

ruido, la salida del demodulador podrá configurarse de variadas maneras, lo cual conducirá a diferentes modelos de canal.

El canal discreto sin memoria más sencillo resulta del uso de símbolos de entrada binarios y símbolos de salida binarios. Al usar la codificación binaria, el modulador tiene solamente como entradas los símbolos binarios 0 y 1. De igual manera el decodificador tendrá sólo entradas binarias si la salida del demodulador se cuantifica en binario, es decir que en el demodulador se toma una *decisión rigurosa* acerca de cual símbolo fue realmente transmitido. En este caso se tendrá un canal simétrico binario, con un diagrama de probabilidades de transición como el ilustrado en la figura 10.8(a). El canal simétrico binario sometido a ruido aditivo gaussiano y blanco, queda totalmente descrito por la probabilidad de transición p .

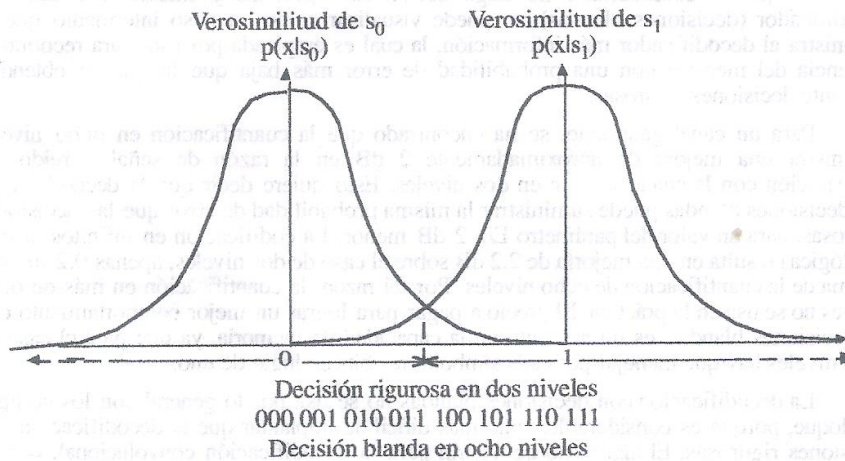


Figura 10.7
Decisiones de decodificación rigurosas y blandas

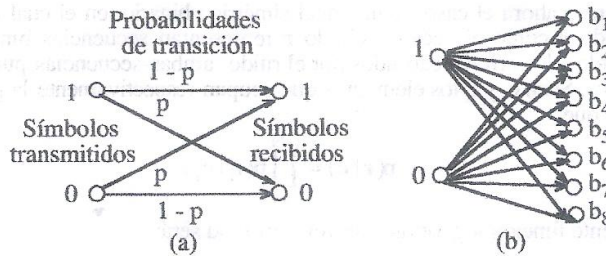


Figura 10.8
Relaciones de entrada/salida del canal:
a) binario; b) multinivel

Si a la salida del demodulador se emplea un cuantificador multinivel, el modulador seguirá teniendo las entradas binarias 0 y 1, pero la salida del demodulador tendrá un alfabeto de tantos símbolos como niveles de cuantificación tenga el cuantificador, por ejemplo Q símbolos. Tal situación queda ilustrada en la figura 10.8(b) para el caso de $Q = 8$ niveles de cuantificación; en ella los b_i se corresponderán con los grupos de tres dígitos binarios mostrados en el eje de las abscisas de la figura 10.7.

Cuando el demodulador envía una decisión binaria rigurosa al decodificador, envía un símbolo binario solo. Cuando el demodulador envía una decisión binaria blanda, cuantificada por ejemplo en ocho niveles, envía al decodificador una palabra de tres bits que describe un intervalo a lo largo de $r(T)$. El envío de una palabra de tres bits en lugar de un solo bit, equivale a enviar al decodificador una medida de confianza junto con el código del símbolo. Volviendo a la figura 10.7, si el demodulador manda al decodificador la palabra 111, esto equivale a declarar con bastante confianza que el símbolo es un "1", mientras que si se envía la palabra 100 equivaldría a decir con muy poca seguridad que el símbolo es un "1". En este momento es importante aclarar que en definitiva toda decisión que salga del decodificador acerca del mensaje, debe ser una decisión rigurosa, pues ningún sistema trabajará con decisiones del tipo "quizás es un 1" ó "quizás es un 0". La idea que yace detrás de que el demodulador no haga decisiones rigurosas y mande más datos al decodificador (decisiones blandas), se puede visualizar como un paso intermedio que le suministra al decodificador más información, la cual es empleada por éste para recobrar la secuencia del mensaje con una probabilidad de error más baja que la que se obtendría mediante decisiones rigurosas.

Para un canal gaussiano, se ha encontrado que la cuantificación en ocho niveles suministra una mejora de aproximadamente 2 dB en la razón de señal a ruido, en comparación con la cuantificación en dos niveles. Esto quiere decir que la decodificación con decisiones blandas puede suministrar la misma probabilidad de error que las decisiones rigurosas, para un valor del parámetro E/η 2 dB menor. La codificación en infinitos niveles (analógica) resulta en una mejoría de 2.2 dB sobre el caso de dos niveles, apenas 0.2 dB por encima de la cuantificación de ocho niveles. Por tal razón, la cuantificación en más de ocho niveles no se usa en la práctica. El precio a pagar para lograr un mejor comportamiento con las decisiones blandas, es un aumento en la capacidad de memoria, ya que para el caso de ocho niveles hay que manejar por cada símbolo tres bits en lugar de uno.

La decodificación con decisiones blandas no se usa por lo general con los códigos de bloque, porque es considerablemente más difícil de implantar que la decodificación con decisiones rigurosas. El algoritmo de Viterbi para la decodificación convolucional, que se estudiará en breve, representa el uso más extendido de las decisiones blandas, debido a que en tal caso el incremento en la capacidad de computación resulta trivial.

Considérese ahora el caso de un canal simétrico binario, en el cual tanto el vector código transmitido \mathbf{c} como el vector recibido \mathbf{r} representan secuencias binarias de cierta longitud N . Debido a los errores causados por el ruido, ambas secuencias pueden diferir en algunos elementos. Sean c_i y r_i los elementos que ocupan respectivamente la posición i en \mathbf{c} y en \mathbf{r} . Se tendrá que

$$p(\mathbf{r} | \mathbf{c}) = \prod_{i=1}^{i=N} p(r_i | c_i) \tag{10.3}$$

y la correspondiente función logarítmica de verosimilitud será:

$$\ln p(\mathbf{r} | \mathbf{c}) = \sum_{i=1}^{i=N} \ln p(r_i | c_i) \tag{10.4}$$

En el canal simétrico binario se tendrá que

$$p(r_i | c_i) = \begin{cases} p & r_i = c_i \\ 1 - p & r_i \neq c_i \end{cases} \tag{10.5}$$