

Introducción a la **transmisión digital** de señales analógicas de audio y vídeo



La mayoría de las personas suponen que la tendencia en las comunicaciones ha sido el paso de analógico a digital. En realidad, la comunicación digital llegó primero. El primer medio práctico de comunicación electrónica se realizó por medio del código Morse, que es digital. Sin embargo, no es binario, ya que utiliza tres elementos (punto, raya y espacio) en lugar de dos.

Alfredo Borque Palacín

Muchas de las señales utilizadas en la comunicación moderna son digitales (por ejemplo, los códigos para los caracteres alfanuméricos y los datos binarios utilizados en los programas de computadora). También en la transmisión de señales analógicas a menudo se utilizan técnicas digitales. Digitalizar una señal suele dar como resultado una mejor calidad de transmisión, con una reducción de distorsión y una mejora en la relación señal a ruido.

En la figura 1 se muestran varios tipos posibles de transmisión de señales. En la figura 1(a) se envía una señal analógica sin modulación en un canal. Un ejemplo representativo es un sistema ordinario de altavoces para conferencias en exteriores que consiste en un micrófono, un amplificador y un altavoz, y como canal un conductor.

En la figura 1(b) se muestra la transmisión analógica usando modulación y desmodulación. La difusión de radio y televisión son dos buenos ejemplos.

En las figuras 1(c) y 1(d) se empieza en una señal digital (por ejemplo, un archivo de datos de una computadora). En (c), el enlace maneja directamente algún tipo de señal de pulsos digitales. En (d), el canal no puede transmitir pulsos de manera directa (un canal de radio, por ejemplo, requiere un proceso de modulación, y una conexión telefónica ordinaria no para señales de cd). En estos casos la señal digital se modula en una portadora en un extremo y se desmodula en el otro. El módem mostrado es una combinación de modulador y desmodulador.

En las figuras 1(e) y 1(f) se muestra una señal analógica que se digitaliza en el transmisor y se convierte de nuevo a la forma analógica en el receptor. La diferencia entre estos dos sistemas es que en (e) la transmisión es digital, en tanto que en (f) el canal de transmisión no puede transportar pulsos, de modo que se requiere modulación y desmodulación.

La transmisión analógica de señales analógicas, como la voz, al parecer tiene sentido. De hecho, es más simple que convertir la señal a digital y luego volverla a su estado original. De manera similar, al parecer es evidente que las señales que empiezan como digitales, como el contenido de memorias de computadora, deben mantenerse en forma digital hasta donde sea posible. Lo que a primera vista parece difícil es

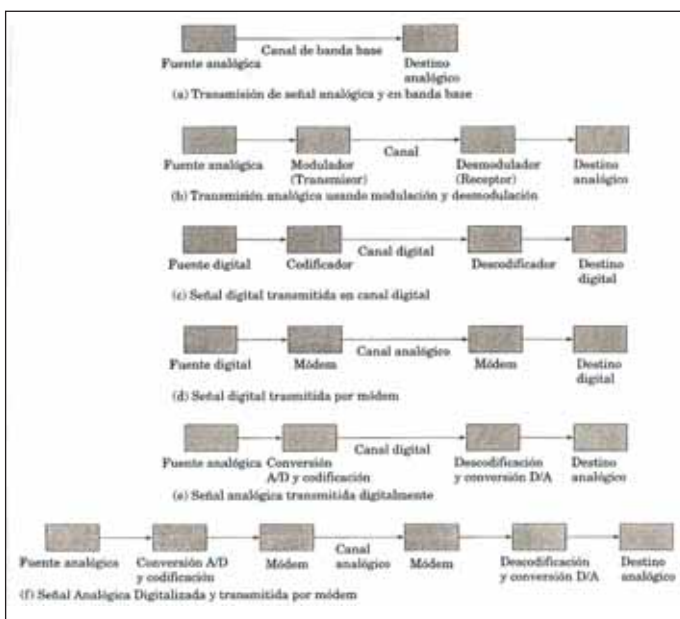


Figura 1

la idea de convertir las señales analógicas a la forma digital para transmisión. En realidad, el uso de técnicas digitales con señales analógicas es una de las áreas de más rápido crecimiento en las comunicaciones por varias buenas razones.

Los efectos del ruido y la distorsión en señales analógicas, una vez presentes es muy difícil eliminarlos. Además, los efectos de estas anomalías son acumulativos. El ruido se agrega en el transmisor, en el canal y en el receptor. Si en el sistema de comunicación hay varios recorridos por los amplificadores y canales, como en un sistema telefónico de larga distancia, la relación señal a ruido disminuye poco a poco al aumentar la distancia desde la fuente.

Los sistemas digitales no son inmunes al ruido y a la distorsión, pero es posible reducir su efecto. Consideremos la señal digital simple mostrada en la figura 2.

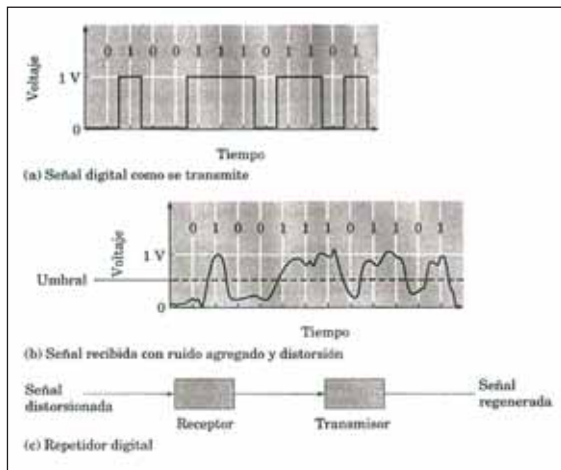


Figura 2

Supongamos que un transmisor genera 1 V para un uno binario y 0 V para un cero binario. En el receptor que cuenta con un umbral de decisión en 0,5 V se examina la señal a la mitad del pulso; es decir, se considera como un uno cualquier señal con una amplitud mayor que 0,5 V, y cualquier amplitud menor que esa representa un cero. En la figura 2(a) se ilustra la señal tal como sale del transmisor, y en la figura 2(b) se muestra después que pasa por un canal que agrega ruido y distorsión al pulso. A pesar del ruido y la distorsión, el receptor no tiene dificultad para decidir correctamente si la señal es cero o uno. Puesto que el valor binario del pulso es la única información en la señal, la distorsión no tuvo efecto en la transmisión de la información.

La señal perfectamente recibida de la figura 1(b) podía utilizarse para generar un nuevo tren de pulsos que se enviarían por el canal. Esta combinación de receptor-transmisor, denominada repetidor regenera-

tivo e ilustrada en la figura 2(c), no sólo no agregó distorsión propia, sino que también eliminó los efectos del ruido y la distorsión que agregó el canal antes del repetidor. Al parecer se logró el evasivo objetivo de transmitir sin distorsión.

Sin embargo, como en la mayoría de las áreas de la vida, es imposible la perfección absoluta. Puesto que el ruido es aleatorio, un pulso de ruido puede tener cualquier amplitud, entre otras una que causa una transición al nivel equivocado. De manera similar, la distorsión extrema de los pulsos puede causar errores. Estos problemas se demuestran en la figura 3. Los errores nunca se eliminan por completo, pero con la elección juiciosa de parámetros como niveles de señales y tasas de transferencia de bits, es posible reducir la probabilidad de errores a un valor muy pequeño. Incluso hay técnicas para detectar y corregir algunos de los errores.

La otra fuente principal de error en la transmisión digital de señales analógicas aparece en la conversión de la señal analógica infinitamente variable a la forma digital. Es inevitable que con esta conversión se pierda alguna información y se cree cierta cantidad de ruido y distorsión. Sin embargo, una vez más es posible predecir con bastante precisión la cantidad de error que se introduce y reducirla a algún valor requerido.

Otras ventajas de la comunicación digital son la conveniencia de la multiplexión y la conmutación. La multiplexión por división de tiempo es bastante fácil con las señales digitales, y en el mismo canal se multiplexan varios tipos de señal, por ejemplo, voz y datos.

Las únicas desventajas reales en los sistemas digitales son su mayor complejidad y que requieren un ancho de banda de transmisión más grande. Con los circuitos integrados digitales de gran escala y bajo costo se reducen la dificultad y los gastos de construir circuitería compleja, y con las ingeniosas técnicas de compresión de datos, combinadas con medios de ancho de banda más amplio como el cable de fibra óptica, se está empezando a disminuir el costo del requerimiento de mayor ancho de banda. En general, las ventajas contrarrestan las desventajas.

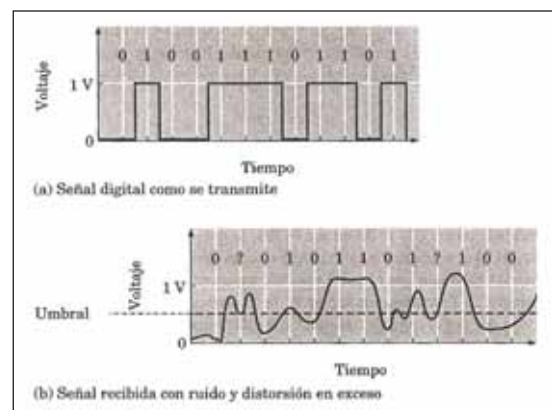


Figura 3