

Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers

2026 **3** 제 63 권 3호

Vol.63, No.3 March 2026

AI Signal Processing

- 75 HLS-based Integer-only Lightweight YOLOv3-Tiny FPGA Accelerator Design / Jonghyun Kim, Jin-Ku Kang, and Yongwoo Kim
- 85 A Study on Multi-angle Face Generation based on U-Net using Diversity Loss / Young-Ji Lee and Seung-Ho Lee
- 91 A Pattern-Robust IR-Drop Compensation Framework without Current Sensing / Yeseul Kim, Soohun Kim, Yein Park, Seung-chan Byun, Ki-Il Kim, and Suk-ju Kang
- 99 Performance Enhancement of Automatic Modulation Recognition through a Weighted-sum-based CFO Preprocessing Method / Nayun Park, Min-Wook Jeon, Jinwoo Jeong, Isaac Sim, Sangbom Yun, Junghyun Seo, and Hyoung-Nam Kim
- 108 MLDA-DETR: Multi-level Domain Alignment for Bridging the Synthetic-to-real Gap in DETR Object Detection / Yunjeong Yong and Jaewoo Park
- 112 Enhancing Low-bit Quantization of Vision Models via Rotation Transformation / Jaewoo Park, Yunjeong Yong, and Jihae Lee

Industry Electronics

- 119 Stein's Unbiased Risk Estimation based Posterior Sampling: Trajectory Correction for Diffusion based Inverse Problems / Minwoo Kim and Hongki Lim

Communications

- 3 Blind Detection of Burst Signal based on Covariance Matrix / Hanseung Cho, Geonho Song, Suhyuk Moon, and Dongweon Yoon
- 11 Joint Optimization of Beamforming, Active RIS, and Movable Antennas for Improving Integrated Sensing and Communication Performance / Seungseok Sin, Jaehyeok Kim, Insik Cho, Taehong Kim, Sangmi Moon, and Intae Hwang
- 23 An Information-preserving Interpretation of Hawking Radiation through a Waveguide-based Spectral-coherence Filtering Model / O-Gweon Seo

Semiconductor and Devices

- 35 Fabrication, Characterization, and Applicability to Hardware Artificial Intelligence of Ultra-Thin-Channel (UTC) Si 2T DRAM with Enhanced Data Retention / Soomin Kim, Yeji Lee, Chan-Gi Yook, Wonbo Shim, and Seongjae Cho
- 45 An FPGA-based NTT Accelerator with a Unified Butterfly and Ping-Pong Memory Access / Seungchan Kim, Jeonguk Kim, and Dongsun Kim

Computer and Information

- 53 Zero-shot Voice Cloning based Emotion-preserving Video Dubbing / Junhyuk Seo, Taemin Kim, Hyejung Ko, and Heeseok Oh
- 63 Enhancing Human Action Recognition with Demographic Attribute Information in Metaverse Environments / Seok-Ho Han and Jong-Sung Kim

전자공학회 논문지

2026 3

제 63 권 3호



사단법인 대한전자공학회



차 례

2026년 3월

제63권 제3호

TC / 통신

[통신]

- 3 공분산 행렬 기반 버스트 신호 블라인드 탐지 조한승, 송건호, 문수혁, 윤동원
- 11 ISAC 성능 향상을 위한 빔포밍, 능동 RIS 및 이동형 안테나의 공동 최적화 신승석, 김재혁, 조인식, 김태홍, 문상미, 황인태

[마이크로파 및 전파전파]

- 23 도파관 기반 스펙트럼-코히어런스 필터링 모델을 통한 호킹 복사의 정보 보존적 해석 서오권

SD / 반도체

[반도체 소자 및 재료]

- 35 향상된 데이터 유지 능력을 갖는 초박막 실리콘 2T DRAM 셀의 제작, 평가 및 하드웨어 인공지능 응용 가능성 김수민, 이예지, 육찬기, 심원보, 조성재

[SoC 설계]

- 45 통합 버터플라이 연산과 핑퐁 메모리 접근 방식을 적용한 FPGA 기반 NTT 가속기 김승찬, 김정욱, 김동순

CI / 컴퓨터

[멀티미디어]

- 53 제로샷 음성 클로닝을 활용한 감정 보존형 영상 더빙 서준혁, 김태민, 고혜정, 오희석

[인공지능, 신경망 및 퍼지시스템]

63 메타버스 환경에서 인구통계학적 속성정보를 반영한 인간 행동 인식 모델의 성능 향상 연구
..... 한석호, 김종성

AISP / 인공지능 신호처리

[영상 신호처리]

75 HLS기반 정수 연산 전용 경량화된 YOLOv3-Tiny FPGA 가속기 설계
..... 김종현, 강진구, 김용우

85 Diversity Loss를 이용한 U-Net 기반의 다각도 얼굴 생성연구
..... 이영지, 이승호

91 전류 센싱 없는 패턴 강건형 방법 기반 IR-drop 보상 프레임워크
..... 김예슬, 김수훈, 박예인, 변승찬, 김기일, 강석주

[음향 및 신호처리]

99 가중합 기반 CFO 전처리 기법을 통한 자동변조인식 성능 향상
..... 박나윤, 전민욱, 정진우, 심이삭, 윤상범, 서정현, 김형남

[영상 이해]

108 MLDA-DETR: DETR 기반 Synthetic-to-real 격차 해소를 위한 다중 계층 도메인 정렬 기법
..... 용윤정, 박재우

112 회전 변환을 이용한 비전 모델의 저비트 양자화 성능 개선 연구
..... 박재우, 용윤정, 이지혜

IE / 산업전자

[신호처리 및 시스템]

119 슈타인의 비편향 위험 추정 기반 사후 샘플링: 확산 기반 역문제의 경로 보정
..... 김민우, 임흥기

논문 2026-63-3-9

Diversity Loss를 이용한 U-Net 기반의 다각도 얼굴 생성연구

(A Study on Multi-angle Face Generation
based on U-Net using Diversity Loss)

이 영 지*, 이 승 호**

(Young-Ji Lee and Seung-Ho Lee[©])

요 약

본 연구에서는 단일 정면 얼굴 이미지를 입력으로 받아 다각도의 얼굴 이미지를 동시에 생성할 수 있는 다중 디코더 기반 U-Net 네트워크를 제안한다. 기존의 GAN 및 Diffusion 기반 접근법은 복잡한 구조와 높은 연산 비용으로 인해 실시간 응용에 한계가 있다. 제안한 모델은 공유 인코더(shared encoder)를 통해 공통 특징을 추출하고, 각 디코더가 특정 시점(yaw angle)에 특화되도록 학습함으로써 다각도 얼굴 생성의 안정성을 확보하였다. 또한, bottleneck feature에서 σ -head branch를 통해 예측 불확실성을 추정하고, 이를 다양성 손실(diversity loss)에 반영하여 collapse 현상을 방지하고 측면 얼굴의 재현성을 개선하였다. Multi-PIE 데이터셋을 활용한 실험 결과, 제안한 모델은 기존 U-Net 대비 평균 SSIM이 약 0.008 향상되고, 평균 LPIPS는 약 0.009 감소하는 성능을 나타냈다. 특히 측면 각도($\pm 60^\circ$, $\pm 75^\circ$)에서 개선 폭이 두드러졌으며, 이는 제안한 구조가 정면 중심 학습에 치우치지 않고 다양한 시점에서도 강인한 성능을 보여준다. 이러한 결과는 본 연구의 기법이 다각도 얼굴 생성의 효율성과 안정성을 동시에 확보했음을 입증하며, 향후 얼굴 합성 및 multi-view 생성 연구에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract

In this study, we propose a multi-decoder-based U-Net network capable of simultaneously generating multi-angle face images from a single frontal face image. Existing GAN and diffusion-based approaches have limited real-time applications due to their complex architecture and high computational costs. The proposed model extracts common features through a shared encoder and trains each decoder to specialize in a specific viewpoint (yaw angle), thereby ensuring the stability of multi-angle face generation. Furthermore, prediction uncertainty is estimated using the σ -head branch in the bottleneck feature and reflected in the diversity loss to prevent collapse and improve the reproducibility of profile faces. Experimental results using the Multi-PIE dataset demonstrate that the proposed model improves average SSIM by approximately 0.008 and reduces average LPIPS by approximately 0.009 compared to the existing U-Net. The improvement is particularly pronounced at profile angles ($\pm 60^\circ$, $\pm 75^\circ$), demonstrating that the proposed architecture is robust across a variety of viewpoints without being biased toward frontal-focused learning. These results demonstrate that the model of this study simultaneously secures efficiency and stability in multi-angle face generation, and are expected to contribute to future research on face synthesis and multi-view image generation.

Keywords : U-Net, Multi-decoder, Multi-view face generation, Diversity loss, σ -head

*학생회원, **평생회원, 한밭대학교 전자공학과(Dept. Electronic Engineering, Hanbat National University)

© Corresponding Author(E-mail : shyolee@hanbat.ac.kr)

※ 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 학석사연계ICT핵심인재양성사업의 연구결과로 수행되었음(IITP-2026-RS-2022-00156212).

Received : September 25, 2025

Revised : November 9, 2025

Accepted : January 8, 2026

I. 서론

딥러닝 기반 얼굴 인식 및 분석 기술은 보안, 감시, 인간-컴퓨터 상호작용 등 다양한 응용 분야에서 활발히 연구되고 있다^[1]. 특히, 단일 정면 얼굴 이미지를 입력으로 다양한 각도의 얼굴 이미지를 생성하는 기술은 데이터 증강(data augmentation), 다각도 인식 성능 향상, 가상 얼굴 합성 등에서 중요한 역할을 할 수 있다^[2]. 그러나 기존 연구들은 주로 복잡한 구조의 생성적 적대 신경망(Generative Adversarial Network, GAN)^[3], 확산 모델(Diffusion Model)^[4]에 의존하는 경우가 많다. 이러한 방법들은 고품질 이미지를 생성할 수 있으나, 대규모 연산 자원과 긴 학습 시간이 요구되며, 실시간 응용에는 한계가 있다. 대표적인 기존 연구인 TP-GAN^[5]과 CAPG-GAN^[6]은 얼굴의 랜드마크 정보를 활용하여 다각도의 얼굴을 생성하는 데 성과를 보였으나, 네트워크 구조가 복잡하고 다수의 파라미터를 필요로 한다. 또한, 시점이 변화함에 따라 동일 인물의 정체성(identity)을 유지하는 데 어려움이 있으며, 각도별 학습의 안정성이 충분히 확보되지 않는 어려움이 존재했다. 확산 모델 기반 접근 또한 최근 주목받고 있지만, 학습 및 추론 과정에서 시간적, 계산적 부담이 크다는 점에서 실용적 한계가 존재한다.

본 연구에서는 이러한 한계를 극복하기 위해 U-Net^[7] 기반 구조에 다중 디코더(multi-decoder)와 σ -head를 결합하여 하나의 정면 이미지를 입력으로 8개 각도의 얼굴 이미지를 동시에 생성하는 모델을 제안한다. 제안하는 기법은 복잡한 GAN 또는 Diffusion 구조를 사용하지 않고도 비교적 가볍고 직관적인 방식으로 학습이 가능하며, 각 디코더가 특정 시점에 대응하도록 학습됨으로써 다각도 얼굴 생성이 안정적으로 이루어진다. 또한, σ -head를 도입하여 불확실성을 추정하고^[8], diversity loss^[9]를 적용하여 생성된 각도별 이미지 간의 차별성을 확보함으로써 collapse 현상을 방지하고 측면 각도의 재현성을 개선하였다. 이로써 단순한 구조적 유사성 보존을 넘어, 각 시점에 특화된 시각적 차이를 학습할 수 있도록 유도함으로써 기존 연구와 차별성을 갖는다.

II. 본론

1. 제안하는 연구의 개요도

본 연구에서는 하나의 정면 얼굴 이미지를 입력으로 받아 다양한 시점(yaw angle)의 얼굴 이미지를 동시에

생성할 수 있는 U-Net 기반 다중 디코더 네트워크를 제안한다. 기존 GAN이나 Diffusion 기반 접근법은 높은 품질의 이미지를 생성할 수 있으나, 학습 속도가 느리고 모델 구조가 복잡하다는 한계가 있다. 이에 비해 제안하는 네트워크는 공유 인코더(shared encoder)와 다중 디코더(multi-decoder), 그리고 불확실성 추정을 위한 σ -head branch로 구성되어, 상대적으로 가벼운 구조임에도 안정적인 다각도 이미지 생성을 가능하게 한다. 그림 1은 제안한 연구의 개요도를 나타내고 있다.

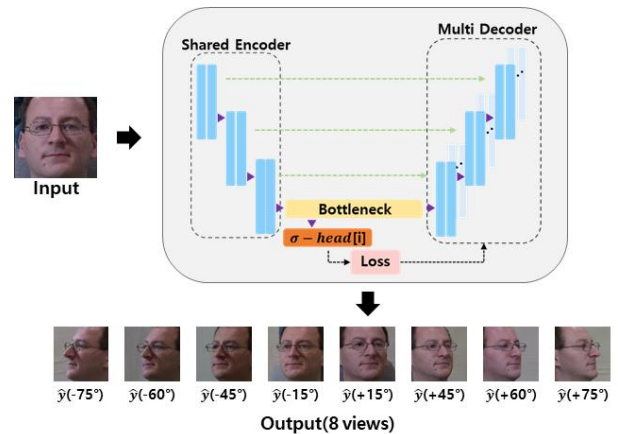


그림 1. 제안한 연구의 개요도
Fig. 1. Overview of the proposed study.

2. 네트워크 구조

제안하는 네트워크는 공유 인코더, 다중 디코더, 그리고 σ -head branch로 구성된다. 그림 2는 네트워크 구조도를 나타낸다.

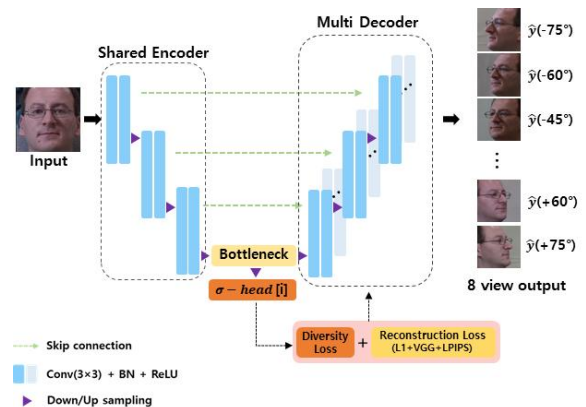


그림 2. 제안하는 모델의 네트워크 구조도
Fig. 2. Network architecture of the proposed model.

가. 공유 인코더(Shared Encoder)

입력된 정면 이미지는 3개의 다운샘플링 블록과 1개

의 bottleneck 블록을 거치며 저차원 feature representation으로 압축된다. 이 과정에서 공간적 특징은 유지하면서도, 다양한 시점 생성을 위한 공통된 고차원 표현을 학습한다.

나. 다중 디코더(Multi-Decoder)

인코더로부터 추출된 feature는 8개의 디코더로 분기되며, 각각은 특정 yaw angle(-75°, -60°, -45°, -15°, +15°, +45°, +60°, +75°)을 나타낸다. 각 디코더는 skip connection을 통해 인코더의 계층적 특징을 받아 정밀한 공간 정보를 복원하며, 결과적으로 입력 이미지로부터 8개 각도의 얼굴 이미지를 동시에 출력한다.

다. σ -head Branch

Bottleneck feature에서 각도별 예측 불확실성(σ)을 추정하는 σ -head branch가 추가로 존재한다. 각 디코더는 자신이 생성하는 각도와 관련된 σ 값을 출력하며, 이는 다양성 손실(diversity loss) 계산에 사용된다. 이 과정을 통해 네트워크는 단순히 모든 디코더가 유사한 출력을 내는 것이 아니라, 각 각도에 특화된 차별화된 결과를 생성하도록 학습된다.

3. 손실 함수

제안하는 네트워크는 재구성 손실(reconstruction loss)과 다양성 손실(diversity loss)을 결합하여 학습된다. 이를 통해 모델은 단순히 구조적 유사성만 유지하는 것이 아니라, 각 시점별 차별성을 확보할 수 있다.

가. 재구성 손실

각 디코더의 출력과 대응하는 목표 이미지를 비교하여 계산된다. 픽셀 단위의 L1 손실, 시각적 특징을 보존하는 VGG 기반 perceptual loss^[10], 그리고 인지적 유사도를 반영하는 LPIPS^[11]를 함께 활용한다. 이를 통해 생성된 얼굴 이미지가 원본 데이터와 높은 시각적 유사성을 갖도록 유도한다. 재구성 손실 함수는 수식 (1)과 같다.

$$L_{re} = \sum_{i=1}^8 w_i (L1(\hat{y}_i, y_i) + \alpha L_p(\hat{y}_i, y_i) + \beta L_l(\hat{y}_i, y_i)) \quad (1)$$

여기서 \hat{y}_i 는 다중 디코더 출력, y_i 는 다각도 이미지, w_i 는 각도별 중요도를 나타내는 가중치이며, L_p 는

VGG 기반 perceptual loss를 나타내고 L_l 는 LPIPS로 정의된다.

나. 다양성 손실

σ -head에서 출력된 불확실성 σ_i 를 기반으로 입력 정면 각도와 목표 각도 차이에 비례하여 diversity loss를 계산한다. 다양성 손실 함수는 수식 (2)와 같다.

$$L_d = \sum_{i=1}^8 w_i \left(\sigma_i - \eta e^{-\frac{(\phi_i - \phi_0)^2}{\delta^2}} \right)^2 \quad (2)$$

여기서 w_i 는 각 각도별 손실 가중치이며, σ_i 는 σ -head에서 출력된 예측 불확실성 값이다. ϕ_i 는 생성하려는 얼굴 각도를 나타내며, ϕ_0 은 입력 정면각도를 나타낸다. δ 는 각도 차이에 따른 스케일 조절 파라미터이며 η 는 스케일링 상수이다.

다. 손실 함수

재구성 손실은 생성 이미지의 품질을 높이고, 다양성 손실은 각도별 차별성을 보장한다. 이 두 손실을 결합함으로써 모델은 고품질과 다양성의 이미지를 생성할 수 있다. 제안된 네트워크의 최종 손실 함수는 수식 (3)과 같다.

$$L = L_{re} + \lambda_d L_d \quad (3)$$

본 연구에서 제안된 네트워크는 U-Net의 단순성과 효율성을 유지하면서도, 다중 디코더와 불확실성 추정 branch를 추가하여 확장성, 안정성, 그리고 다양성을 동시에 확보할 수 있는 장점을 가진다.

III. 실험

1. 실험 환경

모든 실험은 Windows 10 워크스테이션을 사용하여 수행되었으며 사양은 다음과 같다. Intel(R) Core i7-10700K 8-Core Processor (3.80 GHz), 16 GB RAM, Nvidia RTX 3070 GPU (8GB VRAM, CUDA Cores: 5,888). 모든 워크플로우는 CUDA 라이브러리 11.8 버전, cuDNN 8.9.3 버전, 파이토치 2.0.1 버전이 사용되었다.

2. 데이터 셋

본 연구에서는 다각도 얼굴 이미지 생성을 평가하기

위해 CMU Multi-PIE (Multi Pose, Illumination, and Expression) 데이터셋^[12]을 사용하였다. Multi-PIE는 총 337명의 피험자와 약 750,000장 이상의 얼굴 이미지를 포함하며, 15개의 카메라 뷰(-90°에서 +90°), 19가지 조명 조건, 6가지 표정 조건을 제공한다. 조명 조건, 표정 변화를 포함하고 있어 다각도 얼굴 생성 및 인식 연구에서 널리 활용되는 대표적인 데이터셋이다.

본 연구에서는 정면 이미지와 8개 yaw angle(-75°, -60°, -45°, -15°, +15°, +45°, +60°, +75°)에 해당하는 데이터를 사용하였다. 이 조건을 만족하는 피험자는 총 250명이며, 각 인물별로 정면 이미지를 입력으로 하고 대응되는 8개 각도의 이미지를 목표로 설정하였다. 모든 이미지는 얼굴 영역을 중심으로 128×128 크기로 정규화하여 학습에 활용하였다.

데이터셋은 학습용과 테스트용으로 구분하였다. 총 250명의 피험자 중 80%를 학습용, 나머지 20%를 테스트용으로 분리하였다. 학습 단계에서는 정면 이미지를 입력으로 하고 대응되는 8개 각도의 이미지를 목표로 사용하였다. 테스트 단계에서는 학습에 포함되지 않은 인물의 정면 이미지를 입력으로 하여 모델의 일반화 성능을 검증하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

본 연구에서는 Multi-PIE 데이터셋을 사용하여 제안한 모델의 성능을 검증하였다. 학습 데이터와 테스트 데이터는 피험자 기준으로 분리하였으며, 학습에 포함되지 않은 인물에 대해 모델의 일반화 성능을 평가하였다.

가. 정량적 평가

제안한 모델의 성능은 SSIM(Structural Similarity Index)^[13]과 LPIPS(Learned Perceptual Image Patch Similarity) 지표를 통해 정량적으로 평가하였다. SSIM은 구조적 유사도를 측정하며 값이 높을수록 원본과의 일치도가 높음을 나타낸다. 반면, LPIPS는 시각적 유사성을 측정하는 지표로 값이 낮을수록 사람이 인지하는 관점에서 원본과 유사함을 나타낸다. 표 1의 결과에서 제안된 기법은 대부분의 각도에서 U-Net 기반 단일 디코더 모델보다 높은 SSIM과 낮은 LPIPS 값이 측정되었다. 특히 측면 각도($\pm 60^\circ$, $\pm 75^\circ$)에서 개선 폭이 두드러졌으며, 이는 σ -head 기반 diversity loss가 각도별 차별성을 학습하도록 유도하여 collapse 현상을 억제한 결과로 해석된다. 따라서 제안한 모델은 정면 중

심의 학습에 치우치지 않고, 다양한 각도에 대해 안정적으로 학습이 이루어졌음을 보여준다.

표 1. 제안된 기법의 성능평가

Table 1. Performance evaluation of the proposed method.

Method	SSIM↑				LPIPS↓			
	-75°	-60°	-45°	-15°	-75°	-60°	-45°	-15°
U-Net model	0.884	0.904	0.911	0.905	0.079	0.064	0.052	0.048
The proposed method	0.897	0.913	0.918	0.912	0.069	0.053	0.047	0.042
	+15° +45° +60° +75°				+15° +45° +60° +75°			
	-75°	-60°	-45°	-15°	-75°	-60°	-45°	-15°
U-Net model	0.903	0.905	0.900	0.892	0.047	0.056	0.065	0.082
The proposed method	0.910	0.913	0.910	0.902	0.042	0.048	0.056	0.068

나. 정성적 평가

정성적 평가는 기존 U-Net 모델과 제안한 모델의 다각도 얼굴 생성 결과를 비교하여 평가하였다. 그림 3은 제안한 모델과 U-Net 모델의 다각도 얼굴 생성 결과를 나타내고 있다. 특히 측면 각도에서 제안한 모델이 실제 이미지와 더 유사한 결과를 생성하는 것을 확인할 수 있다. 이는 기존 U-Net 모델이 입력된 정면 각도를 그대로 따라가는 경향이 있는 반면, 제안한 multi-decoder 구조는 각 시점별 디코더가 독립적으로 학습되어 각도별 특징을 효과적으로 복원하였기 때문이다. 따라서 제안한 모델이 기존의 U-Net 모델에 비해 측면 각도에서 생성하는 결과가 우수하다는 것을 확인할 수 있다.

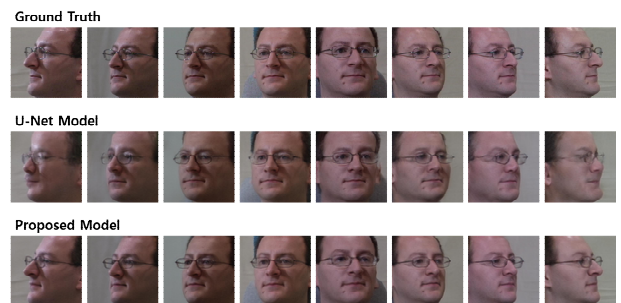


그림 3. U-Net 모델과 제안한 모델의 다각도 얼굴 생성 결과

Fig. 3. Multi-angle face generation results of the U-Net model and the proposed model.

그림 4는 조명과 표정 조건이 다른 피험자들에 대해 생성된 다각도 얼굴 이미지를 나타낸다. 제안한 모델은 환경 변화에도 불구하고 각 시점별 특징을 안정적으로 복원하며, 실제 이미지와 높은 유사성을 유지하였다. 이는 제안한 구조가 특정 조건에 과적합되지 않고 일반화 성능을 확보했음을 보여준다.

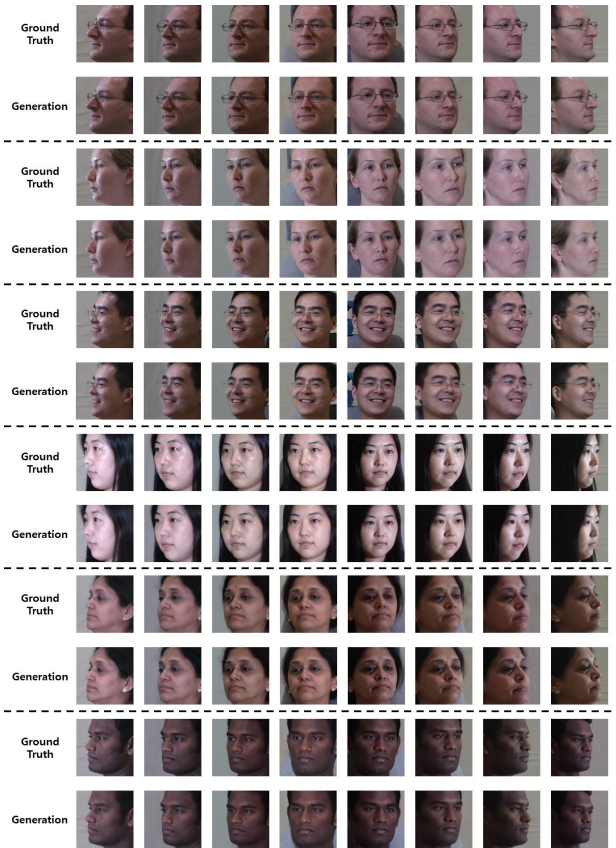


그림 4. 생성한 다각도 얼굴 이미지와 실제 이미지
Fig. 4. Generated multi-angle face images and the corresponding ground truth.

IV. 결 론

본 연구에서는 단일 정면 얼굴 이미지를 입력으로 하여 8개 각도의 얼굴 이미지를 동시에 생성할 수 있는 다중 디코더 기반 U-Net 구조를 제안하였다. 제안된 모델은 공유 인코더를 통해 효율적으로 특징을 추출하고, 각 디코더가 특정 시점에 특화되도록 학습함으로써 다각도 얼굴 생성의 안정성을 확보하였다. 또한, bottleneck feature로부터 불확실성을 추정하는 σ -head branch와 이를 활용한 diversity loss를 도입하여 collapse 현상을 방지하고, 특히 측면 얼굴 생성의 품질을 개선하였다.

실험 결과, 제안한 모델은 기존 U-Net 대비 평균 SSIM이 약 0.008 향상되었으며, 평균 LPIPS는 약 0.009 감소하였다. 이는 단순한 수치적 향상에 그치지 않고, 사람이 인지하는 시각적 유사성 측면에서도 개선 효과가 있음을 보여준다. 특히 측면 각도($\pm 60^\circ$, $\pm 75^\circ$)에서 개선 폭이 두드러졌으며, 이는 기존 U-Net이 정면 중심의 특징에 과도하게 적합되는 경향이 있는 반면, 본 연구에서는 다중 디코더와 σ -head 기반의 diversity loss가 각 시점별 고유한 특징 학습을 효과적으로 유도했기 때문이라 판단된다. 따라서 제안하는 기법은 정면 이미지를 입력으로 하여 다양한 각도의 얼굴 특징을 안정적으로 복원할 수 있으며, 이는 diversity loss의 사용이 시점 변화에 더욱 강인한 성능을 확보했음을 보여준다. 또한, 본 연구는 복잡한 GAN, Diffusion 구조에 의존하지 않고도 다각도 얼굴 생성을 실현함으로써, 경량성과 실용성을 동시에 확보했다는 점에서 의의가 있다.

향후 연구에서는 다양한 해상도의 얼굴 데이터셋에 대한 확장 실험과 함께, identity-preserving loss, landmark 기반 마스크 손실 등을 결합하여 보다 정교한 얼굴 합성 연구가 필요하다.

REFERENCES

- [1] Wang, Mei, and Weihong Deng. "Deep face recognition: A survey." *Neurocomputing* 429 (2021): 215-244.
- [2] Zhao, Jian, et al. "Towards pose invariant face recognition in the wild." *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. 2018.
- [3] Goodfellow, Ian, et al. "Generative adversarial networks." *Communications of the ACM* 63.11 (2020): 139-144.
- [4] Ho, Jonathan, Ajay Jain, and Pieter Abbeel. "Denoising diffusion probabilistic models." *Advances in neural information processing systems* 33 (2020): 6840-6851.
- [5] Huang, Rui, et al. "Beyond face rotation: Global and local perception gan for photorealistic and identity preserving frontal view synthesis." *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision*. 2017.
- [6] Hu, Yibo, et al. "Pose-guided photorealistic face rotation." *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. 2018.
- [7] Ronneberger, Olaf, Philipp Fischer, and

- Thomas Brox. "U-Net: Convolutional networks for biomedical image segmentation." International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention. Cham: Springer international publishing, 2015.
- [8] Kendall, Alex, and Yarin Gal. "What uncertainties do we need in bayesian deep learning for computer vision?." Advances in neural information processing systems 30 (2017).
- [9] Mandikal, Priyanka, et al. "3D-LMNet: Latent embedding matching for accurate and diverse 3D point cloud reconstruction from a single image." arXiv preprint arXiv:1807.07796 (2018).
- [10] Johnson, Justin, Alexandre Alahi, and Li Fei-Fei. "Perceptual losses for real-time style transfer and super-resolution." European conference on computer vision. Cham: Springer International Publishing, 2016.
- [11] Zhang, Richard, et al. "The unreasonable effectiveness of deep features as a perceptual metric." Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2018.
- [12] Gross, R., Matthews, I., Cohn, J., Kanade, T., & Baker, S. (2008). Multi-PIE. Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp. 1-8. Amsterdam, Netherlands.
- [13] Wang, Zhou, et al. "Image quality assessment: from error visibility to structural similarity." IEEE transactions on image processing 13.4 (2004): 600-612.

 저 자 소 개



이 영 지(학생회원)
 2019년 한밭대학교
 전자제어공학과 학사 졸업.
 2021년 한밭대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 2021년~현재 한밭대학교
 전자공학과 박사과정.

<주관심분야: 영상신호처리, 딥러닝>



이 승 호(평생회원) - 교신저자
 1986년 한양대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 1989년 한양대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 1994년 한양대학교 전자공학과
 박사 졸업.

1994년~현재 한밭대학교 전자공학과 교수
 <주관심분야: 영상신호처리, 딥러닝, AR>