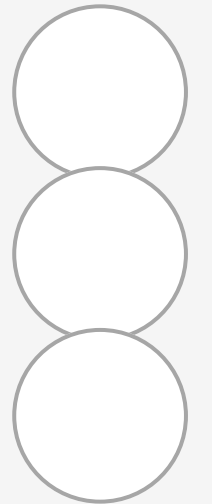


DEGRADATION STATE-GUIDED MIXTURE-OF-EXPERTS NETWORK FOR MARINE SNOW REMOVAL

Haoru Zhao, 2026, IEEE



박정규

Deep Shark Lab 학부 연구생

Contents

1

Introduction

2

Method

3

Training Loss

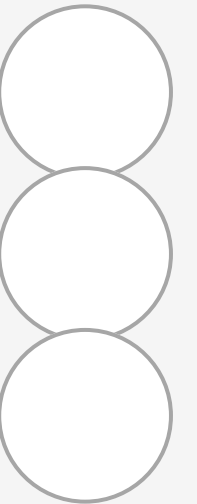
4

Experiment

5

Conclusion

INTRODUCTION



Introduction

Marine Snow Removal

Problem of Marine Snow

Bright Particles

작은 점 형태로 나타나 영상에
Noise처럼 보임

Flocculent Occlusions

큰 솜털, 덩어리 형태의 부유물이
배경이나 객체 구조를 가림

Veil-like Occlusions / Blur

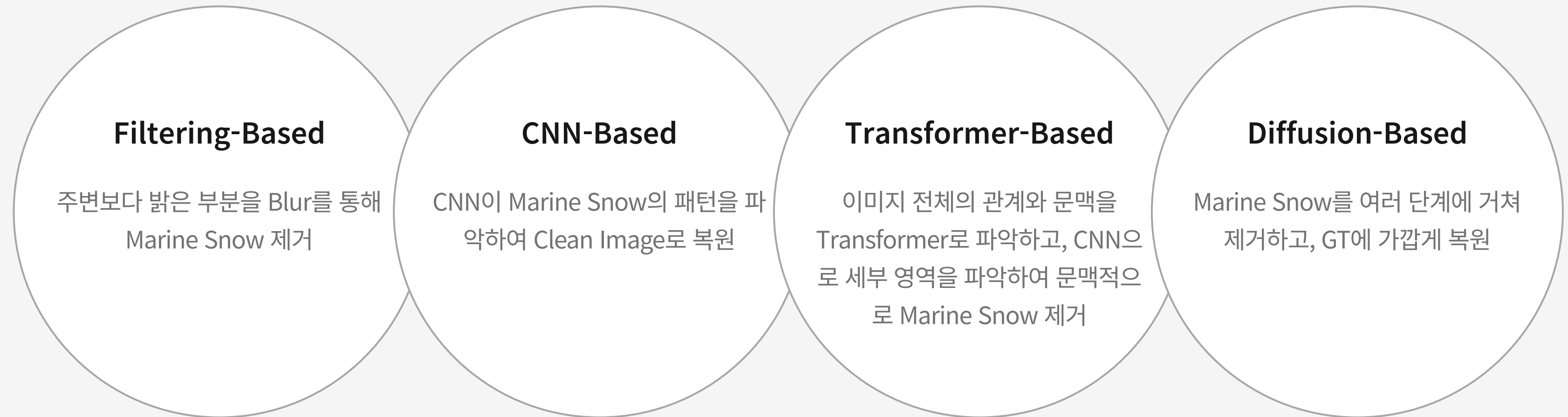
반투명한 안개형 부유물이 영상의
일부를 뿌옇게 하거나, 디테일과
대비를 감소시킴

Motion-like Streaks

입자 움직임 등에 의해 선형이나,
궤적의 형태로 영상 화질을 저하시
킴

Introduction

Existing Methods



**“Existing Methods use a Fixed Restoration Pathway
for the Whole Image”**

Introduction

Limitaion of Existing Methods

Limitation 1

- 대부분의 방법은 영상 복원을 위해 고정된 복원 경로를 사용한다

Limitation 2

- 서로 다른 특징의 영상 왜곡에도 동일한 복원 전략을 적용한다

Limitation 3

- Marine Snow는 서로 다른 특성을 가진다

Limitation 4

- 서로 다른 영상 왜곡에 대한 적응적 복원 방식이 없다.

Introduction

Proposed SeaMoE

1

State Estimation

Marine Snow의 위치와 상태를
먼저 파악한다.

2

Expert Routing

각 위치에 어떤 복원 방식이 적합
한지 Expert Weight를 계산한다.

3

Multiple Experts

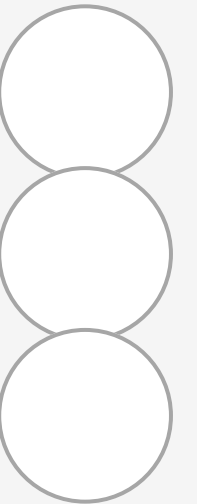
여러 Experts를 이용해 서로 다른
복원 방식으로 복원을 수행한다.

4

Adaptive Fusion

Expert 결과를 위치별로 결합하여
복원을 완료한다.

METHOD



Method

Overall Architecture of seaMoE



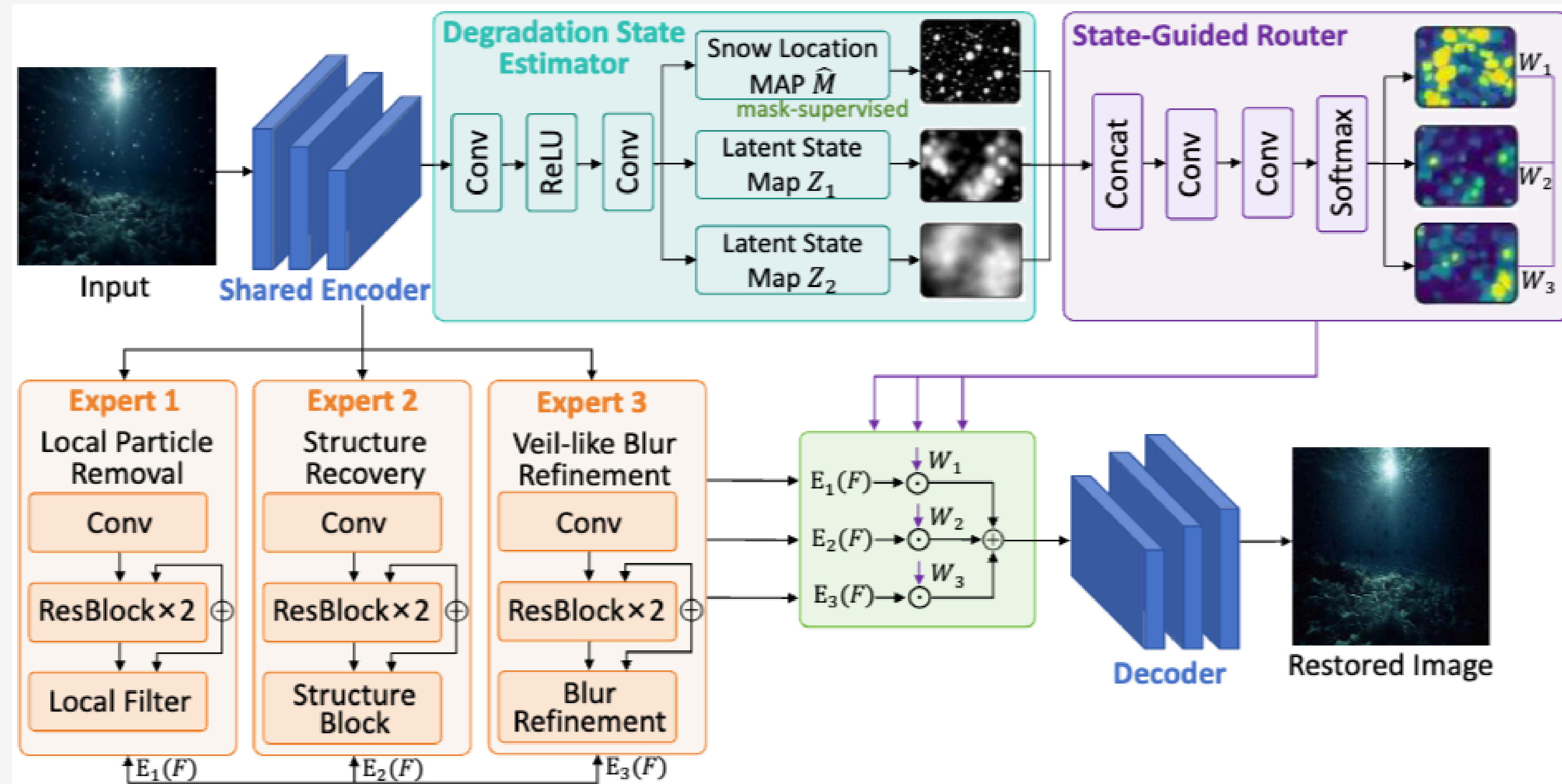
$$F = E(I)$$

$$F_{out} = \sum_{k=1}^3 W_k \odot F_k$$

$$\hat{I} = D(F_{out})$$

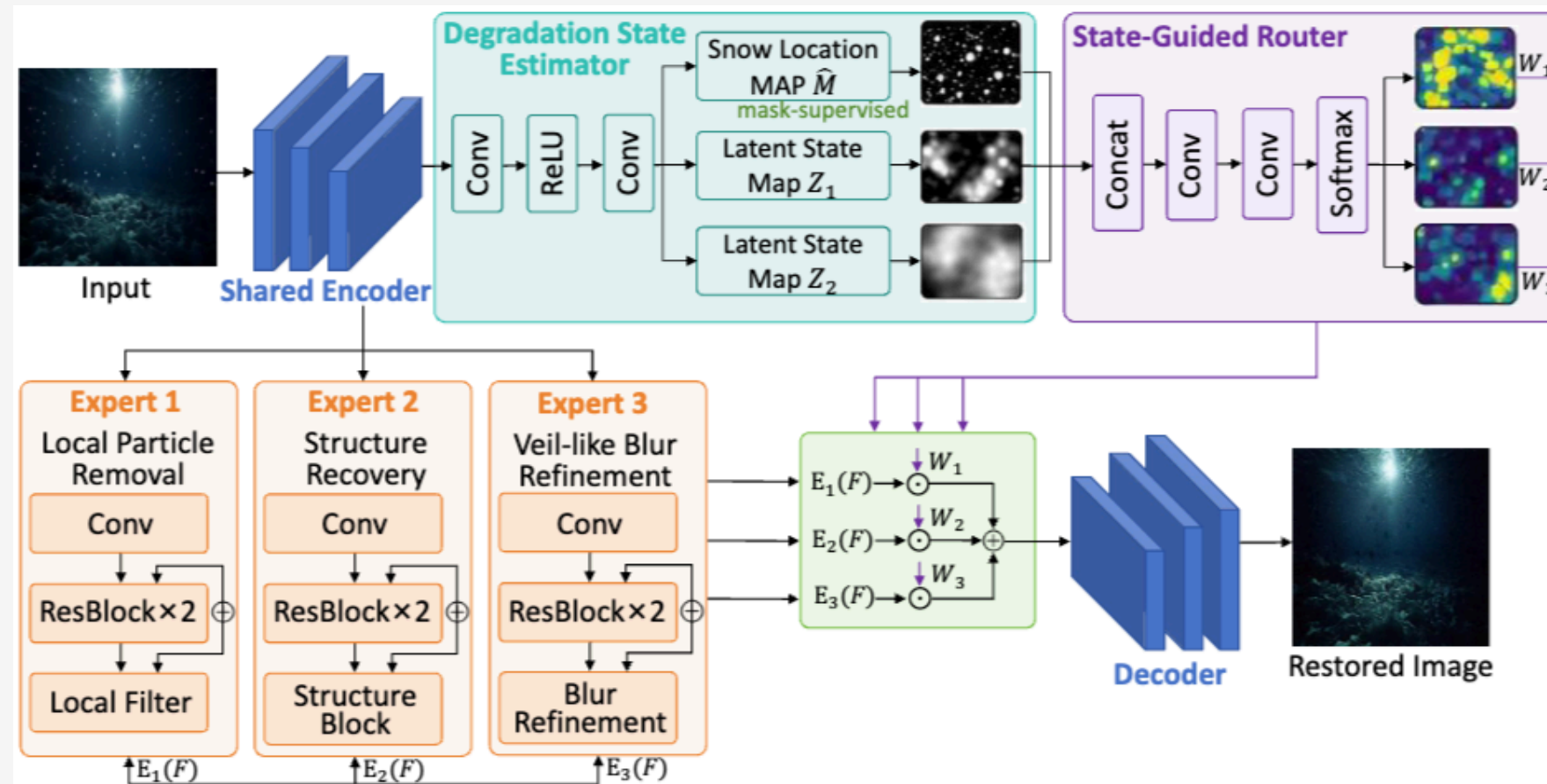
Method

Overall Architecture of seaMoE



Method

Shared Encoder

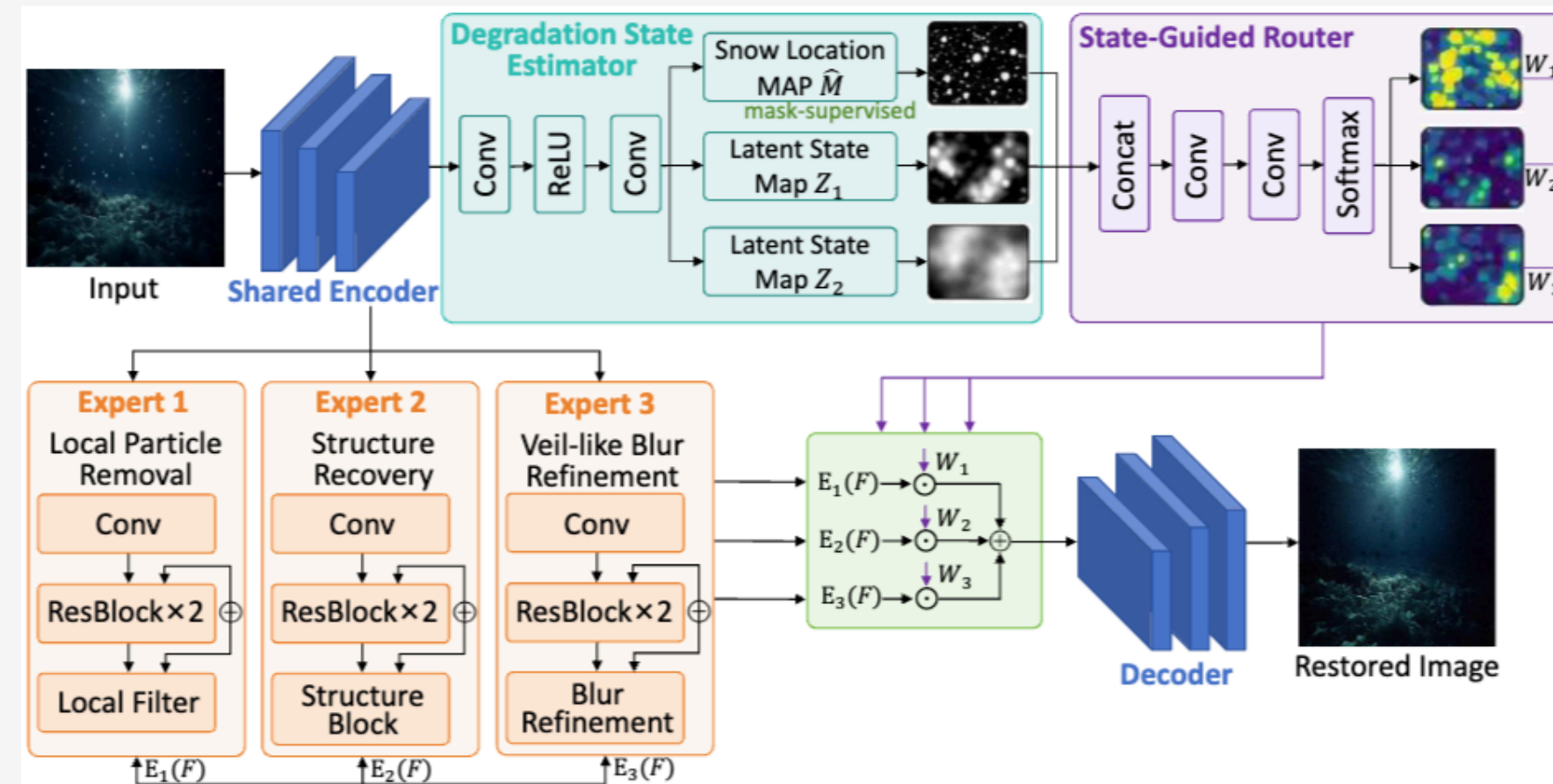


Encoder

- 입력 Marine Snow 영상으로부터 Feature map F 를 추출하며, F 는 Degradation State Estimator과 Restoration Expert의 입력으로 사용된다

Method

Degradation State Estimator



Degradation State Estimator

- Feature map을 입력으로 받아서 Marine Snow의 상태를 나타내는 State map을 출력

$$\hat{M}$$

- Marine Snow가 어디에 있는지 Binary mask의 형태로 예측

$$Z_1, Z_2$$

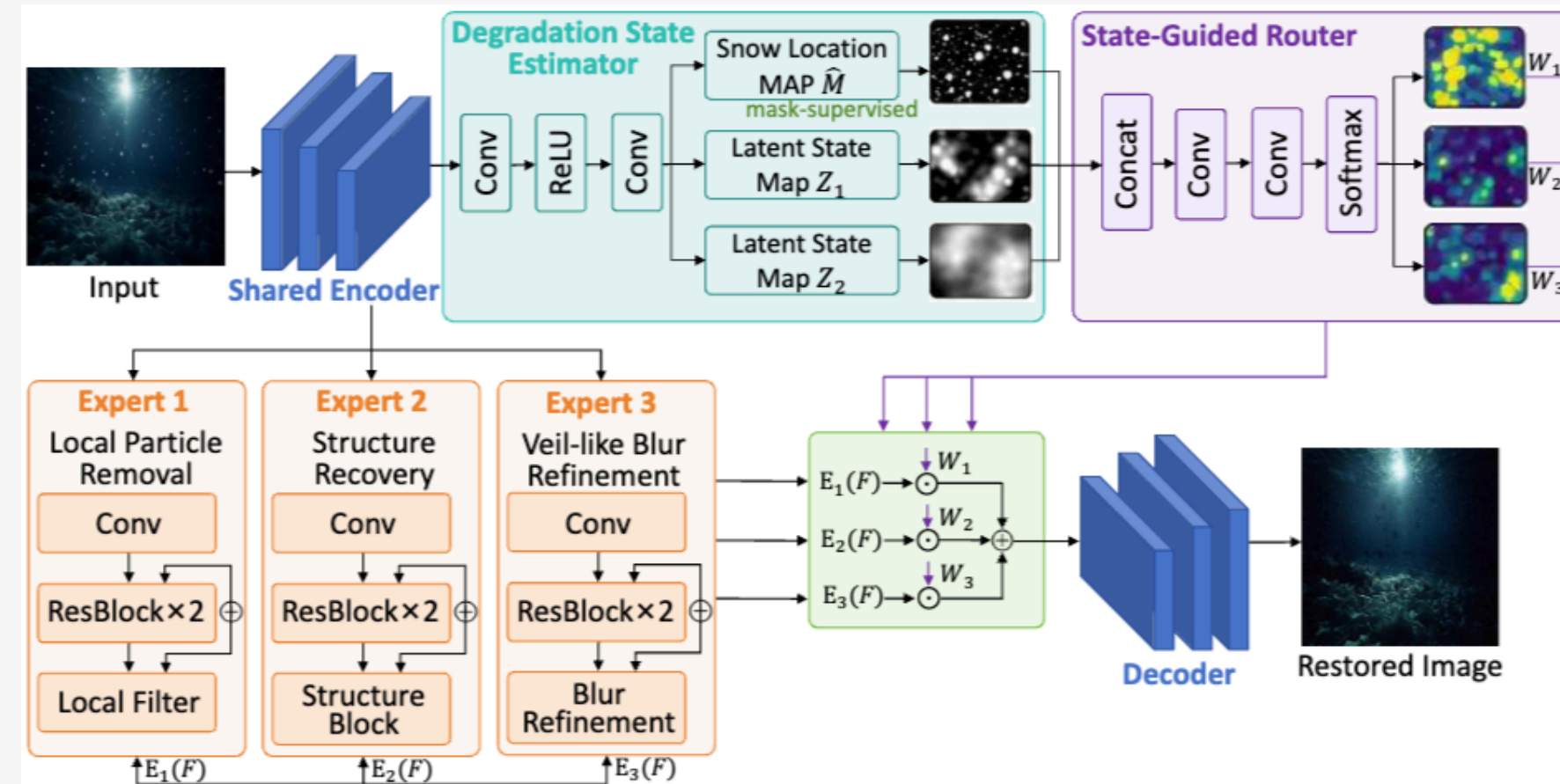
- 직접적인 GT가 존재하지 않고, 복원에 유용한 Degradation 정보를 학습하여 출력

$$S = G(F)$$

$$S = \{\hat{M}, Z\}$$

Method

State-Guided Router



State-Guided Router

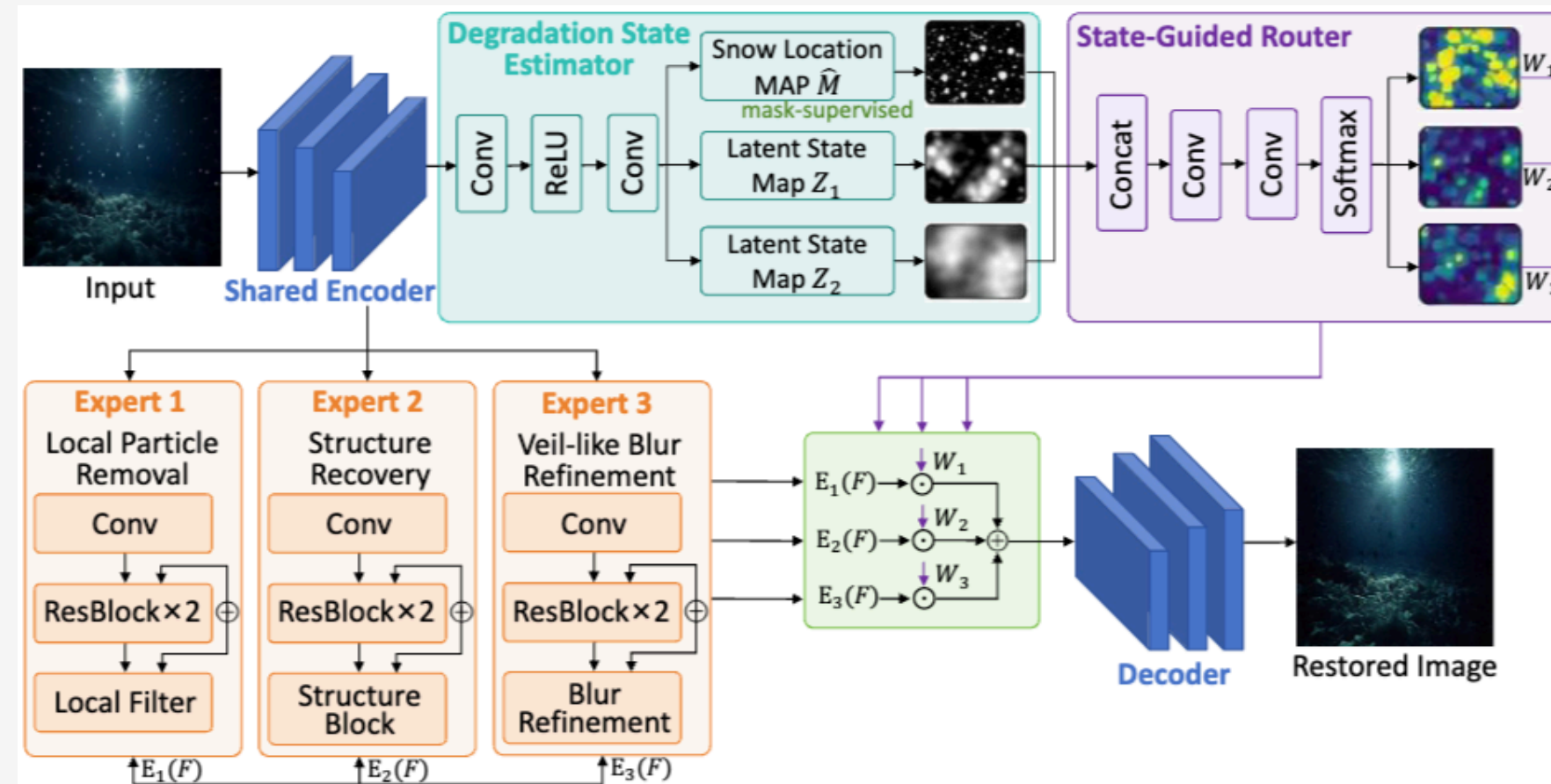
- Degradation State Estimator에서 만든 S 를 Router에 넣고, Softmax를 거쳐 각 Expert의 Weight 계산
- 각 픽셀별로 3개의 Expert Weight를 출력

$$S = \{\hat{M}, Z\}$$

$$W = \text{Softmax}(R(S))$$

Method

Expert

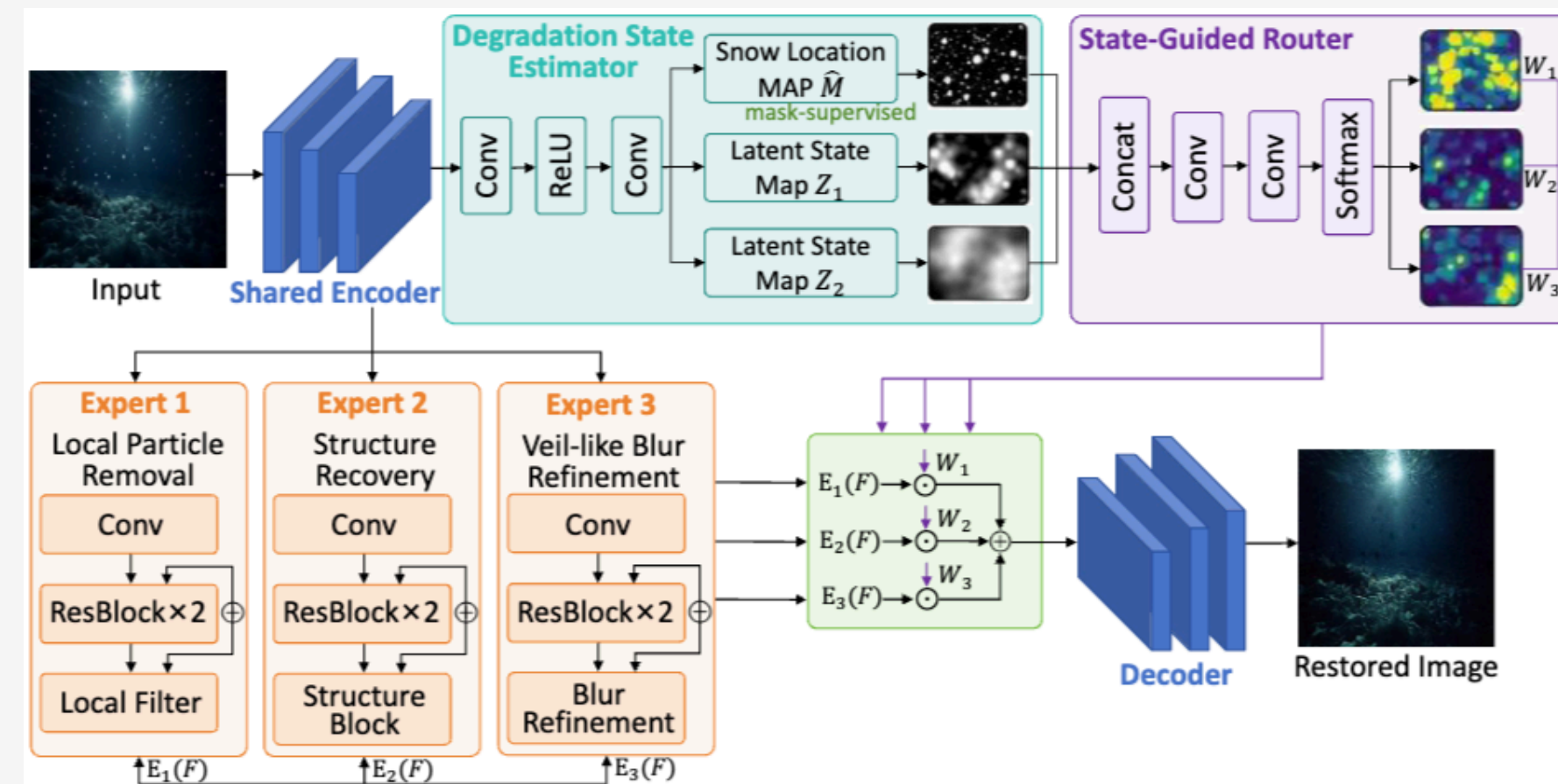


Expert

- 총 3개의 Expert가 존재하고, 각각의 Expert는 같은 Feature map을 input으로 하고, 각자의 방식으로 복원 진행

Method

Expert



Expert 1

- 작은 Marine Snow particle을 제거하는데 특화

Expert 2

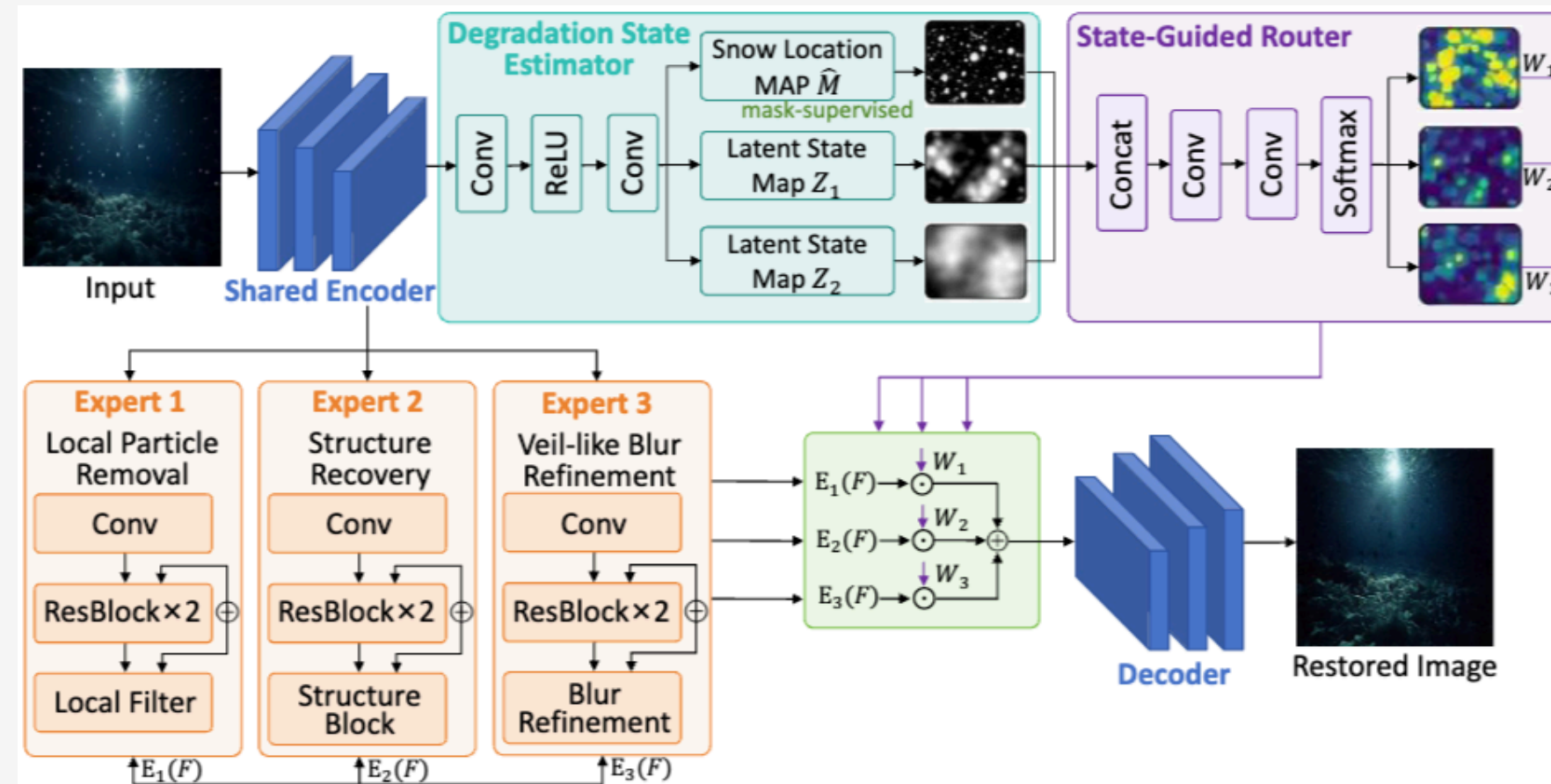
- Marine Snow에 가려진 구조를 복원하는데 특화

Expert 3

- 반투명한 Marine Snow때문에 생긴 Blur와 Scattering을 보정하는데 특화

Method

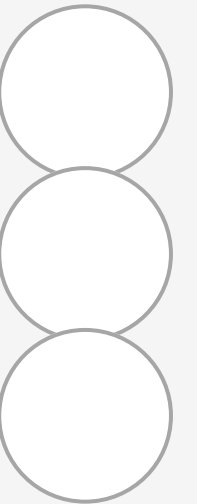
Decoder



Decoder

- Adaptive Fusion을 통해 생성된 최적 Feature Map을 Decoder에 통과시켜 최종 Restored Image로 재구성

TRAINING LOSS



Training Loss

Loss Fuction

Reconstruction Loss

- 복원 이미지와 GT이미지의 차이인 L1 Loss 사용

$$\mathcal{L}_{rec} = \|\hat{I} - I_{gt}\|$$

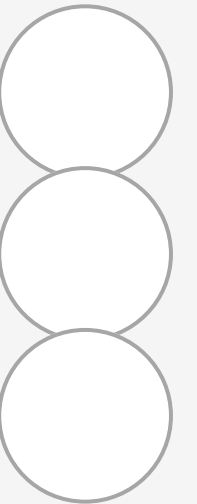
$$\mathcal{L} = \mathcal{L}_{rec} + \lambda \mathcal{L}_{mask}$$

Mask Loss

- Dataset의 Binary mask와 예측한 Binary Mask 간의 BCE Loss 사용

$$\mathcal{L}_{mask} = BCE(\hat{M}, M)$$

EXPERIMENT



Experiment

Experimental Setting

Dataset

MSRB Dataset

Snowy-VAROS Dataset

Experimental Setting

Optimizer : Adam

Learning Rate : $10e-4$

Batch Size : 8

Experiment

Benchmark Experiment Result

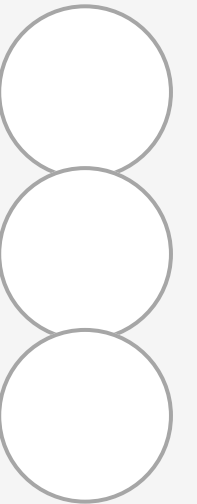
Method	MSRB		Snowy-VAROS		Params(M)
	PSNR↑	SSIM↑	PSNR↑	SSIM↑	
UGAN [25]	28.28	0.946	15.00	0.285	50.40
NU2Net [26]	27.72	0.911	15.07	0.288	-
DnCNN [27]	27.83	0.894	14.91	0.262	0.55
Restormer [28]	27.90	0.897	14.89	0.275	26.11
HDCW-Net [29]	26.06	0.885	15.17	0.292	6.99
TransWeather [30]	26.06	0.885	13.13	0.246	31.00
HiTrans [20]	28.43	0.967	15.36	0.317	24.35
SeaMoE	28.61	0.968	15.42	0.361	26.52

Experiment

Ablation Experiment Result

Variant	State	Router	PSNR $\uparrow$	SSIM $\uparrow$
Baseline	×	×	27.35	0.927
+ State	✓	×	28.08	0.951
+ Multi-Branch w/o Router	✓	×	28.25	0.955
SeaMoE	✓	✓	28.61	0.968

CONCLUSION



Conclusion

Conclusion & Feature Work

SeaMoE

- SeaMoE는 Marine Snow의 상태를 먼저 추정하고, 상태에 따라 여러 Expert를 위치별로 다르게 조합해서 복원한다.

Conclusion

- 다양한 형태의 Marine Snow에 Adaptive하게 대응가능하고, 영상 구조와 세부 정보를 보존할 수 있다.
- Ablation Study를 통해 State estimation과 Adaptive Routing의 효과를 확인했다.

Feature Work

- 더 어려운 실제 수중 환경으로 확장
- 실제 적용을 위한 더 효율적인 구조 연구

DEGRADATION STATE-GUIDED MIXTURE-OF-EXPERTS NETWORK FOR MARINE SNOW REMOVAL

발표를 마칩니다.

박정규

Deep Shark Lab 학부 연구생

