

C군의 네버엔딩 스토리,

디지털 영상처리의

이해 - 9

독자 여러분 안녕하세요. 지난 연재에 이어 이번 편에서는 ‘디지털 영상의 확대’ 고급편인 Bicubic 영상 확대 방법에 관해 소개할 예정이었습니다. 하지만, Bicubic 방법을 설명하기 위해서는 아무래도 Bilinear 방식에 대한 설명이 필요할 것 같습니다. 보간식이 3차식이나 1차식이나의 차이를 제외하면 기본적인 구조는 Bicubic과 Bilinear가 동일하기 때문에 비교적 간단한 Bilinear의 구조에 대한 이해를 바탕으로 보간식이 3차식으로 업그레이드 된 Bicubic을 접근하는 것이 용이할 것 같습니다. 그리고 지난 연재에 관해 한 가지 부연해야 할 사항이 있습니다. 지난 연재에서 소개된 영상 확대 방법에 대해 ‘흔하게 쓰는 방법’이라고 표현했는데, 엄밀히 이야기하면 영상 확대 시 Bilinear 방식 보다는 영상의 경계 부분이 덜 뭉개지도록 Bilinear를 변형하여 C군과 C군 주변의 인물들이 ‘흔하게 쓰던 방식’이고, 관련 업계에서 일반적으로 ‘흔하게 쓰는 방식’은 아님을 알려드립니다. 관련 업계에서 일반적으로 ‘흔하게 쓰는 방식’은 지금 알려드릴 Bilinear 방식입니다. 앞으로 표현에 좀 더 주의를 기울여, 더욱 엄밀히 내용을 전달 할 수 있도록 노력하겠습니다.

그럼 Bilinear 방식에 관한 설명을 시작하겠습니다. [그림 1]은 이전 연재에서 예로 들었던 3×3 원본 영상을 8×8 영상으로 약 2.7배 확대한 경우의 예입니다.

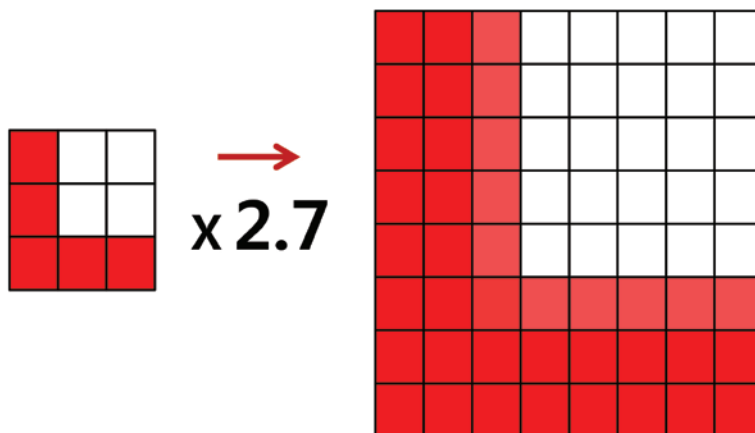


그림 1. 정수비가 아닌 영상 확대 예

[그림 2]에는 [그림 1]의 3×3 원본 영상을 확대하여 8×8 영상을 만드는 경우 화소 간의 대응 관계가 표시되어 있습니다. [그림 2]에 보이듯 영상을 약 2.7배 확대하게 되면 좌측 확대 전 원본 영상의 ①~⑨로 표시된 각 화소가 우측 확대 후 영상의 ①~⑨로 표시된 2.7×2.7 화소 영역과 1:1로 대응되게 됩니다.

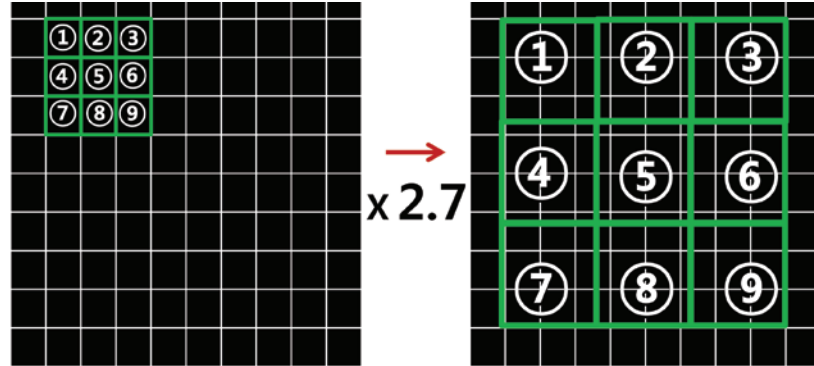


그림 2. 원본 영상과 확대 영상의 화소 간 대응 관계

[그림 3]은 [그림 2] 우측에 오버랩되어 표현된 3×3 원본 영상 화소들과 8×8 확대 영상 화소 간의 상대적 대응 관계를 일반화하여 그린 것이며, [그림 3]의 초록색 테두리 사각형들은 원본 영상의 화소, 파란색 테두리 사각형은 확대 영상의 화소입니다. Bilinear 방식에서는 원본 화소를 정사각형으로 가정하고, 그 정사각형 한 변의 길이를 단위 거리로 사용하므로 [그림 3]의 수평 또는 수직으로 인접한 초록색 테두리 사각형의 중심을 나타내는 검은색 점들 사이의 거리는 1이 됩니다. 또한, [그림 3]의 파란색 테두리 사각형은 임의의 확대 영상 화소이며 회색으로 표시된 중심점이 수평 방향으로으로는 좌측에 있는 $(R1, G1, B1)$, $(R3, G3, B3)$ 의 색을 갖는 원본 화소들의 중심점으로부터 x , 우측에 있는 $(R2, G2, B2)$, $(R4, G4, B4)$ 의 색을 갖는 원본 화소들의 중심점으로부터 $1-x$ 만큼 떨어져 있고, 수직방향으로는 위쪽 $(R1, G1, B1)$, $(R2, G2, B2)$ 의 색을 갖는 원본 화소들의 중심점으로부터 y , 아래쪽 $(R3, G3, B3)$, $(R4, G4, B4)$ 의 색을 갖는 원본 화소들의 중심점으로부터 $1-y$ 만큼 떨어져 있습니다.

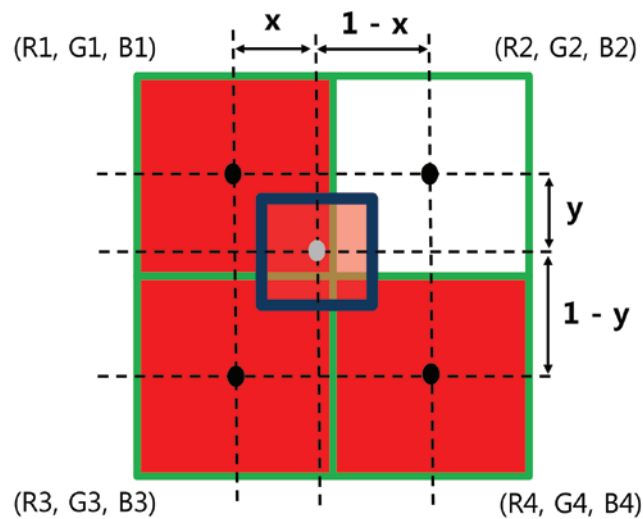


그림 3. 원본 영상 화소(초록색 테두리)와 확대 영상 화소(파란색 테두리)의 상대적 대응 관계

정사각형으로 가정한 원본 영상 화소의 한 변의 길이를 단위 거리로 하여, 인접한 원본 영상 화소들의 중심점과 확대 영상 화소의 중심점의 위치를 이용하여 확대 영상의 화소 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') : 확대 영상 화소의 색 ([그림 3]의 파란색 테두리 화소 회색 중심점의 색)

반복되는 용어들과 다소 복잡해 보이는 설명을 다시 정리하면 다음과 같습니다. [그림 2] 우측과 같은 원본 영상 화소들과 확대 영상 화소 간의 상대적 대응 관계를 통해 원본 영상 화소의 중심점을 기준으로 모든 확대 영상 화소의 중심점 위치를 구합니다. 이후, 모든 확대 영상 화소에서 [수식 1]의 각 항에 해당하는 데이터(대응되는 원본 영상 화소들의 색과 중심점까지의 거리)를 찾아 대입하여 모든 확대 영상 화소의 색을 계산하면 영상 확대라는 과정이 완료됩니다.

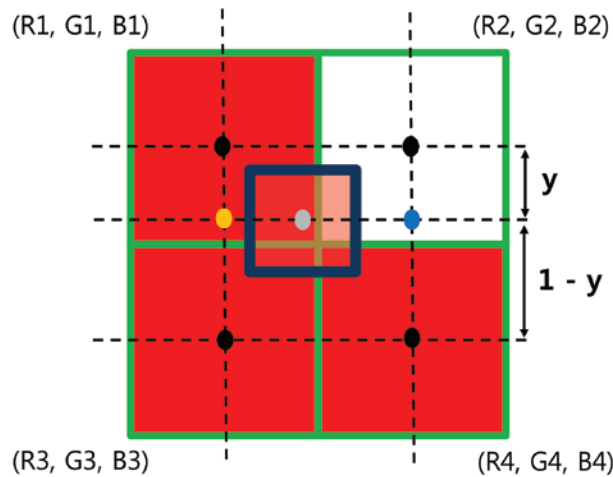


그림 4. Bilinear 1단계 : 수직 방향 선형 보간

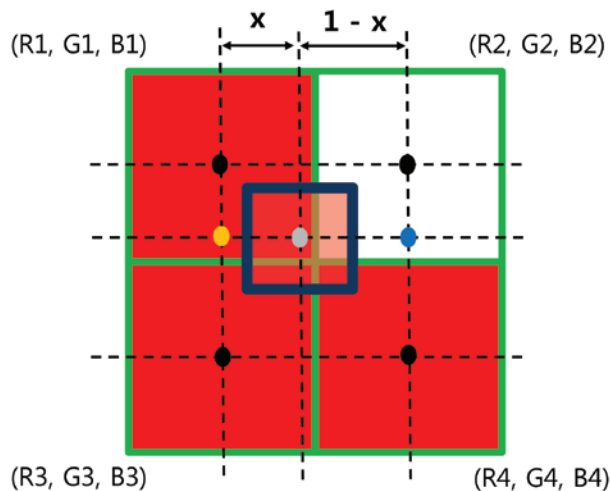


그림 5. Bilinear 2단계 : 수평 방향 선형 보간

그렇다면 [수식 1]은 어떻게 만들어진 식일까요? 그 해답은 Bilinear라는 이름에 있습니다. 'bi-'가 2를 뜻하는 접두사라는 것을 모두 알고 계실 것 같습니다. 그러므로 Bilinear라고 함은 Linear Interpolation(선형 보간)을 두 번 수행했다는 의미를 갖고 있습니다. [그림 4]와 [그림 5]는 Bilinear



의 두 번의 선형 보간 절차를 보여줍니다. [그림 3]의 파란색 테두리 사각형의 회색 중심점에 해당하는 화소 색을 구하기 위해 우선 [그림 4]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 파란색 점에서의 가상의 색(영상을 화소라는 단위의 집합이 아닌 연속적인 점들의 집합으로 가정했을 때 해당 위치에서의 색, 이때 화소 중심점의 색은 화소의 색과 동일하고 이외의 점들의 색은 주변 화소의 중심점들의 색과 함수 관계를 가진다고 가정)인 $(R_{yellow}, G_{yellow}, B_{yellow})$ 와 $(R_{blue}, G_{blue}, B_{blue})$ 를 각각 [수식 2]를 통해서 구합니다. [수식 2]는 일반적인 선형 보간식이므로 별 다른 설명이 없어도 독자 여러분께서 이해하시는 데 문제가 없을 것입니다.

[수식 2]

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

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

$(R_{yellow}, G_{yellow}, B_{yellow})$: [그림 4] 노란색 점의 보간된 가상의 색

$(R_{blue}, G_{blue}, B_{blue})$: [그림 4] 파란색 점의 보간된 가상의 색

[그림 4]와 같이 수직 방향으로 보간이 완료되면 [그림 5]와 같이 노란색과 파란색 점의 가상의 색인 $(R_{yellow}, G_{yellow}, B_{yellow})$ 와 $(R_{blue}, G_{blue}, B_{blue})$ 를 $1-x$ 로 분할하는 파란색 테두리 사각형 중심의 회색 점의 색을 [수식 3]을 통해 다시 한번 선형 보간하여 얻습니다. [수식 3]의 첫 줄을 [수식 2]를 이용하여 $(R1, G1, B1), (R2, G2, B2), (R3, G3, B3), (R4, G4, B4)$ 로 정리하면 [수식 1]과 같아지는 것을 알 수 있습니다.

[수식 3]

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

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

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

(R', G', B') : 확대 영상 화소의 색

(그림 3 ~ 그림 5의 파란색 테두리 화소 회색 중심점의 색)

이로써 Bilinear 보간식이 만들어진 방법에 대한 설명이 완료되었습니다. 그런데 여기서 한 가지 의문이 들 수 있을 것 같습니다.

“Bilinear 방식을 사용하면 꼭 [그림 4]처럼 수직 방향 보간 후에 [그림 5]와 같은 수평 방향 보간을 해야 하는가?”

대답은 “아닙니다. 순서는 상관없습니다.”입니다. [그림 4] → [그림 5]와 같이 수직 방향으로 먼저 보간을 하고, 수평 방향 보간을 하지 않고, 순서를 바꿔 수평 방향 보간 후에 수직 방향 보간을 해도 [수식 1]과 똑같은 결과를 얻을 수 있으므로 Bilinear 방식에서 순서는 문제가 되지 않습니다. 지금까지 Bicubic의 밑바탕이 되는 Bilinear 방식의 영상 확대 방법을 알아봤습니다. 다음 연재에서는 이번 내용을 바탕으로 Bicubic 영상 확대 방법을 자세히 설명하도록 하겠습니다.

P.S. 지난 9월호 연재 내용 중 [그림 6]과 [그림 7]에서 ‘×2’로 잘못 표시된 부분을 ‘×2.7’로 정정합니다. 그림을 보며 의아해하셨을 독자 여러분께 죄송합니다. 앞으로 세심한 주의를 기울여 실수 없도록 하겠습니다. ☹

