

# C군의 네버엔딩 스토리,

## 디지털 영상처리의

### 이해 - 8

독자 여러분, 어마어마했던 더위에 별고 없으셨나요? 더위에 지친 독자 여러분의 심신안정에 조금이라도 도움이 되고자, 오늘도 C군은 불철 주야 유익하고 실용적이며 지적수양에 도움이 되는 내용을 물 흐르듯 매우 자연스럽게 편안하게 독자 여러분께서 습득하실 수 있도록 쉽게 풀어가는 것에 대해 끊임없이 고민하고 있습니다. 최대한 독자 여러분의 능동적 노력 없이, 무심히 읽는 것만으로도 핵심을 파악할 수 있는 착한(?) 설명을 위한 처절한 고민과 노력을 멈추지 않는 가운데, 이번 연재에서는 '디지털 영상의 확대'에 대해 알아보도록 하겠습니다.

먼저, TV나 컴퓨터 모니터에서 영상의 확대라는 것은 무슨 의미일까요? 일단 눈에 보이는 그대로 이야기를 하면 [그림 1]과 같이 화면 안의 영상이 커지는 것입니다.

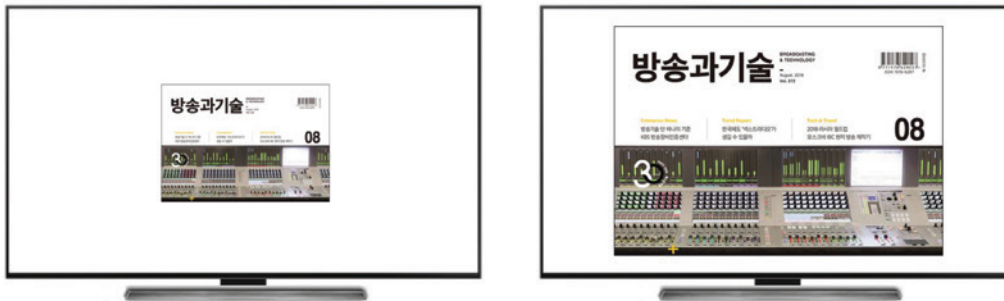


그림 1. 좌: 원본 영상 / 우: 확대 영상

독자 여러분도 잘 아시다시피, TV나 컴퓨터 모니터의 화면은 화소(Pixel)라고 하는 사각형의 집합으로 이루어져 있으며, 이 화소의 색을 변화시켜서 마치 모자이크처럼 영상을 표현하는 것입니다. 다만, 화소의 크기가 매우 작아서 육안으로 볼 때 모자이크처럼 안 보이고 자연스럽게 보일 뿐입니다. 이렇듯 화소의 집합으로 이루어진 화면에서 영상이 확대되었다는 것은 [그림 2]와 같이 영상이 차지하는 화소가 많아지는 것입니다.

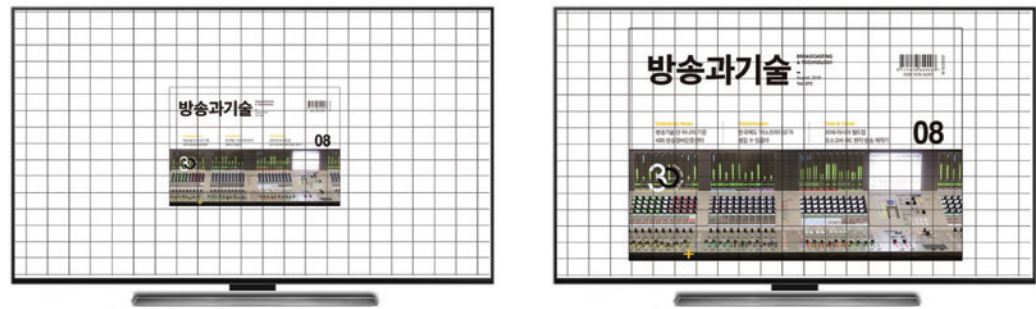


그림 2. 영상 확대와 축소 (좌: 원본 영상 / 우: 확대 영상)

조금 더 구체적으로 현상을 들여다보겠습니다. 영상을 확대한다는 것은 더 많은 화소에 같은 모양의 영상이 표시되도록 한다는 이야기처럼 들리는데, 어떻게 이렇게 할 수 있을까요? [그림 3]에 화소를 바둑판 모양으로 표시하여 설명하겠습니다.

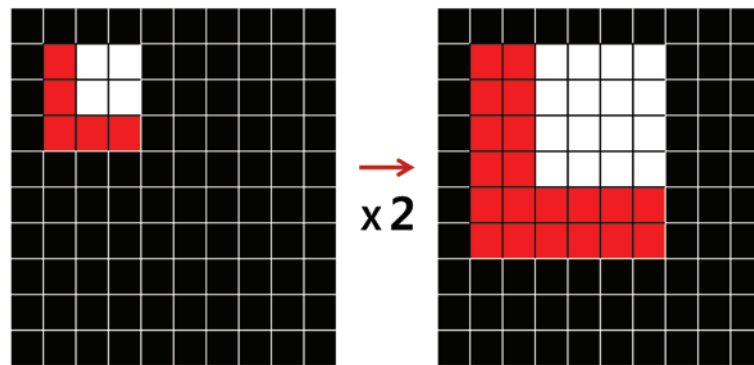


그림 3. 3×3 원본 영상의 2배 확대 영상(6×6 영상) 예

[그림 3]은 가로, 세로 10개씩 10×10의 화소를 가지는 디스플레이 화면에서 하얀 바탕 위에 빨간 'L'자가 새겨진 3×3 원본 영상을 2배로 확대하여 6×6 영상을 만든 예입니다. 영상이 2배로 확대되었다는 것은 영상의 면적이 2배로 커지는 것이 아니라 영상의 가로, 세로 화소수가 2배로 커졌다는 것을 의미하므로 3×3 원본 영상을 2배로 확대하면 6×6 영상이 됩니다. [그림 3]의 3×3 → 6×6 영상확대를 화소 단위로 시각을 바꾸어 보면 [그림 4]와 같이 확대 전 각 원본 화소가 확대 후에는 2×2 화소 영역과 대응 관계를 가지게 되는 것과 같습니다. [그림 4]에서는 독자 여러분의 이해를 돕기 위해 [그림 3]의 확대 전과 후 영상에서 색을 모두 지우고 화소 간의 대응 관계만을 따로 표시했습니다.

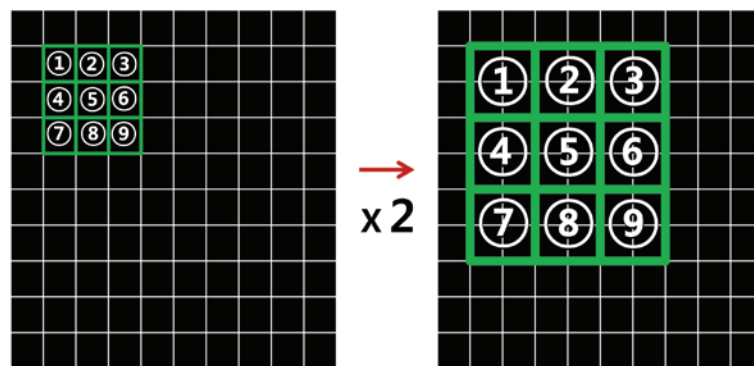


그림 4. 원본 영상과 확대 영상의 화소 간 대응 관계



[그림 4]에서 보시듯 영상을 2배 확대하게 되면 좌측의 확대 전 원본 영상의 ①~⑨로 표시된 각 화소들이 우측 확대 후 영상의 ①~⑨로 표시된 2×2 화소 영역과 1:1로 대응되게 됩니다. 이 확대 전 영상과 확대 후 영상의 화소들의 대응 관계를 영상 데이터의 관점에서 바꿔 말하면 원본 영상의 화소들과 이에 대응하는 확대 후 영상의 2×2 화소들은 같은 색을 가지는 화소들이라는 의미가 됩니다. [그림 4]에 나타난 화소 간 대응 정보를 바탕으로 [그림 4] 우측의 녹색 테두리로 묶인 2×2 화소 영역들을 원본 영상의 대응되는 화소의 색으로 채운 것이 [그림 5]입니다.

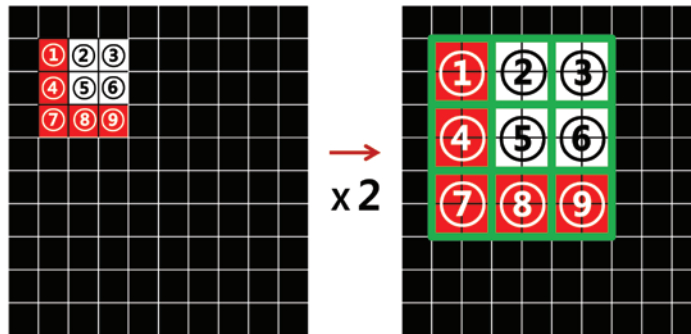


그림 5. 원본 영상과 확대 영상의 화소 간 대응 관계 및 화소 색

구체적 이해를 위해 [그림 5]의 영상확대 과정을 조금 더 세밀하게 설명하면 다음과 같습니다. [그림 5] 좌측 3×3 원본 영상의 ①~⑨로 표시된 각 화소 중에서 빨간색 화소는 (R, G, B) 값으로 (255, 0, 0)을 갖고, 하얀색 화소는 R, G, B 값으로 (255, 255, 255)를 갖고 있습니다. 화소마다 (R, G, B) 값에 따라 TV나 모니터가 해당 색을 띤 빛을 내므로 인간의 눈이 영상을 볼 수 있는 것입니다. [그림 5] 좌측의 3×3 원본 영상을 2배로 확대하는 것은 가로와 세로를 두 배로 하여 6×6 영상을 만드는 것과 같습니다. 그런데 영상이라는 것은 앞서 언급된 바와 같이 각 화소에 색을 입힌 모자이크 같은 것이므로, 3×3 원본 영상을 6×6 영상으로 확대한다는 것은 6×6 영상의 각 화소를 어떤 색으로 채우는가와 같은 문제가 됩니다. 이 문제에 대해 [그림 5]와 같이 좌측 3×3 원본 영상의 각 화소와 우측 6×6 영상의 2×2 녹색 테두리 영역이 1:1로 대응되므로, [그림 5] 우측 2×2 녹색 테두리 영역의 화소의 색인 (R, G, B) 값을 대응되는 좌측 3×3 원본 영상의 화소의 색에 따라 빨간색인 (255, 0, 0) 또는 흰색인 (255, 255, 255)로 채우면 2배로 확대된 영상이 만들어집니다.

위의 예와 같이 영상을 N배로 확대하면 원본 영상과 확대 영상의 대응 영역이 화소 단위로 딱 들어맞으므로 영상확대에 별다른 어려움이 없습니다. 그런데 3×3 영상을 8×8 영상으로 확대하는 것과 같이 정수배가 아닌 경우의 영상확대는 어떻게 처리해야 할까요?

[그림 6]에 3×3 원본 영상을 확대하여 8×8 영상을 만드는 경우 화소 간의 대응 관계를 표시해보았습니다. 3×3 원본 영상을 8×8 영상으로 확대하는 것은 가로, 세로를  $\frac{8}{3}$  배로 늘이는 것으로써, 약 2.7배로 영상을 확대하는 것입니다. 이렇게 정수가 아닌 배수로 확대를 하다 보니 [그림 6]과

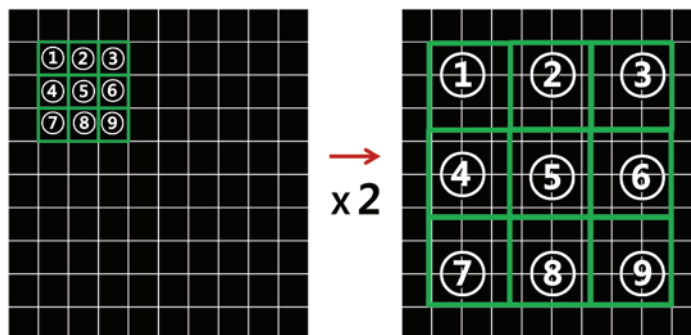


그림 6. 정수비가 아닌 영상확대의 화소 간 대응 관계

같이 원본 영상의 화소가 확대 후 영상의 2.7×2.7 화소 영역에 대응되는 상황이 발생합니다.

하나의 원본 화소가 확대 후 2.7×2.7 화소 영역에 대응될 때 문제가 되는 것은 [그림 7] 우측의 회색으로 표시된 화소들과 같이 원본 영상의 특정 화소와 1:1로 대응되지 못하고 여러 원본 화소들에 복수의 대응을 갖는 경우입니다. 왜냐하면 앞에서 설명되었듯 영상을 확대한다는 것은 확대 영상의 각 화소를 대응되는 원본 영상 화소의 색을 따라 채우는 것과 같은 문제이므로, 확대 영상의 화소가 복수의 원본 영상 화소와 대응하는 경우 원본 영상에서 어떤 화소의 색을 이용하여 채워야 할지 판단을 해야 하기 때문입니다.

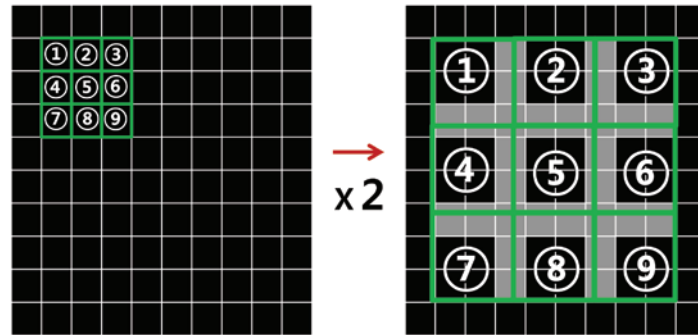


그림 7. 복수의 원본 영상 화소와 대응하는 확대 영상 화소들

[그림 7] 우측의 회색 확대 영상 화소들과 같이 원본 영상의 특정 화소에 대응되지 못하고 복수의 화소에 대응될 경우 이런 화소들을 독자 여러 분이려면 어떤 색으로 채우시겠습니까? 가장 먼저 떠오르는 방법은 당연히 [그림 8], [그림 9]와 같이 면적비로 색을 보간하는 것이겠죠? 네! 맞습니다. 확대 영상의 화소가 하나의 원본 영상 화소와 대응되지 않고, 복수의 원본 화소에 걸쳐 대응될 경우 흔하게 쓰는 방법 중 하나가 바로 면적비를 이용하여 색을 혼합하는 것입니다. 우선 [그림 8]을 통해서 비교적 간단한 경우를 생각해보겠습니다. [그림 8]의 초록색 테두리 사각형들은 원본 영상의 화소, 파란색 테두리 사각형은 확대 영상의 화소이며, 확대 영상의 화소가 7:3의 면적비로 원본 영상의 빨간색 화소와 흰색 화소에 걸쳐있습니다. 원본 영상의 빨간색이 (R, G, B)값으로 (255, 0, 0)을 갖고, 흰색이 (255, 255, 255)를 갖는다면, 파란색 테두리를 한 확대 영상의 화소 색은 원본 영상의 빨간색 화소에 면적의 70%가 걸쳐있고, 하얀색 화소에 면적의 30%가 걸쳐있으므로  $0.7 \times (255, 0, 0) + 0.3 \times (255, 255, 255) = (255, 77, 77)$ 과같이 됩니다(소수 첫째자리에서 반올림). [그림 8]의 좌측은 확대 영상 화소의 보간된 색이 얼마나 흰색과 섞였는지를 알아보기 쉽게 원본 영상의 빨간색과 비교하여 보여주고 있습니다.

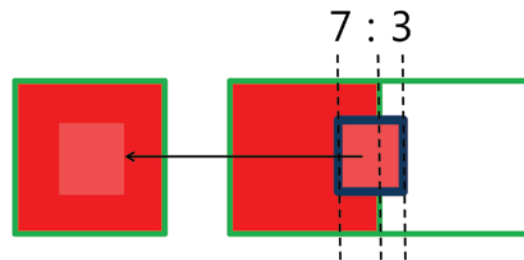


그림 8. 확대 영상 화소의 색 보간 예 1

[그림 8]에서 비교적 간단한 화소 색 보간 예를 보았습니다. 그럼 조금 더 발전시켜서 [그림 9]와 같이 약간 복잡한 경우를 생각해보겠습니다. [그림 9]도 [그림 8]과 같이 초록색 테두리 사각형들은 원본 영상의 화소(빨간색, 흰색의 화소 색 값은 [그림 8]과 동일), 파란색 테두리 사각형은 확대 영상의 화소이며, 확대 영상의 화소가 좌우 7:3, 상하 7:3의 비로 4개의 원본 화소에 걸쳐 대응하는 경우입니다. 이 경우 확대 영상 화소의 면적 중 49%(0.70.7)는 좌상단의 원본 화소, 21%(0.30.7)는 우상단의 원본 화소, 21%(0.70.3)는 좌하단의 원본 화소, 9%(0.30.3)는 우하단의 원

본 화소에 대응합니다. 이 면적의 대응 관계를 확대 영상 화소의 보간되는 색의 관점에서 다시 풀어보면 면적의 79%(좌상단 49% + 좌하단 21% + 우하단 9%)는 원본 영상의 빨간색이 차지하며, 21%(우상단)는 원본 영상의 흰색이 차지하게 됩니다. 이를 보간식으로 정리하여 풀면  $0.79 \times (255,0,0) + 0.21 \times (255,255,255) = (255,54,54)$ 가 됩니다(소수 첫째 자리에서 반올림).

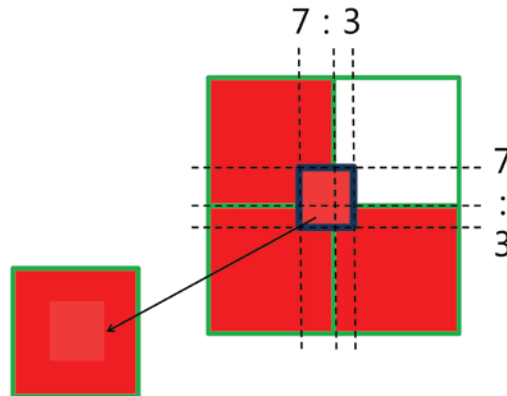


그림 9. 확대 영상 화소의 색 보간 예 2

[그림 9]의 왼쪽은 [그림 8]에서와 동일하게 확대 영상 화소의 보간된 색이 얼마나 흰색과 섞였는지를 알아보기 쉽게 원본 영상의 빨간색과 비교하여 보여주고 있습니다. [그림 8]의 경우와 비교해보면 하얀색이 차지하는 면적이 작아지면서 원본 영상 화소의 빨간색에 조금이나마 더 가까워진 것을 알 수 있습니다.

[그림 8]과 [그림 9]를 통해 설명된 방식을 통해 3x3 원본 영상을 8x8 영상으로 확대한 경우를 [그림 10]에서 보여주고 있습니다. 정수배 확대가 아니므로 확대 영상의 화소 중에 복수 개의 원본 영상 화소와 대응하는 화소들이 존재하고, 이 화소 중 원본 영상의 빨간색-흰색의 경계 부분 화소들과 대응되는 화소들은 원본 영상의 빨간색과 흰색을 보간한 색으로 채워지는데, 이 때문에 약간 흰색과 섞인 빨간색이 확대 영상의 빨간색-흰색 경계 부분에 나타나게 됩니다. 이 예를 통해 직감적으로 왜 영상을 확대하면 영상이 흐려지는가에 관해 이해가 되시죠?

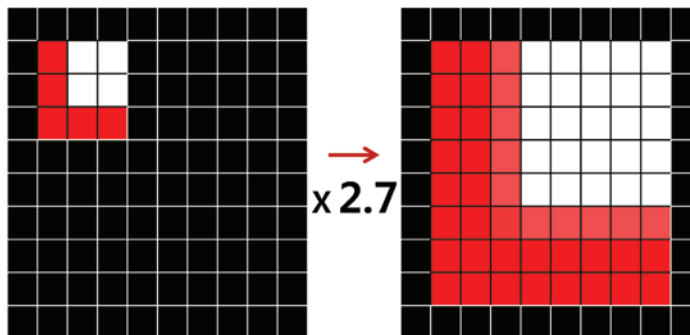


그림 10. 정수비가 아닌 영상확대 예

그렇다면 마지막으로 지금까지의 내용을 집대성하여 정수배가 아닌 임의의 배수로 확대한 영상에서 확대 영상 화소의 색을 어떻게 원본 영상의 색으로 보간하는지에 관해 일반적으로 정리해보겠습니다.

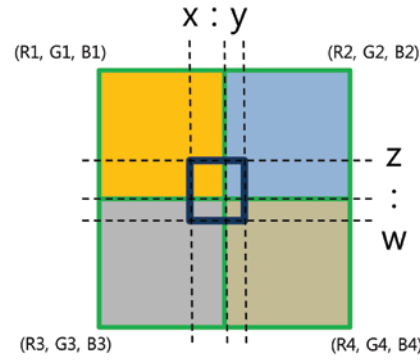


그림 11. 영상확대의 화소 색 보간 일반화

[그림 11]의 초록색 테두리 사각형은 원본 영상의 화소들이며 각각의 색을 가지고 있습니다, 중심의 파란색 테두리 사각형은 확대 영상의 화소이며 좌우로 x:y, 상하로 z:w의 비로 원본 영상들의 화소들에 대응합니다. 확대 영상의 화소인 파란색 테두리 화소의 색은 원본 영상 화소들에 대응되는 내부 면적비에 따라 원본 영상 화소들의 색을 혼합하는 방식으로 보간이 됩니다. 이 과정을 식으로 정리하면 [수식 1]과 같습니다.

[수식 1]

$$(R', G', B') = \frac{z}{z+w} \cdot \frac{x}{x+y} \cdot (R1, G1, B1) + \frac{z}{z+w} \cdot \frac{y}{x+y} \cdot (R2, G2, B2) \\ + \frac{w}{z+w} \cdot \frac{x}{x+y} \cdot (R3, G3, B3) + \frac{w}{z+w} \cdot \frac{y}{x+y} \cdot (R4, G4, B4)$$

(R', G', B') : 확대 영상 화소의 색 ([그림 11]의 파란색 테두리 화소)

[수식 1]의 내용이 비교적 간단하여 추가의 설명 없이 이만 설명을 마쳐도 될 것 같습니다만, 한 가지 더 언급하고 싶은 사항이 있어 [수식 1]을 살짝 한 번 [수식 2]와 같이 정리해보겠습니다.

[수식 2]

$$(R', G', B') = \frac{z}{z+w} \left( \frac{x}{x+y} \cdot (R1, G1, B1) + \frac{y}{x+y} \cdot (R2, G2, B2) \right) \\ + \frac{w}{z+w} \left( \frac{x}{x+y} \cdot (R3, G3, B3) + \frac{y}{x+y} \cdot (R4, G4, B4) \right)$$

(R', G', B') : 확대 영상 화소의 색 ([그림 11]의 파란색 테두리 화소)

[수식 1]을 [수식 2]와 같이 정리하고 보니 확대 영상 화소의 색을 가로로 보간한 후에 다시 세로로 보간하는 것을 나타낸 식이 되었습니다. 한 번에 가로, 세로 다 고려하여 보간하거나, 가로로 보간한 후에 세로로 보간하거나, 별 차이 없는 것 같지만, 실제 컴퓨터나 H/W 등으로 영상확대를 처리하려고 할 때 매우 유용한 특성입니다. 가로, 세로 중 한 방향으로 처리 후 나머지 방향으로 다시 한 번 처리하면 되므로, 애써 고민하고 힘들어서 가로, 세로를 동시에 처리하는 설계나 구현을 하지 않아도 되기 때문입니다.

지금까지 디지털 영상의 확대에 관해 알아보았습니다. 독자 여러분께서 별다른 수고 없이 쉽게 쉽게 이해가 가능하도록 최대한 간단하게 설명하려 했지만, 여전히 설명하는 재주가 부족한 것 같습니다. 다음 연재는 이번에 소개한 내용보다 더 고급스러운 영상확대 방법인 Bicubic 보간 방법에 관해 소개하겠습니다. 📖