

다트 던지기 기법을 사용한 개선된 격자구조 샘플링

고지은⁰¹ 이성길²

¹성균관대학교 전기전자컴퓨터공학부

²성균관대학교 소프트웨어학과

jieunko@skku.edu, sungkil@skku.edu

Improved Stratified Sampling Using Dart Throwing

Jieun Ko⁰¹ Sungkil Lee²

¹School of Electronical engineering and computer science, Sungkyunkwan University

²College of Software, Sungkyunkwan University

요약

Stochastic 샘플링 기법은 영상처리, 컴퓨터 그래픽스 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 이 샘플이 랜덤하게 균일한 분포를 가질수록 고품질의 이미지를 생산한다. 이 중 blue noise의 특성을 가진 패턴은 낮은 주파수 영역을 제거하며 aliasing 문제를 해결하는데 중요한 역할을 수행한다. 다만 이와 같은 특성을 가진 패턴은 샘플링 생성속도가 높아 격자구조 샘플링과 같은 패턴이 제안되었으나 격자 구조로 인하여 랜덤성이 낮다. 본 논문은 격자구조에서 샘플링 영역을 다트 던지기 기법을 통해 결정하여 랜덤성을 높이는 방식을 제안한다. 샘플링 영역을 결정한 후 Jittering을 통하여 샘플의 위치를 결정한다.

1. 서론

이미지의 aliasing을 없앨 수 있는 방법 중 하나는 주변의 픽셀을 더한 후 평균을 내는 것이 있다. 이 주변의 픽셀을 선정하는 방식인 stochastic 샘플링 기법은 영상처리, 컴퓨터 그래픽스 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. Blue noise의 특성을 가진 패턴은 이미지의 낮은 주파수 영역을 제거하며 효율적으로 anti-aliasing의 역할을 수행한다. 이와 같은 blue noise 특성을 가진 샘플로는 대표적으로 Poisson disk [1, 2] 샘플링이 있다. 다만 Poisson disk 샘플링을 생성하기 위한 알고리즘은 샘플간의 거리계산과 샘플의 배치와 같은 반복적 연산량이 많기 때문에 샘플의 생성 속도가 높은 격자구조 [3, 4] 샘플링 기법이 제안되었다. 다만 이 기법은 방식의 특성상 패턴의 랜덤성이 다른 blue noise 패턴에 비해 제한된다.

본 논문은 격자구조 샘플링에 다트 던지기 기법을 적용하여 랜덤성을 증가시키는 방식을 제안한다. 샘플이 결정되는 구획을 다트 던지기를 통하여 무작위로 결정하며 그 구획 내부에서 Jittering을 통해 샘플을 생성한다.

2. 관련 연구

Anti-aliasing은 영상처리와 렌더링 분야에서 오래된 문제이며 샘플링은 이 문제의 해결의 핵심요소이다. 샘플링 패턴 중 blue noise의 특성은 눈 망막의 시세포의 분포와 비슷하여 [5] 이를 통해 시각적으로 좋은 이미지를 얻을 수 있다. 이와 같은 blue noise 특성을 얻을 수 있는 샘플링 기법으로는 다트 던지기 [1] 샘플링 기법이 있

다. 이는 샘플 영역에 점을 특정 거리에 샘플이 있는지 판별하여 목표영역이 채워질 때 까지 반복적으로 계산하여 연산시간이 높다.

이에 반해 격자구조 [2, 3] 샘플링은 샘플링 공간을 격자로 나누어 하나의 분할된 grid 당 한 개의 샘플을 무작위로 위치시킨다. 본 논문은 다트 던지기 기법을 활용하여 격자구조 샘플링의 랜덤성을 확대시킨다.

3. 알고리즘

본 논문에서는 샘플링 영역을 격자구조로 나누고 다트 던지기 기법을 통해 샘플이 위치하게 될 구획을 정하게 된다. 이후 Jittering을 통해 샘플을 위치시킨다. 이 과정은 그림 1.과 같다.

3.1 격자구조 생성

이 기법은 샘플이 위치할 전체 영역을 grid 구조로 분할한다. grid는 4^n ($n=1,2,3\cdots$)으로 나누어진다. 이 후 다트 던지기를 통하여 샘플간의 거리를 주기위해 $2X2$ 의 크기로 구획을 정하여 준다.

3.2 다트 던지기

기존의 Poisson disk 샘플링 기법 중 하나인 다트 던지기 기법은 샘플링 영역에 무작위로 점을 던진 후 이 점의 반경 $2r$ 안에 샘플이 있는지 판별하여 그 안에 샘플이 없을 경우에 그 점을 추가한다. 본 알고리즘은 생성된 격자구조 중 격자 선이 가로, 세로로 만나는 점을 기준 좌표로 사용한다. 랜덤한 정수를 생성하여 샘플이 위

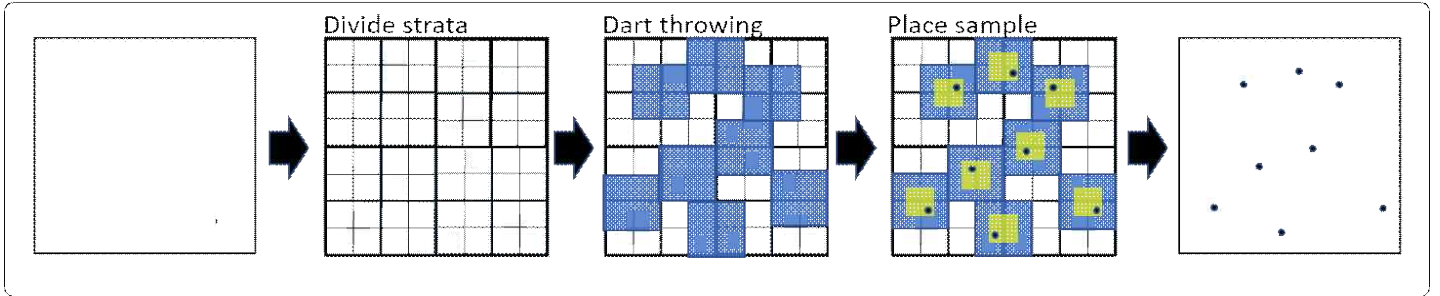


그림 1. 제안하는 다트 던지기 기법을 사용한 개선된 격자구조 샘플링 기법의 개요도.

치할 구획의 중심좌표로 삼으며 이미 구획이 위치한 격자 상의 자리는 다시 선택되지 않도록 한다. 이를 통해 grid 상에서 영역을 유지하는 다트 던지기 효과를 얻을 수 있다.

3.3 샘플의 배치

이미 배치된 구획 내에서 샘플을 배치시키기 위해 Jittering을 사용하여 최종 샘플의 위치를 결정한다. 그 수식은 다음 (1)과 같다.

$$q_i = p_i + w * \xi, \quad [\xi \in -0.5, 0.5), \quad (1)$$

여기에서 ξ 는 균일한 랜덤분포함수이다. p_i 는 다트 던지기 통해 결정된 구획의 중심좌표이며 w 는 구획의 폭의 반의 크기이다. q_i 은 최종 배치된 샘플의 좌표이다. 이를 통해 각 점은 다트던지기를 통해 배치된 구획의 중앙을 기준으로 구획 1/4의 면적 내에서 벗어나지 않게 배치되어 일정 거리가 유지되게 된다.

4. 결과 및 토론

본 알고리즘의 테스트는 Intel Core i7-7700HQ 환경에서 진행되었다. 그림 2에는 Jittered 샘플링과 Poisson disk 샘플링 그리고 본 연구에서 제안한 샘플링 기법으로

46개의 샘플을 생성한 결과와 해당 알고리즘의 2D power spectrum을 나타내었다. Blue noise 특성은 2D power spectrum에서 중앙의 낮은 주파수 영역이 어느 정도 제거가 되었는지 보는 것으로 알 수 있다. 그림 2.를 통해 본 연구가 격자구조 샘플링보다 더 blue noise 특성을 보유하고 있음을 알 수 있다. 본 연구는 약 2k 샘플을 생성하는 데 0.021ms의 시간이 걸리며 Poisson disk 샘플링의 경우 0.147ms, 격자구조 샘플링의 경우 0.00017ms의 시간이 걸린다.

5. 결론 및 향후 연구

본 연구는 격자구조 샘플링에 다트 던지기를 적용하여 랜덤성을 높이고 기존의 격자구조 샘플링에 비해 더 효과적으로 낮은 주파수 대역을 제거하는 것을 보일 수 있었다. 다만 본 연구는 격자구조 내에 다트 던지기를 적용하여 그에 따른 한계점을 가진다. 하나는 샘플의 분포가 격자구조에 제한된다는 것이다. 격자구조 샘플링은 나뉜 grid 전부가 채워지지 않으면 치우친 분포가 되 한계점이 있으며 이는 본 알고리즘에도 적용이 된다. 다른 하나는 다트 던지기를 통해 샘플 구획이 랜덤하게 생성되며 이는 총 샘플의 개수에 영향을 미친다. 이는 추후 연구를 통해 개선을 할 여지가 보인다.

참고 문헌

- [1] Robert L. Cook, "Stochastic sampling in Computer Graphics," in ACM Transactions on Graphics, vol. 5, 1986.
- [2] Bridson, Robert. "Fast Poisson disk sampling in arbitrary dimensions." SIGGRAPH sketches, 10, 2007.
- [3] James T. Kajiya, "The Rendering Equation," in Proceedings of the SIGGRAPH, vol. 20, 1986.
- [4] Mark A. Z. Dippe et al., "Antialiasing Through Stochastic Sampling," in Proceedings of the SIGGRAPH, vol. 19, 1985.
- [5] Yellott, John I. "Spectral consequences of photoreceptor sampling in the rhesus retina." Science 221, 1983.

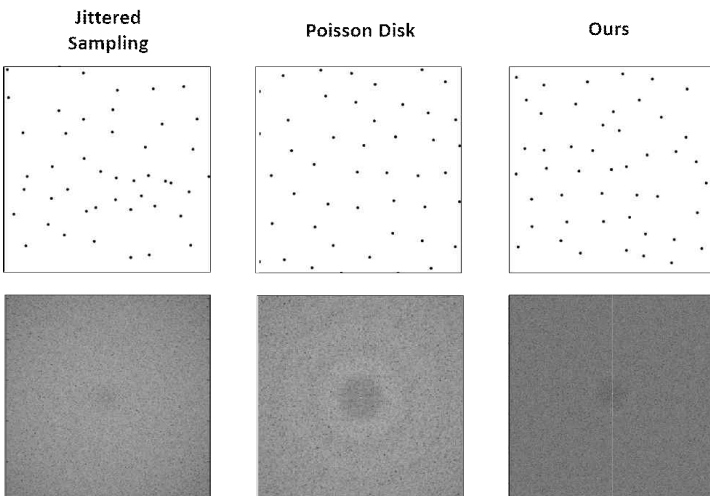


그림 2. 각 샘플링 패턴 분포와 그 power spectrum 비교