

Lecture 11

신호 및 시스템의 응용

JPEG 압축



- JPEG(Joint Photographic Experts Group)
 - 정지 화상을 위해서 만들어진 **손실 압축** 방법 표준임
 - JPEG를 사용하는 파일 형식들 .jpg, .jpeg, .jpe 등의 확장자를 사용함
 - 손실 압축 형식이지만 파일 크기가 작기 때문에 웹에서 널리 쓰임
 - 압축률을 높이면 파일 크기는 작아지지만 이미지 품질은 더욱 떨어짐

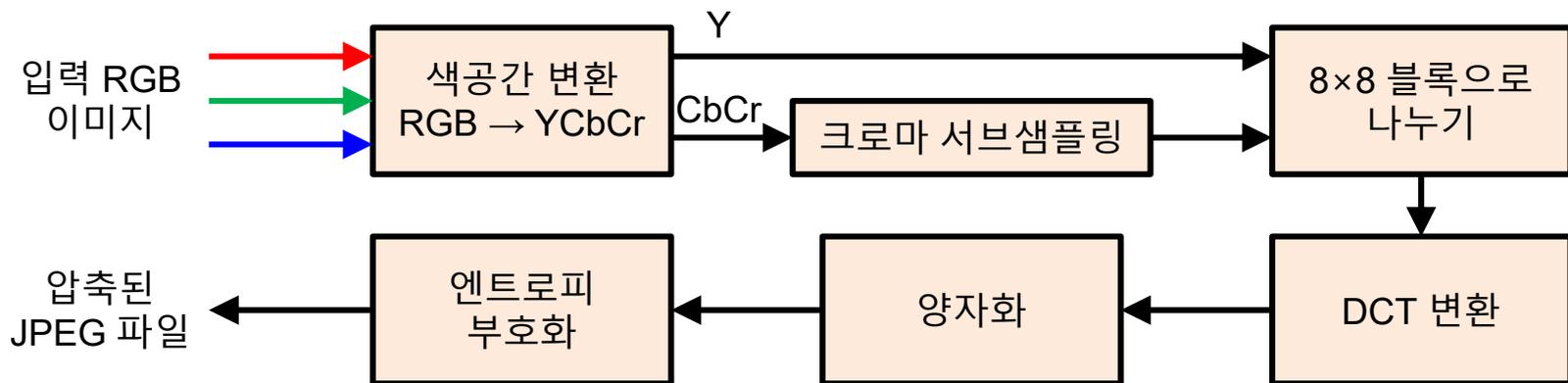


Source: Jonathan Griffin, The Ultimate Guide to JPEG Including JPEG Compression & Encoding, The Webmaster (accessed on 2024.10.23)

JPEG 압축

■ 압축 과정

- 색공간 변환: RGB 데이터를 YCbCr이라는 다른 색공간 데이터로 변환
- [선택적] 크로마 서브샘플링: Cb와 Cr 성분의 수를 줄임
- DCT 변환: DFT와 비슷한 DCT(Discrete Cosine Transform) 변환을 적용함
- 양자화: 고주파 성분의 정보의 많은 부분은 버릴 수 있으니 주파수 영역에서 양자화를 수행함
- 엔트로피 부호화: 8×8 격자의 성분들을 저주파부터 지그재그로 일렬로 세운 뒤, 반복된 0에만 **런 력스 부호화(RLE)**를 적용하고, 그 결과들에 대해 **허프만 부호화**를 함



JPEG 압축

- 압축 과정
 - 색공간 변환



↓
**YCbCr
Conversion**
↓



Y



Cb



Cr

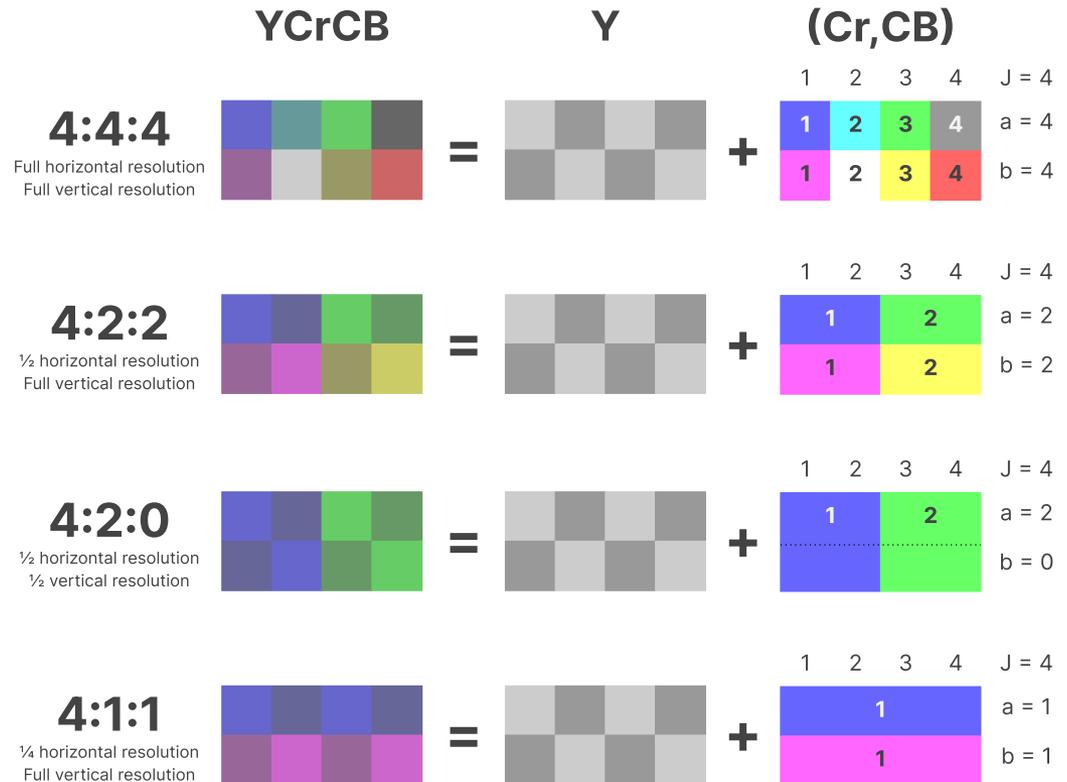
Source: Jonathan Griffin, The Ultimate Guide to JPEG Including JPEG Compression & Encoding, The Webmaster (accessed on 2024.10.23)

JPEG 압축

■ 압축 과정

■ 크로마 서브샘플링

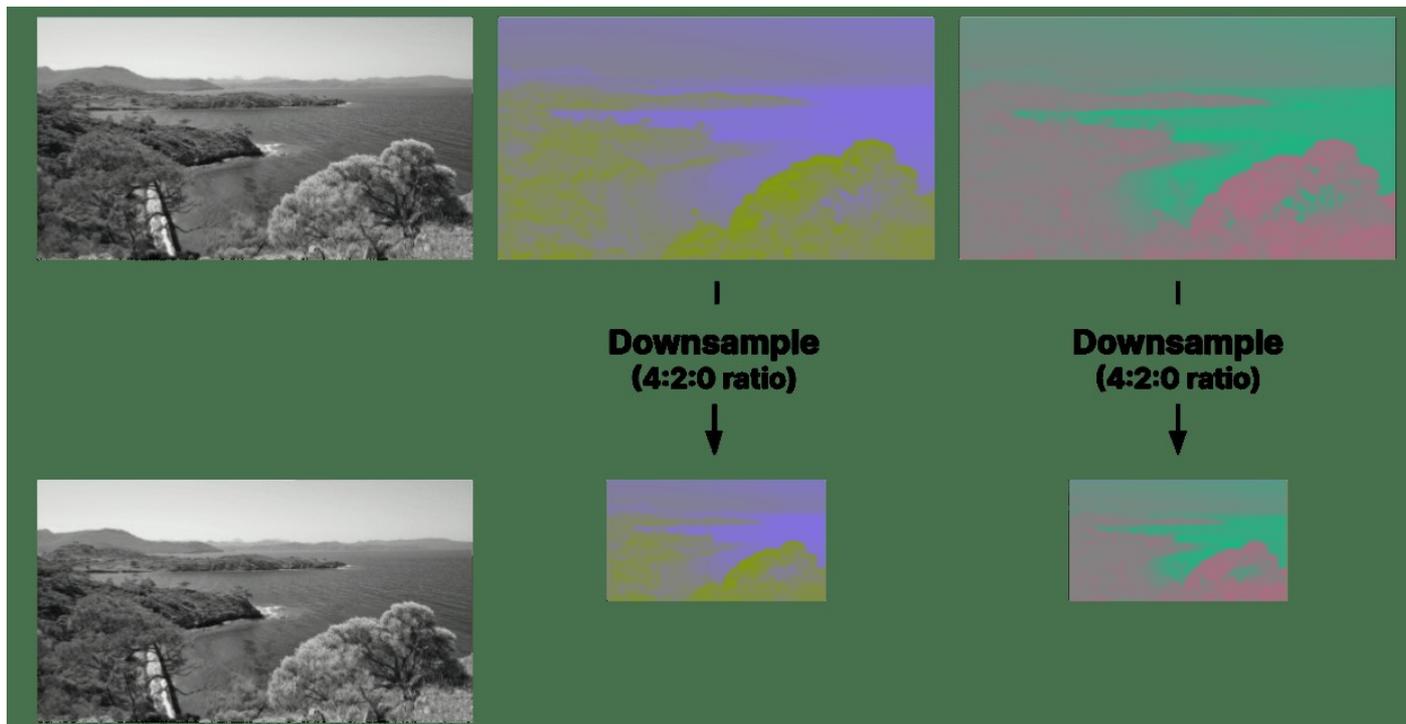
- Cb와 Cr 성분은 색차 정보 (chroma components)를 가지고 있으니 크로마라고 불림
- 사람의 눈이 색상 성분보다 휘도 성분에 더 민감하기 때문에 색상 정보를 더 많이 줄일 수 있음
- 서브샘플링(다운 샘플링)을 통해 Cb와 Cr 성분의 수를 줄일 수 있음
- 보통 4:2:0 제도를 많이 쓰임
→ Cb와 Cr 성분의 수를 4배 줄임



Source: Jonathan Griffin, The Ultimate Guide to JPEG Including JPEG Compression & Encoding, The Webmaster (accessed on 2024.10.23)

JPEG 압축

- 압축 과정
 - 크로마 서브샘플링

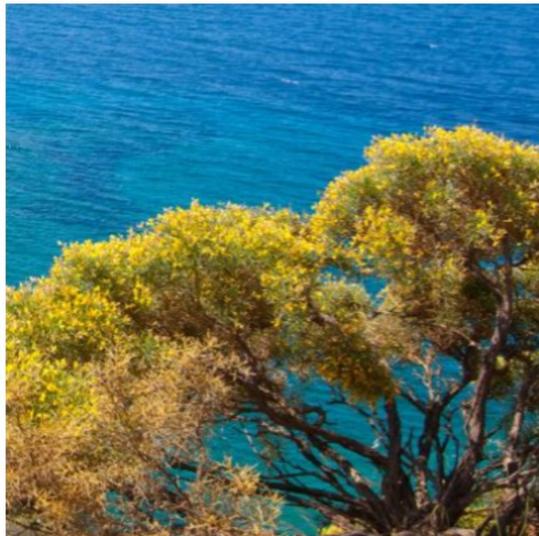


Source: Jonathan Griffin, The Ultimate Guide to JPEG Including JPEG Compression & Encoding, The Webmaster (accessed on 2024.10.23)

JPEG 압축

- 압축 과정

- 크로마 서브샘플링: [크로마 서브샘플링 테스트 툴](#)



**JPEG Compression
No Downsampling
323 kb**



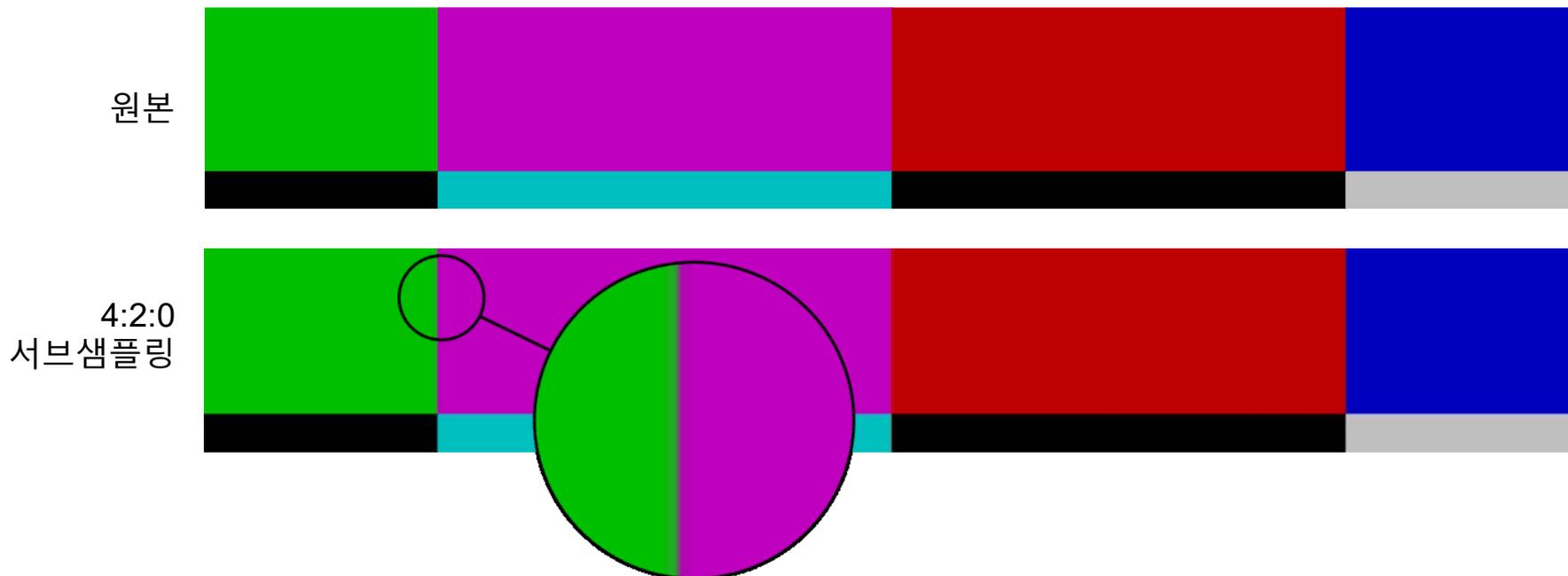
**JPEG Compression
4:2:0 Downsampling
176 kb**

Source: Jonathan Griffin, The Ultimate Guide to JPEG Including JPEG Compression & Encoding, The Webmaster (accessed on 2024.10.23)

JPEG 압축

■ 압축 과정

- 이미지의 색상은 급격히 변하는 영역이 많으면 크로마 서브샘플링을 **적용하지 않은 것**을 권장함



Source: Jonathan Griffin, The Ultimate Guide to JPEG Including JPEG Compression & Encoding, The Webmaster (accessed on 2024.10.23)

JPEG 압축

■ 압축 과정

- 이미지에서 색상 배경에 텍스트가 많거나 색상 텍스트가 많으면 크로마 서브샘플링을 적용하지 않은 것을 권장함

원본



4:2:0
서브샘플링

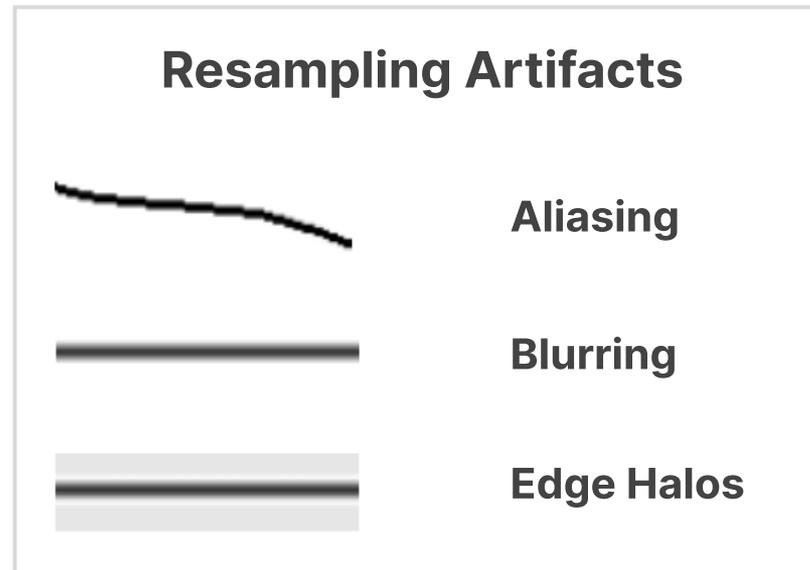


Source: Jonathan Griffin, The Ultimate Guide to JPEG Including JPEG Compression & Encoding, The Webmaster (accessed on 2024.10.23)

JPEG 압축

■ 압축 과정

- 크로마 서브샘플링: 서브샘플링된 Cb와 Cr를 다시 원본의 크기로 확대시킬 때 aliasing, blurring, halo 등의 3가지 왜곡이 생길 수 있음

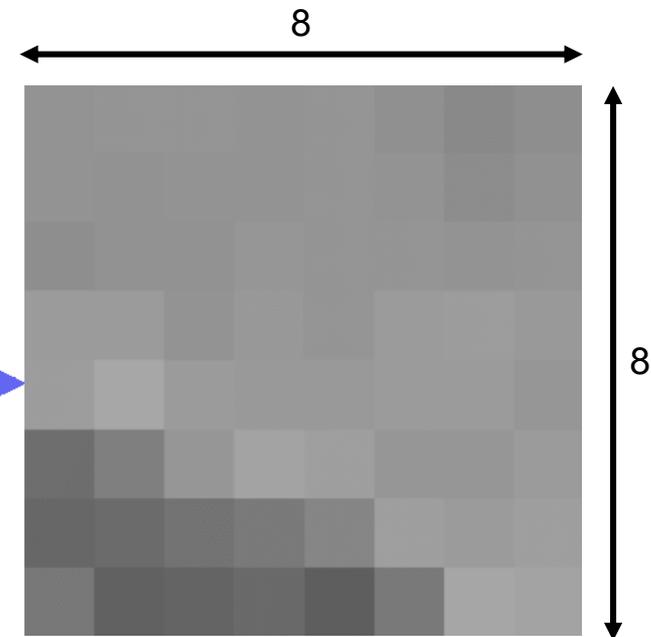


Source: Jonathan Griffin, The Ultimate Guide to JPEG Including JPEG Compression & Encoding, The Webmaster (accessed on 2024.10.23)

JPEG 압축

- 압축 과정

- 8×8 블록으로 나누기
 - 8×8 블록 단위는 **MCU**(Minimum Coded Units)라고 함

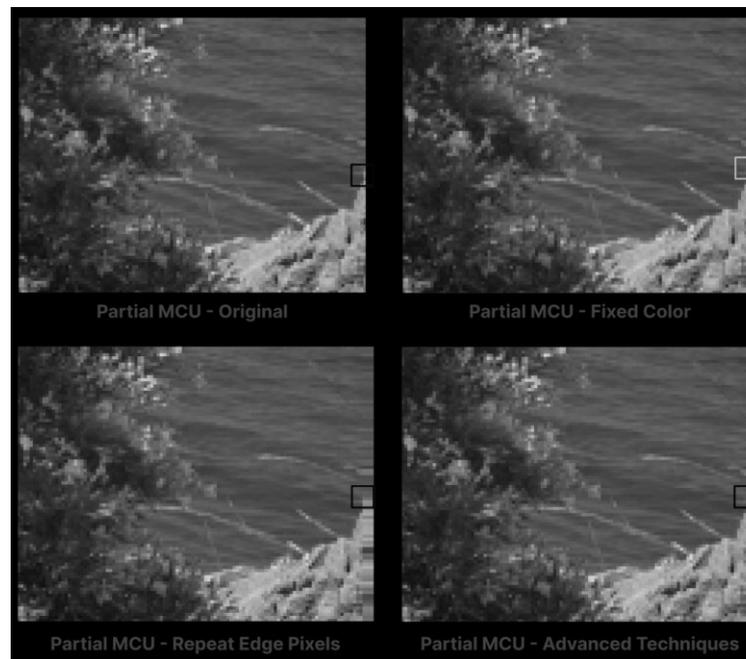


Source: Jonathan Griffin, The Ultimate Guide to JPEG Including JPEG Compression & Encoding, The Webmaster (accessed on 2024.10.23)

JPEG 압축

■ 압축 과정

- 8×8 블록으로 나누기
 - 이미지가 정확히 8×8 블록으로 나뉘지 않은 경우 **패딩(padding)**을 적용함



Source: Jonathan Griffin, The Ultimate Guide to JPEG Including JPEG Compression & Encoding, The Webmaster (accessed on 2024.10.23)

JPEG 압축

■ 압축 과정

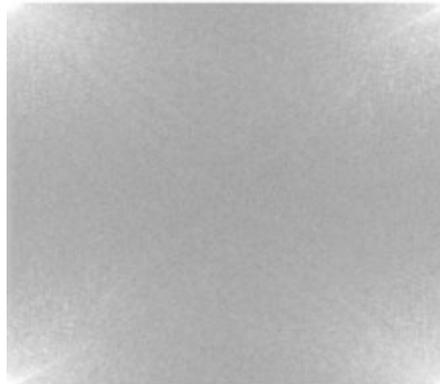
■ DCT 변환

- DCT(이산 코사인 변환)는 DFT(이산 푸리에 변환)과 유사한 변환임
- 실수 함수에 대하여, 변환 결과물이 복소수로 나오는 DFT와 달리 **실수로만** 결과물이 나오기 때문에 처리하기가 간편하여 영상처리에 널리 사용함
- 신호의 에너지 성분 대부분이 저주파 성분 일부에 집중되는 “**에너지 집중 현상**“을 가져서 손실 압축에 널리 사용함

Original image



DFT



DCT



Source: <https://ko.wikipedia.org/wiki/> (accessed on 2024.10.24)

JPEG 압축

■ 압축 과정

■ DCT 변환

- 주어진 이산 신호 $x[n]$ 의 DFT $X[k]$

$$X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] e^{-i2\pi \frac{k}{N} n}$$

- 주어진 이산 신호 $x[n]$ 의 DCT $X[k]$

$$X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \cos \left[\frac{\pi}{N} \left(n + \frac{1}{2} \right) k \right]$$

JPEG 압축

■ 압축 과정

■ DCT 변환

- 8×8 블록 단위로 Y, Cb, Cr 각각 채널에 다음과 같은 2가지 단계를 적용함

- ① [0, 255] 범위에 있는 값을 [-128, 127] 범위로 변환
- ② 2-D DCT 변환

$$X[u, v] = \frac{1}{4} \alpha(u) \alpha(v) \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 g[x, y] \cos \left[\frac{(2x+1)u\pi}{16} \right] \cos \left[\frac{(2y+1)v\pi}{16} \right]$$

- u 와 v 는 가로축 주파수, 세로축 주파수라고 함
- $\alpha(u) = \begin{cases} 1/\sqrt{2} & u = 0 \\ 1 & \text{다른 경우} \end{cases}$ 는 **노말라이징 인자**(normalizing factor)라고 함

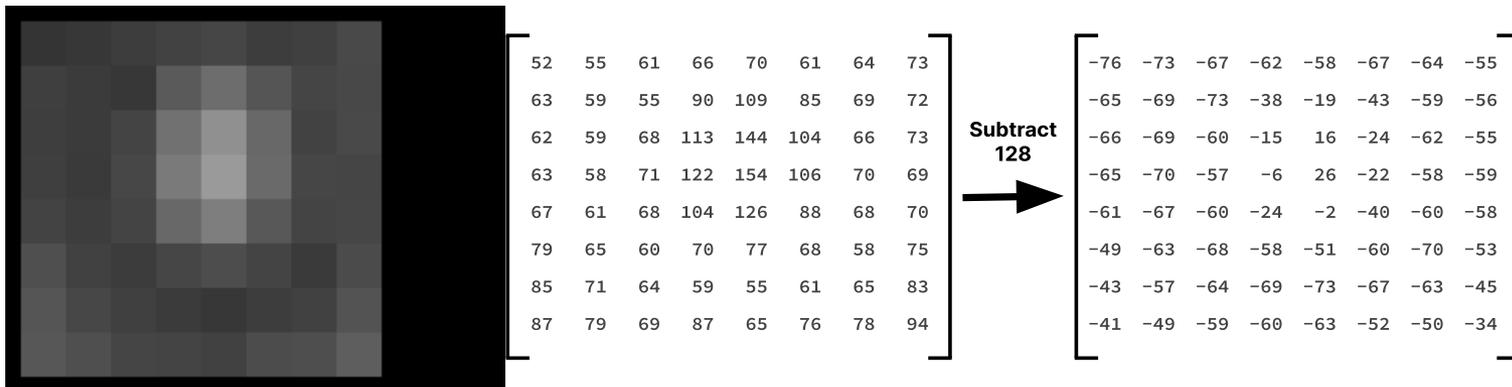
JPEG 압축

■ 압축 과정

■ DCT 변환

- 8×8 블록 단위로 Y, Cb, Cr 각각 채널에 다음과 같은 2가지 단계를 적용함

- ① [0, 255] 범위에 있는 값을 [-128, 127] 범위로 변환
- ② 2-D DCT 변환



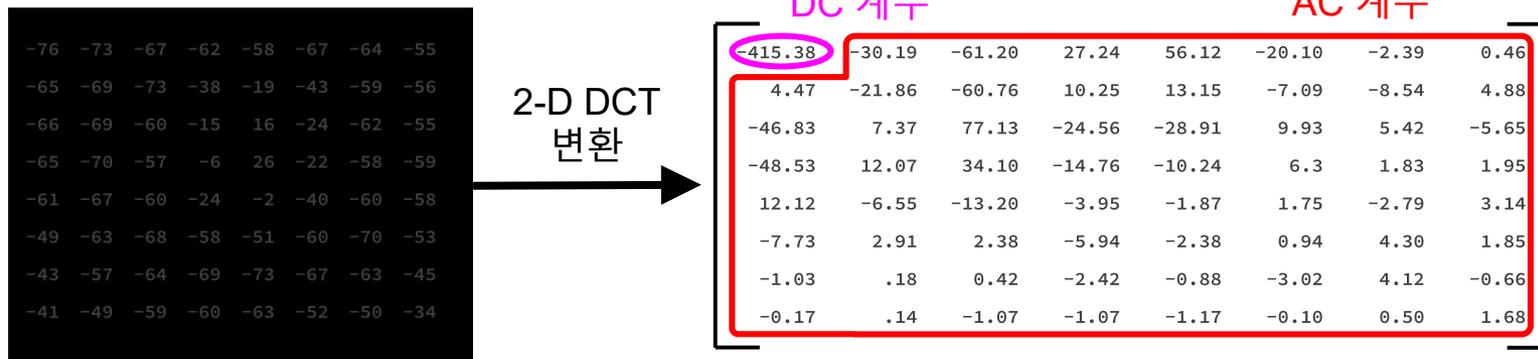
Source: Jonathan Griffin, The Ultimate Guide to JPEG Including JPEG Compression & Encoding, The Webmaster (accessed on 2024.10.23)

JPEG 압축

■ 압축 과정

■ DCT 변환

- 8×8 블록 단위로 Y, Cb, Cr 각각 채널에 다음과 같은 2가지 단계를 적용함
 - ① [0, 255] 범위에 있는 값을 [-128, 127] 범위로 변환
 - ② 2-D DCT 변환



Source: Jonathan Griffin, The Ultimate Guide to JPEG Including JPEG Compression & Encoding, The Webmaster (accessed on 2024.10.23)

JPEG 압축

■ 압축 과정

■ 양자화

- 사람의 눈은 고주파의 명도 변화에서 구별 능력이 떨어지므로 고주파 성분의 정보의 많은 부분은 버릴 수 있음
- 양자화는 주파수 영역의 각 성분에 대해 **특정 상수**로 나누고 정수 몫만을 취함으로써 수행 됨
- 특정 상수는 **양자화 매트릭스**라 불리며, 이는 압축의 질에 나타냄

Y 채널의 50% 압축질의 양자화 매트릭스

16	11	10	16	24	40	51	61
12	12	14	19	26	58	60	55
14	13	16	24	40	57	69	56
14	17	22	29	51	87	80	62
18	22	37	56	68	109	103	77
24	35	55	64	81	104	113	92
49	64	78	87	103	121	120	101
72	92	95	98	112	100	103	99

Cb, Cr 채널의 50% 압축질의 양자화 매트릭스

17	18	24	47	99	99	99	99
18	21	26	66	99	99	99	99
24	26	56	99	99	99	99	99
47	66	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99

Source: Jonathan Griffin, The Ultimate Guide to JPEG Including JPEG Compression & Encoding, The Webmaster (accessed on 2024.10.23)

JPEG 압축

■ 압축 과정

■ 양자화

$$B[j, k] = \text{round} \left(\frac{X[j, k]}{Q[j, k]} \right)$$

예, $\text{round} \left(\frac{-415.38}{16} \right) = \text{round}(-25.96) = -26$

B

-26	-3	-6	2	2	-1	0	0
0	-2	-4	1	1	0	0	0
-3	1	5	-1	-1	0	0	0
-3	1	2	-1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

X

-415.38	-30.19	-61.20	27.24	56.12	-20.10	-2.39	0.46
4.47	-21.86	-60.76	10.25	13.15	-7.09	-8.54	4.88
-46.83	7.37	77.13	-24.56	-28.91	9.93	5.42	-5.65
-48.53	12.07	34.10	-14.76	-10.24	6.3	1.83	1.95
12.12	-6.55	-13.20	-3.95	-1.87	1.75	-2.79	3.14
-7.73	2.91	2.38	-5.94	-2.38	0.94	4.30	1.85
-1.03	.18	0.42	-2.42	-0.88	-3.02	4.12	-0.66
-0.17	.14	-1.07	-1.07	-1.17	-0.10	0.50	1.68

Q

16	11	10	16	24	40	51	61
12	12	14	19	26	58	60	55
14	13	16	24	40	57	69	56
14	17	22	29	51	87	80	62
18	22	37	56	68	109	103	77
24	35	55	64	81	104	113	92
49	64	78	87	103	121	120	101
72	92	95	98	112	100	103	99

Source: Jonathan Griffin, The Ultimate Guide to JPEG Including JPEG Compression & Encoding, The Webmaster (accessed on 2024.10.23)

JPEG 압축

- 압축 과정
 - 양자화: 양자화 매트릭스에 따른 압축질



Highest quality(Q_{100})
크기: 81.4kB
압축비: 2.7:1



Medium quality(Q_{25})
크기: 81.4kB
압축비: 23:1



Lowest quality(Q_0)
크기: 1.5kB
압축비: 144:1



High quality(Q_{50})
크기: 14.7kB
압축비: 15:1



Low quality(Q_{10})
크기: 4.8kB
압축비: 46:1

Source: Jonathan Griffin, The Ultimate Guide to JPEG Including JPEG Compression & Encoding, The Webmaster (accessed on 2024.10.23)

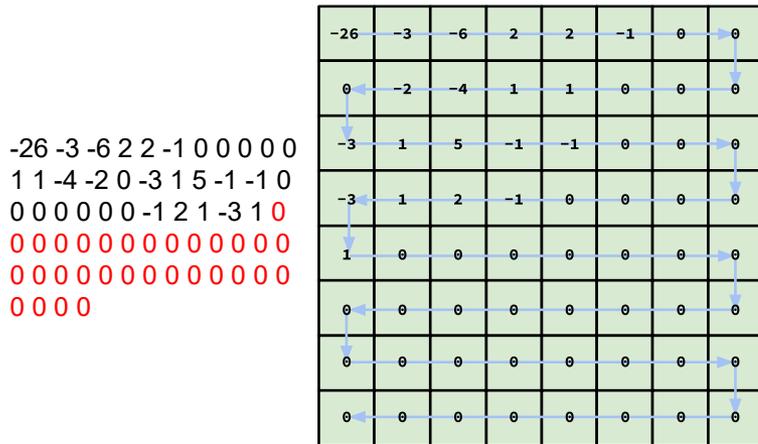
JPEG 압축

■ 압축 과정

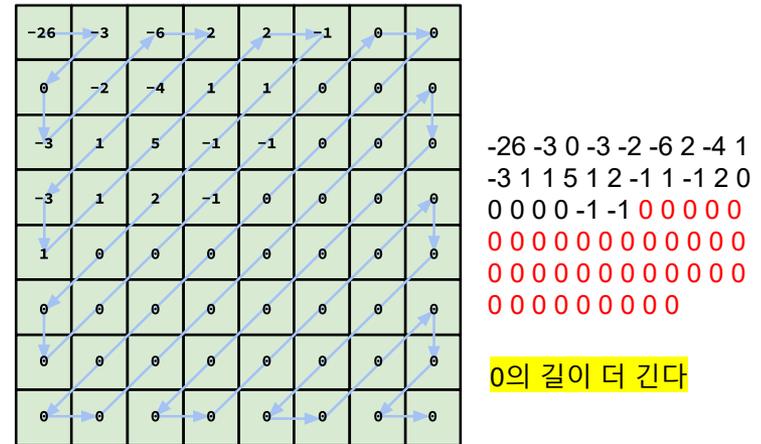
■ 엔트로피 부호화

- ① 양자화된 DCT 계수들을 지그재그로 일렬로 새움
- ② 반복된 0에 RLE를 적용함
- ③ RLE를 적용한 결과에 허프만 부호화를 적용함

가로축으로 일렬로 새움



지그재그로 일렬로 새움



Source: Jonathan Griffin, The Ultimate Guide to JPEG Including JPEG Compression & Encoding, The Webmaster (accessed on 2024.10.23)

