



[TTG4J3] KODING DAN KOMPRESI

Lesson 10

Kuantisasi Skalar

Oleh :

Ledy Novamizanti

Astri Novianty

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom

Kuantisasi

- Merepresentasikan nilai input yang banyak dan tak terbatas ke dalam sekumpulan nilai diskrit yang terbatas
- Contoh:
 - Terdapat sebuah source yang menghasilkan nilai -10.0 hingga 10.0
 - Nilai source dikuantisasi ke dalam nilai integer menjadi 21 nilai ($\{-10, -9, -8, \dots, 0, \dots, 9, 10\}$)
 - Original value $2.95 \rightarrow 3$, $3.14 \rightarrow 3$

Kuantisasi-Lanj.

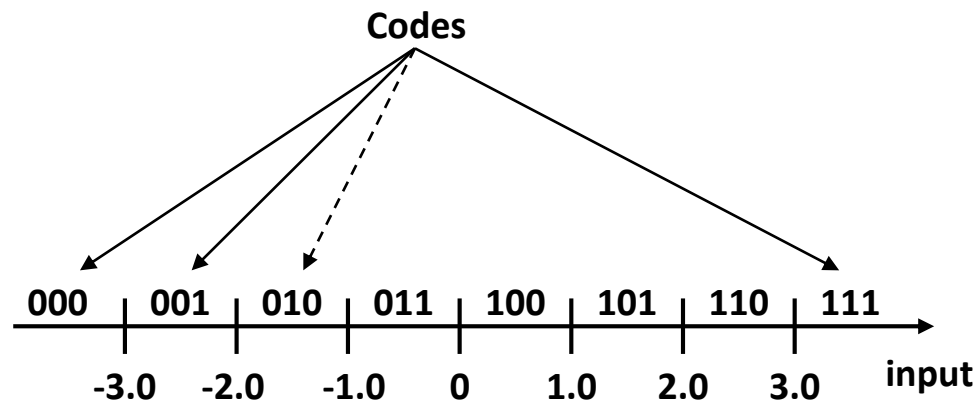
- Terdapat 2 jenis kuantisasi:
 - Kuantisasi Skalar
 - Kuantisasi Vektor
- Terdiri atas 2 komponen:
 - Encoder
 - Decoder

Encoder

- Membagi range nilai source ke dalam beberapa nilai interval
- Setiap interval direpresentasikan oleh sebuah codeword
- Jika source merupakan source analog, encoder disebut A/D Converter

Encoder-Lanj.

- Contoh mapping pada encoder 3 bit

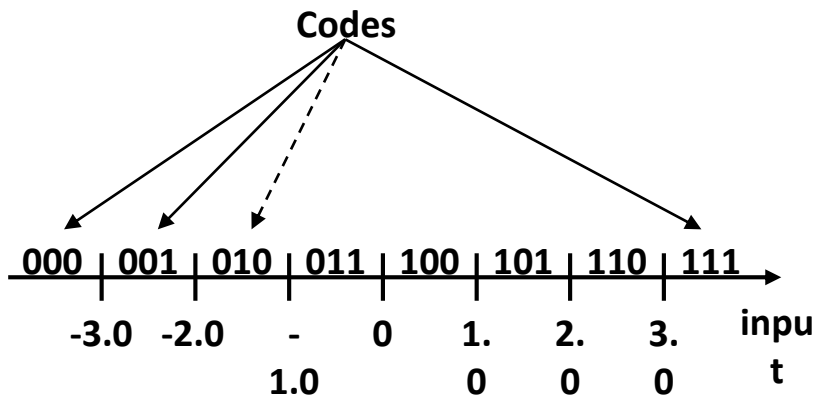


Decoder

- Menghasilkan nilai rekonstruksi dari hasil encoding
- Karena setiap codeword merepresentasikan semua nilai yang mungkin dalam sebuah interval, maka decoder harus memilih satu buah nilai rekonstruksi yang dapat mewakili seluruh nilai dalam interval tersebut
- Jika nilai rekonstruksi merupakan nilai analog, disebut D/A converter

Decoder-Lanj.

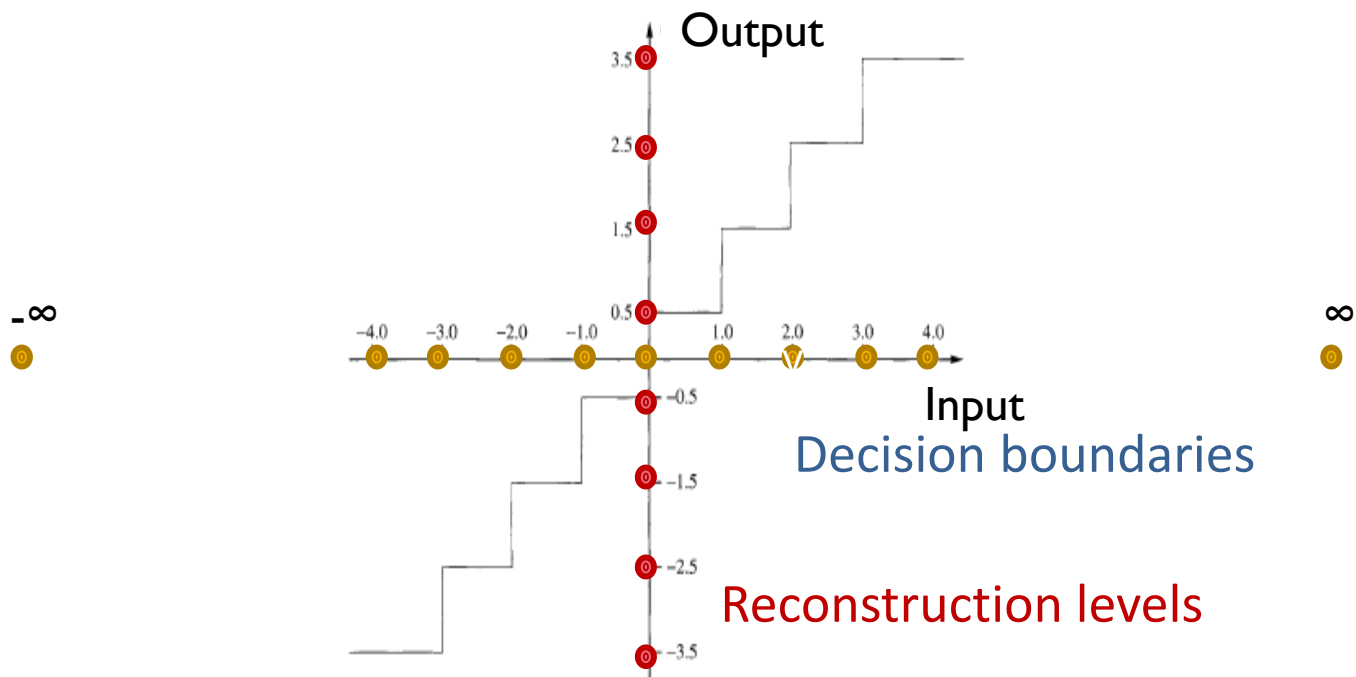
- Contoh mapping decoder untuk contoh sebelumnya:



Input Codes	Output
000	-3.5
001	-2.5
010	-1.5
011	-0.5
100	0.5
101	1.5
110	2.5
111	3.5

Quantizer Input-Output Map

- Input-output map

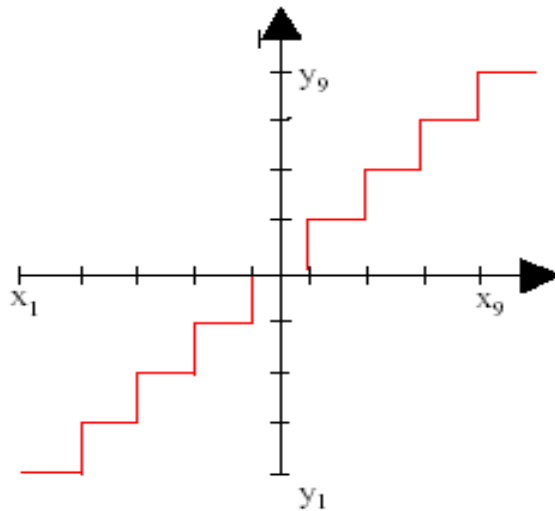


Uniform Quantization

Uniform Quantization

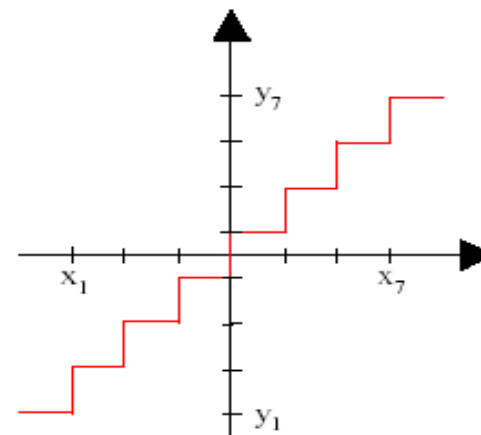
- Kuantisasi yang paling sederhana
- Setiap interval memiliki constant spacing/step (Δ)
- Ada dua jenis:
 - Midrise Quantizer
 - Midtread Quantizer

Uniform Quantizer



Mid-tread Staircase Quantizer

Zero is one of the output levels
M is odd



Mid-rise Staircase Quantizer

Zero is not one of the output levels
M is even

Uniform Quantization

- Untuk quantizer n bit, banyaknya level kuantisasi adalah 2^n
- Jika range input adalah $(-X, X)$, maka besar Δ adalah:

$$\Delta = \frac{2X}{2^n}$$

- Atau jika M adalah banyaknya level kuantisasi,

$$\Delta = \frac{2X}{M}$$

Uniform Quantization

- Encoding
 - Setiap interval direpresentasikan oleh sebuah codeword n bit
 - Codeword n bit merepresentasikan nilai $0 - (2^n - 1)$

Uniform Quantization

- Decoding
 - Menentukan nilai rekonstruksi yang mewakili seluruh nilai dalam setiap interval
 - Sering digunakan nilai tengah interval
 - Memetakan setiap codeword kepada nilai rekonstruksi per interval

Contoh-1

- Suatu sinyal memiliki rentang dinamis -10 s.d 10 Volt. Sinyal dikuantisasi secara merata menggunakan uniform quantizer 3 bit. Deretan sinyal yang dikuantisasi: [2,4; 3,0; 8,3; 8,1; 6,8; 9,1; 9,5; -6,3; -2,0; -1,8]
 - Tentukan keluaran quantizer
 - Hitung MSE dan MAE nya!

Sinyal Input	Output Encoder	Output Decoder	error	$(error)^2$	$ error $
2,4	100	1,25	1,15	1,3225	1,15
3	101	3,75	-0,75	0,5625	0,75
8,3	111	8,75	-0,45	0,2025	0,45
8,1	111	8,75	-0,65	0,4225	0,65
6,8	110	6,25	0,55	0,3025	0,55
9,1	111	8,75	0,35	0,1225	0,35
9,5	111	8,75	0,75	0,5625	0,75
-6,3	001	-6,25	-0,05	0,0025	0,05
-2	011	-1,25	-0,75	0,5625	0,75
-1,8	011	-1,25	-0,55	0,3025	0,55
Squared Error				4,365	
Mean Squared Error (MSE)				0,4365	
Absolute Error					6
Mean Absolute Error (MAE)					0,6

Non Uniform Quantization

Non Uniform Quantization

- Prinsip encoding dan decoding sama seperti Uniform quantization
- Memiliki ukuran step yang dapat berbeda-beda di setiap interval
- Menghasilkan distorsi yang lebih kecil daripada uniform quantization

Contoh

- Diketahui source input memiliki range -4 s.d 4 Volt dan data yang akan dikuantisasi berturut-turut adalah $-3.1, 0.2, 1.7, 2.3, 2.1, 3.4, 2.4, 2.8, 3.7, 3.9$. Digunakan non uniform quantizer dengan level kuantisasi 2 bit untuk -4 s.d 0 Volt, 2 bit untuk 0 s.d 2 Volt, dan 3 bit untuk 2 s.d 4 Volt. Tentukan MSE dan MAE nya!

Sinyal Input	Output Encoder	Output Decoder	error	$(error)^2$	$ error $
-3,1	0000	-3,5	0,4	0,16	3,5
0,2	0100	0,25	-0,05	0,0025	0,25
1,7	0111	1,75	-0,05	0,0025	1,75
2,3	1001	2,375	-0,075	0,005625	2,375
2,1	1000	2,125	-0,025	0,000625	2,125
3,4	1101	3,375	0,025	0,000625	3,375
2,4	1001	2,375	0,025	0,000625	2,375
2,8	1011	2,875	-0,075	0,005625	2,875
3,7	1110	3,625	0,075	0,005625	3,625
3,9	1111	3,875	0,025	0,000625	3,875
Squared Error				0,184375	
Mean Squared Error (MSE)				0,018438	
Absolute Error					26,125
Mean Absolute Error (MAE)					2,6125

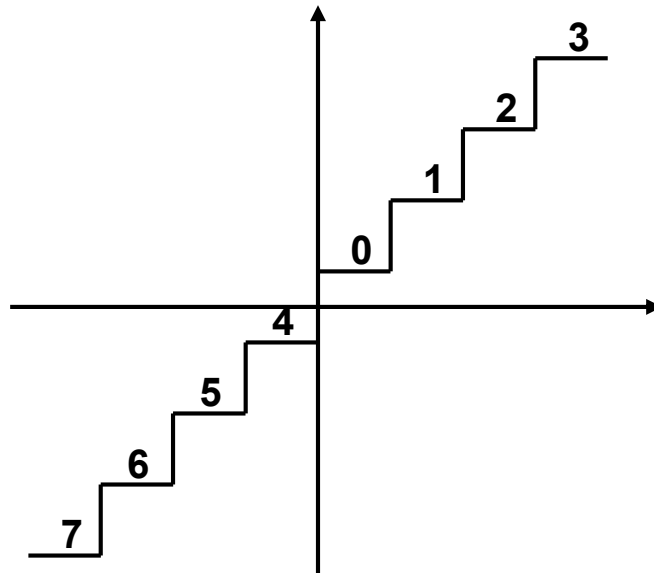
Jayant Quantization

Jayant Quantizer

- Merupakan salah satu adaptive quantizer, yaitu quantizer yang ukuran stepnya dapat disesuaikan dengan data inputan yang akan dikuantisasi
- Ukuran step saat ini tergantung pada ukuran step sebelumnya
- Perubahan ukuran step dihasilkan oleh Multiplier pada setiap interval

Jayant Quantizer-Lanj.

- Memiliki Multiplier yang simetri



- $M_0 = M_4$, $M_1 = M_5$, $M_2 = M_6$, $M_3 = M_7$

Jayant Quantizer-Lanj.

- Ukuran step saat ini merupakan hasil kali multiplier pada inputan sebelumnya dengan ukuran step pada inputan sebelumnya

$$\Delta_n = M_{k(n-1)} \times \Delta_{n-1}$$

Contoh-1

- Sebuah Jayant Quantizer 3 bit untuk sinyal input -2 V s.d 2 V , dengan nilai multiplier $M = \{0.8, 0.9, 1.0, 1.2, 0.8, 0.9, 1.0, 1.2\}$
- Data input yang akan dikuantisasi adalah $0.1, -0.2, 0.2, 0.1, -0.3, 0.1, 0.2, 0.5, 0.9, 1.5$.

Contoh 1-lanj.

- Tentukan:
 - Keluaran Kuantisasi untuk setiap data yang diinputkan
 - Error untuk setiap data input
 - MAE dan MSE

n		Input	Level Output	Multiplier	Output	Update Δ	error	(error) ² Δ_n	error
0	0,5	0,1	0	0,8	0,25	0,4000	0,15	0,0225	0,15
1	0,4000	-0,2	4	0,8	-0,2	0,3200	0	0	0
2	0,3200	0,2	0	0,8	0,16	0,2560	-0,04	0,0016	0,04
3	0,2560	0,1	0	0,8	0,128	0,2048	0,028	0,000784	0,028
4	0,2048	-0,3	5	0,9	-0,3072	0,1843	-0,0072	5,18E-05	0,0072
5	0,1843	0,1	0	0,8	0,0922	0,1475	-0,0078	6,08E-05	0,0078
6	0,1475	0,2	1	0,9	0,2212	0,1327	0,0212	0,000449	0,0212
7	0,1327	0,5	3	1,2	0,4646	0,1593	-0,0354	0,001253	0,0354
8	0,1593	0,9	3	1,2	0,5578	0,1911	-0,3422	0,117101	0,3422
9	0,1911	1,5	3	1,2	0,6696	0,2293	-0,8304	0,689564	0,8304
Squared Error								0,833364	
Mean Squared Error (MSE)								0,083336	
Absolute Error									1,4622
Mean Absolute Error (MAE)									0,14622

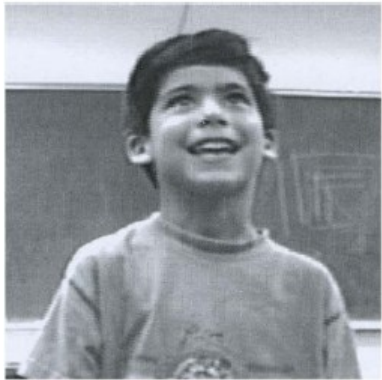
Bagaimana implementasi Kuantisasi pada Lossy Compression?

- Terdapat potongan image grayscale 8 bit/piksel dengan data per piksel 165, 130, 60, 200. Hitung rasio kompresi dan distorsi jika potongan image tersebut dikompresi menggunakan kuantisasi uniform 4 bit/piksel.

165	130
60	200

Contoh Kuantisasi pada Kompresi Image

8-bit per pixel [0 255]



64 196

1-bit per pixel {0, 128, 255}



2-bit per pixel {0, 64, 128, 196, 255}



3-bit per pixel (8 intervals)



Tugas

- Digunakan potongan citra grayscale 8 bit per piksel dengan nilai per pikselnya adalah $\{56, 58, 120, 87, 225, 190\}$.
 - Hitung rasio kompresi (%) jika citra tersebut dikuantisasi 3 bit per piksel
 - Jika digunakan kuantisasi 4 bit per piksel, tentukan nilai per piksel pada citra hasil rekonstruksinya
 - Hitung besar distorsi yang dihasilkan untuk kuantisasi 4 bit per piksel dalam MSE

Thank you. 😊