

3D 디지털 애니메이션의 카툰화 기법에 관한 사례 연구

A Case Study on Cartoonization Techniques used in 3D Digital Animation

김기범¹

Ki-Bum Kim¹

요 약

3D 디지털 애니메이션의 카툰화 기법은 이미지 변환 기술의 하나이며 2D와 같은 시각 표현을 만드는 방법을 의미한다. 3D 디지털 기술로 제작된 애니메이션은 현실과 구분하기 힘든 실재감을 제공하는 반면, 특유의 딱딱하고 차가운 느낌이 있는 것도 사실이다. 따라서 제작자들은 3D 프로그램에서 비사실적 렌더링 방식을 통해 이를 효과적으로 극복해 왔으나 한편으로는 정형화된 표현의 한계가 있었다. 이에 연구자는 수작업의 결과물에 근접한 자연스럽고 부드러운 시각 표현을 목적으로 포스트 프로덕션 단계에서 컴퓨터그래픽스 이미지 변환 기술을 이용하는 카툰화 기법을 제안한다. 연구의 핵심은 출력된 원본 이미지를 제작자의 의도에 따라 외곽선 강조 및 면 단순화이며 이를 위해 후반 가공 시 2D 그래픽 프로그램에서 조합된 필터 효과를 액션 스크립트 기능으로 이미지에 순차적으로 적용하는 것이다. 제안된 카툰화 기법을 통해 사례 작품을 제작해본 결과 기존 방식보다 외곽선의 강도, 면의 색상 및 명암 단계 단순화, 분리 표현이 강조된 결과물을 얻을 수 있음을 검증하였다.

핵심어 : 3D 디지털 애니메이션, 카툰화, 포스트프로덕션, 이미지 변환, 제작과정

Abstract

Cartoonization technique used in 3D digital animation is one of the image conversion techniques, which is a method of creating a 2D-like visual expression. Animation produced with 3D digital technology provides a sense of reality that is hard to distinguish from reality, but it is true that there is a hard and cold feeling. Until now, producers have effectively overcome this problem through non photo realistic rendering methods of 3D programs, but on the other hand, there is a limit to stereotypical expression. Therefore, this study proposes Cartoonization technique using computer graphics image conversion technology in the post-production stage for the purpose of natural and smooth expression that is close to the resulting product of handwork. The core of this study is to emphasize the outline and simplify the surface according to the intention of the creator of the original output image and for this purpose, the filter effect that is combined in the 2D graphic program will be sequentially applied to the image with the action script function during post-processing. As a result of producing a case work through the proposed Cartoonization technique, output has revealed that has the strength of the outline, the simplification of the surface color and the contrast level, and the separation expression that is emphasized compared to the existing method.

Keyword : 3D digital animation, Cartoonization, Post-production, Image conversion, Production process

¹ Department Multimedia, Chonnam National University, Gwangju, Korea
e-mail: kimkb@jnu.ac.kr

Received(August 13, 2021), Review Result(1st: August 31, 2021), Accepted(September 10, 2021), Published(September 30, 2021)



© 2021 The Authors. Published by NCISS.
This is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.
To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

3D 디지털 애니메이션은 컴퓨터그래픽스 기술의 향상과 함께 빠른 속도로 발전하고 있다. 이 분야의 장르는 현실과 비슷한 시각적 표현에 목표를 두고 사실적 렌더링(Photo Realistic Rendering)을 통해 만족할만한 성과를 이루어 냈다 [1]. 특히 컴퓨터에서 통합적으로 진행되는 작업 과정이 편리하고 기존 수작업과 비교해 고품질의 결과물을 얻을 수 있는 장점으로 인해 다양한 콘텐츠의 제작 방식으로 사용되고 있다 [2]. 이와 함께 다양한 스타일의 시각적 표현도 요구되고 있다. 3D 디지털 기술은 현실과 같은 실재감을 표현하기에는 효과적이지만 특유의 딱딱하고 차가운 느낌으로 인해 표현의 한계가 있는 것도 사실이다 [3]. 따라서 본 연구는 인간의 감성을 표현하고 예술적 상상력을 추구하는 제작자와 기존 2D 애니메이션의 익숙함과 따뜻함을 찾는 관객들의 요구에 대응하여 3D 디지털 애니메이션의 이미지를 카툰 스타일의 이미지로 변환하는 카툰화 기법에 관한 논의를 진행하고자 한다. 3D 디지털 애니메이션에서 카툰화와 같은 다양한 시각 표현이 중요한 이유는 인간의 감성에 접근하고 상상력을 자극하는 장르이기 때문이다 [4]. 컴퓨터그래픽스 기술이 발전할수록 그 기술은 감성을 전달하기 위한 효과적인 방식으로 응용될 수 있어야 하고 감성을 표현할 수 있는 이미지의 시각 표현의 다양성에 큰 비중을 두고 제작되어야 할 것이다.

본 논문은 3D 디지털 애니메이션 제작과정 중 포스트프로덕션 과정에서 2D 컴퓨터그래픽스 필터 효과를 이용한 카툰화 기법을 제안하고 사례 작품의 제작을 통해 검증하여 다양한 시각화 표현의 한 가지 방법으로 활용할 수 있도록 하고 또한 애니메이션의 감성을 전달하기 위한 하나의 수단으로써 사용될 수 있도록 함에 목적이 있다. 카툰화 기법의 검증하는 과정에서 컴퓨터그래픽스 기술의 적용 방법 등 구현과정에 대한 정보를 하나의 사례로 제공하며 기술적으로는 세부 필터 효과의 종류와 조합 방법 등의 기술 알고리즘을 공개한다. 본 연구에서 제안한 카툰화 기법이 다양한 시각화 기술을 시도하는 애니메이션 제작자에게 새로운 미적 경험을 제공함과 동시에 인간 중심적이고 감성적인 시각 표현의 확장에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대한다.

1.2 연구범위와 방법

본 연구는 3D 디지털 애니메이션 제작 과정 중에서 프리프로덕션 단계를 제외한 프로덕션, 포스트프로덕션 단계로 범위를 제한하고, 최종 결과물이 출력되기 전 후반 가공과정에서 컴퓨터그래픽스 기술에 의한 이미지 변환 방법의 제안에 초점을 맞추고 있으며 이를 통해 카툰화의 시각적 표현에 합당한 이미지 결과물을 얻을 수 있는지 확인하고자 한다. 이러한 연구 결과를 위해 3D 디지털

텔 애니메이션의 개념과 범주 및 제작공정을 살펴보고 카툰화에 대한 용어의 정의 및 관련된 선행 연구를 기술하고자 한다. 이를 위해 2장에서 3D 디지털 애니메이션과 카툰화를 중심으로 관련된 이론 내용을 정리한다. 3장에서는 제안된 카툰화 기법을 제안하고 검증하기 위하여 연구자 개인의 작품 제작 과정에서 카툰화 과정 등 제작의 기술적 측면에서 접근하여 서술하였다. 이를 위해 3D 디지털 애니메이션 제작공정에 따라 작품의 한 장면을 예시사례로 선별하고 조합된 컴퓨터그래픽스 기술을 순서대로 적용한 후, 공정별 방법과 특징들을 정리하여 장단점을 논의한다. 이러한 결과로써 완성도 있는 시각적 결과물을 얻을 수 있는지 확인하며 카툰화의 시각 표현에 대한 방향성을 제시하고 고찰하고자 한다.

연구에 사용된 하드웨어는 마이크로소프트 윈도우 10 운영체제가 탑재된 x86 기반의 PC(Personal Computer)이며, 3D 제작 프로그램은 오토데스크사의 마야(Autodesk Maya) 2020 버전을 비롯하여 전세계 사용자가 가장 많은 2D 그래픽 프로그램 포토샵(Photoshop) 2021, 애프터 이펙트(After Effects) 2021 버전 등 어도비(Adobe)사의 최신 프로그램을 사용하였다.

2. 이론적 고찰

2.1 3D 디지털 애니메이션의 개념과 범주

3D 디지털 애니메이션은 컴퓨터에서 디지털 기술로 제작된 애니메이션을 의미한다 [5]. 3차원 디지털 공간에서 캐릭터와 배경을 만들고, 가상의 카메라로 촬영하여 영상을 만드는 것이다 [6]. 3D 디지털 애니메이션은 다양한 콘텐츠 분야에서 사용되고 있으며, VR/AR과 예술 등 다양한 분야와 상영 목적에 따라 다른 개념을 가지기도 하지만, 본 연구에서는 컴퓨터에서 3D 디지털 기술로 제작되어 최종에는 2D로 출력된 애니메이션 영상으로 그 범위를 한정한다. 3D 디지털 애니메이션은 일반적인 영상의 제작 과정과 마찬가지로 프리프로덕션(Pre-Production)과 프로덕션(Production), 포스트 프로덕션(Post-Production)의 공정에 따라 제작되며, 프로덕션 단계에서는 3D 제작 프로그램에서 캐릭터와 배경 등의 디지털 데이터를 생성하고 렌더링(Rendering)이라는 출력 과정을 통해 애니메이션 영상을 만든다 [2][6][7]. 이때 렌더링은 디지털 데이터를 시각적 이미지로 만드는 과정으로써 지금까지 3D의 궁극적인 과제는 실제와 같은 실재감을 구현할 수 있는가에 집중되었으며 이는 사실적 렌더링(Photo Realistic Rendering) 방식의 발전으로 이어지게 되었다 [8]. 이로 인해 최근에는 현실과 구분이 어려울 정도의 극도로 사실적인 이미지를 만드는 것이 가능해졌다.

2.2 카툰화의 개념

지금까지 3D 디지털 애니메이션은 현실에 가까운 실사 이미지를 만들기 위해 발전되어 왔지만

다른 한편으로는 차갑고 딱딱한 느낌에서 벗어나 인간의 감성 친화적인 이미지를 추구하기 위해서도 노력해 왔다. 이와 함께 사람의 손으로 그린 듯한 자연스러운 느낌의 애니메이션을 추구하는 제작자와 관객의 요구도 늘어났다 [2]. 따라서 3D 디지털 애니메이션의 제작 용이성과 편리함 등의 장점은 취하면서 최종 출력되는 이미지는 만화적인 카툰 표현을 컴퓨터그래픽스 기술로 구현하는 기법에 관하여 많은 연구가 진행되고 있다. 이때 카툰화라는 용어는 3D 제작 프로그램에서 만든 애니메이션 이미지를 카툰과 같은 느낌의 시각 스타일로 변환하는 것을 의미한다 [1][3][9]. 카툰화로 변환된 이미지는 현실 같은 실재감을 없앴 비정형적이고 단순화된 이미지를 말하여 셀 애니메이션과 페인팅, 만화 스타일 이미지가 이에 해당한다 [3]. 이러한 시각 표현은 자연스럽게 인간의 감성을 표현하기에 적합하며 고전 애니메이션과 같은 익숙한 스타일로 관객 친화적인 애니메이션에 주로 사용된다 [10].

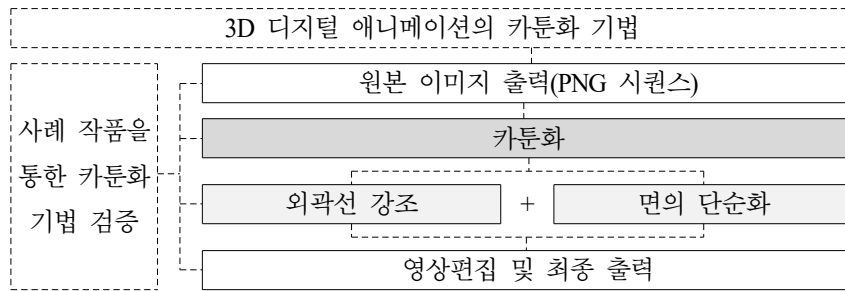
카툰화는 3D 디지털 애니메이션의 제작 과정에서 크게 2가지 방식으로 변환된다. 첫 번째는 3D 제작 프로그램에서 비 사실적 렌더링(Non Photo Realistic Rendering) 기법을 이용하는 것으로서 데이터터를 만들고 이미지를 출력할 때 카툰셰이더(Cartoon Shader) 및 카툰렌더러(Cartoon Renderer)를 이용하여 카툰 형식의 이미지를 자동으로 렌더링하는 것이다 [1]. 이 방식은 제작자가 최소한의 옵션 설정으로 고품질의 카툰화 이미지를 빠르게 얻을 수 있다는 장점이 있으나 모든 이미지가 한꺼번에 자동으로 처리되기 때문에 일관되고 정형화된 형식으로 출력된다는 한계점이 있다. 두 번째 카툰화 기법은 출력된 이미지를 후반 가공과정에서 2D 그래픽 프로그램으로 변환하는 방식이다. 여러 가지 필터 효과를 조합하여 다단계로 적용해야 하므로 이에 대한 사전지식과 원하는 결과물을 얻을 때까지 시행착오의 과정이 필요하지만 좀 더 개성 있는 시각 표현이 가능한 장점이 있다.

3. 3D 디지털 애니메이션의 카툰화 기법

3.1 카툰화 기법 제안과 제작 과정 개요

본 연구에서 제안한 카툰화 기법은 기존의 공정에서 나타난 문제점을 개선하기보다는 최종 결과물이 생산되는 포스트프로덕션 과정에서 필터 효과를 추가하여 이미지에 새로운 시각 표현을 만드는 것이다. 이는 제작자의 관점에서 기존의 한정된 표현 한계를 뛰어넘어 개성이 살아 있는 카툰화 이미지를 만드는 방법이다. 기존 공정에 단계가 추가되므로 공정의 효율성 개선이나 작업 시간과 비용 감소와 같은 문제보다는 독특한 시각 표현을 추구하는데 주안점을 두고 있다. 제안한 카툰화 기법은 3D 디지털 애니메이션 제작공정 중 프로덕션의 일반적인 시각화 과정 등은 기존 제작 방식을 그대로 사용하여 기존 방식에서 얻을 수 있는 장점을 충분히 살리면서 포스트프로덕션의 후반 과정에서 2D 컴퓨터그래픽스 기술에 의한 필터 효과를 적용하는 방식으로 구성하였다. 다음은 3D 디지털 애니메이션의 원본 결과물을 얻은 후, 포스트프로덕션 과정에서 몇 가지 필터를

조합하여 적용하는 카툰화 기법의 순서도를 나타낸 것이다.



[그림 1] 3D 디지털 애니메이션의 카툰화 순서도

[Fig. 1] 3D Digital Animation Cartoonization Flowchart

[그림 1]에서 보이는 카툰화 기법의 핵심은 3D 제작 프로그램에서 2D 시퀀스 원본 이미지 출력과 여기에 필터 효과의 적용을 위한 액션 스크립트 자동화 기능의 도입이다. 크게 보면 외곽선 강조 그리고 면의 색상과 명암의 단순화라는 두 가지 측면에서 카툰화가 진행되며 기존 방식과 비교하면 프로덕션 과정에서 카툰렌더링을 통한 시각화가 아닌 포스트프로덕션에서 필터 효과를 통한 카툰화라는 차이점이 있다.

3.2 3D 디지털 애니메이션의 카툰화 기법 사례 연구

3.2.1 원본 이미지 출력

카툰화에 앞서 반드시 선행되어야 하는 과정은 3D 프로그램에서 디지털 애니메이션을 제작하고 원본 이미지를 출력하는 것이다. 애니메이션의 제작은 오토데스크사의 마야(Autodesk Maya) 2020 버전을 이용하였으며, 프리프로덕션의 기획에 따라 캐릭터 3종과 배경 2종을 비롯하여 필요한 기타 물체를 일반적인 3D 모델링(Modeling) 방식 중 다면체 기반의 메쉬(Mesh) 모델링 기능으로 제작하였다. 움직임을 만드는 키프레임(Keyframe) 애니메이션 과정은 스토리보드에 따라 진행하였다. 이때 카툰화 과정을 염두에 두고 캐릭터와 배경 모델의 경계선 분리가 확실하게 나타나려면 각 모델의 거리는 차이를 두어야 하는 점은 일부분 고려되어야 한다. 표면 질감과 색상은 카툰화 이전의 원본 이미지에서는 크게 중요하지 않으므로 기본 재질만을 이용하여 색상만 한지 느낌의 베이지색으로 설정하였으며, 각 재질은 서로 조합하거나 섞지 않고 기본 설정값만 이용하였다. 조명 역시 포인트(Point) 라이트로 기본 명암 단계만 이용하여 배경과 캐릭터를 구별할 수 있는 정도의 범위에서 설치하였다.

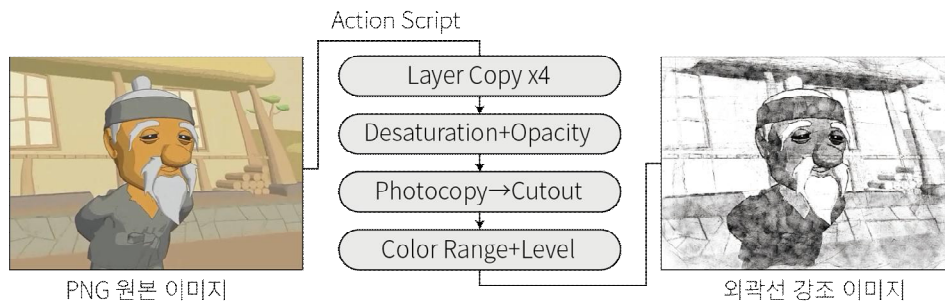
3D 제작 프로그램에서 마지막 단계는 렌더링(Rendering)으로서 사례 작품의 출력 해상도는 1920x1080 FHD로 설정하였다. 해상도는 후반 가공과정 중 필터 효과의 적용 시간 및 효과의 결과

측면에서 문제가 될 수 있으므로 이를 고려하여 결정되어야 한다. 이와 함께 최종 결과물의 상영 목적도 고려하여 해상도가 결정되어야 하는데 다만 카툰화의 과정에서 이를 재설정하여 출력할 수 있으므로 이 부분까지 고려하여 출력 해상도를 결정하였다. 출력 파일 포맷은 PNG 시퀀스 이미지 방식을 선택하였는데 이는 MP4와 같은 영상 파일 포맷이 아닌 프레임을 연속된 개별 이미지로 만드는 방식이며, 이를 이용하여 이미지에 필터 효과를 적용할 수 있기 때문이다. JPG 시퀀스 포맷과 비교해 용량은 다소 높지만, 이미지 압축 비율이 상대적으로 낮으므로 용량 대비 고품질의 이미지를 얻을 수 있다는 장점과 함께 투명도가 적용된 알파(Alpha) 채널을 이용하여 캐릭터와 배경을 따로 출력할 경우, 다양한 합성이 가능한 장점도 있다. 초당 출력하는 이미지 개수는 24프레임(Frame)으로써 자연스러운 움직임이 구현되도록 설정하였다. 만약 아날로그 방식과 같은 불규칙하고 거친 시각적 표현이 필요한 경우 초당 12장의 이미지만 사용해도 되며, 최종 영상편집 단계에서 필터가 적용된 12장의 이미지를 다시 24프레임으로 조정하여 출력하게 된다. 이때 작품 장르, 표현 목적 등 제작자의 의도에 따라 초당 4장에서 8장까지 극도로 제한된 애니메이션 프레임 비율을 사용하여 스톱모션에 가까운 표현을 만드는 방법도 가능하다. 마지막으로 고려해야 할 부분은 후반 편집 단계에서 미리 녹음된 더빙과 결합하는 과정 중 애니메이션과 동기화의 문제가 발생할 수 있으므로 사전 테스트를 진행하는 것이 좋다. 이와 같은 3D 프로그램에서 렌더링 단계는 이후 진행될 카툰화의 시각적 결과를 결정하는 기초가 되므로 철저한 기획이 선행되어야 하며 이를 기반으로 효율적인 렌더링 방법을 선택한다.

3.2.2 카툰화

3D 제작 프로그램에서 출력된 PNG 시퀀스 이미지를 카툰화 하는 변환 과정은 제작자가 원하는 시각적 표현에 따라 조금씩 달라질 수 있으나 이미지에 나타난 외곽선의 강조와 면의 단순화라는 두 가지 측면으로 구분해 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서 카툰화는 이러한 두 가지 시각적 요소의 변환 과정에서 필터 효과의 종류와 옵션 설정, 적용 순서 등 기술적인 사항들을 세부적으로 분석한 후, 이를 액션 스크립트(Action Script) 자동화 명령으로 만들어 낱장의 이미지에 차례로 적용하는 것이라 할 수 있다. 이는 마치 수작업으로 한 장씩 캐릭터의 외곽선을 그리고 채색을 입히는 셀 애니메이션의 과정과 비슷하다 할 수 있으며 최종 결과물 역시 아날로그와 비슷한 시각적 표현이 적용된 카툰화 이미지가 출력된다.

2D 그래픽 프로그램에서 카툰화 과정은 한 장의 이미지에 조합된 필터 효과가 다단계로 적용되기 때문에 제작과정 중 시각적 변화가 큰 단계로서 최종 출력되는 애니메이션에서 시각 표현의 완성도를 결정하는 핵심 과정이다. 첫 번째 카툰화의 목표는 단순하고 뚜렷한 외곽선의 선화(Line drawing)를 구현하는 것이다. 사례 작품의 PNG 시퀀스 이미지를 2D 그래픽 프로그램에서 다음과 같은 필터 조합의 액션 스크립트 기능으로 외곽선을 강조하는 이미지 변환을 적용하였다.

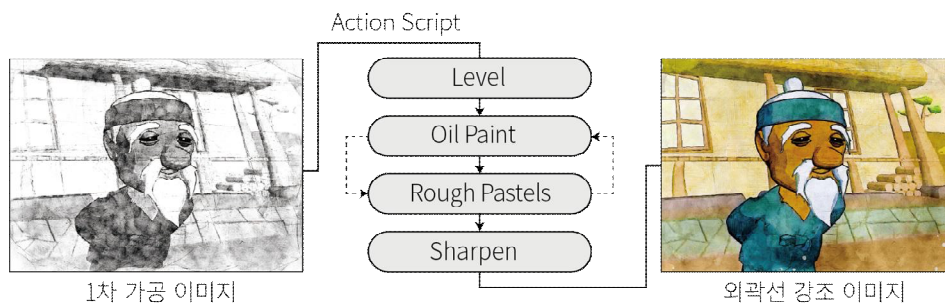


[그림 2] 외곽선 강조를 위한 이미지 변환 과정

[Fig. 2] Image Conversion Process for Outline Highlighting

[그림 2]에서 카툰화 핵심 기술은 다음과 같다. 원본 이미지 레이어를 다수 복사하여 다층 구조의 레이어를 만들고 복사된 레이어는 무채색의 흑백 이미지로 변환한 후, 각 레이어의 투명도를 조절하여 외곽선이 면보다 상대적으로 돋보이게 만든다. 각 레이어는 ‘Photocopy’와 ‘Cutout’ 필터 효과 조합을 순차적으로 적용하여 더욱 뚜렷한 외곽선이 나오도록 시각적 대비를 만들어 냈다. 복사된 레이어를 그룹으로 만들고 ‘Color Range’와 ‘Level’ 기능을 적용하여 색상 및 명암 단계를 극단적으로 조절함으로써 면과 외곽선이 강하게 분리된 결과물을 얻을 수 있었다.

두 번째 카툰화의 시각 표현 목표는 면의 곡률에 따라 2~3단계로 구분되는 비교적 평면적인 느낌의 색상 및 명암 단계를 구현하는 것으로 다음과 같은 과정으로 진행하였다.



[그림 3] 면 단순화를 위한 이미지 변환 과정

[Fig. 1] Image Conversion Process for Surface Simplification

[그림 3]에서 적용한 면의 단순화를 위한 필터 조합의 카툰화 핵심 기술은 다음과 같다. 먼저 이 이미지에 극단적인 명암 단계 조절로 면을 단순하게 만들고 색상이 있는 원본 이미지를 합성한 후, 여기에 ‘Oil Paint’와 ‘Rough Pastels’ 필터 효과 조합을 순차적으로 조합하여 면에서 나타나는 색상과 명암 단계를 2~3단계로 만들 수 있었다. 이때 이미지에 따라 필터 효과를 반복적으로 적용하여

면을 더욱 단순화할 수 있음을 확인하였다. 여기에 마지막으로 ‘Sharpen’ 필터를 추가하여 면의 분리도와 선명도가 높아진 이미지 결과물을 얻을 수 있었다. 또한 여기에 부가적으로 면과 외곽선의 대비를 강하게 만드는 결과까지 나타남을 확인하였다.

3.2.3 영상편집 및 최종 출력

카툰화 과정을 통해 변환된 이미지는 영상편집 프로그램에서 제작자의 의도에 따라 편집의 과정을 거쳐 애니메이션 영상으로 최종 출력된다. 이 단계는 기본적으로 기존의 포스트프로덕션과 같은 방식으로 진행된다. 먼저 변환된 이미지 중 같은 장면 단위로 그룹을 나누고 이를 컷으로 편집하여 이야기 순서를 구성한다. 미리 더빙된 음성이나 배경음악이 있는 경우 영상과 소리의 동기화에 주의하여 애니메이션 편집을 완성하고, 마지막으로 특수효과를 적용하거나 카툰화 과정에서 나타난 문제점을 수정하고 보완하는 단계가 추가될 수도 있다. 이는 전체 색상의 강도와 대비, 균형 등을 카툰화의 느낌에 맞춰 조절하는 것으로써 외곽선과 면의 대비 및 제작자가 원하는 시각 표현 요구에 따라 달라질 수 있다.

4. 결론 및 향후 과제

본 논문은 3D 디지털 애니메이션 제작의 후반 공정인 포스트프로덕션에서 2D 컴퓨터그래픽스 기술의 카툰화 기법을 제안하고 이를 검증하기 위한 개인 작품의 제작사례를 통해 카툰화의 세부 과정과 적용 방법을 살펴보았다. 이 기법은 3D 제작 프로그램에서 렌더링을 통한 자동화의 방식에서 벗어나 애니메이션 제작자에게 선택의 범위를 넓혀주고 다양한 시각적 표현이 가능하도록 고안된 이미지 변환 방식으로써 3D 디지털 애니메이션의 장점을 살리면서도 자연스러운 셀애니메이션과 같은 수작업 느낌의 시각적 결과물을 얻을 수 있었다. 연구에서 제안한 카툰화 기법은 기존 공정에 새로운 단계가 추가되었지만 모든 작업이 하나의 PC에서 디지털 기술로 진행되는 만큼 작업 시간 측면에서 차이가 크지 않았으며 세부 과정의 통합적 관리가 가능하였다. 모든 공정은 수평적으로 연결되어 있으므로 원본 이미지의 생산과 변환 과정에서 순서에 크게 얽매이지 않고도 카툰화에서 원하는 시각 표현에 근접한 결과물을 얻을 수 있음을 확인하였다.

최근 개성을 드러낼 수 있는 시각 표현에 대한 요구가 커지고 있으며, 이에 따라 관련된 컴퓨터그래픽스 기술은 갈수록 진보하고 있다. 컴퓨터그래픽스의 이미지 변환 기술이 인공지능을 기반으로 많은 발전이 이루어진 상태이고 또한 미래의 기술 발전 속도를 고려하면 신기술의 추가가 애니메이션의 시각 표현에 많은 변화를 가져올 것으로 예상된다. 따라서 새로운 변환 기술을 연구하고 개발한다면 다양한 시각 표현을 컴퓨터그래픽스로 구현할 수 있으리라 판단된다.

본 논문에서 제안한 카툰화 기법은 포스트프로덕션 과정에서 적용할 수 있는 이미지 변환 기법

의 하나일 뿐이며 후반 가공에서 시도할 수 있는 카툰화의 유일한 방법도 아님을 밝힌다. 이 기법으로 3D 디지털 애니메이션을 제작하기 위해서는 기본적으로 3D/2D 그래픽스 기술에 대한 전반적인 이해가 필요하며 애니메이션 제작에 관한 기획 및 제작 능력도 반드시 요구된다. 또한, 제안한 기법은 이미지가 가진 특성에 따라 최적의 설정값을 찾기 위해 많은 시행착오가 필요하며 결과물의 시각 효과가 불규칙하게 나타날 수 있다는 단점이 있다. 따라서 향후 연구에서는 더 최적화된 이미지 변환 기법을 모색하고 발전 방향을 제시하기 위한 추가적인 연구가 필요할 것이다.

References

- [1] B. D. Kang, "A study for Cartoon rendering of 3D Digital Animation", Master's thesis, The Graduate School of Visual Arts, Sejong University, Republic of Korea, 2004.
- [2] M. J. Kim, N. J. Kwak, "A study on convergence of 2D and 3D animation : Focused on character and expression technique", *Cartoon & Animation Studies*, no. 48, September 2017, pp. 45-67, doi: 10.7230/KOSCAS.2017.48.045.
- [3] H. J. Moon, "A Study on the Catoon Rendering of 3D Computer Graphics", *Journal of Korea Design Knowledge*, vol. 5, November 2007, pp. 39-46, doi: 10.17246/jkdk.2007..5.005.
- [4] S. W. Park, "A Study on the Visual Effects of Non - Photorealistic Rendering Animation Focusing on 'Paperman' a Short Animation", *Cartoon & Animation Studies*, no. 40, September 2015, pp. 139-155, doi: 10.7230/KOSCAS.2015.40.139.
- [5] Y. M. Choi, S. M. Lee, "A Study on 3D Digital Animation Applying Oriental Painting Techniques", *The Korean Journal of animation*, vol. 12, no. 4, December 2016, pp. 194-208.
- [6] K. B. Kim, "A Research on the Development of Analysis Methods for 3D Computer Animation Visual Direction Forms: Focusing on the Production Process", Doctor's thesis, Graduate School of Chonnam National University, Chonnam National University, Republic of Korea, 2019.
- [7] C. H. Jeong, M. J. Kim, "Comparative Analysis for Production Pipeline Between 3D Animation and Machinima", *The Journal of the Korea Contents Association*, vol. 10, no. 2, April 2016, pp. 313-321, doi: 10.21184/jkeia.2016.04.10.2.313.
- [8] J. S. Kim, H. S. Kwak, "Expression of Cartoon Rendering Method in Image Contents", *Journal of the Korea Contents Association*, vol. 7, no. 8, August 2007, pp. 313-321, doi: 10.5392/JKCA.2007.7.8.142.
- [9] H. W. Byun, H. M. Jung, "Extended Cartoon Rendering using 3D Texture", *The Journal of the Korea Contents Association*, vol. 11, no. 8, August 2011, pp. 123-133, doi: 10.5392/JKCA.2011.11.8.123.
- [10] H. S. Joo, "A Study on 3D Cartoon Animation for Production in Non-Photo Realistic Rendering Technique", *Journal of The Korean Society for Computer Game*, vol. 26, no. 4, December 2013, pp. 179-185, doi: 10.22819/kscg.2013.26.4.021.