

ANEXOS

En esta sección se muestran informaciones adicionales que no fueron exhibidas en las páginas anteriores.

Anexo 1

- **Nivel físico**

A nivel físico, un nodo debe ser capaz de enviar bits a cualquier otro nodo conectado a la red física. Las líneas eléctricas, al igual que el entorno radioeléctrico, son un medio hostil a la hora de emplearlo como canal de comunicaciones. Todo ello ha desembocado en el desarrollo de complejas técnicas de modulación y codificación que contribuyen a paliar los efectos negativos del canal de comunicaciones.

Los primeros intentos de utilizar las líneas eléctricas como sistema de comunicaciones empleaban una portadora entre 50 y 500 kHz modulada en frecuencia (FSK) o en amplitud (ASK). Sin embargo, estos módems requerían un ajuste constante y no funcionaban bien en un entorno tan cambiante y dinámico como es una línea eléctrica.

Para resolver estos problemas, se empezaron a utilizar técnicas mucho más complejas. En concreto, las técnicas que mejor se adaptaban a las tecnologías PLC son SS (*Spread Spectrum*) y OFDM. Esta última distribuye la información en portadoras adyacentes que son enviadas simultáneamente, y se emite, periódicamente, una secuencia de reconocimiento para medir el grado de atenuación existente en cada una.

La red eléctrica, al igual que ocurre con otro tipo de canales, es un medio compartido por todos los usuarios de la misma. Por tanto, a la hora de escoger un esquema de codificación y modulación apropiado, uno de los aspectos más

importantes será la gestión de acceso a ese medio compartido (multiplexación de accesos).

En general, existen tres estrategias de compartición de un canal de comunicaciones en función de cuál sea el aspecto de este que se comparte (tiempo, frecuencia o código). En la Multiplexación por División en Tiempo (TDMA, *Time Division Multiplex Access*) el tiempo de acceso al canal se divide en intervalos más pequeños que reciben el nombre de ranuras o *slots*. La siguiente figura muestra esta situación.

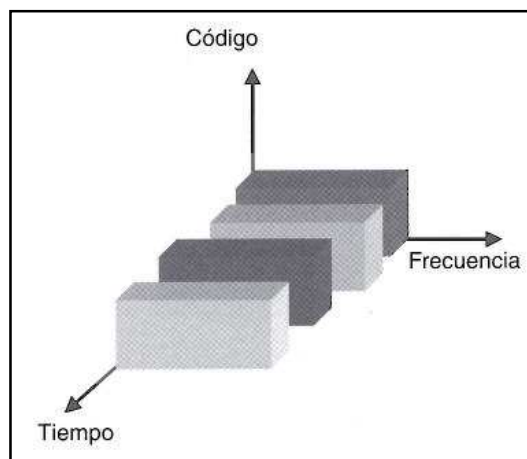


Figura 29. Acceso al medio TDMA

Cada ranura se asigna a un usuario, el cual empleará todo el ancho de banda del canal durante el tiempo de duración de dicha ranura. Por supuesto, las ranuras no utilizadas pueden asignarse a otros usuarios. Este esquema es el empleado en telefonía móvil GSM.

Si, en cambio, la característica del canal que se comparte es la frecuencia, el ancho de banda total del canal se divide en subcanales de ancho de banda más pequeño y se asigna cada subcanal a un usuario, que utiliza exclusivamente su subcanal durante todo el tiempo que dura la comunicación. A este esquema de acceso al medio se le denomina multiplexación por división en frecuencia (FDMA, *Frequency Division Multiplex Access*). La figura 30 ilustra ese ejemplo.

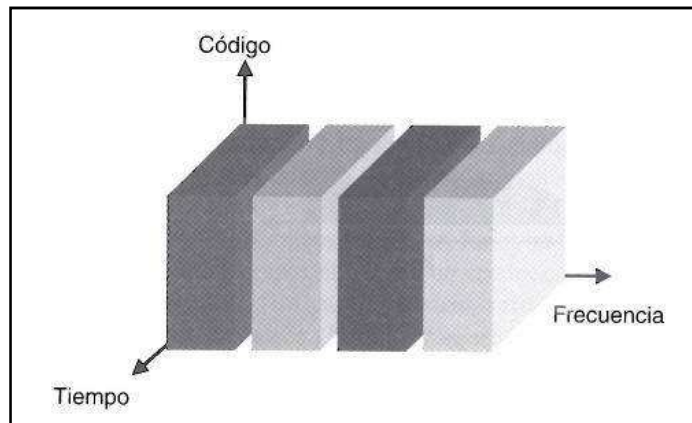


Figura 30. Acceso al medio FDMA

Finalmente, en los sistemas CDMA (*Code Division Multiplex Access*), cada usuario dispone de un código diferente al resto de usuarios y es escogido de tal forma que, si todos los usuarios transmiten su información codificada con su código a la vez por el canal, no se interfieran los unos con los otros. Ésta es la solución elegida para PLC. La figura 31 ilustra el sistema CDMA.

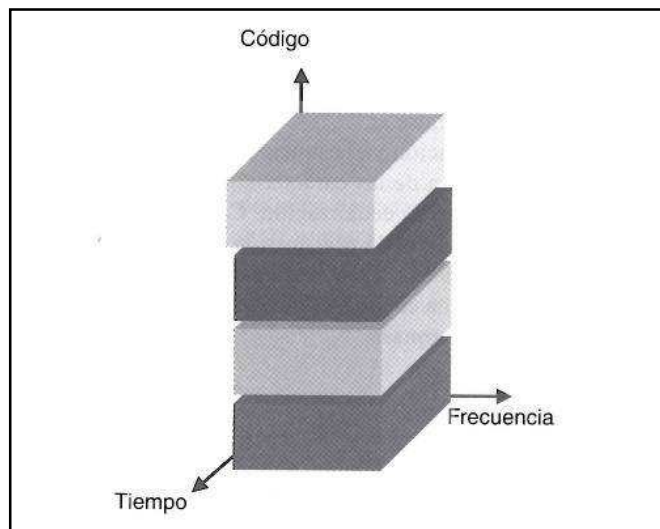


Figura 31. Acceso al medio CDMA

La Multiplexación por División en Código constituye la base de las técnicas de espectro ensanchado (SS, *Spread Spectrum*); de hecho, el ensanchado del espectro se lleva a cabo empleando una secuencia pseudoaleatoria que no es, ni más ni menos, que el código a que se hacía referencia en la definición de CDMA. Esta secuencia debe cumplir una serie de condiciones cuya consecuencia no es otra que producir el

ensanchamiento de la señal de transmisión y el desensanchamiento de la misma en recepción. Así, al transmitir la señal de datos, ésta se multiplica por la secuencia pseudoaleatoria. En su camino hacia el destino, el canal introducirá interferencias que degradaran la calidad de la señal. El proceso en recepción consiste en volver a utilizar la misma secuencia pseudoaleatoria para obtener fácilmente la señal transmitida. Todo esto queda más claro en la figura 32.

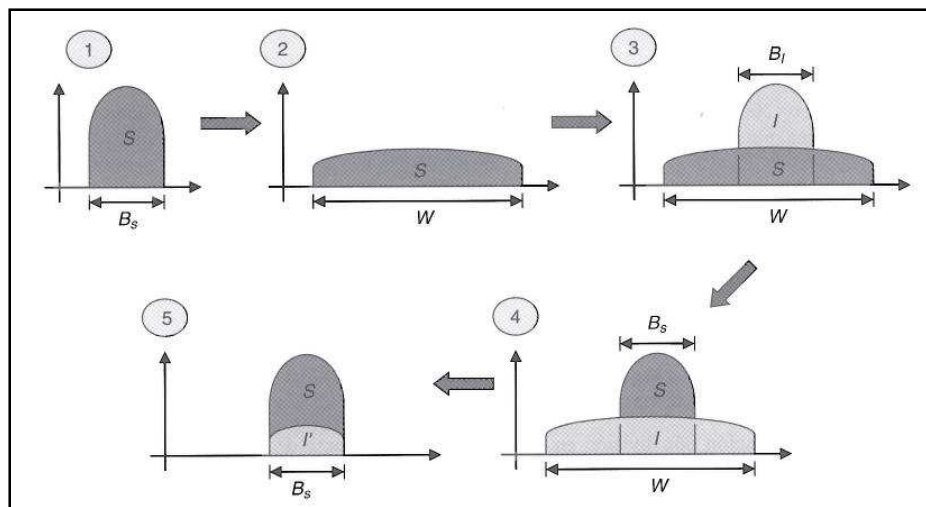


Figura 32. Ensanchado y desensanchado del espectro

En la figura anterior, la señal S de ancho de banda B_s (1) se multiplica por la secuencia pseudoaleatoria para obtener la señal ensanchada (2) con un ancho de banda W . Esta señal será transmitida por la línea eléctrica (en general, por el canal de comunicaciones), donde se le añadirá la señal interferente I en una banda de frecuencias B_I (3). Ya en el receptor, multiplicamos la señal recibida (señal de datos más señal interferencia) por la misma secuencia pseudoaleatoria empleada en el origen, lo que tiene como efecto el desensanchado de la señal de datos y el ensanchado de la señal interferente (4). Finalmente, tras un filtrado (5) obtenemos la señal de datos con mucho más nivel que la señal interferente, facilitando así el proceso de recuperación de la información original. Esta técnica se denomina espectro ensanchado por secuencia directa (DSSS, *Direct Sequence Spread Spectrum*).

Existe otra posibilidad, y es procurar que no haya nunca dos usuarios utilizando las mismas frecuencias. Esto es lo que se conoce como espectro ensanchado por salto en frecuencia (FHSS, *Frequency Hopping Spread Spectrum*), consiste en la utilización de la secuencia pseudoaleatoria para obtener las frecuencias de transmisión de los usuarios en cada instante. Puesto que las secuencias no coinciden para usuarios diferentes, las frecuencias tampoco lo harán.

La modulación OFDM constituye una técnica efectiva para minimizar los efectos de la propagación multicamino. OFDM reduce la interferencia intersimbólica (ISI, *Inter-Symbol Interferente*), consiguiendo que el período de símbolo sea mucho más ancho que el ensanchamiento del retardo del canal (*delay spread*). OFDM se basa en el empleo de un conjunto discreto de subportadoras o tonos. Cada uno de estos tonos tiene una frecuencia diferente y ortogonal al resto, de modo que no interfieren entre sí.

Sea cual sea la técnica de codificación y el esquema de modulación empleados, debe salvar dos obstáculos importantes consecuencia de las características cambiantes del canal en cuanto a ruido y atenuación: sincronización y la ecualización. Cuanto mayor sea el período de señalización, mayor será la probabilidad de que la transmisión resulte dañada. Un procedimiento de sincronización rápida permite que los datos se envíen en tramas cortas, maximizando la probabilidad de recepción y permitiendo una ecualización trama a trama.

- **Nivel de enlace**

Independientemente de la implementación de nivel físico, es posible que ocurran errores. Para garantizar una comunicación fiable sobre líneas eléctricas, es necesario tener en cuenta las técnicas de control y corrección de errores y fragmentación de los paquetes grandes en tramas.

La segmentación y el reensamblado permiten trabajar con tramas más cortas, lo que asegura, que el tráfico de alta prioridad no sufra grandes retardos derivados de paquetes de gran tamaño.

El control de errores es un aspecto muy importante de cualquier sistema de comunicaciones, puesto que indica cómo proceder cuando se pierde información o ésta sufre algún daño. Dentro de los mecanismos de control de errores, las técnicas de ARQ (*Automatic Repeat Request*) ocupan un papel fundamental. Estas técnicas tienen un funcionamiento muy simple: la fuente no volverá a enviar información hasta que no recibe un reconocimiento positivo por parte del otro extremo (ACK, *Acknowledgment*). En caso contrario, retransmitirá el mismo paquete. La recepción de un reconocimiento negativo (NACK, *Negative Acknowledgment*) de un paquete indica que este ha sido recibido por el destino pero existe algún error en el paquete. En general, existen tres variantes de ARQ: *parada y espera*, *de ventana deslizante* y *repetición selectiva*.

En un protocolo de *parada y espera*, la fuente transmite una trama de datos y espera el reconocimiento (positivo o negativo) durante un cierto tiempo. En el ejemplo de la figura 33, la fuente envía una trama número N . El destino, si la recibe correctamente, envía de vuelta un ACK con el número de la secuencia $N+1$, indicando que ha recibido correctamente la trama N y está esperando la $N+1$.

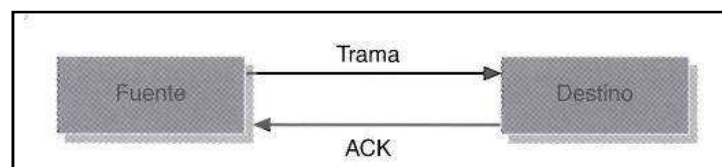


Figura 33. Control de errores por parada y espera

En un protocolo de este tipo, pueden ocurrir dos errores:

El mensaje recibido por el destino puede ser erróneo, por lo que el destino no enviara el ACK. En este caso, la fuente esperara cierto tiempo antes de retransmitir la trama original. Otra posibilidad es que el destino envíe un NACK indicando al origen que el mensaje no llegó correctamente. El otro error posible es que se pierda la señal de ACK. En este caso, transcurrida la espera, la fuente volverá a enviar la trama. El principal inconveniente de este protocolo es que en situaciones de alta carga introduce retardos elevados debido a que es necesario reconocer cada trama.

Otro mecanismo de control de errores muy frecuente es el basado en ventana deslizante, también llamado de vuelta atrás (*Go back N*). En un esquema de este tipo, existen N paquetes esperando el reconocimiento por parte del destino. Si no existen errores en la transmisión, el destino envía un reconocimiento positivo RR (*Receiver Ready*). Si, por el contrario, el destino detectara un error en alguna trama, enviaría un reconocimiento negativo (REJ, *Reject*) de esa trama concreta y rechazaría cualquier trama que le llegase hasta que no recibiera una versión válida de la trama errónea. Por tanto, cuando la fuente recibe un REJ, solo debe retransmitir la trama errónea y todas las posteriores. En un protocolo de este tipo, existen tres posibles situaciones erróneas:

La fuente envía la trama K y después de esta, la $K+1$. Si la trama K se pierde, el destino, al recibir la trama $K+1$, enviará al origen una trama REJ con número de secuencia K , indicando que no ha recibido la trama K . En este caso, la fuente retransmitirá la trama K y todas las posteriores.

La fuente envía la trama L . En el supuesto que esta trama sea la última de todas y que se pierde, no recibirá ningún reconocimiento de la misma. En este caso, la fuente envía una trama especial al destino que le forzará a enviar una trama RR indicando la trama que está esperando. En el caso de que se pierda un RR o un REJ, se sigue un procedimiento similar al anterior.

Finalmente, en un protocolo de repetición selectiva, solamente se retransmiten las tramas de las que se recibe un reconocimiento negativo. Este esquema es mucho más eficiente que el de ventana deslizante porque solamente se retransmiten las tramas erróneas, aunque requiere *buffers* de memoria de tamaño considerable y una lógica mucho más compleja para garantizar la secuencia correcta de la información.

En algunos sistemas PLC se emplea un sistema híbrido entre este tipo de técnicas y las basadas en CSMA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection* o Acceso Múltiple con Censado de Portadora y Detección de Colisiones). El protocolo se guía por el siguiente algoritmo:

El nodo comprueba si el canal está activo, si por el contrario, no está siendo utilizado por ningún otro nodo. El nodo que ha transmitido espera un reconocimiento (positivo o negativo) del receptor que le indique si el envío ha tenido éxito o no. Si se recibe un NACK y el canal está inactivo, se retransmite la trama en cuestión tras esperar un cierto tiempo determinado por un algoritmo de *backoff*. Si se recibe un ACK, se transmitirá el siguiente paquete tan pronto como el canal esté inactivo

- **Nivel de acceso al medio**

La naturaleza de las líneas eléctricas hace que los protocolos de MAC tradicionales no resulten adecuados y haya que pensar en otro tipo de esquemas. El método escogido determina, en gran medida, la capacidad de la red para soportar gran cantidad de nodos. En este sentido, a medida que aumenta el número de nodos de la red, una aproximación basada en CSMA disminuye notablemente el rendimiento (*throughput*) de la red debido a los mecanismos de contención. Por esta razón, el acceso al medio en líneas eléctricas se basa en un protocolo por paso de testigo.

Los protocolos basados en paso de testigo (*Token Ring*) son de carácter determinista y aseguran a todo nodo de la red que podrá transmitir información en un tiempo acotado, incluso en un entorno ruidoso. Puesto que cada nodo de la red tiene una posición diferente, cada nodo recibe la señal con una distorsión y ruido distintos. Por tanto, existe la posibilidad de que un nodo esté transmitiendo y haya algún nodo que no reciba dicha transmisión. Este problema queda resuelto con un protocolo por paso de testigo puesto que un nodo no puede transmitir mientras no tenga el testigo.

Un nivel de MAC por paso de testigo se construye sobre el empleo de dos temporizadores:

- TRT (*Token Rotation Time*): Es el tiempo máximo que un nodo debe esperar para conseguir el testigo y debe elegirse de modo que se alcance un compromiso entre la latencia de la red y el ancho de banda consumido.

- THT (*Token Hold Time*): Indica el tiempo máximo que un nodo puede transmitir antes de pasar el testigo al siguiente nodo. El empleo de THT asegura ancho de banda para todos los nodos en la red.

Anexo 2

Para lograr una mejor comprensión de la estructura visual de las aplicaciones interactivas, se muestra la botonera típica que cuenta el mando a distancia o control remoto de un STB de TDT.



Figura 34. Botonera de un control de Televisión Digital

A continuación se exhiben las imágenes que muestra en pantalla la aplicación interactiva “Servicios públicos al día”.



Figura 35. Pantalla principal de la aplicación

¡Servicios públicos al día!

Para consultar su factura, siga los siguiente pasos:

(a) Ingrese: código de área y número de teléfono

[] []

Ejemplo: (0212)9876543

(b) Pulse el botón verde para enviar sus datos

Este servicio tiene un costo de ...

cantv
mueve la fibra nacional

Figura 36. Solicitud de ingreso del número de teléfono del usuario

¡Servicios públicos al día!

El saldo actual de su factura de CANTV es:

Bs. 123,45

Debe cancelar su factura antes del: 15 de septiembre de 2008

¿Dónde puedes pagar tu factura?

cantv
mueve la fibra nacional

Figura 37. Saldo actual del servicio telefónico

¡Servicios públicos al día!

Formas de pagar tu factura de CANTV:

1 Bancos

2 Taquillas de paso CANTV

3 Pago domiciliado a tu tarjeta de crédito

cantv
mueve la fibra nacional

Figura 38. Formas de pago del servicio telefónico



Figura 39. Posibles agencias bancarias donde cancelar el servicio

A continuación se exhiben las imágenes que muestra en pantalla la aplicación interactiva “Mercados populares”.



Figura 40. Pantalla principal de la aplicación

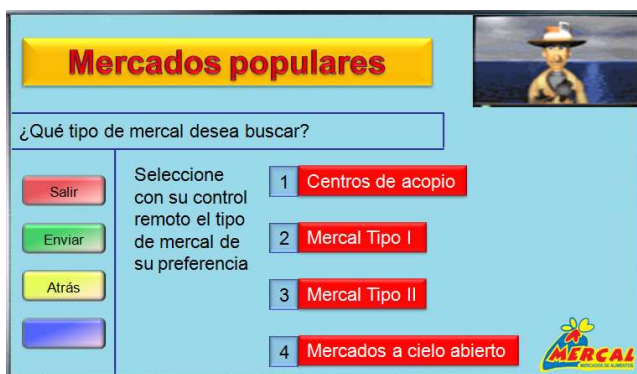


Figura 41. Solicitud de selección del tipo de Mercado popular



Figura 42 Solicitud del estado donde se desea realizar la búsqueda



Figura 43. Ubicación en mapa del Mercado solicitado

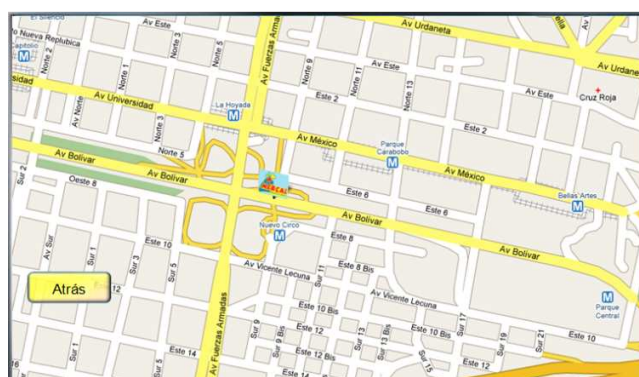


Figura 44. Muestra del mapa en pantalla completa