

Trabajo Práctico N° 5

Canales para la transmisión de información

Medios de transmisión. Canales de información. Protocolos. Probabilidades asociadas a un canal. Entropías a-priori y a-posteriori. Equivocación de un canal. Información mutua. Propiedades de la información mutua.

1. Un canal recibe mensajes construidos con un alfabeto de tres símbolos $A = \{a, b, c\}$ y genera una salida mediante un alfabeto de dos símbolos $B = \{0, 1\}$. La entrada del canal se caracteriza por la siguiente secuencia: abcacaabbcacaabcaaaabcaca, que genera la siguiente secuencia de salida: 01010110011001000100010011. Determinar las probabilidades a priori y la matriz del canal.
2. Codificar una función en Python que reciba como parámetros dos cadenas de caracteres que contengan secuencias de entrada y de salida de un canal y retorne la matriz que representa dicho canal.
3. Dadas las siguientes secuencias de entrada y sus respectivas salidas, las cuales describen el comportamiento de los canales, calcular las probabilidades a priori y la matriz del canal.

	Canal 1	Canal 2
Entrada	1101011001101010010101010100011111	110101100110101100110101100111110011
Salida	1001111111100011101101010111110110	110021102110022010220121122100112011

4. Dado un canal binario con entradas equiprobables y cuyas salidas siempre son iguales a las entradas, obtener las probabilidades de salida, a posteriori y de los eventos simultáneos. Analizar los resultados obtenidos.
5. Volver a realizar los cálculos del ejercicio anterior, pero considerando las probabilidades a priori $P(0) = 0.2$ y $P(1) = 0.8$. Comparar los resultados obtenidos.
6. Considerar un canal que recibe mensajes de un alfabeto $A = \{a, b, c\}$, con probabilidades $P = \{0.3, 0.3, 0.4\}$, y entrega mensajes con un alfabeto $B = \{1, 2, 3\}$, caracterizado por la siguiente matriz de probabilidades condicionales:

	1	2	3
a	0.4	0.4	0.2
b	0.3	0.2	0.5
c	0.3	0.4	0.3

- a. Calcular las probabilidades de los símbolos de salida
- b. Obtener las probabilidades a posteriori del canal
- c. Determinar las probabilidades de los eventos simultáneos

7. Realizar funciones en Python que reciban como parámetros: una lista con las probabilidades a priori y la matriz de probabilidades condicionales del canal, y devuelvan:
 - a. Una lista con las probabilidades de los símbolos de salida
 - b. Una matriz con las probabilidades a posteriori del canal
 - c. Una matriz con las probabilidades de los eventos simultáneos
8. Obtener las probabilidades de los símbolos de salida de los canales propuestos en los ejercicios 1 y 3. Comparar los resultados obtenidos de dos maneras distintas: a partir de las secuencias de salida y utilizando las probabilidades a priori y la matriz del canal.
9. Calcular las probabilidades a posteriori y de los eventos simultáneos de los canales propuestos en los ejercicios 1 y 3.
10. Determinar las entropías a priori y a posteriori de los siguientes canales binarios:

Canal	Probabilidades a priori	Matriz del canal	
C1	{ 2/5, 3/5 }	3/5 1/3	2/5 2/3
C2	{ 3/4, 1/4 }	2/3 1/10	1/3 9/10

11. Desarrollar una función en Python que reciba como parámetros: una lista con las probabilidades a priori y la matriz de probabilidades condicionales del canal, y retorne una lista con las entropías a posteriori.
12. Obtener las entropías a priori y a posteriori de los canales de los ejercicios 1, 3 y 6.
13. Calcular las entropías a priori y a posteriori de los siguientes canales:

Canal	Probabilidades a priori	Matriz del canal			
C1	{ 0.14, 0.52, 0.34 }				
		0.50	0.30	0.20	
		0.00	0.40	0.60	
		0.20	0.80	0.00	
C2	{ 0.25, 0.25, 0.50 }				
		0.25	0.25	0.25	0.25
		0.25	0.25	0.00	0.50
		0.50	0.00	0.50	0.00
C3	{ 0.12, 0.24, 0.14, 0.50 }				
		0.25	0.15	0.30	0.30
		0.23	0.27	0.25	0.25
		0.10	0.40	0.25	0.25
		0.34	0.26	0.20	0.20

14. Dados los siguientes canales:

Canal	Probabilidades a priori	Matriz del canal												
C1	{ 0.70, 0.30 }	<table><tr><td>0.7</td><td>0.3</td></tr><tr><td>0.4</td><td>0.6</td></tr></table>	0.7	0.3	0.4	0.6								
0.7	0.3													
0.4	0.6													
C2	{ 0.50, 0.50 }	<table><tr><td>0.3</td><td>0.3</td><td>0.4</td></tr><tr><td>0.3</td><td>0.3</td><td>0.4</td></tr></table>	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4						
0.3	0.3	0.4												
0.3	0.3	0.4												
C3	{ 0.25, 0.50, 0.25 }	<table><tr><td>1.0</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>0.0</td></tr><tr><td>0.0</td><td>0.5</td><td>0.5</td><td>0.0</td></tr><tr><td>0.0</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>1.0</td></tr></table>	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
1.0	0.0	0.0	0.0											
0.0	0.5	0.5	0.0											
0.0	0.0	0.0	1.0											
C4	{ 0.25, 0.25, 0.25, 0.25 }	<table><tr><td>1.0</td><td>0.0</td><td>0.0</td></tr><tr><td>0.0</td><td>1.0</td><td>0.0</td></tr><tr><td>0.0</td><td>1.0</td><td>0.0</td></tr><tr><td>0.0</td><td>0.0</td><td>1.0</td></tr></table>	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
1.0	0.0	0.0												
0.0	1.0	0.0												
0.0	1.0	0.0												
0.0	0.0	1.0												

- Determinar la entropía a priori y la de la salida
 - Obtener la equivocación o ruido y la pérdida
 - Calcular la entropía afín a través de sus relaciones
 - Analizar los resultados obtenidos en cada caso
 - Verificar la reciprocidad de la información mutua
15. Implementar funciones en Python que reciban como parámetros: una lista con las probabilidades a priori y la matriz de probabilidades condicionales del canal, y calculen por definición (es decir, a partir de las probabilidades, no de sus relaciones):
- La equivocación o ruido
 - La pérdida
 - La entropía afín
 - La información mutua
16. Para los canales de los ejercicios 13 y 14, calcular los siguientes valores y verificar sus relaciones:
- Entropía a priori
 - Entropía de la salida
 - Equivocación o ruido
 - Pérdida
 - Entropía afín
 - Información mutua

Resultados:

1. $P(a) = 13/26$

$P(b) = 5/26$

$P(c) = 8/26$

	0	1
a	7/13	6/13
b	3/5	2/5
c	5/8	3/8

3.

Canal 1

$P(0) = 0.44$

$P(1) = 0.56$

	0	1
0	0.40	0.60
1	0.26	0.74

Canal 2

$P(0) = 0.39$

$P(1) = 0.61$

	0	1	2
0	0.43	0.07	0.50
1	0.23	0.64	0.14

4.

$P(0) = 0.5$

$P(1) = 0.5$

$P(a_i/b_j)$	0	1
0	1.0	0.0
1	0.0	1.0

$P(a_i, b_j)$	0	1
0	0.5	0.0
1	0.0	0.5

5.

$P(0) = 0.2$

$P(1) = 0.8$

$P(a_i/b_j)$	0	1
0	1.0	0.0
1	0.0	1.0

$P(a_i, b_j)$	0	1
0	0.2	0.0
1	0.0	0.8

6.

$P(1) = 0.33$

$P(2) = 0.34$

$P(3) = 0.33$

$P(a_i/b_j)$	1	2	3
a	0.36	0.35	0.18
b	0.27	0.18	0.45
c	0.36	0.47	0.36

$P(a_i, b_j)$	1	2	3
a	0.12	0.12	0.06
b	0.09	0.06	0.15
c	0.12	0.16	0.12

8.

$P(0) = 0.5769$

$P(1) = 0.4231$

$P(0) = 0.3235$

$P(1) = 0.6765$

$P(0) = 0.3056$

$P(1) = 0.4167$

$P(2) = 0.2778$

9.

$P(a_i/b_j)$	0	1
a	0.4667	0.5455
b	0.2000	0.1818
c	0.3333	0.2727

$P(a_i, b_j)$	0	1
a	0.2692	0.2308
b	0.1154	0.0769
c	0.1923	0.1154

$P(a_i/b_j)$	0	1
0	0.5455	0.3913
1	0.4545	0.6087

$P(a_i, b_j)$	0	1
0	0.1765	0.2647
1	0.1471	0.4118

P(ai/bj)	0	1	
0	0.5455	0.0667	0.7000
1	0.4545	0.9333	0.3000

P(ai, bj)	0	1	
0	0.1667	0.0278	0.1944
1	0.1389	0.3889	0.0833

10.

Canal 1

$H(A) = 0.9710 \text{ bits}$

$H(A/b_1) = 0.9940 \text{ bits}$

$H(A/b_2) = 0.8631 \text{ bits}$

Canal 2

$H(A) = 0.8113 \text{ bits}$

$H(A/b_1) = 0.2762 \text{ bits}$

$H(A/b_2) = 0.9980 \text{ bits}$

12.

$H(A) = 1.4806 \text{ bits}$

$H(A/0) = 1.5058 \text{ bits}$

$H(A/1) = 1.4354 \text{ bits}$

$H(A) = 0.9900 \text{ bits}$

$H(A/0) = 0.9940 \text{ bits}$

$H(A/1) = 0.9656 \text{ bits}$

$H(A) = 0.9641 \text{ bits} \quad H(A/0) = 0.9940 \text{ bits} \quad H(A/1) = 0.3534 \text{ bits} \quad H(A/2) = 0.8813 \text{ bits}$

$H(A) = 1.5710 \text{ bits} \quad H(A/1) = 1.5726 \text{ bits} \quad H(A/2) = 1.4837 \text{ bits} \quad H(A/3) = 1.4949 \text{ bits}$

13.

Canal 1

$H(A) = 1.4169 \text{ bits}$

$H(A/b_1) = 0.9998 \text{ bits}$

$H(A/b_2) = 1.3115 \text{ bits}$

$H(A/b_3) = 0.4104 \text{ bits}$

Canal 2

$H(A) = 1.5000 \text{ bits}$

$H(A/b_1) = 1.2516 \text{ bits}$

$H(A/b_2) = 1.00000 \text{ bits}$

$H(A/b_3) = 0.7219 \text{ bits}$

$H(A/b_4) = 0.9183 \text{ bits}$

Canal 3

$H(A) = 1.7583 \text{ bits}$

$H(A/b_1) = 1.4621 \text{ bits}$

$H(A/b_2) = 1.7343 \text{ bits}$

$H(A/b_3) = 1.8585 \text{ bits}$

$H(A/b_4) = 1.8585 \text{ bits}$

14.

Canal 1

a. $H(A) = 0.8813 \text{ bits}$

$H(B) = 0.9648 \text{ bits}$

b. $H(A/B) = 0.8247 \text{ bits}$

$H(B/A) = 0.9082 \text{ bits}$

c. $H(A, B) = 1.7895 \text{ bits}$

e. $I(A, B) = I(B, A) = 0.0566 \text{ bits}$

Canal 2

a. $H(A) = 1.0000 \text{ bits}$

$H(B) = 1.5710 \text{ bits}$

b. $H(A/B) = 1.0000 \text{ bits}$

$H(B/A) = 1.5710 \text{ bits}$

c. $H(A, B) = 2.5710 \text{ bits}$

e. $I(A, B) = I(B, A) = 0.0000 \text{ bits}$

Canal 3

- a. $H(A) = 1.5000$ bits $H(B) = 2.0000$ bits
- b. $H(A/B) = 0.0000$ bits $H(B/A) = 0.5000$ bits
- c. $H(A, B) = 2.0000$ bits
- e. $I(A, B) = I(B, A) = 1.5000$ bits

Canal 4

- a. $H(A) = 2.0000$ bits $H(B) = 1.5000$ bits
- b. $H(A/B) = 0.5000$ bits $H(B/A) = 0.0000$ bits
- c. $H(A, B) = 2.0000$ bits
- e. $I(A, B) = I(B, A) = 1.5000$ bits

16.

Canal 1

- a. $H(A) = 1.4169$ bits b. $H(B) = 1.4130$ bits c. $H(A/B) = 0.9621$ bits
- d. $H(B/A) = 0.9583$ bits e. $H(A, B) = 2.3752$ bits f. $I(A, B) = 0.4547$ bits

Canal 2

- a. $H(A) = 1.5000$ bits b. $H(B) = 1.8829$ bits c. $H(A/B) = 0.9921$ bits
- d. $H(B/A) = 1.3750$ bits e. $H(A, B) = 2.8750$ bits f. $I(A, B) = 0.5079$ bits

Canal 3

- a. $H(A) = 1.7583$ bits b. $H(B) = 1.9958$ bits c. $H(A/B) = 1.7184$ bits
- d. $H(B/A) = 1.9559$ bits e. $H(A, B) = 3.7142$ bits f. $I(A, B) = 0.0399$ bits