

# 시간 일관성을 고려한 연속된 흑백 영상의 디플리커

류동성<sup>1)</sup>, 지승현<sup>2)</sup>, 조환규<sup>3)</sup>

부산대학교 컴퓨터공학과

e-mail:{dsryu99<sup>1)</sup>,hgcho<sup>3)</sup>}@pusan.ac.kr,<sup>2)</sup>shji@pearl.cs.pusan.ac.kr

## A De-Flicker Method for Streamed Images using Temporal Coherence Enhancement

Dong-Sung Ryu, Seung-Hyun Ji, Hwan-Gue Cho

Dept. of Computer Engineering, Pusan National University

### 요 약

일반적으로 비사실적인 렌더링(Non-Photorealistic Rendering, NPR)에 의해 렌더링된 흑백 동영상 프레임들은 재생도중에 플리커(Flicker, 깜빡거리는 현상)와 같은 부작용이 발생한다. 이것은 연속적인 프레임 영상들이 시간 일관성을 고려하지 않은 상태로 NPR 기법이 프레임 단위로 적용되기 때문이다. 그러므로 각 영상의 플리커를 완화하기 위해서는 각 프레임의 객체들이 다음 프레임에서 변형되는 정도를 측정 후, 연속된 프레임 영상에서 객체 사이의 연관성을 설정해야 하기 때문에, NPR 기법이 적용된 연속된 영상의 디플리커는 많은 어려움을 내포하고 있다. 본 논문에서는 NPR 기법들 중, 일관성 있는 스트로크를 렌더링하기 위한 NPR 기법인 Coherent Line Drawing을 적용한 이진 영상의 디플리커 방법을 제안한다.

### 1. 서론

비사실적인 렌더링(Non-Photorealistic Rendering, 이하 NPR) 분야에서 시간일관성(Temporal Coherence)은 NPR 기법이 적용된 결과 영상들을 이용하여 동영상으로 재구성할 경우, 고려되어야 하는 중요한 요소이다. 일반적으로 NPR 기법들은 사실적인 원본 영상을 변형하여, 비사실적인 결과 영상을 수행하기 때문에, 깜빡거림(Flicker, 이하 플리커)이나 샤워도어(Shower-door)와 같은 많은 부작용이 발생한다. 본 논문에서는 이러한 NPR 기법들 중, Coherent Line Drawing(이하 CLD) 기법이 적용된 연속된 이진 영상의 디플리커 방법에 대해 논의한다.

CLD는 일반 영상에서 스트로크의 전체적인 일관성을 유지하면서, 비사실적 스트로크를 추출하기 위한 윤곽선 검출 방법이다[1]. 이 방법은 영상의 일관성 있는 스트로크 추출을 위해서 Edge Tangent Field(이하 ETF)를 사용하여, 전체 영상에서 잠음성의 윤곽선을 억제한다. 최근 연구된 다양한 윤곽선 추출 기법 중 CLD는 일반 영상으로부터 사람이 인식하는 형태의 전체적인 윤곽선을 추출하는데 적합한 방법이다.

일반적으로 NPR 기법이 적용될 원본 동영상은 카메라와 조명, 객체의 움직임 그리고 배경에 따라 원본 프레임 영상의 일부분이 이전 프레임과 다르게 퇴색되면서, CLD 기법이 적용될 경우 플리커가 발생한다. 그 이유는 원본 프레임 영상이 방금 언급한 조건에 따라 다른 스트로크를 추출하기 때문에 NPR 기법 적용 결과 생성되는 디플리커

기법은 이전 프레임과의 시간일관성을 고려해야 한다. 본 논문에서는 제안한 디플리커 기법을 평가하기 위해 표 1과 같은 입력 데이터를 사용하였다.

<표 1> 제안한 알고리즘의 평가를 위해 사용할 입력 데이터인 입력률 A, B, C. 간격은 연속된 영상을 획득하기 위해 지정한 시간 간격을 의미하며, 움직임은 실제로 원본 동영상을 촬영할 때, 변화하는 요소를 의미한다.

률	영 화	간 격	움 직 임
A	Love Actually	0.1	주인공
B	The Secret Garden	0.05	카메라
C	Love Actually	0.05	배경&주인공

### 2. 관련 연구

최근까지 디플리커를 수행하거나 동영상의 시간일관성을 향상하기 위한 연구는 대부분 오래된 필름에 의해 발생하거나 저해상도의 샘플링 방법으로 인해 발생하는 플리커를 보정하기 위한 연구가 대부분이다[2]. 그러나 최근 들어 NPR 기법과 관련된 연구가 활발하게 이루어지면서, NPR 기법으로 렌더링된 각 동영상의 시간일관성을 고려하는 것 또한 중요한 연구 주제로 이슈화되고 있다.

NPR 결과 영상의 시간일관성을 고려하기 위한 연구로 Adrien의 수채화풍의 NPR 기법에 대한 연구가 존재한다[3]. Adrien은 3D 모델과 사진을 입력으로 수채화풍의 NPR 효과를 렌더링하였으며, 이 효과가 적용된 3D 모델

<표 2> 관련 연구 정리.

연구	입력	문제점	해결방법
Julie[2]	일반 동영상	- 프레임 콘트라스트와 밝기의 급속한 변화.	- Scale-space 이론 기반의 Scale-Time Equalization 방법. → 픽셀의 밝기와 콘트라스트의 차이를 완화.
Adrien [3]	3D모델과 사진	- 물감 효과에 의한 텍스처링. - 잦은 TV 방영에 의한 필름 손상.	- 카메라의 거리 이동에 따라 다중 안료 사용 → 샤프도어 효과 억제.
Toshiaki [4]	오래된 필름	- 공기와 필름간의 화학적인 반응. - 잦은 TV 방영으로 인한 필름 손상.	- 4가지의 계층화된 플리커 모델. - 견고한 점진적 방법들의 적용.

이 회전하거나 이동할 때, 발생하는 샤프도어 효과를 완화하였다. 샤프도어 효과는 3D 모델에 렌더링된 각종 텍스처 효과를 카메라 시점에서 관찰할 때 발생하며, 마치 텍스처가 물이 흘러가듯 흘러가는 효과를 의미한다. Adrien은 카메라와 모델사이의 거리(z축) 차에 따라 다양한 단위의 물감 텍스처링을 수행하여 이 효과를 완화한다.

그 외의 시간 일관성과 관련된 대부분의 연구는 주로 오래된 필름에 의해 발생하는 플리커를 주제로 논의하고 있다. Julie는 콘트라스트와 밝기의 빠른 변화로 인해 발생하는 플리커를 픽셀의 밝기 값과 콘트라스트의 차이를 전체적으로 완화하는 방법을 제안하였다[2]. 그리고 Toshiaki는 아주 오래된 필름이 유효기간의 경과나 잘못된 보관으로 인해 발생하는 필름과 공기와의 화학적 반응에 의해 손상된 필름의 플리커를 제거하기 위한 방법에 대해 논의하였다[4]. 본 논문에서는 관련 연구를 표 2와 같이 정리하였다.

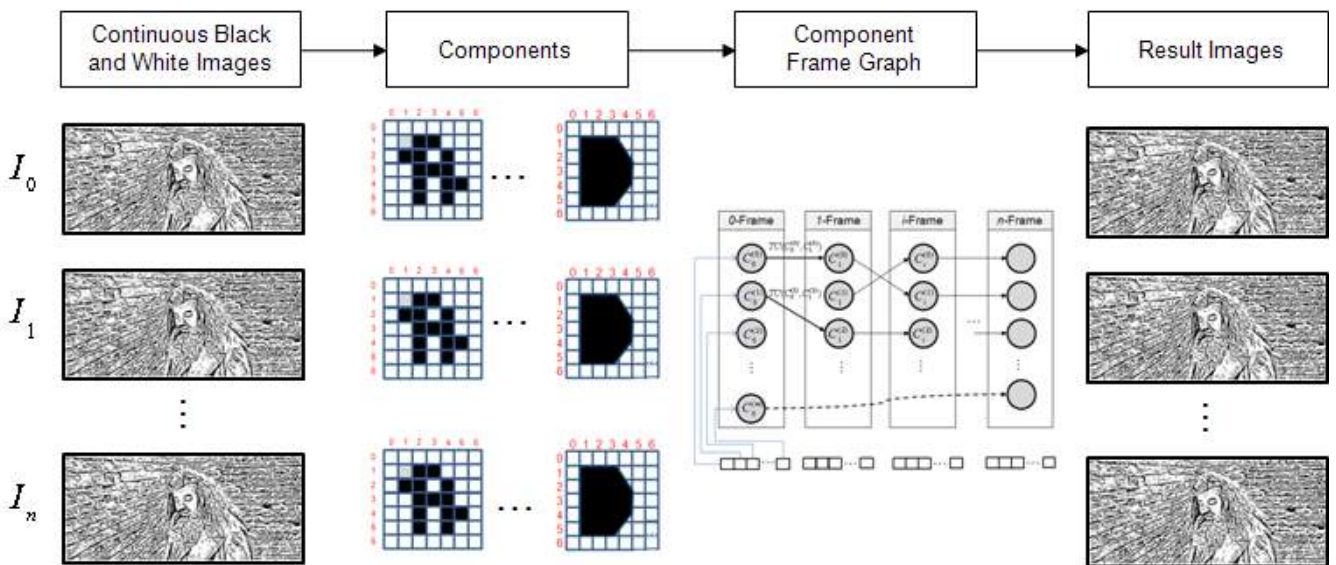
논문에서 요약한 대부분의 시간 일관성과 관련된 연구는 원본 동영상 자체의 플리커를 보정하기 위한 연구이며, NPR 기법이 적용된 연속된 영상의 플리커에 대한 보정은 논의하고 있지 않다. Adrien의 연구 또한 입력데이터가

3D 모델이며, 샤프도어 효과를 완화하기 위한 연구이기 때문에, NPR 기법의 디플리커 방법에 대한 연구가 필요하다.

### 3. 컴포넌트 기반의 디플리커

본 논문에서 제안하는 디플리커 방법은 그림 1과 같다. 먼저 CLD에 의해 이진화된 영상들을 획득한 후, 각 영상에서 연속된 픽셀들을 개체화하여 한 단위로 구성 가능한 컴포넌트를 추출한다. 각각 개체화된 컴포넌트는 사용자가 지정한 컴포넌트 면적보다 작은 컴포넌트는 잡음으로 고려되어 제거한다. 면적에 의한 필터링 수행 후 각각의 컴포넌트들은 보고서에서 제안한 프레임 그래프 자료구조로 재배열되고, 각 컴포넌트의 형태가 유사한 정도와 프레임별 컴포넌트의 교차 범위를 이용하여, 플리커가 완화된 프레임 영상을 생성한다.

컴포넌트로 각각 개체화된 픽셀 배열은 사용자가 잡음으로 설정하기 위해 지정한 컴포넌트 면적보다 작을 경우 시간일관성 향상에 대한 고려 대상에서 제외되며, 그림 1의 컴포넌트-프레임 그래프 자료구조로 재배열된다. 컴포



(그림 1) 본 논문에서 제안한 디플리커 기법의 전체 구조. CLD NPR 기법에 의해 렌더링된 영상을 대상으로 컴포넌트들을 추출한 후, 인접 프레임별로 교차하는 컴포넌트들에게 에지를 할당하면서, 컴포넌트-프레임 그래프 자료구조에 따라 배열한다. 그 후, 인접한 컴포넌트의 시간일관성을 계산한 후 디플리커를 수행한다.

인트-프레임 그래프는 콤포넨트들의 포인터를 노드에 저장하며, 인접 프레임에서 교차하는 두 콤포넨트들의 시간 일관성을 계산한 후, 에지로 연결하는 그래프이다. 또한 프레임별로 각 노드들이 배열되어 있기 때문에, 프레임별 콤포넨트 접근과 각 콤포넨트의 이웃 콤포넨트에 대한 접근이 용이한 장점이 있다.

일반적으로 연속된 흑백 영상에서 플리커는 두 프레임 영상에서 같았던 객체가 프레임별로 독립적으로 적용된 NPR 기법에 의해 형태가 조금씩 변경되는 경우 주로 발생한다. 그러므로 프레임별 두 콤포넨트의 시간일관성을 각 콤포넨트의 형태가 유사한 정도와 인접 프레임의 동일한 위치에서 중첩되는 비율을 반영한다면, 현재 프레임의 객체가 다음 프레임에서 제대로 변경되었는지를 예측할 수 있다.

<표 3> 노테이션 정의 및 설명

노테이션	설 명
$C_i^j$	$i$ 프레임의 $j$ -번째 콤포넨트.
$adj(C_i^j)$	$C_i^j$ 의 인접 콤포넨트.
$n$	교차 검사 연산자.
$S(C)$	콤포넨트 면적의 크기.
$MAD(C1, C2)$	C1과 C2 콤포넨트의 Mean Absolute Difference.
$CPos(C)$	콤포넨트 C의 무게 중심.
$CPT$	영상의 중심 위치.

본 논문에서는 연속된 흑백 영상에서 플리커를 완화하기 위해서, 인접 프레임에서 이전 콤포넨트와 유사하지만 형태가 변경된 콤포넨트들을 이전 프레임의 콤포넨트로 대체함으로써, 연속된 흑백 영상의 디플리커를 수행한다. 이를 위해서, 인접 프레임 상에서 콤포넨트들의 시간일관성을 콤포넨트의 형태가 유사한 정도와 인접한 면적의 넓이를 수식 1과 같이 모델링하였다. 본 논문에서 콤포넨트별 시간 일관성을 정의하기 위해 사용한 노테이션은 표 3과 같이 정리하였다.

$$TC(C_i^{(j)}, adj(C_i^{(j)})) = (1 - \alpha) \cdot \frac{C_i^{(j)} \cap adj(C_i^{(j)})}{S(C_i^{(j)}) + S(adj(C_i^{(j)}))} + \alpha \cdot MAD(C_i^{(j)}, adj(C_i^{(j)})) - \beta \cdot FeatOfPos(C_i^{(j)}) \quad (1)$$

$$MAD(C1, C2) = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N |C1_{(i,j)} - C2_{(i,j)}| \quad (2)$$

$$FeatOfPos(C_i^j) = \exp^{-0.5(CPos(C_i^j) - CPT)^2 \cdot \sigma} \quad (3)$$

수식 1의 MAD는 수식 2와 같이 계산되며, 두 콤포넨트의 형태가 유사한 정도를 계산하기 위해 사용한 Mean Absolute Difference이다. MAD는 템플릿 매칭 분야에서

서로 형태가 유사한 객체를 찾기 위해 간단하게 사용되는 알고리즘이다. 수식 1의 FeatOfPos는 수식 3과 같이 정의되며, 콤포넨트의 무게중심 위치에 따라 시간일관성 평가에 반영되는 가중치이다. 일반적으로 영상의 중앙 부분에는 사용자의 관심이 집중되어 있기 때문에, 각 콤포넨트의 변화가 있어야 자연스러운 영상을 렌더링할 수 있다. 그러므로 본 논문에서는 각 콤포넨트의 무게중심 위치에서 영상의 중심까지 거리에 따라 가우시안 분포를 적용함으로써, 중앙 부분의 시간일관성을 감소하였고 이를 통해 연속된 프레임 영상의 자연스러운 재생을 유도하였다.

본 논문에서 제안하는 디플리커는 직관적이며 구현하기에 간단하다. 인접한 두 프레임 단위로 서로 교차하는 각 콤포넨트들의 시간 일관성이 사용자가 지정한 임계값보다 클 경우, 동일한 객체가 인접 프레임에서 NPR 기법에 의해 독립적으로 렌더링된 것으로 판단하여, 이전 프레임의 콤포넨트를 다음 프레임에서 렌더링한다.

#### 4. 실험 및 결과

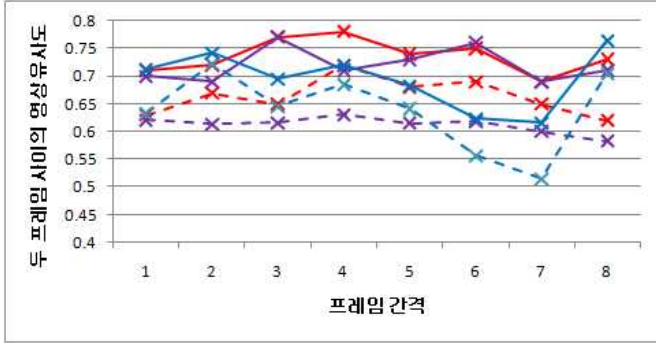
본 논문에서는 표 1과 같이 제안한 알고리즘의 평가를 위해서 A와 B 그리고 C의 입력롤을 사용하였다. 그림 2는 각 입력롤이 CLD에 의해 렌더링된 영상을 보여준다. 각 롤을 구성하는 프레임 수는 각각 9개씩이며, 각 프레임 영상마다 변화하는 객체가 주인공, 카메라, 그리고 배경과 주인공인 입력롤을 선정하였다. 여기서 변화하는 객체란 실제 영화의 각 장면에서 움직이는 요소를 말한다. 입력롤 A의 경우, 배경은 그대로인데, 중간에 있는 주인공만 움직이며 입력롤, B의 경우 장면을 찍기 위한 주인공과 배경은 변화하지 않지만 카메라가 움직이는 특성을 가진 입력 데이터이다.

두 영상의 시간일관성 향상 정도를 평가하기 위해서 본 논문에서는 인접한 프레임의 유사도를 계산하였다. 그림 3



(그림 2) 입력 롤 A,B,C. 각 롤을 구성하는 프레임 수는 각각 9개이며, 영상을 촬영할 때, 실제 움직이는 요소(카메라, 배우, 배경)에 따라 입력롤을 구성한다.

은 각 입력롤 A,B 그리고 C의 디플리커 수행 전과 후의 유사도를 보여준다. 두 영상의 유사도만으로 플리커가 제거되었다고 평가할 수는 없지만, 각 입력롤 A,B,C의 재생이 자연스러우면서 동시에 유사도가 증가되었기 때문에, 본 논문에서는 연속된 흑백 영상의 플리커가 완화되었다고 판단한다. 그림 4는 본 논문에서 제안한 방법에 의해



(그림 3) 각 입력률의 인접 프레임 영상간의 유사도 평가 결과. 입력률 A, B 그리고 C의 그래프 색상은 각각 붉은색, 보라색 그리고 파란색이며, 대쉬 라인과 직선은 각각 디플리커 전과 후의 유사도를 의미한다.

이전 프레임의 콤포넨트가 다음 프레임에서 렌더링된 결과 영상의 일부이다. 그림에서 보는 것과 같이 이전 프레임과 유사하게 변화하는 콤포넨트는 다음 프레임에서 이전 프레임의 콤포넨트와 교체되어 렌더링 되는 것을 알 수 있다.

### 5. 결론 및 향후연구과제

본 논문에서는 NPR 기법 중 전체적으로 일관성 있는 윤곽선을 추출하기 위한 기법인 CLD에 의해 렌더링된 흑백 영상들의 동영상 플리커를 제거하기 위한 방법에 대해 논의하였다. 제안한 방법은 프레임별로 콤포넨트-프레임 그래프 자료 구조를 구성한 후, 인접 프레임 상에서 서로 교차하는 프레임들의 시간일관성을 고려하여 다음 프레임에서의 렌더링 유무를 결정하는 디플리커 방법이며, 그림 4에서 보는 것과 같이 자연스러운 렌더링이 가능한 방법이

다. 그러나 본 논문에서 제안한 방법은 인접한 두 프레임 영상만을 고려하기 때문에 갑자기 생성되는 객체와 순간적으로 이동되는 객체에 의해 발생하는 플리커는 제거할 수 없다. 그러므로 프레임 사이의 시간간격이 작거나 갑자기 생성되는 객체에 대한 디플리커 방법에 대한 연구가 필요하다. 본 논문에서는 다음과 같이 향후 연구 과제를 요약한다.

- (1) 인접 프레임 단위를 벗어난 인접 콤포넨트에 대한 디플리커.
- (2) 인접 프레임에서 순간적으로 이동한 객체에 대한 디플리커.

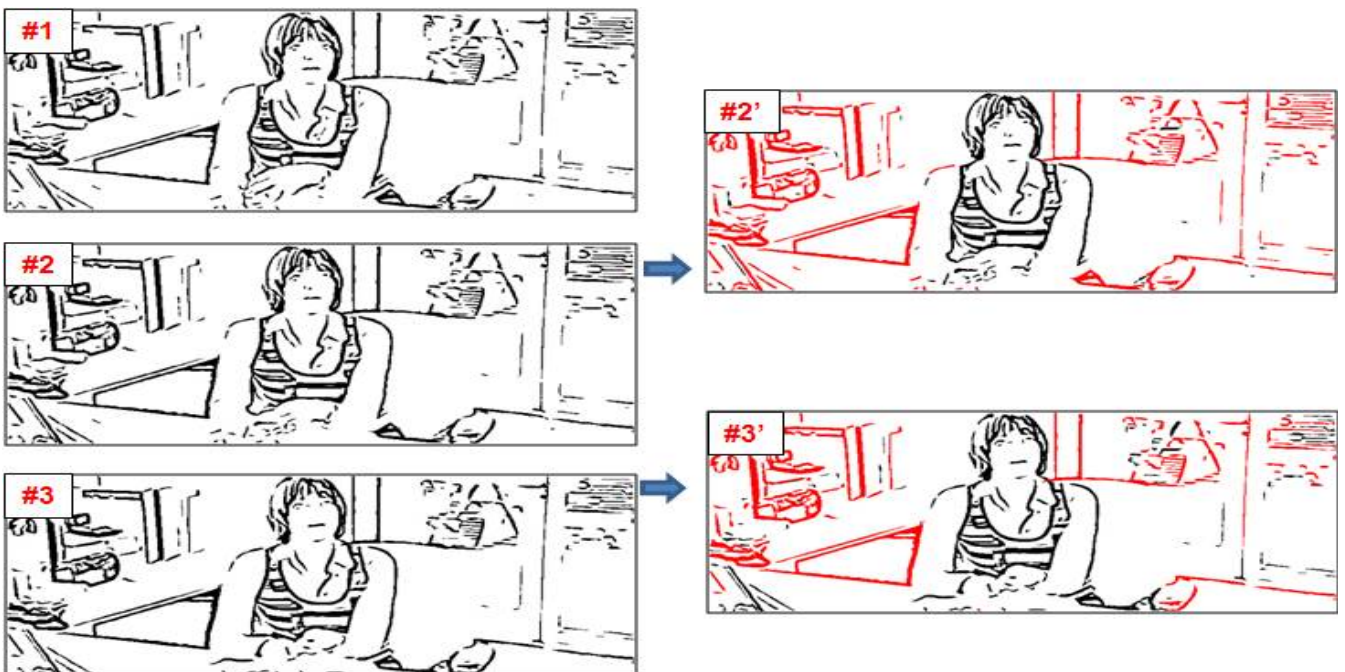
### 참고문헌

[1] Henry Kang, Seungyoung Lee, Charles K. Chui. "Coherent line drawing", Proc. of NPAR '07, pages 43-50, NewYork, USA.

[2] Julie Delon. "Movie and video scale-time equalization application to flicker reduction" IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 15, No. 1, pages 241-248, 2006.

[3] Adrien Bousseau, Matthew Kaplan, Joelle Thollot, Francois Sillion, "Interactive watercolor rendering with temporal coherence and abstraction" Proc. of NPAR '06, pages 141-149, Annecy, France.

[4] T. Ohuchi, T. Seto, T. Komatsu, and T. Saito. "A robust method of image flicker correction for heavily-corrupted old film sequences". Proc. of ICIP '00, Vol. 2, pages 672-675, Vancouver, Canada.



(그림 4) 입력률 A의 디플리커 수행 결과. (좌) 디플리커 수행전. (우) 디플리커 수행 후, 붉은색으로 렌더링된 콤포넨트는 시간일관성 평가에 의해서 이전 프레임의 콤포넨트가 현재 프레임 상에서 렌더링된 콤포넨트이다.