

H-PaDiM : PaDiM 기반 동종 앙상블 기법에 따른 이상 탐지성능 분석

김인기^o, 곽정환(교신저자)*

^o한국교통대학교 교통에너지융합전공,

*한국교통대학교 소프트웨어학과

e-mail: cv2@kakao.com^o, jgwak@ut.ac.kr*

H-PaDiM : Anomaly Segmentation Performance Analysis Based on PaDiM-Based Homogeneous Ensemble Method

InKi Kim^o, Jeonghwan Gwak(Corresponding Author)*

^oDept. of IT·Energy Convergence, Korea National University of Transportation,

*Dept. of Software, Korea National University of Transportation

● 요약 ●

본 논문에서는 산업 현장에서 발생하는 불량품 탐지 분야에서 효율적으로 생산품의 불량을 탐지할 수 있는 PaDiM 구조의 Backbone 모델을 단일 Wide-ResNet 대신 두 개의 Wide-ResNet을 사용함으로써, 단일 모델에서 추출된 저차원의 Feature를 앙상블을 통해 성능 향상을 일으킬 수 있는 것을 증명하였다. 단일 Wide-ResNet 환경에서는 MVTec 데이터셋에서 생성된 다변량 가우시안 분포가 데이터셋의 적은 샘플수로 인하여 각 클래스 간 불균형이 발생하는 문제를 동종 앙상블을 통해 해결할 수 있었다. 따라서 본 논문에서는 제안하는 동종 모델의 앙상블을 사용함으로써 기존의 One-class classification 환경에서 불량품 탐지환경에서 적은 수의 데이터 샘플 환경에서 성능 향상을 나타낼 수 있음을 입증하였다.

키워드: 이상 탐지(Anomaly detection), 파딤(PaDiM), 분포모델링(Distribution modeling), 앙상블(Ensemble)

I. Introduction

불량품은 생산 공정에서 설계된 목적 이외에 잘못 생산된 제품을 의미한다. 기본적으로 정상적으로 생산된 제품은 한가지뿐이지만, 불량품은 다양한 양상으로 인해 발생하게 된다. 불량품의 원인은 외관의 손상 및 파손, 오작동, 부품 누락 등 무수히 많은 원인으로 불량품이 발생하게 된다. 이로 인하여 생산 공정에서는 불량품을 최소화하는 것이 핵심 목표이며, 불량품을 판별하는 단순한 반복적인 노동을 딥러닝을 통해 인력을 대체할 수 있는 기술로 개발된 기법의 하나가 PaDiM (Patch Distribution Modeling Framework for Anomaly Detection and Localization)[1]이다. PaDiM은 불량품 탐지 이외에도 파손 탐지 기법에 적용할 수 있다. 본 논문에서는, 파손 탐지 기법에 사용할 수 있는 데이터셋 중 MVTec[2] 데이터셋을 사용하여 다양한 Object 및 Texture의 표면 손상을 분할 (Segmentation)하는 동종 Wide-ResNet 앙상블 기법을 적용함에 따른 Accuracy와 클래스 간 성능 분포를 실험하였다.

II. Experiment

MVTec 데이터셋은 제조업 분야에서 불량품 검출 데이터셋으로, 실험에서는 (256 x 256)으로 이미지의 크기를 조정하였다. One-class learning을 기반으로 하므로, 학습 데이터는 정상 클래스만 존재한다. 학습 데이터는 정상 3,629개와 테스트 데이터는 정상 467개, 비정상 1,258개로 구성되었다. 본 실험에서는 ImageNet[3] 데이터셋으로 사전 학습된 합성곱 신경망인 Wide ResNet-50[4]을 PaDiM의 Backbone 모델로 사용하였으며, 최적화를 위해 동종 앙상블 기법을 통해 Wide ResNet을 두 개 사용하였다.

III. Proposed Method and Results

기존 PaDiM은 사전 학습된 딥러닝 모델의 합성곱 신경망의 계층에서 다양한 Semantic Level 사이의 Correlation을 고려하여 임베딩 벡터를 추출하였다. 본 논문에서는 Wide ResNet-50에서 추출된 두 개의 임베딩 벡터를 이용하여 생성된 각각의 다변량 가우시안 분포의 평균과 분산의 평균을 사용하여 실험을 진행하였다. 아래의 수식은 2개의 임베딩 벡터를 통해 하나의 다변량 가우시안 분포를

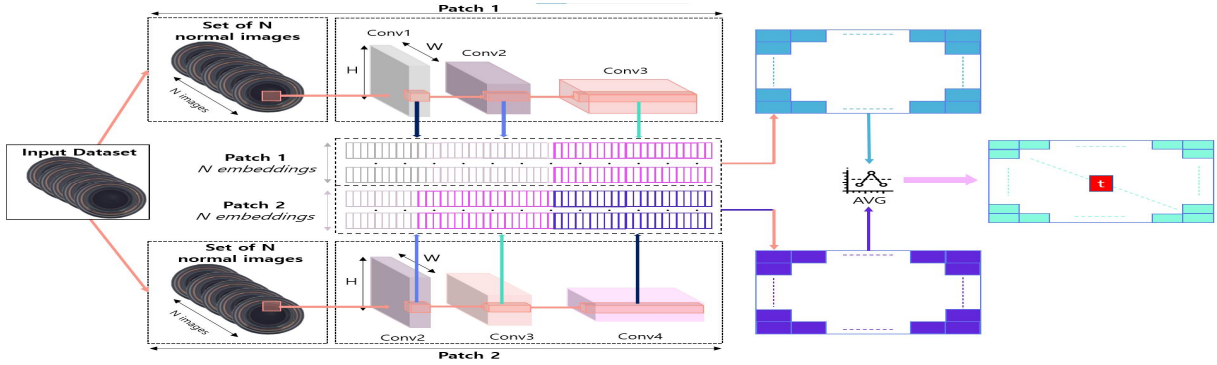


Fig. 1. Proposed Method Architecture

생성해내는 수식이다.

$$H_{u_{ij}} = average(W_{u_{ij}}^1 + W_{u_{ij}}^2) \quad (1)$$

$$H_{\Sigma_{ij}} = average(W_{\Sigma_{ij}}^1 + W_{\Sigma_{ij}}^2) \quad (2)$$

$H_{u_{ij}}$, $H_{\Sigma_{ij}}$ 는 동종 앙상블 기법을 통해 생성된 평균과 분산을 의미하며, W^1 과 W^2 는 동종 앙상블을 생성하기 위해 사용된 두 개의 Wide ResNet-50 모델을 각각 의미한다.

Table 1은 본 논문에서 제안한 동종 모델 앙상블 기법 기반 PaDiM 모델의 성능을 나타내는 테이블이다. 테이블에서 확인할 수 있듯이 본 논문에서 제안하는 기법을 MVTEC 데이터셋에 적용하였을 경우 성능 향상과 더불어, 각 클래스 간의 성능 불균형을 해결할 수 있음을 확인하였다.

IV. Conclusions

본 논문에서는 산업공정에서 불량품을 탐지하기 위한 PaDiM 모델에서 동종 모델 앙상블 기법을 적용하는 방법을 제안하였다. 실험 결과에서 확인할 수 있듯이, 동종 앙상블 기법이 기존 PaDiM 보다 각 클래스 간의 성능 분포도 적절하며, 기존의 PaDiM 보다 더 좋은 성능을 나타냄을 확인하였다. 제안된 모델은 동종 앙상블을 사용하여 연산량은 많아졌지만, 지식중류 기법을 적용하여 경량화된 모델을 설계 및 구축할 예정이다.

Table 1. Performance comparison

| | Original PaDiM | Ens-PaDiM |
|------------|------------------------|----------------------|
| | (Pixel, Image) AUROC | |
| Bottle | (0.983,0.981) | (0.986,0.998) |
| Cable | (0.967, 0.897) | (0.976,0.894) |
| Capsule | (0.985, 0.957) | (0.988,0.932) |
| Carpet | (0.991,0.998) | (0.992,1.000) |
| Grid | (0.973,0.979) | (0.970,0.938) |
| Hazelnut | (0.982,0.606) | (0.984,0.961) |
| Leather | (0.992,1.000) | (0.991,1.000) |
| Metal_Nut | (0.972,0.806) | (0.976,0.987) |
| Pill | (0.957,0.877) | (0.968,0.933) |
| Screw | (0.985,0.837) | (0.988,0.881) |
| Tile | (0.941, 0.983) | (0.943,0.979) |
| Toothbrush | (0.988,0.825) | (0.990,0.878) |
| Transistor | (0.975,0.931) | (0.978,0.978) |
| Wood | (0.949,0.991) | (0.944,0.989) |
| Zipper | (0.985, 0.950) | (0.986,0.907) |
| Average | (0.975,0.908) | (0.977,0.95) |

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported in part by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (Grant No. NRF-2020R1 IIA3074141), and the "Regional Innovation Strategy (RIS)" through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education (MOE) (2021RIS-001 (1345341783)).

REFERENCES

- [1] T. Defard, A. Setkov, A. Loesch, and R. Audigier, "PaDiM: a patch distribution modeling framework for anomaly detection and localization," arXiv preprint arXiv:2011.08785 (2020).
- [2] P. Bergmann, M. Fauser, D. Sattlegger and C. Steger, "MVTec AD — A Comprehensive Real-World Dataset for Unsupervised Anomaly Detection," 2019 IEEE/CVF Conference on CVPR, 2019, pp. 9584-9592, doi: 10.1109/CVPR.2019.00982.
- [3] J. Deng, W. Dong, R. Socher, L.J. Li, K. Li, and L. Fei-Fei, "Imagenet: A large-scale hierarchical image database," In IEEE Conference on CVPR, pp. 248-255, 2009.
- [4] S. Zagoruyko, and N. Komodakis, "Wide residual networks," arXiv preprint arXiv:1605.07146, 2016