigilar la ocurrencia de

fenómenos naturales que pueden representar un peligro para nuestra población con el objeto de así establecer planes de alerta y movilizar recursos humanos y materiales a las posibles zonas de desastres.

Con la reducida disponibilidad de recursos con que cuentan estas dos instituciones de servicio encomiable, lo anterior no es una tarea fácil; principalmente si las posibles zonas de desastres se encuentran en áreas rurales del país donde la *infraestructura de comunicación* se encuentra en mal estado o simplemente no existe. Por ejemplo, existe una gran extensión del territorio donde la única forma de acceso es vía aérea, dificultando la tarea de alertar a la población, o peor aún, evacuarla.

Además del problema de las vías de comunicación terrestres, aéreas y acuáticas, en zonas rurales, debemos sumar una carencia casi absoluta de *medios de telecomunicación*. La red telefónica pública conmutada (PSTN por sus siglas en inglés) aunque ha sido modernizada en los últimos años tiene muy baja penetración en las zonas rurales del país. Esto es debido principalmente a la rentabilidad de la inversión. Se requiere una gran capital para extender una red cableada en áreas con baja densidad de usuarios (Número de usuarios / Unidad de área) y además con ingresos per cápita promedio muy bajos.

Para enfatizar la carencia de infraestructura de comunicación, comparemos con aquella que

pudiésemos ambicionar llegar a tener. Tomemos como medio de comparación la infraestructura de comunicaciones que poseía España a inicios de esta década y comparémosla con la nuestra durante el mismo periodo, esto se muestra en la tabla 1.

Tabla 1: Comparación entre los medios de comunicación de España y Nicaragua a inicios de los noventa.

Descripción	España	Nicaragua
Código de Area	34	505
Ferrocarril	14,400.00 Km	376.00 Km
Vías pavimentadas	328, 641.00 Km	1,598.00 Km
Vías No pavimentadas	3,320.00 Km	13, 668.00 Km
Aeropuertos	106	198
Sistema Telefónico	15,350,464 Teléfonos	60,000 Teléfonos
Habitantes por Teléfonos	2.56 Hab./Tel.	70.11 Hab./Tel.
Canales de TV	100 canales	7 canales
Compañías de cable	465	44

Aunque la tabla no nos muestra el estado de vías de acceso, podemos suponer como una aproximación para establecer un elemento de juicio el que la porción de vías pavimentadas es las que se encuentran en estado aceptable o que reciben mantenimiento frecuente. Utilizando el criterio anterior, vemos que para nuestro país, de 15, 286 Km que representa el total de carreteras existentes, el 9.7% se encontraba en buen estado o bajo frecuente mantenimiento. Para España, lo anterior corresponde al 99%.

Comparando la infraestructura de telecomunicaciones vemos que en Nicaragua teníamos 70.11 Hab./Tel. (Esta es una cifra que probablemente no ha variado de forma significativa durante estos últimos años). Sumemos a esto el hecho de que la mayor densidad de usuarios de la PSTN se encuentra en las principales cabeceras departamentales del país y podemos deducir claramente que dicha red no existe en la mayoría de poblados rurales.

Aunque el sistema celular a través de BELL SOUTH ha venido a palear un poco la demanda de telecomunicación en la zona del pacífico del país, abriendo la posibilidad de telecomunicación desde y hacia las zonas rurales del mismo, esta empresa aún enfrenta el reto de ampliar su *área de servicio* hacia aquellas zonas con baja densidad de usuarios. No obstante, este es un medio de telecomunicación que puede ser una gran herramienta para INETER y Defensa Civil, ya que posibilita la comunicación con localidades remotas a través del uso de terminales que actualmente son de bajo costo. Sin embargo, un problema que prevalece aún son los costos de servicio los cuales son relativamente altos comparados con los de la PSTN.

Para las zonas donde ni la PSTN ni el sistema celular pueden ser una alternativa de telecomunicación, ya existen redes de cobertura global satelital tales como GLOBALSTAR, INMARSAT, e IRIDIUM. Estas redes permiten la transmisión de voz y datos casi desde cualquier punto del globo terrestre. Sin embargo, los costos tanto de equipo como de servicios de dichas redes son aún prohibitivos para implementarse en la prestación de servicios de telecomunicaciones en las zonas rurales del país debido a los bajos ingresos de sus pobladores. A pesar de ello, son una alternativa a considerar para brindar servicios de emergencia, inclusive en condiciones donde la red cableada puede estar o ser afectada por el desastre natural.

En momentos en que se requiere el despliegue de tropas para la evacuación de la población, la coordinación entre tropas es crucial. Bajo tales circunstancias, el uso de sistemas de comunicación satelital es una de las opciones más confiables a ser utilizadas. Los satélites por su posición son inmunes a efectos destructivos producto por ejemplo de huracanes. Esto no siempre es la condición de estaciones en tierra. Por ejemplo,

consideremos el sistema celular. La figura 1 muestra los elementos básicos que componen dicho sistema. Aquí, los usuarios móviles (o fijos) se comunican entre sí o con otros usuarios de la PSTN mediante *estaciones bases (BS)* ubicadas en el *área de servicio*. Un móvil hace uso de una BS particular para establecer comunicación bidireccional si entra dentro de su *área de Cobertura*, las cuales se ilustran por las celdas hexagonales en la figura 1. Si los sitios donde se encuentran ubicados las BS se ven afectados por un desastre natural (e.g. huracanes o tornados), la infraestructura de telecomunicación corre el riesgo de perderse.

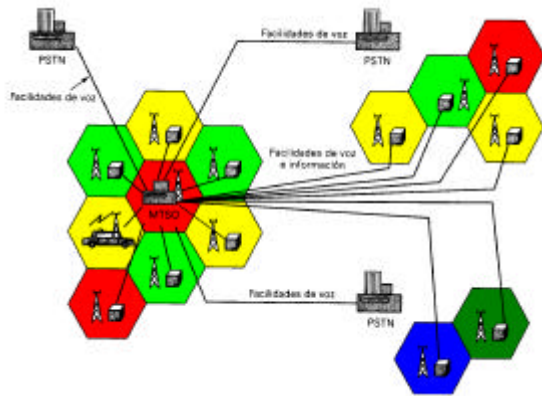


Fig. 1 : Estructura de un sistema celular. La comunicación entre la PSTN y un usuario móvil o entre usuarios móviles puede verse afectada si la infraestructura cableada o las estaciones bases(BS) fallan al momento de un desastre.

No es tan obvio el hecho de que en el diseño de redes celulares, el radio de una celda además de estar limitado por las condiciones de propagación de señales de radio, también lo está por la densidad de usuarios en el área de servicio y el número de canales disponibles por el operador. El que una BS se encuentre dentro del área de desastres es una condición que puede fácilmente encontrarse si tomamos en cuenta el hecho de que su radio de cobertura típico no excede los 30Km.

Además de la necesidad de comunicación para alertar y evacuar a la población; ésta es necesaria

para la supervisión de diferentes variables físicas que indiquen la posibilidad de ocurrencia fenómenos físicos en sitios de interés distribuidos, a esto nos referiremos como *monitoreo remoto*. El monitoreo remoto puede ser de tipo analógico o digital. En el monitoreo analógico, las variaciones *continuas* de una variable física son supervisadas a distancia. Como no hay posibilidades de almacenamiento de la información se requiere el empleo de un canal de comunicaciones dedicado para la transmisión. Esto requiere el empleo de métodos de transmisión empleando multiplexación ya sea en frecuencia (FDM) o en el tiempo (TDM).

Normalmente, la mayoría de variables físicas son de tipo analógico. Sin embargo, la conversión analógica a digital (A/D) previa permite el almacenamiento de la información colectada y realizar el monitoreo en forma digital, a este tipo nos referiremos como *monitoreo remoto de datos*. Las ventajas de este último sobre el analógico es la capacidad para el almacenamiento de datos lo cual permite contar con registros históricos de su comportamiento. Además, esta capacidad también permite la contención de los datos para su transmisión en demanda o bien a través de un canal de acceso compartido, es decir uno en el cual múltiples usuarios pueden hacer uso de él generando un tráfico mixto de información. Por ejemplo, una red de correo electrónico podría usarse a la vez para el monitoreo remoto de datos.

Ya que el problema de infraestructura de telecomunicaciones es uno de los principales problemas a enfrentar, sería deseable el poder establecer una red que porte un tráfico de información mixta como el descrito anteriormente y de bajo coste.

Una alternativa atractiva para comunicación de datos en áreas sin infraestructura de

telecomunicaciones es el uso de la tecnología de *Packet Radio*. Esta tecnología surge como una aplicación de las técnicas de conmutación de paquetes a través de canales de radio, a inicios de los años setenta.

Las redes de Paquetes por Radio (o Packet Radio) pueden soportar comunicaciones entre usuarios sobre una amplia área geográfica donde el uso de líneas telefónicas es difícil o no es posible. Tales redes pueden ser convenientes para aplicaciones de emergencia o militares, usuarios móviles, vigilancia de señales críticas y adquisición remota de datos de variables físicas, entre otras.

En una *Red de Paquetes por Radio (REDPR)* los mensajes son divididos en paquetes y éstos son enviados por el “éter” desde una estación a otra. Estas redes usualmente transportan paquetes entre estaciones (o nodos) equipadas con radio transceptores y un dispositivo inteligente de comunicación digital (ver por ejemplo fig. 2).

Una REDPR consiste de un número de nodos dispersas en un área geográfica relativamente extensa. Debido a las limitaciones de potencia o a pobres condiciones de radiopropagación, el rango de alcance de un nodo es limitado. En este caso, para transferir paquetes de información entre dos estaciones distantes se puede hacer uso de estaciones intermedias a través de un mecanismo de almacenamiento y envío, es decir, un nodo transmite a otro nodo, el cual a su vez retransmite el paquete. Este procedimiento es repetido hasta que el paquete arriba a su destino final. En cada fase de retransmisión, el nodo que en ese momento almacena el paquete hace uso de un *algoritmo de enrutamiento* que puede ser estático o dinámico para determinar el próximo nodo en la cadena de transmisión. Esta característica “*Multihop*” permite la expansión de la red con un costo relativamente bajo.

En el diseño de este tipo de redes se pueden identificar tres tipos de problemas [6]: *el problema de Múltiple Acceso*, es decir, ¿cómo asignar de forma eficiente recursos del espectro de radio frecuencias a cada enlace de transmisión o usuario?, *el problema de enrutamiento*; es decir, ¿cómo hacer que un mensaje encuentre su vía hacia el destino final?, esto es difícil principalmente si los nodos son móviles, y finalmente *el problema de control de la red*, es decir, ¿cómo el flujo de información en la red puede ser controlado y la integridad de los recursos de red ser mantenidos para sostener una comunicación confiable?, esto es difícil si la topología de red cambia constantemente.

Para permitir el uso del canal por múltiples usuarios, los sistemas de PR utilizan *contención o Acceso Múltiple por Multiplexión en el Tiempo (TDMA)* aleatoria tales como ALOHA y CSMA [2][3][4]. En estos esquemas, los nodos hacen decisiones de transmisión aleatorias de forma independiente para cada paquete. La ventaja de estos esquemas es su simplicidad, ya que no se requiere coordinación entre nodos. El resultado es un desempeño aceptable de la red bajo cargas de tráfico bajas, es decir, cuando la utilización eficiente de los recursos no es prioritaria. La desventaja es la condición de *colisión* inevitable bajo condiciones de tráfico moderadas y altas, es decir, la destrucción de paquetes transmitidos por dos o más estaciones que coinciden en tiempos de transmisión causando interferencia mutua y provocando pérdidas de paquetes, retransmisiones, retardos excesivos y pobre utilización de recursos.

En este artículo no trataremos los problemas relacionados con el diseño de la red de PR, en su lugar se asumirá una topología de red confiable y estática en la cual los enlaces entre estaciones de PR permiten la comunicación con calidad

adecuada. No obstante, trataremos algunos aspectos relacionados con el problema de múltiple acceso y el impacto del uso de CSMA como protocolo de acceso al medio (MAC) empleado en la adquisición de datos.

Conocer la estructura general de un sistema de PR para la adquisición remota de datos es el principal objetivo de este artículo sin importar la aplicación en particular, discutiremos esto en la sección 2. En la sección 3 se presenta la influencia del protocolo de acceso al medio empleado en PR. Aspectos claves en el diseño del software de adquisición se abordan en la sección 4. Un ejemplo de implementación para el monitoreo remoto desarrollado en conjunto con el departamento de seguimiento y evaluación de proyectos de ENEL se presenta en la sección 5 de este artículo. Finalmente, las conclusiones se presentan en la sección 6.

2. Estructura de un sistema de Adquisición Remoto de datos Empleando Packet Radio

La estructura modular de un sistema de Adquisición Remoto utilizando Packet Radio se muestra en la figura 1. Dos partes básicas constituyen el sistema, la primera es la *estación de adquisición* (o *Estación Remota*) que normalmente puede ser una o más estaciones ubicadas en los sitios de las variables físicas a ser monitoreadas. El segundo elemento lo constituye el *Centro de Adquisición* (o estación local) ubicado en el centro de supervisión o control donde los datos son procesados.

Para la comunicación con las estaciones de adquisición, el centro de adquisición requiere de una computadora personal (PC), un equipo de Control de Nodo Terminal (TNC) y un Transceiver (Radio Transmisor – Receptor). A su

vez, la estación de adquisición requiere la utilización de una unidad Telemétrica con sus sensores asociados, TNC, un Transceiver y la antena de transmisión atada al mismo. Ya que en los sitios remotos es posible que no se disponga de suministro de energía eléctrica, puede ser necesario el uso de paneles solares u otras fuentes de energía alternativa (por ejemplo eólica).

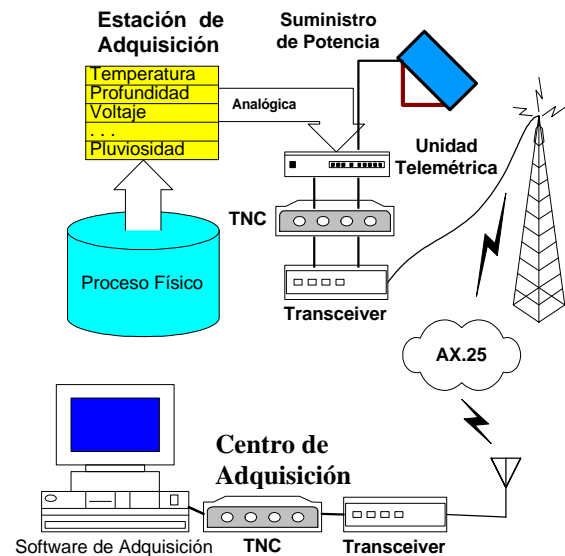


Figura 2: Estructura modular de un sistema de adquisición de datos empleando PR.

2.1 Equipo de Control de Nodo Terminal (TNC)

El equipo de nodo Terminal (TNC por sus siglas en inglés) es un módem para radio que básicamente se encarga de

- Ensamblar datos provenientes de la PC en paquetes. Los datos se transmiten a través de tramas que incluyen los nombre de las estaciones origen y destino del paquete, repetidoras digitales a ser empleadas (Digipeaters, no más de ocho) para alcanzar el destino, Checksum para detección de errores, hasta 256 bytes de datos y banderas de inicio y fin del paquete.

- Modular la información binaria para utilizar el rango de audiofrecuencias utilizado para transmisión de voz, a través del uso de esquemas de modulación digital, tal como FSK. La señal de audiofrecuencia resultante se transmite a través de la entrada de micrófono del transmisor.
- Programar la transmisión de paquetes empleando CSMA (Acceso Múltiple por Detección de Portadora) como protocolo de acceso al medio. El TNC escucha si existe o no presencia de portadora en el canal a través del radio, previo a la transmisión. Si el canal se escucha libre, el TNC decide de forma aleatoria si transmite o no. Si el resultado es si, el TNC activa el transmisor e intenta el envío del paquete. Si la respuesta es no, espera cierto tiempo antes de tomar la decisión nuevamente.
- Convertir señales de audiofrecuencia provenientes del receptor a bits de información a través del proceso de demodulación.
- Verificar la integridad de la información a través del Checksum incluido en la trama. Si un error ha ocurrido, solicita la retransmisión completa del paquete. Esto se conoce como ARQ (Automatic Request to send)
- Transmitir los datos recibidos hacia la PC.
- Otras funciones como la de almacenamiento y reenvío cuando la unidad se utiliza como digipeater (Repetidor Digital).

La integridad de la información recibida es fundamental en cualquier sistema de telecomunicaciones. En packet radio, empleando protocolos de acceso aleatorio como CSMA, dos o más estaciones pueden coincidir en tiempos de transmisión, destruyendo parte o todo el paquete transmitido. El empleo de ARQ garantiza la integridad de los datos recibidos a

través del empleo de códigos de redundancia cíclica (CRC) para la verificación de errores.

2.2 Unidad Telemétrica

La unidad telemétrica es un dispositivo inteligente diseñado para la adquisición y almacenamiento de datos. Esta unidad de adquisición cuenta normalmente con tres partes de interconexión:

- Puerto serie para comunicación entre la unidad y la PC
- Puerto serie de comunicación entre la unidad y el TNC
- Entradas del convertidor analógico a digital (usualmente más de una)

A través del puerto para conexión con la PC, se establece la programación de la unidad. Parámetros importantes aquí son: la definición de los sensores conectados a la unidad, definición del puerto y el nombre bajo el cual se identificará el sensor, los intervalos de muestreo, lo cual es dependiente de la rapidez de variación de la variable física. Las *unidades de medida* registradas por el dispositivo, correspondiente con el tipo de variable de entrada. Por ejemplo, si un sensor de temperatura esta conectado a una de las entradas de la unidad telemétrica, las unidades de la misma pueden ser, Celcius o Fahrenheit.

Una unidad telemétrica puede contar con entradas digitales y analógicas con niveles de entrada predefinidas. Por ejemplo, la unidad telemétrica de Kantronics, Telemetry Node, requiere que las variaciones de voltajes producidas por cambios en la variable física sobre el transductor empleado, este entre 0 y 5 voltios al aplicarse a la entrada de su convertidor Analógico - Digital. La mayoría de sensores producen niveles de variación pequeños que deben ser amplificados linealmente y luego adecuados para producir estos niveles de

desviación al producirse cambios de la variable

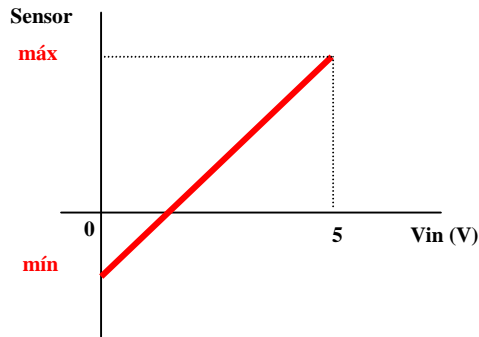


Figure 3: Relación de conversión lineal entre los valores de voltajes de entrada y su equivalente físico.

físicas entre sus valores de lectura mínimos y máximos. La unidad cuenta con un programa interno que permite definir el valor mínimo (correspondiente a 0 V de entrada) y el valor máximo (correspondiente a 5V de entrada) de variación lineal del sensor atado a la entrada del ADC. Este programa realiza una conversión lineal entre el valor de voltaje medido y los valores de variación establecidos. Esta relación se ilustra gráficamente en la figura 2.

Si el sensor no presenta una variación lineal entre los valores mínimos y máximos, se debe realizar las correcciones de error en el centro de adquisición. Una forma de hacer esto es colectando muestras de la lectura real versus la lectura lineal brindada por la unidad, luego utilizar métodos analíticos para establecer una función de error dependiente del valor leído. Por ejemplo, la función POLYFIT de Matlab permite encontrar los coeficientes de un polinomio de orden N que se ajusta a los valores de datos muestreados. Así, el programa de adquisición debe realizar la siguiente operación sobre cada dato leído:

$$X_{real} = X_{leído} + P(X_{leído})$$

$$X_{Leído} = \text{Valor leído por Unidad Telemétrica}$$

$$P(X_{leído}) = \text{Polinomio de Error}$$

$$X_{real} = \text{Valor de dato corregido.}$$

3. Influencia del Protocolo de Acceso al medio

El protocolo de Acceso al medio determina como los usuarios del canal de radio harán uso del mismo. En los sistemas de packet radio un canal es compartido por múltiples usuarios y el protocolo de acceso al medio mayormente utilizado es CSMA. Es este protocolo el que se emplea en AX.25. Este protocolo ha sido ampliamente estudiado por investigadores en el mundo y su mejora desempeño respecto a otros tiene su base en su capacidad de escuchar a estaciones vecinas durante la transmisión. El desempeño de este protocolo es pobre si existen terminales escondidas, es decir, terminales ubicadas a larga distancia o bien obstruidas por obstáculos que debido a limitaciones de potencia o pérdidas de propagación, no permiten que todas las estaciones se escuchen entre sí. Si esta condición se encuentra, el retardo de transmisión es alto y la eficiencia de utilización del canal de telecomunicaciones baja, ya que pueden ocurrir muchas colisiones.

El retardo de transmisión es de vital importancia en el monitoreo remoto de variables físicas. El objetivo primario en la supervisión de tales variables es el de responder con determinada acción ante la ocurrencia de un evento. Un ejemplo simple puede verse a través del control del nivel de agua en una presa utilizada para la generación de energía eléctrica. Si el nivel de agua es muy bajo, se debe detener la generación de energía. Esto corresponde a la acción de respuesta ante el evento observado. Por otro lado, si los niveles de agua son muy altos, se debe proceder a generar más energía o abrir compuertas para evitar desbordamientos. Si el retardo en la transmisión de la información es excesivo, en ambos casos pueden ocurrir daños serios. Aquí debemos entender por excesivo aquel tiempo en el cual la respuesta ocurre

demasiado tarde. En el ejemplo considerado, el tiempo de respuesta tolerable puede ser de varios minutos. En otras aplicaciones, el tiempo de respuesta requerido puede ser de segundos o décimas de segundo.

En los sistemas de packet Radio empleando CSMA sobre un canal de acceso compartido por otros usuarios, los tiempos de retardo son dependientes del tráfico. Así, en un sistema de transmisión a 1200 bps, un paquete de datos de 256 bytes puede tomar un retardo de transmisión desde fracciones de segundos a varios segundos. Cualquier sistema que vaya a soportar su supervisión en un canal de acceso compartido empleando este protocolo como acceso al medio deberá tolerar tales retardos en los tiempos de actuación.

Cuando el canal de radio se utiliza de forma exclusiva para el monitoreo remoto a través de una estación central y unidades telemétricas distribuidas geográficamente, la unidad central se encarga de interrogar a las unidades distribuidas (ver figura 3). Así, algunos ajustes pueden hacerse al protocolo CSMA y utilizar CSMA-persistente. En este caso, el único tráfico será el generado por la interrogación de la central al nodo en particular ya que las otras estaciones no transmitirán hasta que les toque su turno.

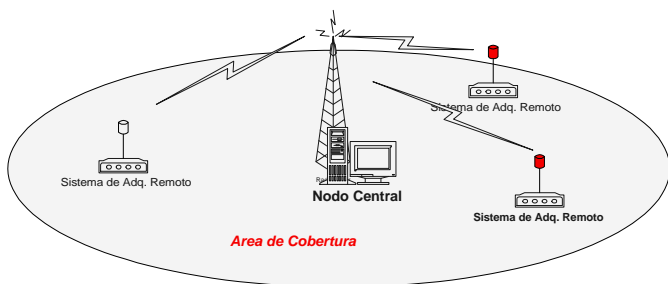


Figura 4: Red para adquisición de datos exclusivamente. El tráfico se genera en respuesta a interrogación del nodo central.

En la estrategia anterior, en lugar de emplear CSMA-persistente, el empleo de TDMA sería

más eficiente. Sin embargo, uno de los problemas en la implementación de este protocolo es la sincronización en transmisión cuando se tiene unidades distribuidas en zonas remotas. Aun que hoy en día es posible alcanzar sincronización a través del uso de sistemas de Posicionamiento Global (GPS), el diseño del sistema sería mucho más costoso

4. Diseño de Software de Adquisición

Las herramientas visuales para el diseño de software tales como Delphi, Visual C++, Visual Basic, C++ Builder, entre otros, permiten el desarrollo de programas de aplicación de forma rápida y con gran calidad. La elección de cual de estas herramientas de programación se debe emplear depende de la experiencia del programador con los mismos y el tipo de aplicación a desarrollar. Por ejemplo, alguien que tenga experiencia en la creación de programas empleando C o C++ podría optar por emplear Visual C++ o C++ Builder. En cualquier caso, la necesidad de desarrollar o no un software para la adquisición depende del cliente. Es el cliente quien decide el tipo de interface a usar, los formatos de almacenamiento de datos y la forma de mostrar gráficamente los datos colectados.

Los usuarios que deben tener una base de datos como parte de registros históricos para ver el comportamiento de una variable física, requerirán la creación de bases de datos en Excell o Access. La mayoría de los programas de desarrollo visual incorporan herramientas para la creación y manipulación de datos en estos dos formatos.

Las herramientas visuales permiten a su vez crear ambientes de interfaces de usuarios gráficas con relativa facilidad. De esta forma, el programador se concentra mayormente en el desarrollo de subrutinas para la adquisición y manipulación de datos.

Al igual que con la disposición de herramientas para la presentación de datos, se cuenta con herramientas para el control de interfaces de entrada/salida tales como puertos series o paralelos. Por tanto, el programador debe preocuparse por el procesamiento de la información que ha de recibir a través del puerto, en lugar de en la creación del código de control completo de la interfaz de entrada/salida. Entre las cosas que debe saber el programador están, saber como activar el puerto, como enviar datos al puerto y como recibir datos del puerto haciendo uso de procedimientos propios relacionados con la interface.

5. Ejemplo de Implementación

Un ejemplo de implementación de monitoreo remoto empleando packet radio se muestra en la figura 4. En esta aplicación, se desea monitorear el nivel de agua de una presa ubicada en la planta de generación hidroeléctrica Santa Barbara.

La unidad telemétrica empleada es un Kantronic Telemetry Node, el TNC empleado es un PK88 con modulación FSK a 1200bps (compatible con norma V.23 empleada en módems telefónicos), el radio

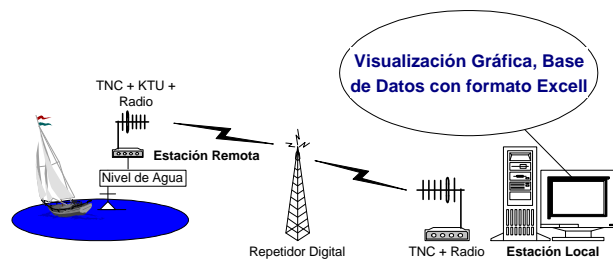


Figura 4: Sistema de monitoreo remoto del nivel de agua empleando Packet Radio. Se puede hacer uso de repetidores digitales para ampliar el área de cobertura.

utilizado es un Alinco DR610, capaz de transmitir a 1200 y a 9600bps. La unidad de

telemetría esta diseñada para operar con TNCs empleando AX.25 como protocolo de comunicación.

Se empleo el sensor WL300 para medir la profundidad del agua. El rango de medición del WL300 es de 0 y 60 pies produciendo variación de corriente lineal. A través de un circuito amplificador con compensación de offset se adecuan los niveles de variación de voltaje entre 0 y 5 voltios requeridos por la unidad telemétrica.

Basados en los requerimientos del cliente (la Empresa Nicaragüense de Energía) se desarrolló el programa de adquisición empleando C++ Bilder 1.0 con la interfaz gráfica mostrada en la figura 5.

En el desarrollo del programa se trato de crear una interfaz gráfica fácil de utilizar. Como se puede ver en la figura 5, solo se presentan tres botones en la barra de herramienta que son básicamente los que el usuario usará.

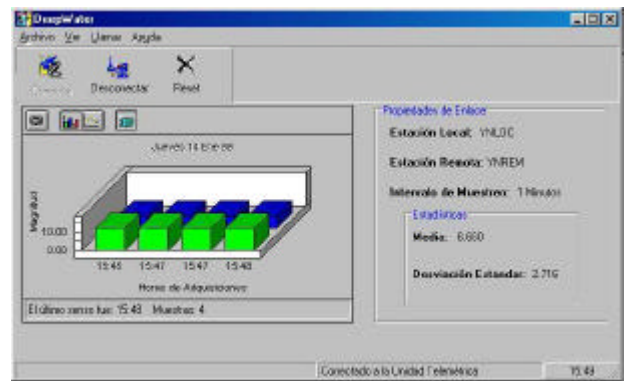


Figura 5: Programa DeepWater desarrollado en la UNI. Durante la ejecución del programa, los datos colectados se muestran gráficamente.

La simplicidad en la utilización del programa hacen que el usuario del mismo no necesite tener conocimiento alguno sobre Packet Radio.

El programa permite cambiar el tipo de gráfica de barras a línea, de 2 dimensiones a 3

dimensiones y copiar la imagen gráfica y colocarla en el porta papeles de Windows 95 para poder luego pegarla en cualquier otra aplicación.

Los parámetros de configuración requeridos por el programa son: nombre de la estación remota y nombre de la estación local, repetidoras digitales a ser empleadas para alcanzar la unidad remota (opcional), el intervalo de muestreo en minutos, y el puerto de comunicación serie en el cual esta conectado el TNC de la estación local. Estos parámetros son establecidos cuando el programa se ejecuta por primera vez, pero pueden ser modificados si es necesario.

Al mismo tiempo que se muestran los datos colectados gráficamente, estos se colocan en un archivo con formato Excell cuyo nombre refleja el mes y año. Dentro de la hoja de datos se almacenan los datos de los sensores leídos (pues puede haber más de un sensor conectado a la unidad), la hora y fecha de adquisición. Una hoja de datos es mantenida por cada sensor conectado a la unidad telemétrica. Los sensores conectados y programados en la unidad telemétrica son detectados automáticamente por el programa de adquisición.

6. Conclusiones

En este artículo se ha presentado la adquisición remota de datos a través de sistemas de Packet Radio. La estructura modular que constituye un sistema de adquisición de este tipo ha sido analizada a través de la descripción de cada uno de sus elementos. El trabajo aquí presentado puede servir como una guía en el desarrollo de sistemas de vigilancia y supervisión de variables físicas con aplicaciones en todos los campos, desde la prevención de desastres naturales hasta aplicaciones con fines productivos. El tipo de variables físicas a ser monitoreadas depende de la aplicación respectiva y esto a su vez determina el

tipo de procesamiento a ser realizada con los datos colectados. Sin embargo, la estructura y pasos tomados para su implementación a través del uso de packet radio seguirán siendo las mismas.

Finalmente, aunque el método de transmisión de la información aquí considerado ha sido Packet Radio, otros sistemas de telecomunicaciones, tal como el uso de módems combinados con teléfonos celulares, pueden ser empleados produciendo ligeros cambios sobre la estructura del sistema de adquisición remoto.

7. Referencias

- [1] Kahn, R. E., "The Organization of Computer Resources into a Packet Radio Network", IEEE Trans Comm., vol. COM-25, No.1, Jan 1977.
- [2] Abramsson, N., "The throughput of packet broadcast channels", IEEE Trans Comm, vol. COM-25, No.1, Jan 1977.
- [3] Silvester, J., Kleinrock, L., "On the Capacity of Multihop Slotted ALOHA Systems with a Regular Structure", IEEE Trans Comm, vol COM-31, no.8, Aug 1983.
- [4] Nelson, R, Kleinrock, L, "Spatial- TDMA, A collision-free multihop channel access protocol", IEEE Trans Comm., vol. COM-33, no. 9, Sept 1985.
- [5] Somarriba, O, "Multihop Packet Radio Systems in Rough Terrain", Licentiate Thesis, Radio Communication Systems, Department of S3, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, Oct. 1995.
- [6] Sánchez, M., Zander, J. "Adaptive Antennas in Spatial TDMA Multihop Packet Radio Networks", RVK 99, Sweden, June 99.
- [7] Sánchez, M., Zamora, I., "Mejoramiento y Optimización de Estación Seismet", Trabajo de tesis monográfico, Managua, Nicaragua, 1994.
- [8] García, E., Mena, G., "Monitoreo Remoto Empleando Packet Radio", Trabajo de Tesis (Reporte interno preliminar), UNI, Managua, Nicaragua.



Marvin Sánchez Garache, obtuvo su título de ingeniero Electrónico en 1995 en la Universidad Nacional de Ingeniería. Desde 1991 trabaja para la UNI en el departamento de sistemas digitales y telecomunicaciones. Actualmente es estudiante de Ph.D en el Instituto Real de

Estocolmo (KTH), Suecia. Su principal t3pico de investigaci3n son las redes de datos inal3mbricas. En su experiencia pr3ctica a implementado sistemas de adquisici3n remota de datos, y acceso a Internet v3a PR. Ha impartido m3ltiples cursos a empresas de telecomunicaciones relacionadas con la transmisi3n de datos.