

C군의 네버엔딩 스토리,

디지털 영상처리의

이해 - 11

12월이 되었습니다. 어린아이들이라면 크리스마스 선물을 기대하며 약간의 설렘도 가질법한 시기이지만, 크리스마스 선물도 없고 다가올 설날에 용돈 충전의 가능성도 없는 어른들에게는 “이런 것도 없이 또 나이만 한 살 더 먹는구나.....” 하는 자조 섞인 탄식만이 기분을 가라앉히는 계절일 수도 있습니다. 하지만, 이럴 때일수록 더욱 컨디션을 끌어올려 활기를 찾지 않으면 안 됩니다. 감히 말씀드리지만, 읽기 쉽고 이해하기 쉬운 C군의 연재만큼 컨디션 조절에 좋은 것이 또 있겠습니까? 대다수의 독자들께서 동의하지 않으셔도, 어둡고 거센 바람 가득한 들판에서 외로이 타오르는 촛불과 같은 마음으로 곳곳하게 연재를 이어가겠습니다.

지난 연재까지는 영상 확대에 관해 수식을 곁들여 설명해 드렸습니다. 그래서 이번 연재에서는 영상 확대의 반대인 영상 축소에 관해 설명해 드리겠습니다. 이전 영상 확대에 관한 내용을 읽어보신 독자분이라면, 아주 쉽게 영상 축소에 관한 내용도 이해하실 수 있습니다.

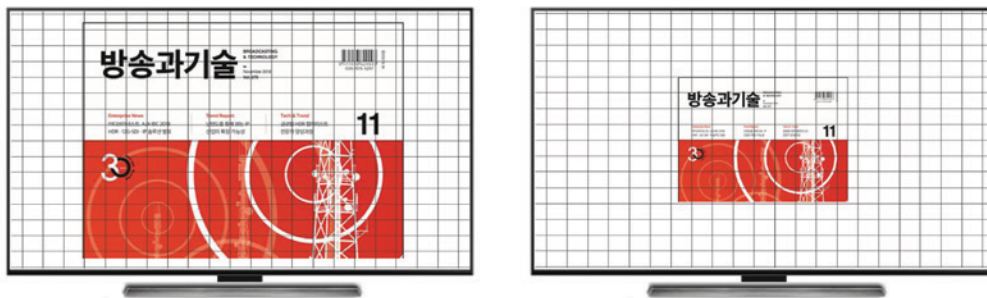


그림 1. 원본 영상(좌)과 축소 영상(우)

이미 본 연재를 통하여 수차례 반복된 내용이라서 독자 여러분께서 익히 알고 계시듯이 디스플레이 화면은 화소(Pixel)라고 하는 사각형의 집합으로 이루어져 있으며, 이 화소에 색을 입혀서 마치 모자이크같이 영상을 표현하는 것입니다. [그림 1] 좌·우 두 화면의 격자는 화소를 과장해서 표현한 것이며, 영상의 축소는 [그림 1] 우측 영상과 같이 원본 영상에 비해 차지하는 화소가 적어지는 것입니다.

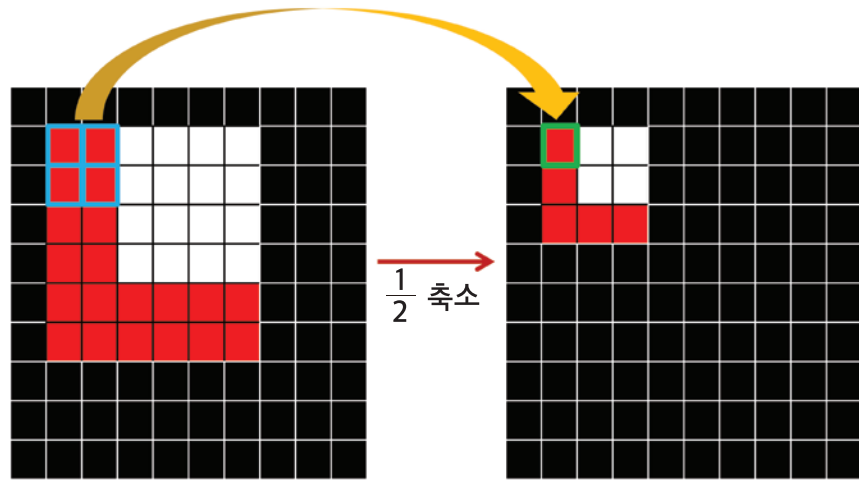


그림 2. 6x6 원본 영상(좌)의 3x3 축소 영상(우) 및 축소 간 대응 관계

[그림 2]는 가로, 세로 10개씩 10×10의 화소를 가지는 디스플레이 화면에서 하얀 바탕 위에 빨간 ‘L’자가 그려진 6×6 원본 영상을 절반으로 축소하여 3×3 영상을 만든 예입니다. 영상이 절반으로 축소되었다는 것은 영상의 가로, 세로 화소수가 절반으로 줄었다는 것을 의미하므로 6×6 원본 영상을 절반으로 축소하면 3×3 영상이 됩니다. [그림 2]의 6×6→3×3 영상 축소를 화소별 대응 관계로 풀어 보면, [그림 2] 좌측의 파란 테두리로 표시한 2×2 영역 화소들과 우측의 초록 테두리로 표시한 화소 사이의 관계와 같은 대응 관계가 좌·우 영상의 모든 화소에서 반복적으로 나타나는 것을 알 수 있습니다.

[그림 3]은 [그림 2]의 원본 영상과 $\frac{1}{2}$ 축소 영상의 화소 간 대응 관계를 표시한 것입니다. [그림 3]의 파란 테두리 사각형은 [그림 2] 좌측에 같은 색으로 표시된 2×2 화소 영역의 화소들을 나타내며 초록 테두리 사각형은 [그림 2] 우측에 같은 색으로 표시된 축소 영상 화소를 나타냅니다. [그림 3]으로부터 영상 축소는 원본 영상 화소의 색을 이용하여 대응되는 축소 영상 화소의 색을 계산(보간)하는 것과 동일하다는 것을 쉽게 짐작할 수 있습니다. 축소 영상 화소 색의 계산에 관해 구체적으로 설명함에 앞서, 이전 연재들에서 가정하였던 화소의 색에 관한 내용을 다시 상기하면 다음과 같습니다.

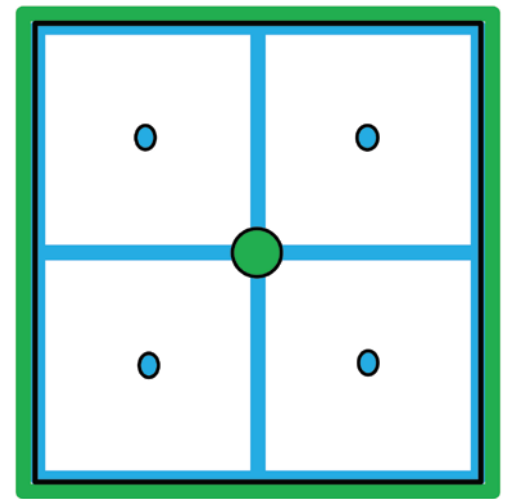


그림 3. 원본 영상 화소(파랑)와 $\frac{1}{2}$ 축소 영상 화소(초록) 간 대응 관계

영상을 화소라는 단위의 집합이 아닌 연속적인 점들의 집합으로 가정하면, 화소 중심점의 색이 화소의 색이 되며, 화소 중심점 이외의 위치의 점에서의 색은 인접한 화소 중심점들의 색과 함수관계를 가진다.

위와 같은 가정을 적용하면 [그림 3]과 같은 $\frac{1}{2}$ 축소 영상 화소의 중심점(초록점)은 대응되는 2×2 원본 영상 화소들의 중심점(파란점)이 만드느 사각영역의 중앙에 위치하게 되고, 이 2×2 원본 영상 화소 중심점의 색을 이용하여 $\frac{1}{2}$ 축소 영상 화소의 색을 보간할 수 있습니다. 영상 축소를 위한 화소색의 보간에는 이전에 설명된 영상 확대와 마찬가지로 bilinear, bicubic 등을 포함한 다양한 보간법을 사용할 수 있습니다.

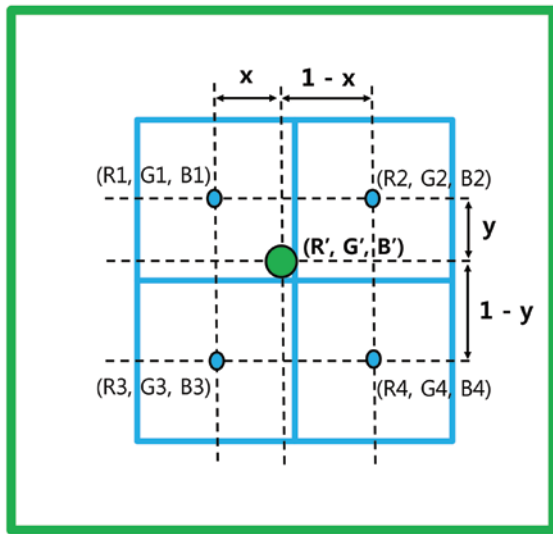


그림 4. 일반화시킨 원본 영상 화소(파랑)와 축소 영상 화소(초록) 간 대응 관계

다. 하지만, 개념 이해에 중점을 두는 C군 연재의 특성상 bilinear 보간법을 위주로 설명하겠습니다. 우선, bilinear 보간법 설명을 위해 [그림 3]과 같은 정수비의 영상 축소가 아닌 임의 비율의 영상 축소를 가정해야 하므로, [그림 4]와 같이 원본 영상 화소와 축소 영상 화소의 대응 관계를 일반적으로 표현하겠습니다. [그림 4]와 같은 일반적인 경우의 원본 영상 화소와 축소 영상 화소 중심점들의 위치 관계는 축소비가 정해지면 간단한 좌표 대응식을 만들어서 쉽게 구할 수 있습니다.

[그림 4]의 파란 테두리 사각형은 원본 영상 화소들이며, 초록 테두리 사각형은 이에 대응하는 축소 영상 화소의 화소입니다. 각 화소의 중심점은 화소를 나타내는 사각형 테두리의 색과 같은 색으로 표시했습니다. [그림 4]에서 정사각형으로 가정한 원본 영상 화소의 한 변의 길이를 단위 거리(=1)로 하여 원본 영상 화소와 축소 영상 화소의 대응 관계에 따른 중심점 위치를 통해 축소 영상 화소의 색을 결정하는 bilinear 방식 보간은 [수식 1]과 같습니다.

[수식 1]

$$(R', G', B') = (1-x) \cdot (1-y) \cdot (R1, G1, B1) + (1-x) \cdot y \cdot (R3, G3, B3) \\ + x \cdot (1-y) \cdot (R2, G2, B2) + x \cdot y \cdot (R4, G4, B4)$$

(R', G', B') : 축소 영상 화소의 색

[그림 4]와 같은 원본 영상 화소와 축소 영상 화소 간의 대응 관계를 통해 원본 영상 화소의 중심점을 기준으로 해당되는 축소 영상 화소의 중심점 위치를 구하고, 모든 축소 영상 화소에서 [수식 1]의 각 항에 해당하는 데이터를 대입하여 화소의 색을 보간하면 영상 축소 과정이 완료됩니다. 하지만 앞서 영상 확대에서도 설명되었듯이, bilinear 보간식의 특성을 이용하면 다음과 같이 수직/수평 방향의 순차적 연산을 통해 영상 축소를 수행할 수도 있습니다(영상 축소를 [수식 1]과 같이 한 번에 계산할 것인지, 아니면 아래와 같이 순차적으로 계산할 것인지는 여러 조건이나 환경 등에 따라 결정됨).

[그림 5]와 같이 (R1, G1, B1), (R3, G3, B3) 색을 갖는 원본 화소들의 중심점을 세로로 y: (1-y)로 분할하는 노란색 점과 (R2, G2, B2), (R4, G4, B4) 색을 갖는 원본 화소들의 중심점을 세로로 y: (1-y)로 분할하는 빨간색 점에서의 색인 ($R_{yellow}, G_{yellow}, B_{yellow}$)와 ($R_{red}, G_{red}, B_{red}$)를 각각 [수식 2]를 통해서 구합니다. 이때 한 가지 재미있는 점은, 영상 축소의 특성상 원본 영상 화소 중에 축소 영상 화소의 색을 보간하는데 필요 없는 화소들도 있으므로, 이 필요 없는 원본 영상 화소들에 관해서는 [수식 2]와 같은 계산을 안 해도 된다는 것입니다.

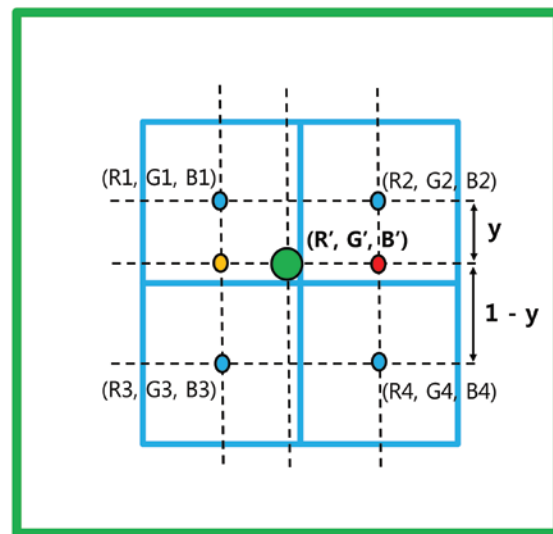


그림 5. bilinear 1단계: 수직 방향 선형 보간

[수식 2]

$$(R_{yellow}, G_{yellow}, B_{yellow}) = (1-y) \cdot (R1, G1, B1) + y \cdot (R3, G3, B3)$$

$$(R_{red}, G_{red}, B_{red}) = (1-y) \cdot (R2, G2, B2) + y \cdot (R4, G4, B4)$$

$(R_{yellow}, G_{yellow}, B_{yellow})$: [그림 5] 노란색 점의 보간된 색

$(R_{red}, G_{red}, B_{red})$: [그림 5] 빨간색 점의 보간된 색

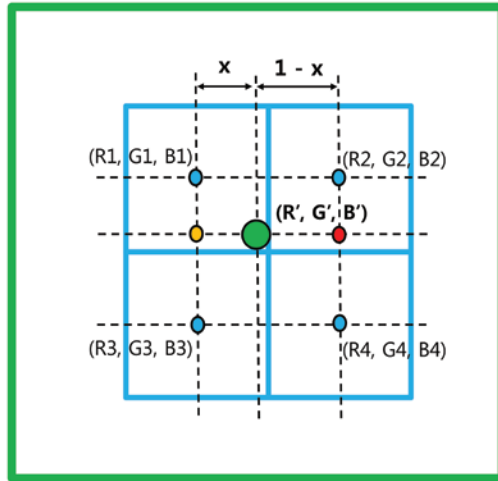


그림 6. bilinear 2단계 : 수평 방향 선형 보간

[그림 5]와 같이 수직 방향으로 보간이 완료되면 [그림 6]와 같이 노란색과 빨간색 점의 색인 $(R_{yellow}, G_{yellow}, B_{yellow})$ 와 $(R_{red}, G_{red}, B_{red})$ 를 $x:(1-x)$ 로 분할하는 녹색점(축소영상 화소의 중심점)의 색을 [수식 3]을 통해 다시 한 번 보간하여 얻습니다. [수식 3]도 [수식 2]의 경우와 같이 축소 영상의 보간에 필요 없는 원본 영상 화소들에 관해서는 계산을 안 해도 됩니다. [수식 2]와 [수식 3]을 순차적으로 적용한 것이 [수식 1]과 같다는 것은 [수식 3]을 [수식 2]를 이용하여 $(R1, G1, B1), (R2, G2, B2), (R3, G3, B3), (R4, G4, B4)$ 으로 정리한 [수식 4]를 통해 쉽게 알 수 있습니다.

[수식 3]

$$(R', G', B') = (1-x) \cdot (R_{yellow}, G_{yellow}, B_{yellow}) + x \cdot (R_{red}, G_{red}, B_{red})$$

(R', G', B') : 축소 영상 화소의 색

[수식 4]

$$(R', G', B') = (1-x) \cdot (R_{yellow}, G_{yellow}, B_{yellow}) + x \cdot (R_{red}, G_{red}, B_{red})$$

$$= (1-x) \cdot (1-y) \cdot (R1, G1, B1) + (1-x) \cdot y \cdot (R3, G3, B3)$$

$$+ x \cdot (1-y) \cdot (R2, G2, B2) + x \cdot y \cdot (R4, G4, B4)$$

(R', G', B') : 축소 영상 화소의 색

지금까지 bilinear 방식의 영상 축소 방법을 알아보았습니다. 원본 영상의 2x2 화소 영역을 이용하는 bilinear 방식 외에도 원본 영상의 4x4 화소 영역을 이용하여 이전 연재에서 설명된 bicubic 방식을 통한 영상 축소도 가능하며, 기타 다양한 방식들이 존재합니다. 지금까지의 연재를 통해서 디지털 영상처리에서 가장 기본적인 영상의 확대 및 축소가 어떻게 이루어지는지 쉽게 이해하셨을 것 같습니다. 다음 연재에서도 방송에서 자주 사용되는 디지털 영상처리 기법들을 소개해나가도록 하겠습니다. 📺

독자 여러분, 행복하게 2018년을 마무리하세요!