

C군의 네버엔딩 스토리, 디지털 영상처리의 이해 - 12

글. 조인준 KBS 기술연구소 차장

독자 여러분 새해 복 많이 받으세요. 어느덧 ‘디지털 영상처리의 이해’ 연재도 12번째를 맞이했습니다. 1년 전 연재를 시작할 당시에는 몇몇 간단한 디지털 영상처리 기법의 소개를 통해 콘텐츠 제작 과정에서 일어나는 다양한 영상처리 과정의 원리에 관한 직관을 드리는 것을 목표로 했었습니다. 어릴 적 공책이나 교과서 페이지 여러 장에 걸쳐 연속된 장면을 그리고 빠르게 페이지를 넘기면 마치 애니메이션처럼 그림이 움직이던 것으로부터 영화나 TV에서 구현되는 동영상의 원리를 쉽게 이해할 수 있었던 것처럼, 자주 사용되는 디지털 영상처리 기법들이 어떤 원리로 구현되는지에 관한 이해를 통해 복잡하고 고차원적인 디지털 영상처리도 대략적인 수준에서 이해할 힘을 드리고 싶었습니다. 디지털 영상처리에 관해 적지 않은 시간 동안 연재를 하며 애초 목표했던 바를 이룰 수 있었는지 아닌지 알 수는 없지만, 모쪼록 독자 여러분께서 작은 통찰이나마 얻으실 수 있는 연재였으면 합니다. 그러면 이번 편에서는 뉴스나 시사 프로그램에서 많이 쓰는 영상의 모자이크 및 블러(blur) 처리에 대해서 설명드리겠습니다.



그림 1. 모자이크 처리 예

[그림 1]은 뉴스나 시사 프로그램에서 자주 보이는 모자이크 처리의 예를 보여주고 있습니다. [그림 1]과 같은 모자이크 처리를 위해서는 [그림 2]와 같이 영상에 타일 형태의 영역을 설정합니다. 타일 형태 영역의 크기는 모자이크 조각의 크기에 따라 임의로 설정이 가능합니다. 타일 형태의 영역 설정이 끝나면 본격적인 모자이크 처리를 위한 연산이 수행되어야 합니다. 아마도 가장 흔하게 쓰이는 연산은 각 타일 영역에 포함된 화소들의 R, G, B값을 각각 평균 낸 후에 이 평균값

으로 해당 영역 화소들의 R, G, B값을 대체하는 것일 겁니다. 만약 각 타일 영역의 R, G, B값을 평균 내는 과정이 번거롭다면, 더욱 간편한 방법으로 각 타일 영역 화소들이 가지는 R, G, B값의 중간값으로 타일 영역 내 화소들을 채우는 방법이 있을 수 있습니다.

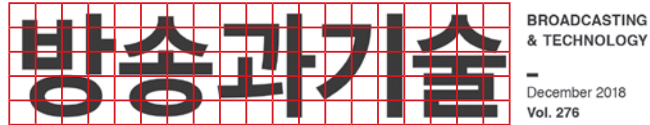


그림 2. 모자이크 처리를 위한 영상의 영역 분할

[그림 3]은 [그림 2]의 각 타일 영역에 속한 화소들을 해당 타일 영역 R, G, B값들의 평균이나 중간값으로 채워 모자이크 처리한 결과입니다.

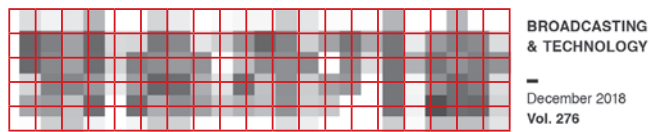


그림 3. 각 타일 영역의 R, G, B값 대체를 통한 모자이크 처리

[그림 1]~[그림 3]을 통해 모자이크 처리의 기본 원리를 설명해 드렸습니다. 설명은 정지영상을 예로 들었으나 동영상의 경우와 그 방법이 다르지 않습니다. 동영상의 경우는 프레임마다 영상에 모자이크 처리를 하여 연속으로 재생하면 우리가 TV에서 보는 모자이크 화면이 됩니다.

모자이크 처리와 함께 뉴스나 시사 프로그램에서 영상의 특정 부분을 가리기 위해 많이 쓰이는 영상처리 기법이 블러(blur) 처리입니다. 모자이크 처리는 영상에 타일 패턴을 남기지만 블러 처리는 타일 같은 경계가 없이 영상의 특정 영역을 희미하게 만듭니다. 블러 처리의 기본 원리는 처리 대상 화소의 R, G, B값을 일정 반경 안에 있는 다른 화소들의 R, G, B값과 함께 가중치 평균을 낸 후, 이를 처리 대상 화소의 R, G, B값으로 대체하는 것입니다. 블러 처리는 가중치 평균을 사용한다고 했는데, 블러 처리에 사용되는 가중치 평균 중에 가장 많이 쓰이는 것이 가우시안(Gaussian) 함수를 가중치로 이용하는 것입니다. 그리고 가우시안 함수를 가중치로 사용하는 블러 처리를 '가우시안 블러'라고 부릅니다. [그림 4]는 가우시안 블러의 적용 결과를 보여줍니다. [그림 4] 상단 영상의 '방송과기술' 부분에 가우시안 블러를 적용한 결과 [그림 4] 하단 영상의 흐릿해진 '방송과 기술'입니다. 그렇다면 블러 처리는 어떻게 수행되는지 너무 복잡하지 않은 수준에서 최대한 구체적으로 설명드리겠습니다.



블러(BLUR) 처리

그림 4. 가우시안 블러 적용 결과

앞서 가우시안 블러는 각 화소에서 일정 반경 내의 화소들을 대상으로 가우시안 함수를 사용한 R, G, B값의 가중치 평균을 내어 각 화소의 기존 R, G, B값을 대체하는 것이라고 설명드렸습니다. 여기서 말하는 가우시안 함수는 다른 아닌 고교 시절 배운 정규분포 함수이며, 영상은 화소의 2차원 배열이므로 고등학교 과정에서 배운 1차원의 정규분포 함수(가우시안 함수)가 아닌 2차원의 정규분포 함수를 사용하게 됩니다.

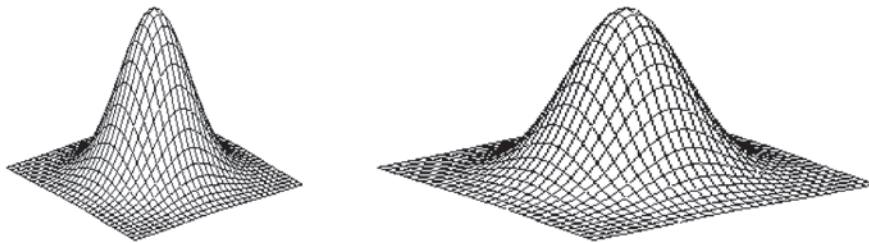


그림 5. 가우시안 블러에 가중치로 사용되는 가우시안 함수

[그림 5]는 2차원의 가우시안 함수를 나타냅니다. [그림 5] 좌·우의 가우시안 함수는 최대값은 같고 폭이 다른 것을 알 수 있습니다. 가우시안 함수의 경우 이 폭을 조절할 수 있는 파라미터(통계의 표준편차에 해당)가 있으며, 이 파라미터를 조절하여 블러의 반경을 조절합니다. 블러 처리를 수행할 때 연산의 중심이 되는 각 화소에 가우시안 함수의 중심점(최대값을 갖는 위치)을 맞추고 블러 처리 반경에 포함되는 화소들과 중심 화소의 R, G, B값에 가우시안 함수의 값을 곱하여 모두 더한 값을 연산에 이용된 가우시안 함수값의 총합으로 나누면 R, G, B값의 가중치 평균이 됩니다. 이 R, G, B값의 가중치 평균을 중심 화소의 R, G, B값으로 대체하는 연산을 블러 처리 영역 내의 모든 화소에 적용하면 [그림 4] 하단과 같은 영상을 얻을 수 있습니다.

여기서 조금 더 재미있는 이야기를 추가해보겠습니다. 옛날 옛적 컴퓨터가 많이 느리던 시절에 소수 연산은 시간을 많이 소비하는 연산이었습니다. 그래서 그 당시에는 될 수 있으면 정수를 이용하여 소수 연산과 같거나 비슷한 연산 결과를 낼 방법들을 많이 고안하여 사용했었습니다. 여러분도 아시겠지만 가우시안 함수는 지수함수이기 때문에 연산이 복잡합니다. 그런데 가우시안 블러는 지수함수에 소수까지 섞어서 연산을 하니 예전 컴퓨터 성능이 요즘에 비해 형편없던 시절에는 거의 재앙에 가까운 영상처리였겠죠? 그렇다면 그 시절 가우시안 블러 연산을 간단하게 만들기 위해 사람들은 어떤 방법을 고안했을까요? 그 신박한 아이디어가 [그림 6]에 나타나 있습니다.

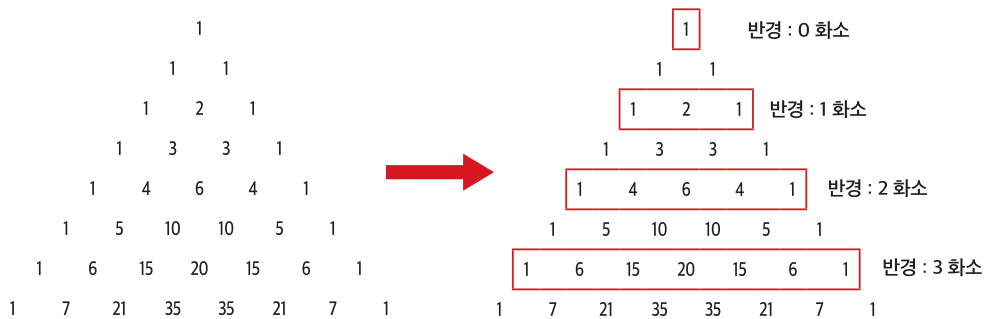


그림 6. 파스칼의 삼각형과 가우시안 함수

[그림 6]의 좌측은 '파스칼의 삼각형'입니다. '파스칼의 삼각형'은 아시다시피 $(a+b)^n$ 의 n 승을 전개했을 때 a 의 n 승, a 의 $(n-1)$ 승 곱하기 b , a 의 $(n-2)$ 승 곱하기 b 의 2승 b 의 n 승까지의 계수들을 나타냅니다. '파스칼의 삼각형' 맨 위의 1은 $n=1$ 일 때, 두 번째 줄의 $(1, 1)$ 은 $n=1$ 일 때, 세 번째 줄의 $(1, 2, 1)$ 은 $n=2$ 일 때의 경우입니다. 그런데 '파스칼의 삼각형' 중



아무 행이나 골라서 가로방향 위치를 x 축, 각 위치에서의 값을 y 축에 대응시켜 점을 찍어보면 가우시안 함수와 비슷한 종 모양이 되는 것을 알 수 있습니다. 실제로 가우시안 함수의 폭과 높이를 조절하여 ‘파스칼의 삼각형’ 중 임의의 행을 그래프로 그린 것에 중첩시키면 굉장히 비슷하게 모양이 들어맞습니다. 사실 이것은 기가 막힌 우연이라기보다는 가우시안 함수가 만들어진 원리가 $(a+b)^n$ 의 n 승의 각 항의 계수로 만들어지는 원리와 관련이 있기 때문입니다.

지수함수와 소수 연산이 버겁던 시절 사람들은 가우시안 함수와 ‘파스칼의 삼각형’의 답을 이용해서 컴퓨터의 성능적 한계를 극복하는 연산 방법을 만들어냈습니다. 그렇다면 실제 ‘파스칼의 삼각형’을 어떻게 가우시안 블러에 적용하는지 조금 더 구체적으로 설명드리겠습니다. 앞서의 설명에서 가우시안 블러는 블러 처리가 되는 영역 내의 각 화소를 중심으로 일정 반경을 설정한다고 말씀드렸습니다. 그렇기 때문에 ‘파스칼의 삼각형’을 이용할 경우 [그림 6] 우측과 같이 홀수 번째 행을 사용하게 됩니다. [그림 6] 우측 첫 번째 행은 자기 자신의 화소값만을 사용하므로 반경이 0 화소, 세 번째 행은 자기 자신과 양옆의 화소값을 이용하므로 반경이 1 화소, 다섯 번째 행은 자기 자신과 양옆 두 개씩의 화소값을 이용하므로 반경이 2 화소가 됩니다. 이렇게 블러 처리 반경에 따라 ‘파스칼의 삼각형’의 적절한 행을 선택한 후, 이를 2차원 인 영상에 적용하기 위해 [그림 5]와 같은 2차원 함수로 만듭니다. 1차원인 ‘파스칼의 삼각형’을 2차원 함수로 만드는 방법은 어렵지 않습니다. 설명을 위해서 반경이 2 화소인 (1, 4, 6, 4, 1)을 예로 들겠습니다. (1, 4, 6, 4, 1)을 2차원 함수로 확장하는 방법은 [그림 7]과 같이 (1, 4, 6, 4, 1)을 자기 원소 수인 5개만큼 쌓고, 이 5개의 행에 (1, 4, 6, 4, 1)을 각각 곱하여 5x5 배열을 만드는 것입니다. 이 5x5 배열을 3차원 그래프로 그려보면 2차원 가우시안 함수와 같은 종 모양의 함수가 됩니다.

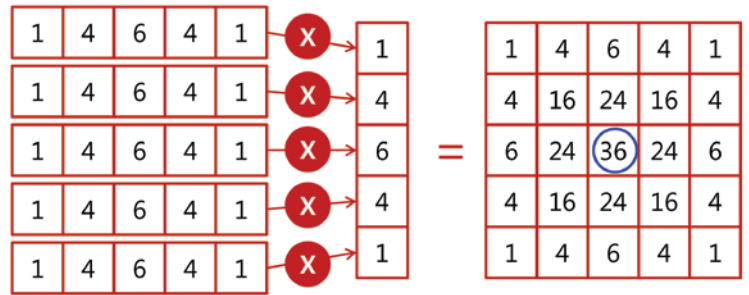


그림 7. 파스칼의 삼각형을 이용한 2차원 가우시안 함수 만들기

‘파스칼의 삼각형’을 이용하여 가우시안 함수와 사실상 같다고 할 수 있는 2차원 함수를 만들고 난 후에는 블러 처리를 위한 정수 연산을 합니다. 이 정수를 이용한 블러 처리 연산은 매우 직관적으로 수행됩니다. 반경 2화소로 블러 처리를 하는 경우 [그림 7] 우측의 파란 원으로 표시된 36을 블러 처리가 되는 각 화소에 맞춘 후 주변 화소들의 위치에 해당하는 5x5 배열 안의 각 숫자를 가중치로 삼아 반경 내 각 화소의 R, G, B값에 곱해서 R은 R끼리, G는 G끼리, B는 B끼리 모두 더합니다. 이후 5x5 영역 내 화소들의 가중치가 곱해진 R, G, B의 각 합을 [그림 7] 우측의 5x5 배열 내 숫자의 총합인 256으로 나누면 블러 처리를 위한 가중치 평균값이 구해지며, 이 값을 [그림 7] 우측의 파란 원으로 표시한 블러 처리 대상 화소의 새로운 R, G, B값으로 대체합니다. 이 연산이 블러 처리가 필요한 영역의 모든 화소에서 완료되면 영상의 가우시안 블러 처리가 완료됩니다.

지금까지 영상의 모자이크 처리 및 블러 처리에 관해 설명드렸습니다. 1년 동안 디지털 영상 처리 기법에 관해 최대한 간단히 소개드리려 노력했는데 독자 여러분이 느끼시기엔 어땠는지 모르겠습니다. 다음 연재부터는 IP 제작 시스템 관련 내용으로 방향을 전환하여 다시 찾아 뵙겠습니다.

독자 여러분, 새해 복 많이 받으세요! 🎉

