학위논문요약서		
성명	**학과**	**해당 학위**
안석준	**기계공학과**	**석사**
학위개요	○ 논문제목 • 국문제목: 디퓨전 모델을 이용한 간접 ToF 센서 깊이 이미지의 외광 노이즈 제거 • 영문제목: Ambient Light Noise Suppression in Depth Image of Indirect Time-of-Flight Sensors Using a Diffusion Model • 논문심사합격일: 2024.12.19 • 지도교수: 박용화 교수	

주요 내용 요약

Ⅰ. 연구목적

본 연구의 목적은 간접 Time-of-Flight (ToF) 센서가 생성하는 깊이 이미지에서 외광(Ambient Light)으로 인해 발생하는 노이즈 문제를 효과적으로 해결하는 것이다. 간접 ToF 센서는 근거리에서 정밀한 3차원 거리 측정을 가능하게 하지만, 태양광이나 인공 조명과 같은 외부 광원에 의해 반사 신호가 왜곡되어 신호 대 잡음비 (SNR)가 감소하고, 결과적으로 정확한 거리 측정이 어렵다는 단점을 가진다. 이러한 외광 노이즈는 실외 환경이나 조명이 복잡한 공간에서 센서의 성능을 저하시켜 활용도를 제한하게 된다.

따라서 본 연구는 최근 이미지 복원 분야에서 주목받고 있는 디퓨전 모델(Diffusion Model)을 활용해 외광에 의한 노이즈를 제거함으로써, 다양한 환경에서도 정확하고 안정적인 깊이 이미지 획득이 가능한 센서 운용 기반을 마련하는 데 그 목적이 있다.

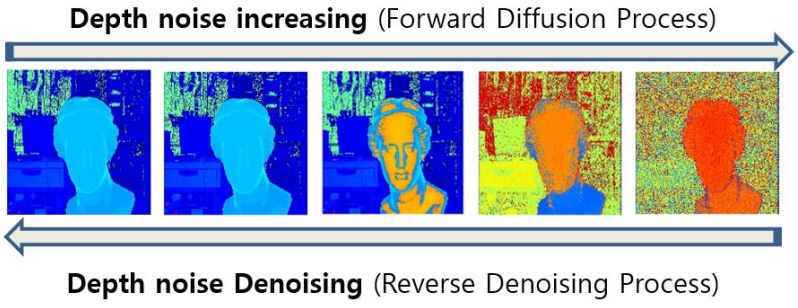

Figure 1. 디퓨전 모델을 활용한 깊이 이미지 노이즈 제거

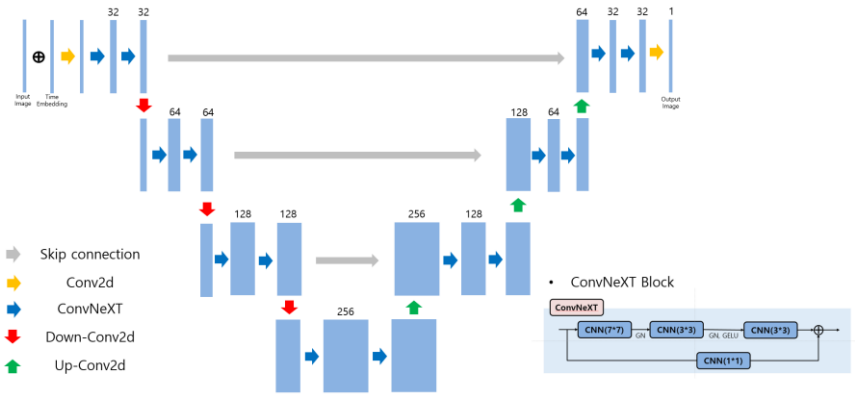

Figure 2. Unet 기반 디퓨전 모델 구조

Ⅱ. 연구내용

본 연구에서는 외광에 의해 발생하는 깊이 이미지의 노이즈를 디퓨전 모델 기반의 생성적 접근 방식으로 제거하는 알고리즘을 제안하였다. 이를 위해 먼저 간접 ToF 센서의 신호 구조와 외광에 의해 발생하는 노이즈 특성을 수학적으로 분석하였다. 외광으로 인해 수신 신호의 직류 성분이 증가하고 샷 노이즈 (Shot Noise)가 커지는 현상을 푸아송 및 가우시안 분포로 모델링하였으며, 노이즈의 확률적 성격을 깊이 반영하였다. 이후 이러한 노이즈 특성을 기반으로 기존 DDPM (Denoising Diffusion Probabilistic Models)을 변형한 디퓨전 모델을 설계하고, 각 픽셀의 신호 세기를 나타내는 IR 이미지 (진폭 이미지)를 입력으로 함께 사용하여 픽셀 별 SNR 차이를 보정하였다. 학습된 모델은 노이즈가 포함된 깊이 이미지에 대해 역확산 과정을 수행하여 노이즈를 점진적으로 제거하고, 원본에 가까운 깨끗한 깊이 이미지를 복원한다. 또한, 합성 노이즈 및 실제 외광 조건에서 실험을 수행하여 모델의 노이즈 제거 성능을 정량적으로 검증하였으며, 기존 필터링 기법 및 딥러닝 모델과 비교해 우수한 성능을 입증하였다.

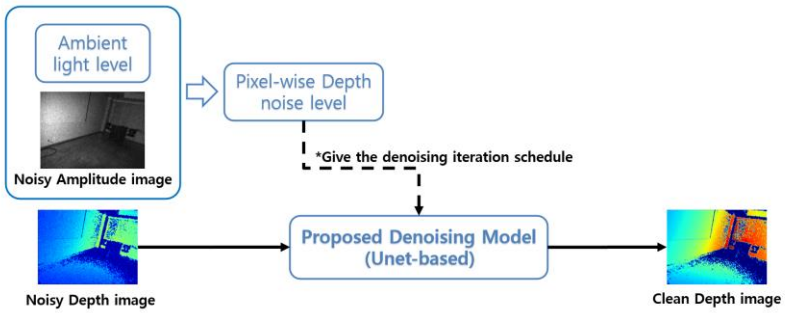

Figure 3. 깊이 이미지 노이즈 제거 알고리즘

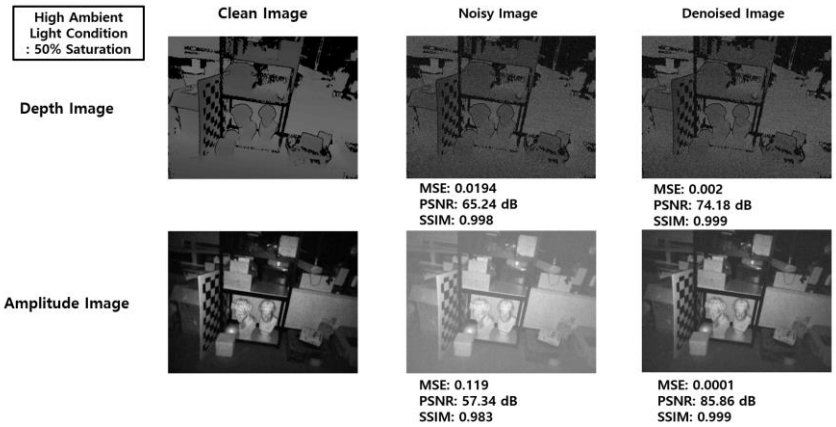

Figure 4. 외광 50% 조건 합성 노이즈 제거